

**სსიპ შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის
კვლევითი საგრანტო პროექტის პროგრამული ანგარიში
1 - თავფურცელი / ზოგადი ინფორმაცია**

1	საგრანტო ხელშეკრულება	№ FR/316/6-120/14
2	საანგარიშო პერიოდი №	
3	ანგარიშის ტიპი <ul style="list-style-type: none"> • საბოლოო: • პირველადი/დაზუსტებული: 	საბოლოო: პირველადი
4	ანგარიშის პერიოდულობა (ექვსთვიანი / წლიური / სხვ.)	
5	საგრანტო პროექტის სახელწოდება:	პოლარიზებული ლუმინესცენციის ფენომენი ჰოლოგრაფიული მეხსიერების ამოცანებში: მარეგისტრირებელი არეები, კვლევა, გამოყენების პერსპექტივა
6	კონკურსი, რომლის ფარგლებშიც დაფინანსდა პროექტი: (კონკურსის სახელწოდება, წელი)	ფუნდამენტური კვლევებისათვის სახელმწიფო სამეცნიერო საგრანტო კონკურსი, 2014 წ.
7	სამეცნიერო მიმართულება: ქვე-მიმართულება: (მიუთითეთ სიტყვიერად და კოდი კლასიფიკატორიდან):	1. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებანი 1.3. ფიზიკური მეცნიერებანი
8	გრანტის მიმღები წამყვანი ორგანიზაცია <ul style="list-style-type: none"> • ორგანიზაციის დასახელება: • სტატუსი (სსიპ, აიპ, სხვ.): • საიდენტიფიკაციო კოდი: 	სსიპ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი საიდენტიფიკაციო კოდი 211349192
9	გრანტის მიმღები წამყვანი ორგანიზაციის ხელმძღვანელი/პასუხისმგებელი პირი: (სახელი, გვარი, თანამდებობა ტელ. ელ. ფოსტა)	არჩილ ფრანგიშვილი, რექტორი ტელ: (+995 32)2365152, ელ-ფოსტა: a_prangi@gtu.ge
10	საგრანტო პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი: (სახელი, გვარი, ტელ. ელ. ფოსტა)	ვლადიმერ ტარასაშვილი ტელ: (+995 593) 676493, ელ-ფოსტა: v_tarasashvili@mail.ru
11	საგრანტო პროექტის ბუღალტერი: (სახელი, გვარი, ტელ. ელ. ფოსტა)	ლიკა კურახჩიშვილი ტელ: (+995 599) 005878, ელ-ფოსტა: lika_gtu@yahoo.com
12	თანამონაწილე ორგანიზაცია <ul style="list-style-type: none"> • ორგანიზაციის სახელი: • პასუხისმგებელი პირი: (სახელი, გვარი, პოზიცია, ტელ. ელ. ფოსტა)	
13	თანადამფინანსებელი ორგანიზაცია <ul style="list-style-type: none"> • ორგანიზაციის სახელი: • პასუხისმგებელი პირი: (სახელი, გვარი, პოზიცია, ტელ. ელ. ფოსტა)	
10	პროექტის ხანგრძლივობა (თვეების რაოდენობა): <ul style="list-style-type: none"> • პროექტის დაწყება (რიცხვი/თვე/წელი): • პროექტის დასრულება (რიცხვი/თვე/წელი): 	პროექტის ხანგრძლივობა 24 თვე პროექტის დაწყება 04. 05. 2015 პროექტის დამთავრება 04. 05. 2017
11	პროექტის მთლიანი ბიუჯეტი:	99 700 ლარი
12	ფონდიდან მიღებული გრანტის მთლიანი ოდენობა: (საგრანტო ხელშეკრულებით განსაზღვრული)	99 700 ლარი
13	საანგარიშო პერიოდისთვის ფონდიდან მიღებული გრანტიდან გაწეული ხარჯი:	97159.68 ლარი
14	ბიუჯეტის ნაშთი <ul style="list-style-type: none"> • ნაშთი გადარიცხული თანხიდან • ნაშთი დამტკიცებული ბიუჯეტიდან 	2540.32 ლარი 0

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორი

ა. ფრანგიშვილი

საგრანტო პროექტის ხელმძღვანელის ხელმოწერა:

ვ. ტარასაშვილი

ანგარიშის ჩაბარების თარიღი: 17. 05. 2017.

1. კვლევის შემაჯამებელი მოკლე ანგარიში

სამეცნიერო პროექტის მიზნები, ამოცანები და მიღწეული შედეგები (მოცემულ გრაფაში მიუთითეთ განხორციელებული სამეცნიერო პროექტის მიზნები, ამოცანები და პროექტის განხორციელების შედეგები. მოკლე ანგარიშის მოცულობა: რეკომენდირებული-400 სიტყვა, არაუმეტეს 800 სიტყვისა)

სამეცნიერო პროექტის მიზანი იყო:

– პოლარიზებული ლუმინესცენციის ფენომენზე დაფუძნებული ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის რეალიზების შესაძლებლობის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა სხვადასხვა ვექტორული მეთოდებით.

– მაღალეფექტური, პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტური დინამიური და სტაბილური მარეგისტრირებელი არეების მიღება. მათი ანიზოტროპულ-გეომეტრიული, ლუმინესცენტური (მაქსიმალური აღზნება, მაღალი ქვანტური გამოსავალი) და ჰოლოგრაფიული (დიფრაქციული ეფექტურობა) თვისებების კვლევის მეთოდების სრულყოფა; აღნიშნული თვისებების ოპტიმიზაცია.

– პოლარიზებული ლუმინესცენციის უნარის მქონე ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის მეცნიერულ და პრაქტიკულ ამოცანებში გამოყენების პერსპექტივის კვლევა.

დაისახა შემდეგი კვლევითი და ტექნოლოგიური ამოცანები:

1. პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტურ არეებში ინდუცირებული ანიზოტროპია-გეომეტრიის ფენომენის თეორიული კვლევა.

2. პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტური, მაღალეფექტური არეების მიღება და ექსპერიმენტული კვლევა.

3. პოლარიზებული ლუმინესცენციის ფენომენზე დაფუძნებული ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის მეცნიერულ და პრაქტიკულ ამოცანებში გამოყენების პერსპექტივის კვლევა.

მიღწეული შედეგები მოკლედ შეიძლება ასე ჩამოყალიბდეს:

– თეორიულად გამოკვლეულია პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდით ფორმირებული ლუმინოფორის გამოსხივების ორი სხვადასხვა კონის ინტერფერენციული სურათი – პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრამა. კვლევა ჩატარდა ორი შემთხვევისათვის: 1) პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიულ ექსპერიმენტში საობიექტო ველი ნაწილობრივად წრფივად პოლარიზებულია, 2) საობიექტო ველი ნაწილობრივად ცირკულარულად პოლარიზებულია. ორივე შემთხვევაში რეფერენტული ტალღა არაპოლარიზებულია. ჰოლოგრამის გაშუქება რეფერენტულის იდენტური ტალღით გვამღვეს საობიექტო ველის აღდგენას კოეფიციენტამდე სიზუსტით – პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრამა შესაძლებელია გამოვიყენოთ ინფორმაციის მატარებელი ჰოლოგრაფიული ელემენტის რეალიზებისათვის ჰოლოგრაფიული მეხსიერების ამოცანებში.

– შემუშავებულია არეში ფოტონდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპულ-გეომეტრიული პარამეტრების განსაზღვრისა და სენსიტომეტრიის მეთოდიკა პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდით. მიღებულია ანიზოტროპულ-გეომეტრიული პარამეტრების გამოსათვლელი ანალიტიკური გამოსახულებები ჯონსის ვექტორულ-მატრიცული მეთოდის გამოყენებით.

– შემუშავდა არეში ფოტონდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპულ-გეომეტრიული პარამეტრების განსაზღვრისა და სენსიტომეტრიის მეთოდიკა ელიფსომეტრიული მეთოდით. მიღებულია მიღებულია ანიზოტროპულ-გეომეტრიული პარამეტრების გამოსათვლელი ანალიტიკური გამოსახულებები ჯონსის ვექტორულ-მატრიცული მეთოდის გამოყენებით. პოლარიზაციული პარამეტრების გაზომვისათვის მეთოდთა კომბინირება მკვეთრად ზრდის კვლევის საერთო ინფორმაციულობასა და სიზუსტეს.

– შეიქმნა ლაბორატორიული ოპტიკური დანადგარები არეებში პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპულ-გეომეტრიული პარამეტრების გაზომვისათვის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდით. დანადგარები შექმნილია მონოქრომატორის YM-2-ისა და სპექტორგრაფ ИСП-51-ის ბაზაზე. ლუმინესცენციის აღმზნებად გამოიყენებოდა მაღალი ინტენსიობის არაპოლარიზებული ლაზერის სინათლის კონები ტალღის სიგრძეებით: 405 ნმ; 441,6 ნმ; 530 ნმ; 632,8 ნმ.

- შეიქმნა ლაბორატორიული ოპტიკური დანადგარი – სპექტროელიფსომეტრი, პოლარიზებული ლუმინესცენციის ფოტოანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების გაზომვისათვის ელიფსომეტრული მეთოდით; ელიფსომეტრული გაზომვები შეიძლება ჩატარდეს ტემპერატურისა და წნევის ფართო ინტერვალში გაზომვის შედეგების დაუმახინჯებლად.
- შეიქმნა ლაბორატორიული ოპტიკური დანადგარი სხვადასხვა ტიპის ლუმინესცენტური პოლარიზაციული ჰოლოგრამების მისაღებად; შესაძლებელია სინათლის კონების ფორმირება სასურველი პოლარიზაციის მდგომარეობით და აზიმუტების ორიენტაციით – პოლარიზაციის მდგომარეობის გარდამქმნელ ტრაქტებში განთავსებული კრისტალური ფირფიტა გარდაქმნის დაცემული სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობას ნებისმიერად.
- დადგენილია მაღალმოლეკულური ორგანული ნაერთების ბაზაზე შექმნილი ლუმინესცირებადი არეების ფოტოანიზოტროპულ-გიროტროპული მახასიათებლების დამოკიდებულება საღებარების მოლეკულურ სტრუქტურას, გამოყენებულ გამხსნელსა და პოლიმერულ მატრიცებზე. ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ: ა) არსებობს ინდუცირებული ლუმინესცენციის მაქსიმუმების ფართო სპექტრულ დიაპაზონში წანაცვლების შესაძლებლობა, ბ) ანიზოტროპული გამოსხივების კოეფიციენტის სიდიდეზე გავლენას ახდენს საღებარების მოლეკულური სტრუქტურა, გამხსნელი და პოლიმერული მატრიცები.
- დადგენილია სხვადასხვა შემადგენლობის ლუმინესცირებადი ნახევარგამტარული ფერადი მინების საფუძველზე მიღებულ არეებში ანიზოტროპულ-გიროტროპული მახასიათებლების მინის ქიმიურ შემადგენლობაზე დამოკიდებულება; ნიმუშების ანიზოტროპულ-გიროტროპული მახასიათებლების სიდიდეზე გავლენას ახდენს აგრეთვე, მაინდუცირებელი გამოსხივების პოლარიზაციის მდგომარეობა.
- დადგენილია მაღალი ენერგიის ზემოქმედებით შეღებილი მინების საფუძველზე მიღებულ არეებში ანიზოტროპულ-გიროტროპული მახასიათებლების მინის ქიმიურ შემადგენლობაზე დამოკიდებულება; შედეგები მნიშვნელოვანია მინების სტრუქტურული ანალიზისათვის და რადიაციული დეფექტების შესწავლის თვალსაზრისით.
- ჩატარდა ფართო სპექტრულ უბანში პოლარიზაციულად მგრძობიარე, სხვადასხვა ფლორესცენტული საღებარის კომპოზიციის შედეგად მიღებულ არეებში ანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების ქიმიურ შემადგენლობაზე, გამხსნელებზე და მატრიცაზე. დამოკიდებულების ანალიზი. შემუშავებული ტექნოლოგიური რეჟიმები ადრული პოლარიზებული ლუმინესცენციის სპექტრული დიაპაზონის გაფართოების საშუალებას იძლევა; შესაძლებელია მიზანმიმართულად ვცვალოთ ნიმუშების ფოტოანიზოტროპული პარამეტრები პოლიმერული მატრიცის შეცვლის გზით.
- ჩატარდა ელიფსურად პოლარიზებული ლუმინესცენციის უნარის მქონე ოპტიკურად აქტიურ კომპოზიციებში ფოტონდუცირებული ანიზოტროპია-გიროტროპიის მოვლენის ანალიზი; ანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების ქიმიურ შემადგენლობაზე, გამხსნელებზე და მატრიცაზე დამოკიდებულების კვლევა. ოპტიკური აქტიურობა სპექტრის ხილულ უბანში განპირობებულია აქტიური ქრომოფორებით. ანიზოტროპული გამოსხივების კოეფიციენტის სიდიდეზე გავლენას ახდენს საღებარების მოლეკულური სტრუქტურა და გამოყენებული გამხსნელი და პოლიმერული მატრიცები.
- ჩატარდა საკვლევ არეებში ფოტონდუცირებული ანიზოტროპია-გიროტროპიის პარამეტრების გარეშე ფაქტორების ზემოქმედებაზე (ტემპერატურა, ელექტრული და სხვ.) დამოკიდებულების ანალიზი. შეიქმნა დანადგარები მიღებული კომპოზიციების ტექნოლოგიური პროცესის განხორციელებისათვის ცვლად ელექტროსტატიკურ ველში, სხვადასხვა ტემპერატურაზე, ასევე ნიმუშების უი. გამოსხივებით ლატენსიფიკაციისას; მიღებულია ანიზოტროპული გამოსხივების კომპლექსური კოეფიციენტის სპექტრული და ექსპოზიციური მრუდების გარეშე ფაქტორების ზემოქმედებაზე დამოკიდებულება სხვადასხვა კომპოზიციებისათვის.
- შეიქმნა ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერების ზემოქმედების სამგანზომილებიანი მრავალარხიანი ელემენტი – მულტიპლექსორი/დემულტიპლექსორი, IDU. დამზადდა ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერების სისტემის დანადგარები შემხვედრი და გამჭოლი კონებით. მონაცემთა რეგისტრაცია შესაძლებელია ელემენტის შთანთქმის, ხოლო ვიზუალიზაცია – პოლარიზებული ლუმინესცენციის სპექტრის მთელ დიაპაზონში ერთდროულად.
- შეიქმნა ოპტიკური სიგნალის ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კოლერატორი; ოპტიკური ინფორმაციის პოლარიზაციული კოდირება ხდება ელემენტის შთანთქმის ნებისმიერ უბანში, ხოლო სახეთა ოპტიკური ამოცნობა (შეთანხმებული ფილტრაცია) – მეხსიერების ელემენტის ლუმინესცენციის სპექტრში ერთდროულად.

- პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტური არის საფუძველზე მიღებულია ანიზოტროპული პროფილის მქონე პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მესერები, ლუმინესცენციის სპექტრულ დიაპაზონში პოლარიზაციული გამოსხივების მდგომარეობის ანალიზისათვის. ლუმინესცენტური დიფრაქციული მესერების მოქმედება ექვივალენტურია სხვადასხვა ტიპის მაპოლარიზებელი ოპტიკური ელემენტების მოქმედების.
- განხორციელდა ფართო სპექტრულ უბანში პოლარიზაციულად მგრძობიარე, ფლუორესცენტული საღებარის კომპოზიციის ბაზაზე მიღებულ არეებში გამოსხივების სხვადასხვა დიაპაზონში, მათ შორის უხილავეში ჩაწერილი ჰოლოგრაფიული ინფორმაციის ვიზუალიზაცია სასურველ სპექტრულ უბანში.
- განხორციელდა ანიზოტროპული მიკროსკოპული ობიექტის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული ჩაწერა ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულად მგრძობიარე მატარებელზე და აღდგენილი მოცულობითი გამოსახულების აპოსტერიორული პოლარიზაციული ანალიზი; პროექტში შემუშავებული ჰოლოგრაფიული პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მიკროსკოპიის მეთოდი საშუალებას იძლევა განვხორციელოთ მიკროობიექტის კომფოკალური მიკროსკოპია.
- განხორციელდა ნავთობის საბადოდან მოპოვებული (წიაღისეული), ასევე ხსნარში ექსტრაგირებული ბიტუმის ლუმინესცენციის პოლარიზაციის მდგომარეობის მონიტორინგი ლუმინესცენტური ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის გამოყენებით. ელემენტის პოლარიზაციული სპექტრების ანალიზით განვსაზღვრავთ წიაღისეულ ქანებში შემავალი ბიტუმის ნავთობშემცველობას და ნავთობის მოპოვების სტრატეგიას. დამზადდა ლაბორატორიული სადემონსტრაციო დანადგარი.
- განხორციელდა ლუმინესცენტური პოლარიზაციულად მგრძობიარე მატარებლების გამოყენება უხილავ მარკერებად ფულის კუპიურების, აქცისური მარკების და ფასიანი დოკუმენტებისათვის; უხილავი მარკერების პოლარიზაციული სპექტრების ანალიზი ცალსახად განსაზღვრავს კუპიურების, დოკუმენტის აუთენტიკურობას.

2. სამეცნიერო პროდუქტიულობა (კვლევითი პროექტის განხორციელების შედეგად მიღებული სამეცნიერო პროდუქტები)

2.1. საგრანტო პროექტის მსვლელობისა და განხორციელების შედეგად მომზადებული და გამოქვეყნებული პუბლიკაცია

№	ავტორ(ებ)ი	სტატიის სათაური	ჟურნალის სათაური	ტომი/გამოცემა	გამოცემის თარიღი	გამომცემლობა	ადგილობრივი/საერთაშორისო (მიუთითეთ ერთ-ერთი)	სტატიის სტატუსი: გამოცემული, მიღებული, ელოდება გამოცემას, განხილვის პროცესში მყოფი, წარდგენილი, სხვ. (მიუთითეთ ერთ-ერთი)	ინტერნეტ-ბმული
1	В. Г. Шавердова, С. С. Петрова, А. Л. Пурцеладзе, В. И. Тарасашвили, Н. З. Оболашвили.	Поляризаационно-люминесцентные среды для голографии на базе красителей нового типа.	Оптика и Спектроскопия			САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФИЛИАЛ ФГУП „НАУКА“	საერთაშორისო	ელოდება გამოცემას სარეგისტრაციო №57-17	

- წიგნები, მონოგრაფიები ან სხვა არაპერიოდული, ერთჯერადი გამოცემები

წიგნები, მონოგრაფიები, დისერტაცია/ნაშრომები, თეზისები, ან მსგავსი გამოცემები, რომლებიც გამოქვეყნებული იყო პროექტის შედეგად ცალკე გამოცემის სახით.

№	ავტორ(-ები)	პუბლიკაციის სათაური	ტომი/გამოცემა	გამოცემის თარიღი	გამომცემლობა	ადგილობრივი/საერთაშორისო (მიუთითეთ ერთ-ერთი)	გამოცემის სტატუსი (გამოცემული/მიღებული)	გვერდების რაოდენობა	ინტერნეტ-ბმული
1									
2									
3									

• საკონფერენციო თეზისები და სხვ. გამოცემები (რომლებიც არ არის ზემოთ მითითებული) ჩამოთვალეთ საკონფერენციო თეზისები, ან სხვა გამოცემები, რომლებიც არ არის ზედა ორ პუნქტში მითითებული

№	ავტორ(-ები)	ნაშრომის სათაური	ღონისძიების დასახელება	გამოცემის თარიღი	გამომცემლობა	ადგილობრივი/საერთაშორისო (მიუთითეთ ერთ-ერთი)	გამოცემის სტატუსი (გამოცემული/მიღებული)	ინტერნეტ-ბმული
1	<i>Shaverdova V.G., Petrova S.S., Purceladze A.L., Tarasashvili V.I., Obolashvili N.L.</i>	Polarization-sensitive recording media based on the bio-pigments.”	4-th International Symposium “MOLECULAR PHOTONICS	Ju ly, 2016	Abstracts Book. Peterhof, St. Petersburg, RUSSIA	საერთაშორისო	თეზისი	http://www.elib.grsu.by/katalog/567439pdf.pdf?d=true
2	<i>Shaverdova V.G., Petrova S.S., Purtseladze A.L., Tarasashvili V.I., Obolashvili N.I.</i>	The recording media for holography based on a new type of fluorescent dyes : butyl –substituted aminoantropiridone	Global Conference on Applied Physics and Mathematics, Rome Global Conference on Applied Physics and Mathematics, Rome	Ju ly, 2016	Abstracts Book. Rome (Italy),	საერთაშორისო	თეზისი	www.scienceknowconferences.com

2.2. საგრანტო პროექტის მსვლელობისა და განხორციელებისას მიღებული შედეგების გავრცელება საერთაშორისო სამუშაო შეხვედრებზე (workshop), სემინარებზე, კონფერენციებზე, კონგრესებზე და სხვა ღონისძიებაზე

№	ღონისძიების ჩატარების ადგილი	ღონისძიების ჩატარების თარიღი	ღონისძიების ტიპი	ღონისძიების სტატუსი	თემის სახელწოდება	წარდგენილი მასალა (თეზისი, მოხსენება/პრეზენტაცია, პუბლიკაცია)	მონაწილის სტატუსი
1	Rome (Italy),	25-27 July 2016	კონფერენცია	ჩატარებული	The recording media for holography based on a new type of fluorescent dyes : butyl – substituted aminoantropiridone	პოსტერი	დოქტორი

2.3. ვებ-გვერდი, ან სხვა ინტერნეტ გვერდი

1. www.scienceknowconferences.com

Global Conference on Applied Physics and Mathematics Rome (Italy), 25-27 July 2016

The recording media for holography based on a new type of fluorescent dyes: butyl-substituted aminoantropiridone

V.G. Shaverdova *, S.S. Petrova, A.L. Purtseladze, V.I.Tarasashvili, N.I.Obolashvili

Laboratory of holographic recording and processing of information, the Institute of Cybernetics, Georgian Technical University, str.SandroEuli 5, 0186 Tbilisi, Georgia

1. Introduction – It is known that polarization holographic methods of preserving and processing of information have a number of significant advantages over other optical methods, which gives full information possibility to reach analogy between the object and the polarization hologram. As supposed by us one of the possible ways of further development of holography is creation a fluorescent polarization holography. It is shown that for the solution of its problems - it is necessary to have a polarization-sensitive fluorescent recording media.

2. Experimental – By the method of directed synthesis was received homologues of luminescent dyes series aminoantropiridone: $(\text{ClSO}_2)_2$ -AAF-R; $(\text{ClSO}_2)_2$ -1.4 di - AAP-R and $(\text{ClSO}_2)_2$ -1.5 di.- AAP-R, from which were selected the i- butyl components. According to the developed technologies were obtained photosensitive materials for neutral, acidic and alkaline media . Was created an optical scheme and sensitometric technique allowing to measure the polarization properties of fluorescent media , with different polarization of illuminating beam. For the study the fluorescent properties of the materials was used the method of polarized luminescence. Was introduced a new parameter - the factor of anisotropic emission - $\kappa\Delta(n\tau)_{lum}$. For the irradiation of dye samples were used the laser radiation with a -532 nm.

3. Results and Discussion – The spectral curves of linear and circular luminescence iBu-homologues sulfochlorides AAP-R for different values of the medium acidity were received . Were received the spectral curves of anisotropic radiation and the spectral curves of circular dichroism and birefringence samples. We discussed the results of experiments conducted with the use of quantum-chemical approach.

4. Conclusions – The maximum values of the spectral line emission luminescence of samples: $(\text{ClSO}_2)_2$ -AAF-iBu; $(\text{ClSO}_2)_2$ -1.4-di AAP-iBu and $(\text{ClSO}_2)_2$ -1.5- di AAP- iBu strongly influenced by the acidity of the medium.The largest values of the coefficient of the anisotropic emission observed for the sample with the dye $(\text{ClSO}_2)_2$ -1.5-di-AAP-Bu, since in this molecule the process of stereo isomerization are proceeding easier than in other molecules. The molecule is in a more asymmetric, less flat and orderly situation that affects on the magnitude of the anisotropy. At the illumination by the right-circularly polarized light - the magnitude of the luminescence emission maxima is greater than the corresponding value-for left-circular. One can assume that under the excited state of the samples dextrorotatory enantiomer predominates.

5. References

[1] Sh. D. Kakichashvili, “The polarization holography”, L. Science, 1989.

[2]V.G. Shaverdova, S.S. Petrova, A.L. Purtseladze, V.I. Tarasashvili, N.Z. Obolashvili, *Journal of Applied Spectroscopy*, **79** (6), (2012) p. 971.

[3] N.Z. Obolashvili, I.V. Lagvilava, E.N. Elizbarashvili, *Proceedings of the GTU*, **4** (466), (2007) p. 57.

2. <http://www.elib.grsu.by/katalog/567439pdf.pdf?d=true>

4-th International Symposium «MOLECULAR PHOTONICS» dedicated to academician A.N. Terenin. July 21–24, 2016 Peterhof, St. Petersburg, RUSSIA

Polarization-sensitive recording media based on the bio-pigments

V.G. Shaverdova, S.S. Petrova, A.L.Purceladze, V.I.Tarasashvili, N.L.Obolashvili

The Institute of Cybernetics, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

shaverdova@inbox.ru

The technology of obtaining polarization-sensitive recording media, based on using biopigments, such as carotenoids, chlorophyll and betanin derivatives, introduced in the gelatin, polyvinylpyrrolidone or nitrocellulose matrix. We have studied the vector properties of the obtained bio-pigments. The samples were irradiated with actinic linearly and circularly polarized laser emission, wavelengths within spectral range (405 – 632 nm). Quantitative calculations of complex birefringence (light-induced anisotropy and birefringence) were carried out according to the developed system of sensitometry. The impact of actinic irradiation caused the induced luminescence emergence into the biopigments samples. For studies the fluorescence properties of materials, we had developed the optical scheme that allows measuring the anisotropic characteristics of the luminescence emission, to identify spectral peaks of induced luminescence, and to change the polarization state of the activating irradiation. Quantitative measurements were carried out according to the developed polarized luminescence technique, based on the vector-matrix method Jones.

We have introduced the parameters that characterize the induced polarized luminescence – anisotropic emission and birefringence coefficients. The appropriate spectral curves were plotted, as well.

2.4. ტექნოლოგიები, ტექნიკა/მეთოდოლოგია/პროცედურა/დანადგარი

ლუმინესცენტური პოლარიზაციულად-მგრძობიარე არეების მიმართ განსაკუთრებულ ინტერესს განაპირობებს მათი გამოყენება ახალი ტიპის ინფორმაციული სისტემების შექმნის ამოცანებში. ამდაგვარი არეები საშუალებას გვაძლევს განვახორციელოთ მონაცემთა რეგისტრაცია მეხსიერების ელემენტის შთანთქმის სპექტრის ნებისმიერ უბანში, ხოლო ინფორმაციის ამოკითხვა, ვიზუალიზაცია – მარეგისტრირებელი არეების ლუმინესცენციის სპექტრის მთელ დიაპაზონში ერთდროულად (მრავალარხიანი ოპტიკური კავშირის მეხსიერების ელემენტი). მათი გამოყენება პოლარიზაციულ ჰოლოგრაფიის ამოცანებში მოითხოვს ახალი სენსიტომეტრული მეთოდოლოგიის, ტექნოლოგიების და ტექნიკა/დანადგარების შემუშავებასა და შექმნას.

– შემუშავდა ლუმინოფორის გამოსხივების ველის სხვადასხვა კონებით ფორმირებული ინტერფერენციული სურათის – ლუმინესცენტური პოლარიზაციული ჰოლოგრაფიის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის მეთოდოლოგია. ინდუცირებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპია-გიროტროპიის თეორიული კვლევა ჩატარდა ორი შემთხვევისათვის: 1) პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიულ ექსპერიმენტში საობიექტო ველი ნაწილობრივად წრფივად პოლარიზებულია, 2) საობიექტო ველი ნაწილობრივად ცირკულარულად პოლარიზებული; ორივე შემთხვევაში რეფერენტული (საყრდენი) ტალღა არაპოლარიზებული; შემოტანილია ამპლიტუდათა არაკოჰერენტული შეჯამების ფორმალური ოპერაცია. განსაზღვრულია შესაბამის ნიშნაკთან ოპერირების წესები და ჯონსის ვექტორი ჩაწერილია სახით, რომელსაც მოდიფიცირებული ჯონსის ვექტორი ეწოდა:

$$E = E_{A,x} \exp i(\omega t + \varphi) \begin{pmatrix} 1 \\ \pm i\varepsilon \end{pmatrix} \oplus E_{B,y} \exp i\left(\omega t + \psi \mp \frac{\pi}{2}\right) \begin{pmatrix} \pm i\varepsilon \\ 1 \end{pmatrix},$$

სადაც $\varepsilon = \frac{E_{A,y}}{E_{A,x}} = \frac{E_{B,x}}{E_{B,y}}$, $0 \leq \varepsilon \leq 1$; \oplus სიმბოლო აღნიშნავს ამპლიტუდათა არაკოჰერენტულ შეჯამებას.

– შემუშავდა პოლარიზებული ლუმინესცენციის უნარის მქონე არეების ანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების განსაზღვრის და სენსიტომეტრიის ახალი, პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდი; **დანართი №1** მოყვანილია პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტურ არეებში ინდუცირებული ანიზოტროპია-გიროტროპიის გაზომვის პრინციპული ოპტიკური სქემა. გამზომ არხში გამოიყენება წრფივად პოლარიზებული აქტინური სინათლე α კუთხით ორიენტირებული პოლარიზაციის სიბრტყით. სინათლე ეცემა S ფოტოანიზოტროპულ ლუმინესცენტურ არეს მასში ინდუცირებული ანიზოტროპიით, რომლის მთავარი ღერძები, გარდატეხის კომპლექსური კოეფიციენტებით \hat{n}_x და \hat{n}_y , ორიენტირებულია X და Y ღერძების გასწვრივ, შესაბამისად. d არის სისქეა. X ღერძის მიმართ θ კუთხით ორიენტირებულ წრფივ პოლარიზატორში P გავლის შემდეგ, არიდან გამოსული ლუმინესცენცია ეცემა გამზომ მოწყობილობას D . გამზომი ხელსაწყო D რეაგირებს მხოლოდ ინტენსიობაზე. გამოვთვალეთ დაცემული სინათლის ინტენსიობა $\alpha = \theta$ შემთხვევაში:

$$I_\theta = \cos^4 \theta e^{-2\kappa(n_x)_x, d} + \sin^4 \theta e^{-2\kappa(n_y)_y, d} + 2 \cos^2 \theta \sin^2 \theta \cos \kappa(n_x - n_y) d e^{-\kappa[(n_x)_x + (n_y)_y] d};$$

როცა $\theta = 0^\circ$, გვექნება $I_0 = e^{-2\kappa(n_x)_x, d}$; როცა $\theta = 90^\circ$, $I_{90} = e^{-2\kappa(n_y)_y, d}$; როცა $\theta = 45^\circ$, $I_{45} = \frac{1}{4} [I_0 + I_{90} + 2\sqrt{I_0 I_{90}} \cos \kappa(n_x - n_y) d]$. შევნიშნავთ, რომ θ -ს ნებისმიერი სხვა მნიშვნელობისათვის ინტენსიობის სიდიდეები $0^\circ, 45^\circ$ და 90° -ის შესაბამისი ინტენსიობების მნიშვნელობების წრფივ კომბინაციას წარმოადგენენ. გამომდინარე აქედან მივიღებთ:

$$\Delta(n\tau)_{lum} \equiv (n\tau)_x - (n\tau)_y = -\frac{1}{2\kappa d} \ln \frac{I_0}{I_{90}},$$

$$\Delta n_{lum} \equiv (n_x - n_y) = \frac{1}{\kappa d} \arccos \frac{4I_{45} - (I_0 + I_{90})}{2\sqrt{I_0 I_{90}}},$$

სადაც $\Delta(n\tau)_{Lum}$ განსაზღვრავს პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპული ამპლიტუდური კოეფიციენტების სხვაობას, Δn_{Lum} – ორმაგი სხივების სიდიდე.

– შემუშავდა პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტურ არეებში ცირკულარული აქტინური გამოსხივების შედეგად აღძრული შუქინდუცირებული გიროტროპიის – წრიული ლუმინესცენციის და წრიული ორმაგი სხივების გაზომვის ახალი მეთოდი. ამ შემთხვევაში პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტური არე ხასიათდება გარდატეხის ორი კომპლექსური კოეფიციენტით $n_+ = n_x - i(n\tau)_+$ და $n_- = n_y - i(n\tau)_-$, შესაბამისად, მარჯვნივ და მარცხნივ ცირკულარულად პოლარიზებული აქტინური სინათლის მიმართ. ანალოგიური გამოთვლების შედეგად მიღებულია ფოტოგიროტროპული მახასიათებლების გამოსათვლელი ფორმულები: წრიულად პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპული ამპლიტუდური კოეფიციენტების სხვაობის –

$$\Delta(n\tau)_{G,Lum} = [(n\tau)_+ - (n\tau)_-] = -\frac{1}{2\kappa d} \ln \frac{I_+}{I_-};$$

გიროტროპული ორმაგი სხივების კოეფიციენტის – $\Delta n_{G,lum} \equiv (n_+ - n_-) = \frac{1}{\kappa d} \arccos \frac{4I_{45} - (I_+ + I_-)}{2\sqrt{I_+ I_-}}$. აქ $I_+ = e^{-2\kappa d(n\tau)_+}$ ცირკულარულად

მარჯვნივ პოლარიზებული სინათლის ინტენსიობაა, $I_- = e^{-2\kappa d(n\tau)_-}$ – ცირკულარულად მარცხნივ პოლარიზებული სინათლის ინტენსიობა.

ლუმინესცენტურ, პოლარიზაციულად მგრძობიარე მარეგისტრირებელ არეში ინდუცირებული ანიზოტროპიის და გიროტროპიის მახასიათებლების რაოდენობრივი გაზომვის ინსტრუმენტული მეთოდები გამოიყენება პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერების ელემენტის შექმნისათვის მაღალეფექტური მასალების მოძიებისა და კვლევის ამოცანებში. *ცალკე უნდა აღინიშნოს, რომ ამ კვლევებს დამოუკიდებელი ინტერესი გააჩნიათ აქტინურ სინათლესთან გარემოს ურთიერთქმედების პროცესებში მშთანთქმელი და გამომსხივებელი ცენტრების ფოტოფიზიკური და ფოტოქიმიური გარდაქმნების შესწავლის ამოცანებისათვის.*

– შემუშავდა ოპტიკური სქემები და შეიქმნა ლაბორატორიული დანადგარები პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტურ მარეგისტრირებელ მასალებში ინდუცირებული ფოტოანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების რაოდენობრივი გაზომვისათვის სხვადასხვა პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდებით. ექსპერიმენტული დანადგარების ოპტიკური სქემები მოყვანილია **დანართზე №2** და **დანართზე №3**; დანადგარები შექმნილია სხვადასხვა ოპტიკური ხელსაწყოების ბაზაზე და ემსახურებიან ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების მრავალმხრივ, დეტალურ კვლევას, ორი განსხვავებული პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდით, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის პროექტში განხორციელებული კვლევების ინფორმაციულობას და საიმედოობას.

დანართზე №2 მოყვანილია ლაბორატორიული დანადგარის ოპტიკური სქემა პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინოფორში ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპული და გიროტროპული მახასიათებლების: $\Delta(n\tau)_{Lum}$, Δn_{Lum} , $\Delta(n\tau)_{G,Lum}$ და $\Delta n_{G,Lum}$ გასაზომად, როგორც აღზნების (რეზონანსული), ასევე ლუმინესცენციის სხვა სიხშირეებზე. დანადგარი გამოიყენება ასევე ამ პარამეტრების აქტინური დასხივების სიმძლავრეზე ენერგეტიკული დამოკიდებულებების გრაფიკების ასაგებად. დანადგარი შექმნილია მონოქრომატორის YM-2 – ის ბაზაზე (ტალღის სიგრძეების დიაპაზონი 380–1050 ნმ). არაპოლარიზებული ლაზერის L* აღმგზნები, მაღალი ინტენსიობის სინათლის კონა (გამოიყენებოდა ლაზერები ტალღის სიგრძეებით: 405 ნმ; 441,6 ნმ; 530 ნმ; 632,8 ნმ) გაივლის პოლაროიდს P1 და მეოთხედ ტალღოვან ფირფიტას $\lambda/4$, რომელთა საშუალებით შესაძლებელია ნებისმიერად ვცვალოთ აღმგზნები სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობა; ობიექტივი O1-ის

საშუალებით აღმგზნები სინათლის კონა ფოკუსირდება პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტურ ნიმუშზე S; ნიმუშიდან გამოსული ინდუცირებული ლუმინესცენცია ობიექტივი O2-ის საშუალებით პროეცირდება მონოქრომატორის YM-2 შემავალ ხვრელზე ლუმინესცენციის სხვადასხვა სიგრძის ტალღების ანალიზისათვის; ლუმინესცენცია გაივლის მონოქრომატორს და ეცემა ანალიზატორ P2-ს, რომელსაც აქვს შესაძლებლობა დაიკაოს 3 სხვადასხვა მდგომარეობა (პარალელური, 45° და პერპენდიკულარული) აქტინური სინათლის ელექტრული ვექტორის პოლარიზაციის მიმართ; შემდეგ ლუმინესცენცია ხვდება ინტენსიობის გამზომ მოწყობილობაში 1 (ФЭУ-62); ელექტრული სიგნალი გამოსული ФЭУ-62-დან რეგისტრირდება ციფრულ ორსხივიან დამმახსოვრებელ ოსცილოგრაფზე OC. ვზომავთ რა

ინტენსიობების მნიშვნელობებს, ანალიზატორი P₂-ის 3 სხვადასხვა მდგომარეობაში ორიენტაციისას, მონოქრომატორის ტალღური დოლურას სხვადასხვა ანათელებისათვის, რაც შეესაბამება გამზომ 1-ზე დაცემული ლუმინოფორის გამოსხივების სპექტრის სხვადასხვა სიგრძის ტალღის მაქსიმუმებს, ვიღებთ მონაცემებს ლუმინოფორის გამოსხივების სპექტრის ფოტონდუცირებული ანიზოტროპული და გიროტროპული პარამეტრების გასაზომად. აღმზნები ლაზერის L* სინათლის კონის გზაზე განთავსებული ნეიტრალური ფილტრები NF და ინტენსიობის გამზომი ხელსაწყო 2 (ФЭУ-62) გამოიყენება აქტინური დასხივების სიმძლავრის რეგულირებისა და კონტროლისათვის. სხვადასხვა გამჭვირვალობის მქონე ნეიტრალური ფილტრების კომბინირებით ვაგებთ ანიზოტროპული მახასიათებლების ენერგეტიკულ ექსპოზიციაზე დამოკიდებულების მრუდებს.

– შემუშავდა პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინოფორში ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპული და გიროტროპული მახასიათებლების კვლევის ახალი, პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს აღმზნები (მაინდუცირებელი) დასხივების შეწყვეტის შემდეგ მივიღოთ საკვლევი პოლარიზაციულად მგრძობიარე არის პოლარიზებული ლუმინესცენციის სპექტრის სურათი, გამოვავლინოთ ფოტონდუცირებული ანიზოტროპიის უნარის მქონე ლუმინესცენციის ცენტრები, განვსაზღვროთ მათი ანიზოტროპულ-გიროტროპული თვისებები. ზემოთ აღნიშნული ამოცანის განხორციელება შესაძლებელი გახდა პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინოფორში ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის სპექტრის რეგისტრაციით პროექტის შემსრულებლების მიერ შექმნილი მაღალეფექტურ პოლარიზაციულად მგრძობიარე არალუმინესცირებად არეებზე; აღნიშნულ მასალებს ახასიათებთ მაღალი ფოტოანიზოტროპული მგრძობიარობა ფართო სპექტრულ დიაპაზონში. ამდაგვარი არეებია: მრავალკომპონენტური კომპოზიციები, მიღებული სხვადასხვა კლასის ორგანული საღებარების ბაზაზე, ასევე არეები წვრილმარცვლოვანი ვერცხლის ჰალოგენიდების ბაზაზე (აღვნიშნავთ, რომ ამ უკანასკნელში პირველად ჩვენ მიერაა გამოვლენილი ახალი ანიზოტროპულ-გიროტროპული ეფექტი – ინდუცირებული სენსიბილიზირებული ფოტოანიზოტროპია – ისე). შემუშავდა ოპტიკური სქემა და შეიქმნა ლაბორატორიული ოპტიკური დანადგარი სამპრიზმიანი სპექტროგრაფის ИСП-51 ბაზაზე. **დანართზე №3** მოყვანილია ლაბორატორიული დანადგარის ოპტიკური სქემა ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების გაზომვისათვის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდით სპექტროგრაფის ბაზაზე. პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინოფორი S სხივდება აქტინური არაპოლარიზებული ლაზერით L* (გამოიყენებოდა ლაზერები ტალღის სიგრძეებით: 405; 441,6; 530; 632,8 ნმ). პოლაროიდის P₁ და მეოთხედ ტალღოვანი ფირფიტის $\lambda/4$ საშუალებით შესაძლებელია ნებისმიერად ვცვალოთ აქტინური

დასხივების პოლარიზაციის მდგომარეობა. აღმზნები ლაზერული სინათლის კონისა და ლუმინოფორის ზედაპირის გადაკვეთის წერტილი ობიექტივი O₁-ის საშუალებით პროეცირდება სპექტროგრაფ ИСП-51-ის შემავალ ხვრელზე. ნიმუშის (ლუმინოფორის) დაყენების კუთხე შერჩეულია იმდაგვარად, რომ ზედაპირიდან სარკულად არეკლილი აქტინური სინათლე არ ხვდება ობიექტივ O₁–ში, და შედეგად სპექტროგრაფში ხვდება ლუმინოფორის ლუმინესცენციის და დიფუზურად გაბნეული მაინდუცირებელი სინათლის სპექტრი; ინდუცირებული ლუმინესცენცია გაივლის რა ხელსაწყოს კოლიმატორს პარალელური კონის სახით ეცემა მადისპერგირებელი პრიზმების სისტემას, რომელიც შლის ლუმინოფორის გამოსხივებულ კონას სპექტრად. სპექტრად გაშლილი ლუმინესცენციის კონა კამერის ობიექტივი O₂-ის საშუალებით ფოკუსირდება სპექტროგრაფის გამოსავალზე, ხელსაწყოს სპექტრული შკალის გამოსახულების სიბრტყეში. ამ სიბრტყეში განთავსებულია ზემოთ დასახელებული მაღალეფექტური მარეგისტრირებელი პოლარიზაციულად მგრძობიარე არალუმინესცენტური მასალები FA (ფირფიტა). ექსპონირებული მარეგისტრირებელი ფოტოანიზოტროპული ფირფიტა, სპეციალურ გამამჟღავნებელში დამუშავების შემდეგ დაიშორება შეჯვარებულ პოლაროიდებში; მასალაზე დაფიქსირებული ლუმინოფორის გამოსხივების სპექტრის პოლარიზაციული ანალიზი საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ნათელი უბნები, რომელებიც შეესაბამება ლუმინესცენციის სპექტრის უბნებს, სადაც აღიძვრება ფოტოანიზოტროპია. ციფრული ფოტოკამერის F საშუალებით ხორციელდება ლუმინესცენციის პოლარიზებული სპექტრის ფოტოგრაფირება შეჯვარებულ პოლაროიდებში. ოპტიკურ სქემაში, რომელიც შექმნილია მონოქრომატორის УМ-2 – ის ბაზაზე, შესაძლებელია ანალიზატორი P₂-ის ნაცვლად, სპეციალურ დამჭერში განთავსდეს ზემოთ მითითებული მარეგისტრირებელი პოლარიზაციულად მგრძობიარე (არალუმინესცენტური) მასალები. ექსპონირების შემდეგ დამჭერი თავსდება სპექტროფოტომეტრში Spekord UVVIZ, რომელიც მოდიფიცირებულია ჩვენ მიერ და შესაძლებლობას გვაძლევს ლუმინესცენციის სპექტრის გამოვლენილ ანიზოტროპულ უბნებში მოვახდინოთ მარეგისტრირებელ მასალებში ინდუცირებული ფოტოანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების რაოდენობრივი გაზომვები პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდებით და შესაბამისად, საკვლევი არის ვექტორული მახასიათებლების ანალიზი.

პროექტში დასახული ამოცანების წარმატებით გადაჭრის წინაპირობას წარმოადგენს არის პოლარიზაციული პარამეტრების ზუსტი გაზომვების მეთოდოლოგიის სრულყოფა; ამ მხრივ პროგრესის მისაღწევად არანაკლებ არსებითია პოლარიზაციული პარამეტრების გაზომვისათვის მეთოდთა კომბინირება. ეს მკვეთრად ზრდის კვლევის საერთო ინფორმაციულობას. ამ მიზნით ლუმინესცენტურ არეებში ინდუცირებული ანიზოტროპია-გიროტროპიის პარამეტრების განსაზღვრისათვის

გამოყენებული იყო კიდევ ერთი ზუსტი და მაღალმგრძობიარე ვექტორული მეთოდი – ელიფსომეტრია. აღნიშნულ მეთოდში გამოიყენება ლუმინესცენციის პოლარიზაციის მდგომარეობის ცვლილების ფენომენი, რომელსაც ადგილი აქვს აღმგზნები პოლარიზებული სინათლის საკვლევ სისტემაში გარდატეხის (გამჭოლი ელიფსომეტრია) ან არეკვლის (ამრეკლი ელიფსომეტრია) შემთხვევაში. მეტად მნიშვნელოვანია აღინიშნოს ის, რომ ორივე გამოყენებული მეთოდი–პოლარიზაციულ-პოლოგრაფიული მეთოდი და ელიფსომეტრია – ეფუძნება ჯონსის ვექტორულ-მატრიცულ აპარატს.

– შემუშავდა სენსიტომეტრიის მეთოდი და შეიქმნა ლაბორატორიული ოპტიკური დანადგარი ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპულ-გროტროპული პარამეტრების განსაზღვრისათვის ელიფსომეტრული მეთოდებით. ლაბორატორიული დანადგარის – სპექტროელიფსომეტრის – ოპტიკური სქემა მოყვანილია **დანართზე №4**. მაზონდირებელი სინათლის სხივი გაივლის ხელსაწყო მპოლარიზებელ ნაწილს, რომელიც შედგება პოლარიზატორისაგან P და ფაზაწამნაცვლებელი მოწყობილობისაგან (ან კომპენსატორისაგან C). სრულად პოლარიზებული სინათლე, გამოსული ხელსაწყო მპოლარიზებელი ნაწილიდან ეცემა საკვლევ ოპტიკურ სისტემას S, რომელიც ხასიათდება ელიფსური საკუთარი პოლარიზაციებით u და v (პოლარიზაციის ეს მდგომარეობები ზოგადად შეიძლება არ იყოს ორთოგონალური). ოპტიკური სისტემა (PCSA) ცვლის დაცემული სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობას, თუ ის განსხვავდება სისტემის საკუთარი პოლარიზაციისაგან. საკვლევი სისტემიდან გამოსული (გამჭოლი ელიფსომეტრია, პოლარიმეტრია) ან არეკლილი (ამრეკლი ელიფსომეტრია) სინათლის სხვის შეცვლილი პოლარიზაციის მდგომარეობის ანალიზი ხორციელდება ანალიზატორით A და დეტექტორით D, რომლებიც წარმოადგენენ ხელსაწყო მანალიზირებელ ნაწილს. P, C და A აზიმუტებით განისაზღვრება პოლარიზატორის, კომპენსატორისა და ანალიზატორის ორიენტაცია სხვის ღერძის მიმართ, შესაბამისად. P და A აზიმუტები ახასიათებენ პოლარიზატორისა და ანალიზატორის ღერძების ორიენტაციას (ანუ გასულ ან არეკლილ საკუთარ პოლარიზაციებს), ხოლო C აზიმუტით განისაზღვრება კომპენსატორის სწრაფი ღერძის ორიენტაცია. P, C და A აზიმუტები აითვლებიან საკვლევი სისტემის საკუთარი პოლარიზაციის X-მიმართულებით და ითვლებიან დადებითად, თუ მობრუნება ხდება საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით, როცა დამზერა ხდება სხვის გავრცელების საწინააღმდეგო მიმართულებით. შევნიშნავთ, რომ პოლარიზატორი, ანალიზატორი და კომპენსატორი უნდა დავაყენოთ ისეთნაირად, რომ ელიფსომეტრის გამოსასვლზე უზრუველყოთ სინათლის ნაკადის ჩაქრობა (ფოტოდეტექტორზე დაცემული სინათლის ნაკადის ინტენსიობა ნულის ტოლი ან მინიმალური). პოლარიზატორის, ანალიზატორისა და კომპენსატორის აზიმუტალური კუთხეების მნიშვნელობების ასეთი ნაკრების მონახვა საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ სისტემის საკუთარი პოლარიზაციების მნიშვნელობების ფარდობა ρ_s .

– დამზადდა ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-პოლოგრაფიული მეხსიერების სისტემის ლაბორატორიული დანადგარი მდგარი ტალღებით. ლაბორატორიული დანადგარის მაკეტის ფოტო მოყვანილია **დანართზე №5**. შემუშავდა ლუმინესცენტური პოლარიზაციული პოლოგრამების მდგარი ტალღებით სიღრმული რეგისტრაციის და აღდგენის ოპტიკური სქემა არაპოლარიზაციულ ი საყრდენი კონით; ოპტიკური სქემა მოყვანილია **დანართზე №5, გვ. 2**. ექსპერიმენტში გამოიყენებოდა ლაზერების არაპოლარიზებული გამოსხივება ტალღის სიგრძეებით: 380-405 ნმ (უი. უბანი) და 450-530 ნმ (ხილული უბანი). ინფორმაციის ჩაწერის და ამოკითხვის პროცესი ორგანიზებულია შემდეგნაირად: ერთი და იგივე ლუმინესცენტურ სამგანზომილებიან ინფორმაციის მატარებელ ელემენტზე თანმიმდევრულად პოლოგრაფირდება ტესტ-ობიექტი (წრფივი პოლარიზირებული აზიმუტის 360° ბრუნვის შესაძლებლობით) ლაბორატორიული სისტემის მიმართ ფიქსირებული კუთხით მობრუნებისას. ლაზერი 1-ის არაპოლარიზებული სხივი გაივლის ლინზათა სისტემას – 2, 3; მისგან ფორმირდება კოლიმირებული სინათლის კონა, რომელიც ეცემა პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტური ინფორმაციის მატარებელ სამგანზომილებიან ელემენტს – 4; ჩამწერი (აქტინიური) სინათლის ზემოქმედებით ელემენტში ინდუცირდება ლუმინესცენტური გამოსხივება; ინდუცირებული ლუმინესცენტური სინათლის არაპოლარიზებული კონა, საყრდენი კონა, ეცემა ტესტ-ობიექტს – 5, რომელიც ფორმირებას უკეთებს წრფივად პოლარიზებულ სინათლის კონას ლაბორატორიული სისტემის მიმართ პოლარიზაციის სიბრტყის ფიქსირებული აზიმუტით – საობიექტო კონა; ტესტ-ობიექტის უკან განლაგებულია ბრტყელი სარკე – 6, რომელზედაც საობიექტო კონის არეკვლის შემდეგ ფორმირდება პოლარიზაციულად შექცეული საობიექტო კონის ფრონტი (ორთოგონალურად პოლარიზებული პირველადი საობიექტო კონების მიმართ) და ვრცელდება შუქმგრძობიარე ელემენტში საყრდენი კონის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ამგვარად, საყრდენი და შექცეული საობიექტო კონები შემხვედრი კონებია; მათი გადაფარვის ადილას, ლუმინესცენტური ელემენტის მთელ სიღრმეში, ფორმირდება მდგარი ტალღების ინტერფერენციული სურათი (დინამიური პოლოგრამა H). მიღებული პოლოგრამა წარმოადგენს პერიოდულ სტრუქტურას ანიზოტროპული პროფილის პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მესერის სახით; ინფორმაციის ამოკითხვის ეტაპზე, რომელიც მიმდინარეობს ჩაწერის პროცესის პარალელურად, ერთდროულად, წამკითხავი სინათლის არაპოლარიზებული კონა დიფრაგირებს ლუმინესცენტური ელემენტის სიღრმეში მიღებულ სამგანზომილებიან მესერთა სიმრავლეზე, ბრევის კანონის შეაბამისად, და ფორმირდება ტესტ-ობიექტის წარმოსახვითი გამოსახულება. ეს უკანასკნელი ვრცელდება წამკითხავი სხვის გავრცელების საწინააღმდეგო მიმართულებით, აირეკლება ნახევრად გამჭვირვალე სარკეზე – 7, გაივლის მაკოლიმირებელ ლინზათა სისტემას – 8 და ეცემა ჩვენ მიერ

კონსტრუირებულ სპექტროფლუოროპოლარიმეტრს – 9; სპექტროფლუოროპოლარიმეტრი საშუალებას გვაძლევს განვახორციელოთ აღდგენილი ფოტოანიზოტროპული ტესტ-ობიექტის გამოსახულების სპექტროპოლარიმეტრული ანალიზი მრავალარხიანი (სიხშირულ უბანში) მეხსიერების ელემენტის ლუმინესცენციის სპექტრულ დიაპაზონში.

– დამზადდა ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კოლერატორის ლაბორატორიული დანადგარი. კოლერატორის მაკეტის ფოტო მოყვანილია **დანართზე №6**. ამავე დანართზე მოყვანილია აგრეთვე პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კოლერატორის პრინციპული ოპტიკური სქემა; მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ლაზერის სხივი 1 იყოფა ორ ურთიერთორთოგონალურ წრფივად პოლარიზებულ კონად ორმაგი სხივთამტეხი პრიზმა 2-ის საშუალებით. მეოთხედტალღოვანი ფირფიტა 3 გარდაქმნის მათ ორ ურთიერთორთოგონალურ წრიულად პოლარიზებულ კონად. გამზნევი (უარყოფითი) ობიექტივი 4 და ობიექტივი 5-ის საშუალებით ეს კონები ფართოვდება და კოლიმირდება. ობიექტივი 6, რომელიც მოთავსებულია ერთ-ერთი კონის გზაზე ობიექტივთან 8 კომბინაციაში, წარმოქმნის მაკოლიმირებელ სისტემას, რომელიც ფორმირებას უკეთებს ბრტყელ საყრდენ ტალღას. ობიექტივი 6-ის ფოკალურ სიბრტყეში განთავსებულია ანიზოტროპული არასტაციონარული ობიექტი 7, რომელიც ნათდება წრიულად პოლარიზებული ბრტყელი ტალღით. ობიექტივი 8 ფორმირებას უკეთებს არასტაციონარული ობიექტის ფურიე სახეს და ახვედრებს ბრტყელ საყრდენ ტალღას ჰოლოგრამის 9 სიბრტყეში, სადაც განთავსებულია მარეგისტრირებელი ფოტოანიზოტროპული გარემო ლუმინესცენციის უნარის მქონე პოლარიზაციულად მგრძნობიარე არეების საფუძველზე. ჩამწერი (აქტინიური) სინათლის ზემოქმედებით ლუმინოფორში ინდუცირდება ლუმინესცენტური გამოსხივება; საყრდენი და საობიექტო კონების გადაკვეთის ადგილას ინფორმაციის მატარებელში (ლუმინოფორში 9) ფორმირდება დინამიკური ლუმინესცენტური პლარიზაციული ჰოლოგრამა, რომელიც წარმოადგენს ვანდერ ლუჰტის კომპლექსურად შეუღლებულ ფილტრს მოცემული არასტაბილური ობიექტისათვის – 7. დინამიკური ჰოლოგრამის არსიდან გამომდინარე, ინფორმაციის ჩაწერის და ამოკითხვის პროცესები მიმდინარეობს ერთდროულად და ერთმანეთთან დაკავშირებულად, დაკვირვების სიბრტყეში – 12, ობიექტივი 10-ის მეშვეობით, ფორმირდება კოლერაციული სიგნალები ნათელი წერტილის სახით, ინფორმაციის მატარებლის ლუმინესცენციის ტალღის სიგრძეზე. დაკვირვების სიბრტყეში 12 განთავსებულია ჩვენ მიერ კონსტრუირებულ სპექტროფლუოროპოლარიმეტრი; სპექტროფლუოროპოლარიმეტრი საშუალებას გვაძლევს გავზომოთ ინტენსიობა და დავაკვირდეთ ამოსაცნობი ობიექტის პოლარიზაციის მდგომარეობის ცვლილებას დროში დამზახსოვრებელი ოსცილოგრაფის საშუალებით; ასევე ჩავატაროთ შემომავალი კოლერაციის სიგნალების სპექტრული და პოლარიზაციული ანალიზი.

– ანიზოტროპული მიკროობიექტების ჩვენ მიერ შემოთავაზებული ჰოლოგრაფიული პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მიკროსკოპის მეთოდი საშუალებას იძლევა განვახორციელოთ ე.წ. კომფოკალური მიკროსკოპია, რომელშიც ხორციელდება მიკროობიექტის ფენობრივი ჭრა დამზერის სცენის მთელ სიღრმეში; შესაძლოა განხორციელდეს პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული ჩაწერა ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულად მგრძნობიარე მატარებელზე ამ უკანასკნელის შთანთქმის სპექტრის ნებისმიერ, მათ შორის, უხილავ უბანში და აღდგენილი გამოსახულების დაკვირვება მატარებლის ლუმინესცენციის მთელ სპექტრში ერთდროულად; შესაძლებელია გამოსახულების აპოსტერიორული პოლარიზაციული ანალიზი, რეფერენტული ტალღის პოლარიზაციის სხვადასხვა მდგომარეობის შემთხვევაში.

დანართზე №7 მოცემულია ჩვენ მიერ კონსტრუირებული ჰოლოგრაფიული პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მიკროსკოპის პრინციპული ოპტიკური სქემა და დანადგარის ფოტო. მიკროსკოპი კონსტრუირებულია პოლარიზაციული მიკროსკოპის Polam-S-111 ის ბაზაზე. აქ კოჰერენტული გამოსხივების წყაროდ გამოიყენება ლაზერები ტალღის სიგრძეებით: 380-405 ნმ; 450 ნმ; 530 ნმ. ლაზერი 1-ის არაპოლარიზებული გამოსხივება ნახევრადგამჭვირვალე სარკე 5-ის საშუალებით იყოფა ორ კონად: საობიექტო და საყრდენი (რეფერენტული). საობიექტო კონა გაივლის საკვლევ მიკროობიექტს 10, მიკროსკოპის ობიექტივს 11 და ეცემა ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულად მგრძნობიარე მატარებელზე 12. საყრდენი ტალღა გაივლის კოლიმატორს 9 და ასევე ეცემა ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულად მგრძნობიარე მატარებელს 12. სხივების მობრუნებისათვის გამოიყენება სარკეები 3 და 4. გადაფარვის ადგილას, ლუმინესცენტური ფოტოანიზოტროპული ელემენტი 12-ის მთელ სიღრმეში, ფორმირდება ინტერფერენციული სურათი (დინამიური ჰოლოგრამა H). მიღებული ჰოლოგრამა წარმოადგენს პერიოდულ სტრუქტურას ანიზოტროპული პროფილის პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მესერის სახით. ინფორმაციის ამოკითხვის ეტაპზე, რომელიც მიმდინარეობს ჩაწერის პროცესის პარალელურად, ერთდროულად, წამკითხავი სინათლის არაპოლარიზებული კონა დიფრაგირებს ლუმინესცენტური ელემენტის სიღრმეში მიღებულ სამგანზომილებიან მესერთა სიმრავლეზე და ფორმირდება ტესტ-ობიექტის წარმოსახვითი გამოსახულება. დინამიური ჰოლოგრამა განთავსებულია ობიექტივ 11 და ოკულარ 13 შორის. რამდენადაც ჰოლოგრამაზე რეგისტრირდება არაფოკუსირებული გამოსახულება, მისი ასეთი განლაგება საშუალებას იძლევა ვცვალოთ მიკროსკოპის დამზერის ველი, ოკულარის დაკვირვების სიბრტყის ორთოგონალური მიმართულებით გადაადგილების ხარჯზე და განვახორციელოთ დამატებითი ფოკუსირება დაკვირვების სცენის სასურველ

სიღრმეში (კომპოზალური მიკროსკოპია). საობიექტო და რეფერენტული ტალღების ინტენსიობების გათანაბრების მიზნით სქემაში განთავსებულია 6, 7, 8 პოლარიზატორები.

– შეიქმნა სადემონსტრაციო ლაბორატორიული დანადგარი, შემუშავდა ოპტიკური სქემა და მიღებულია ჭაბურღილიდან ამოღებული ნედლი (წიაღისეული ნავთობი), ასევე ხსნარში ექსტრაგირებული ბიტუმის მოლეკულების ნიმუშების ლუმინესცენციის პოლარიზაციული სპექტრები; ლაბორატორიული სადემონსტრაციო დანადგარის მაკეტის ფოტო და ოპტიკური სქემა მოყვანილია **დანართზე №8**. დანადგარი საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ნიმუშის ლუმინესცენციის პოლარიზაციული სპექტრები სხვადასხვა ტალღის სიგრძის მქონე ლაზერების გამოყენებით, რაც მნიშვნელოვნად ამაღლებს ანალიზის შედეგების სიზუსტეს და საიმედოობას.

– ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერების სისტემების შექმნის ამოცანებში არსებითად მნიშვნელოვანია, ცენტრალური, ახალი ტიპის მაღალეფექტური (საინფორმაციო სიმძლავრე, სელექტურობა, ფართო სპექტრული მგრძობიარობა) მარეგისტრირებელი არეების მოძიება. შემუშავდა ლუმინესცენტური პოლარიზაციულად მგრძობიარე ინფორმაციის მატარებელი არეების მიღების ახალი ტექნოლოგია. ფოტოანიზოტროპული არეების მიღების ტექნოლოგია მოიცავს, პირველ რიგში, საღებარისა და დოპანტების წინასწარ შერჩეული კონცენტრაციისა და მოცულობის ხსნარის მიღებას, რაც თავის მხრივ მასის სიმცირის გამო საჭიროებს ელექტრონულ სასწორზე აწონილი ინგრედიენტების გამხსნელში ფრთხილად გახსნას და მიღებული ხსნარის ფილტრაციას. აღნიშნული პროცედურების ჩატარებისას, საჭიროა ხსნარში შემავალი ინგრედიენტების ურთიერთკონცენტრაციის რეგულირება, მათი ხსნადობისა და თავსებადობის შემოწმება და ტემპერატურის კონტროლი, რათა არ მოხდეს ხსნარის ამღვრევა ან ნალექის გამოყოფა. კვლევისთვის ყველაზე ოპტიმალური კონცენტრაციების შერჩევა ხორციელდება ნიმუშების ხაზოვანი რიგიდან, რომელიც მიიღება თავდაპირველად მიღებული კონცენტრირებული ხსნარის წინასწარგანსაზღვრული გეგმის მიხედვით განზავების საფუძველზე. ხსნარის pH-ის საჭირო მნიშვნელობამდე დაყვანა ხორციელდება შესაბამისი მარილებისა და pH-მეტრის გამოყენებით. ცალკე მზადდება პოლიმერის განსაზღვრული კონცენტრაციის ჰომოგენური ხსნარი, რომლის მისაღებად განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მომზადების ინდივიდუალური რეჟიმების დაცვა, მისაღები ფირების ტიპის (წყალში ხსნადი ან უხსნადი) მიხედვით – ტემპერატურა, პოლიმერის გაჯირჯება „მომწიფების“ სწორი პერიოდი, ხსნარის მორევის უწყვეტობა. გამჭვირვალე ფირების მისაღებად, არსებითი მნიშვნელობა აქვს საღებარშემცველი და პოლიმერის ხსნარების ურთიერთხსნადობასა და თავსებადობას. მათი შერევისას, ამ შემთხვევაშიც, აუცილებელია ურთიერთკონცენტრაციის რეგულირება, ხოლო ექსპერიმენტის მოთხოვნების (სისქე, ელასტიურობა და ა. შ.) შესაბამისი საკვლევი ნიმუშების დასამზადებლად, საჭიროა ხსნარის მინის ფირფიტებზე დასხმისა და მიღებული ნიმუშების შრობის სწორი რეჟიმების დაცვა (შრობა საშრობ კარადაში ან ქიმიური ხუფის ქვეშ ფირის ტიპის მიხედვით). მიღებულია განსხვავებული ფიზიკურ-ქიმიური ბუნების მქონე პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მასალები, მათ შორის, პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური კომპოზიციები, რომელთა შემადგენლობაში შედიოდა როგორც ბუნებრივი, ასევე სინთეზური მაღალმოლეკულური პოლიმერები: ლუმინესცენტური პოლიმერი (LEP), სხვადასხვა სტრუქტურის მქონე სპეციალურად სინთეზირებული მაღალმოლეკულური (მათ შორის მაკროციკლური) საღებარები, დენდრიმერი განხორციელდა მიმართული სინთეზის გზით მიღებული ახალი 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინური საღებარების (MPD) კვლევა. მიღებული ნაერთი ხასიათდება ლუმინესცენციის მკაფიოდ გამოხატული უნარით. შემუშავდა გამჭვირვალე საღებარების (MPD) შემცველი პოლიმერული ფირების მიღების ტექნოლოგია, ასევე შეიქმნა კომპოზიციები მოცემული საღებარების საფუძველზე. გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება მიღებული მარეგისტრირებელი არეების პოლარიზაციული მახასიათებლების ოპტიმიზაციას.

– განხილული იქნა გარეშე ფაქტორების გავლენა შემუშავებული კომპოზიციების პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტურ მახასიათებლებზე. შეიქმნა დანადგარი, რომელიც მიღებული კომპოზიციების ტექნოლოგიური პროცესის ცვლად ელექტროსტატიკურ ველში განხორციელების საშუალებას იძლევა (ველის დაძაბულობა იცვლებოდა 0–600 ვ ფარგლებში); შემუშავდა სხვადასხვა ტექნოლოგიური რეჟიმები. დასხივება ხდებოდა 380 – 405 ნმ უბანში ლაზერის უი. ცირკულარულად პოლარიზებული გამოსხივებით, ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივე 0.7 ვტ/სმ², ხოლო ფოტონდუცირებული ლუმინესცენცია იზომებოდა შესაბამის ოპტიკურ სქემაზე. **დანართზე №9**. მოყვანილია ლაბორატორიული დანადგარის ფოტო, რომელიც შუქმგრძობიარე კომპოზიციების მიღების ტექნოლოგიური პროცესის ცვლად ელექტროსტატიკურ ველში განხორციელების საშუალებას იძლევა.

– განხილული იქნა ტემპერატურის გავლენა საკვლევი ნიმუშების პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტურ თვისებებზე. ლაბორატორიული დანადგარის ფოტო მოყვანილია **დანართზე №10**. ამავე დანართზე მოყვანილია ტემპერატურის გავლენა საკვლევი არეების ანიზოტროპულ მახასიათებლებზე. ტემპერატურული დამოკიდებულების გაზომვებისას ხდებოდა ნიმუშის დაყოვნება მუდმივ ტემპერატურაზე წონასწორული მდგომარეობის (დაახლოებით 3 წუთის განმავლობაში) დამყარებისთვის საჭირო დროით, შემდგომ იწერებოდა სპექტრი. გაზომვები ტარდებოდა ადრე აღწერილ სქემაზე. გამოყენებულმა ტემპერატურულმა დიაპაზონმა შეადგინა 5°–80 °C.

– კვლევებმა აჩვენა, რომ მარეგისტრირებელი არეების უი გამოსხივებით ლატენსიფიკაციის გავლენა არსებითია მათ პოლარიზაციულ და ოპტიკურ პარამეტრებზე. **დანართზე №11** მოყვანილია ლატენსიფიკაციის ლაბორატორიული დანადგარის ფოტო.

2.5. გამოგონებები, საპატენტო განაცხადები, და/ან ლიცენზია (სხვა საავტორო უფლებები)

წარმოდგენილი პროექტის ფარგლებში არ იყო გათვალისწინებული გამოგონები, საპატენტო განაცხადები.

3. პროექტის ძირითადი მიღწევები (ფონდის შიდა მოხმარებისათვის)

1	<p>პროექტის ფარგლებში მიღებული მნიშვნელოვანი დასკვნა</p>	<p>პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტული ჰოლოგრაფია – პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდით ფორმირებული ლუმინოფორის გამოსხივების ელემენტარული ველის ორი სხვადასხვა კონის ინტერფერენციის სურათი – შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ახალი ტიპის ინფორმაციული სისტემების შექმნის ამოცანებში – მრავალარხიანი მეხსიერების ელემენტის რეალიზებისათვის და სხვადასხვა ჰოლოგრაფიულ ამოცანებში. ამ ტიპის პოლარიზაციული ჰოლოგრამების გამოყენება ინფორმაციული სისტემების შექმნის ამოცანებში საშუალებას გვაძლევს განვახორციელოთ მონაცემთა რეგისტრაცია მატარებელი ელემენტის შთანთქმის სპექტრის ნებისმიერ უბანში, ხოლო ინფორმაციის ვიზუალიზაცია, ამოკითხვა – ლუმინესცენციის სპექტრის მთელ დიაპაზონში (მულტიპლექსორი/დემულტიპლექსორი მრავალარხიანი ოპტიკური კავშირისათვის); შემუშავებულია პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრაფირების მეთოდიკა. ამ ასპექტში განხორციელებული პროექტი შეიძლება ჩაითვალოს პოლარიზაციული ჰოლოგრაფიული მეთოდის განვითარების შემდგომ ეტაპად. მიღებულია ჰოლოგრაფიული მეხსიერების სისტემისათვის ზემდაღნიშნული ტევადობის, სამგანზომილებიანი მრავალარხიანი ინფორმაციის მატარებელი ელემენტი ლუმინესცენტული პოლარიზაციულად მგრძნობიარე არის საფუძველზე; დამზადდა ოპტიკური სიგნალის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კოლერატორი – ინფორმაციის პოლარიზაციული კოდირება ხდება მატარებლის შთანთქმის სპექტრის ნებისმიერ უბანში, ხოლო სახეთა ოპტიკური ამოცნობა (შეთანხმებული ფილტრაცია) – მეხსიერების ელემენტის ლუმინესცენციის სპექტრში, ერთდროულად. მიღებულია ანიზოტროპული პროფილის მქონე ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მესერები ოპტიკური გამოსხივების პოლარიზაციის მდგომარეობის ანალიზისათვის ლუმინესცენციის სპექტრულ დიაპაზონში; განხორციელდა ფართო სპექტრულ უბანში პოლარიზაციულად მგრძნობიარე ფლუორესცენტული სადებრის კომპოზიციის შედეგად მიღებულ არეებში გამოსხივების სხვადასხვა დიაპაზონში, მათ შორის უხილავში ჩაწერილი ჰოლოგრაფიული ინფორმაციის ვიზუალიზაცია სასურველ სპექტრულ უბანში; ლუმინესცენტული არეების განხორციელებული ანიზოტროპულ-გროტროპული კვლევის შედეგების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრამებისთვის მასალათა მისაღებად არსებობს ძალიან ფართო კვლევის სფერო. მოცემული კვლევის ფარგლებშიც კი ჩვენ დავრწმუნდით: ა) რომ გაგვაჩნი გამოსხივების (ლუმინესცენციის) მაქსიმუმების ფართო სპექტრულ დიაპაზონში წანაცვლების შესაძლებლობა ;ბ) ანიზოტროპული გამოსხივების</p>
---	--	---

		<p>კოფეციენტის სიდიდეზე გავლენას ახდენს საღებარების მოლეკულური სტრუქტურა და გამოყენებული გამხსნელი და პოლიმერული მატრიცები.</p> <p>განხორციელდა ანიზოტროპული მიკროსკოპული ობიექტის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული ჩაწერა ლუმინესცენტულ პოლარიზაციულად მგრძობიარე მატარებელზე და აღდგენილი მოცულობითი გამოსახულების აპოსტერიორული პოლარიზაციული ანალიზი; განხორციელდა მიკროობიექტის კომფოკალური მიკროსკოპია. განხორციელდა ნავთობის საბადოდან მოპოვებული წიაღისეული ბიტუმის ლუმინესცენციის პოლარიზაციის მდგომარეობის მონიტორინგი ლუმინესცენტული ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის გამოყენებით; ელემენტის პოლარიზაციული სპექტრების ანალიზით ვადგენთ ქანებში შემავალი ბიტუმის ნავთობშემცველობას; განვსაზღვრავთ ნავთობის მოპოვების სტრატეგიას. განხორციელდა ლუმინესცენტული პოლარიზაციულად მგრძობიარე მატარებლების გამოყენება უხილავ მარკერებად ფულის კუპიურებისათვის. მიღებულია ნადვილი და ყალბი აშშ დოლარის პოლარიზაციული ლუმინესცენტური სპექტრები. ნიმუშების პოლარიზაციული ლუმინესცენტული სპექტრების ანალიზი ცალსახად განსაზღვრავს კუპიურების ავთენტიკურობას და ზღვრულად ზრდის დოკუმენტების დაცვის ხარისხს.</p>
2	პროექტის მნიშვნელობა სამეცნიერო საზოგადოებისათვის	<p>პროექტში პირველადაა შემოთავაზებული პოლარიზაციულ (ვექტორულ) ჰოლოგრაფიაში მარეგისტრირებელ არეებად გამოვიყენოთ ახალი ტიპის მასალები, რომელთა ლუმინესცენციის სპექტრი ცალსახად ასახავს ზემომქმედი (აქტინური) გამოსხივების პოლარიზაციის მდგომარეობას. ეს მნიშვნელოვნად აფართოებს პოლარიზაციული ჰოლოგრაფიის გამოყენების სფეროს, კერძოდ ამ არეების გამოყენება შესაძლებელია მრავალარხიანი ოპტიკური კაშირისათვის მულტიპლექსორი/დემულტიპლექსორი მოწყობილობის – ინფორმაციული არხების გაერთიანებისა და განმაცალკეველი მოწყობილობების შექმნის ამოცანებში; ამავდროულად ეს ავსებს პოლარიზაციულად მგრძობიარე მატარებელი არეების დეფიციტს, რაც საგრძნობლად აფერხებდა პოლარიზაციული ჰოლოგრაფიული მეთოდის მოხმარებას სამეცნიერო და პრაქტიკულ ამოცანებში (იხ. დანართი №12).</p>
3	პროექტის ფარგლებში ადგილობრივი ან/და საერთაშორისო თანამშრომლობის ხარისხი (ახალი კვლევითი ჯგუფების ჩამოყალიბება, არსებული ჯგუფების კონსოლიდაცია)	<p>პროექტის ფარგლებში განმახორციელდა ადგილობრივ სამეცნიერო დაწესებულებასთან – სტუ-ს ქიმიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ორგანული ქიმიის კათედრასთან თანამშრომლობა. კათედრის თანამშრომლის დოქტორ ხათუნა თოფურას სამეცნიერო ინტერესის სფეროს წარმოადგენს ახალი ორგანული საღებარების – მაკროციკლური პოლიაზომეთინური ნაერთების სინთეზი და კვლევა, ამან განაპირობადა ახალი კვლევითი სამეცნიერო ჯგუფის ფორმირება.</p>
4	გრანტის მიმღები წამყვანი ორგანიზაციის მხარდაჭერის ხარისხის შეფასება პროექტის განხორციელებისას (მაგ. შესყიდვების დროულად განხორციელება)	<p>პროექტის განხორციელების ყველა ეტაპზე მნიშვნელოვანი იყო ბუჰგალტერის პროფესიონალური მხარდაჭერა (ლიკა კურახჩიშვილი).</p>
5	რეკომენდაციები ფონდისათვის კონკურსის ადმინისტრირებისა და მონიტორინგის კუთხით	<p>პროექტის განხორციელების ყველა ეტაპზე იგრძნობოდა პროფესიონალური და მეცნიერული დონე და კეთილგანწყობა ფონდის მხრიდან ადმინისტრირებისა და მონიტორინგის კუთხით (მთავარი სპეციალისტი ხათუნა არაბული).</p>
6	პროექტის ფარგლებში მიღებული აკადემიური შედეგი (ასეთის არსებობის შემთხვევაში), მაგ. პროექტის ფარგლებში	

	მაგისტრის ან დოქტორის აკადემიური ხარისხის დაცვა	
7	რამდენმა ადამიანმა დაიწყო დოქტორანტურაში სწავლა პროექტის ფარგლებში?	
8	პროექტის განხორციელებისას გამოყენებული ახალი და არასტანდარტული მეთოდოლოგია	ჯამური ველის (საობიექტო+რეფერენტული) პოლარიზაციის მდგომარეობას ჩაწერისა და აღდგენისათვის ვექტორულ ჰოლოგრაფიაში მარეგისტრირებელ არეებად პირველადაა გამოყენებული პოლარიზაციულად მგრძნობიარე ლუმინესცენტური არეები. შემუშავებულია ლუმინესცენტური არეების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის ახალი მეთოდოლოგია. კვლევები ჩატარდა ჯონსის მოდიფიცირებული ვექტორული აპარატის საფუძველზე.
9	ინტერდაკროსდისციპლინარული განვითარება	
10	ცოდნისა და ტექნოლოგიის ტრანსფერი (მიუთითეთ შედეგების ტრანსფერი სამთავრობო ინსტიტუტებთან, საწარმოებთან მიმართებაში, ახლი პრაქტიკა/პრცედურები, სადაც კვლევამ ინიცირება მოახდინა ე.წ. Start-up-ების გაშვებაზე)	
11	სამეცნიერო გარემოს მყისიერი გაძლიერება	ინფორმაციის ჩაწერისა და მისი ამოკითხვის ეტაპზე გამოსხივების სიხშირის ვარიაციის შესაძლებლობა. პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მრავალარხიანი ოპტიკური საინფორმაციო სისტემის – მულტიპლექსორი/დემულტიპლექსორის, IDU-ის შექმნის შესაძლებლობა

4. პროექტის ზეგავლენა/მნიშვნელობა (impact)

ჩატარებული კომპლექსური თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს პოლარიზებული სინათლის გარემოსთან ურთიერთქმედების ბუნების შეცნობას. საშუალებას გვაძლევს გავაფართოოთ წარმოდგენა შთანთქმის და ლუმინესცენციის ცენტრების ანიზოტროპულ ბუნებაზე გამოკვლეულ არეებში. მივიღოთ ახალი ინფორმაცია მაღალმოლეკულური ორგანული ნაერთების და ნახევარგამტარული ფერადი მინების (ფოტოტროპული არეები), ორგანული საღებარების, მათი კომპოზიციებისა და აგრეთვე ბიოლოგიური პიგმენტების სტრუქტურაზე, მათ გარდაქმნებზე ფიზიკურ და ქიმიურ რეაქციებში აქტიური სინათლის ზემოქმედებით. მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე შესაძლებელი იქნება განისაზღვროს შუქმგრძნობიარე ცენტრების ანიზოტროპული მახასიათებლები ჩვენ მიერ მიღებული თეორიული თანაფარდობების გამოყენებით. მიღებულია მაღალეფექტური, პოლარიზაციულად მგრძნობიარე მარეგისტრირებელი არეები, ინფორმაციის ჰოლოგრაფიული ჩაწერისა და გადამუშავებისათვის როგორც სტაციონარულ, ასევე იმპულსურ რეჟიმებში.

პოლარიზებული ლუმინესცენციის ფენომენის საფუძველზე მიღებული მარეგისტრირებელი არეების გამოყენებით შესაძლებელია დამზადდეს მთელი რიგი უნიკალური თვისებების მქონე ოპტიკური ელემენტები. ზემოაღნიშნული მგრძნობიარობის გამო მათი გამოყენება შესაძლებელია:

- ფიზიკაში, კერძოდ, კრისტალოგრაფიაში, დეფექტების შესასწავლად; ხსნარებსა და კრისტალებში აღზნების ენერჯის მოლეკულათშორის გადატანის დასამზერად.
- არასტაციონარული, სწრაფად ცვლადი ველების პოლარიზაციის მდგომარეობისა და ხარისხის ანალიზისათვის.
- ახალი სახის მარკერებად და მიკროზონდებად თანამედროვე ბიოქიმიასა და მედიცინაში; სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი პოლიმერების სინთეზისა და ინტერპოლიმერული კომპლექსების წარმოქმნის პროცესებზე და მიღებულ ნაერთებზე დაკვირვებისათვის.

– უნიკალური ოპტიკური სისტემების ჰოლოგრაფიული კოპირებისათვის, რომლებიც შესაძლებელია დამონტაჟდეს ორბიტაზე გაშვებულ კოსმოსური კვლევების დანადგარებზე და შეუცვლელნი აღმოჩნდნენ მრავალფუნქციური შესაძლებლობებისა და უმცირესი წონის გამო. აღნიშნული ელემენტები, მათი თვისებებიდან გამომდინარე, მომავალში შეიძლება წარმოადგენდეს კომერციულ ინტერესს ანალოგებთან შედარებით, დამზადების სიიარაღისა და კონკურენტუნარიანობის თვალსაზრისით.

– ნავთობის და სხვადასხვა სახის წიაღისეულის პოლარიზაციის მდგომარეობის მონიტორინგი ლუმინესცენტური ინფორმაციის მატარებელი მეხსიერების ელემენტის გამოყენებით (*ლუმინესცენტური პოლარიზაციული ჰოლოგრამა*), მეტად ეფექტურია და ამასთან აქტუალური საზოგადოებრივ კეთილდღეობასთან/განვითარებასთან მიმართებაში (*societybeyondscienceandtechnology*), კერძოდ, ჩვენ მიერ პროექტში შემოთავაზებულია ნავთისშემცველი და სხვა ბუნებრივი ბიტუმის ლუმინესცენციის პოლარიზაციული სპექტრების ანალიზი, რომელიც ეფუძნება ლუმინესცენციის პოლარიზაციის ხარისხის ან ანიზოტროპიის კოეფიციენტის ჩაწერასა და გაზომვას, საშუალებას გვაძლევს ვიმსჯელოთ ნავთობის შემცველობაზე წიაღისეულში და გავაუმჯობესოთ ნავთობის მოპოვების სტრატეგია – განვსაზღვროთ ნავთობშემცველი ქანების ადგილმდებარეობა.

– ლუმინესციის პოლარიზაციული სპექტრი შეიძლება განხილული იქნას ნივთიერების ახალ, უნიკალურ, ანიზოტროპულ მახასიათებლად; და მისი გამოყენება უხილავ მარკერებად ფულის კუპიურების, აქციზური მარკების და სხვა ფასიანი დოკუმენტების აუთენტიკურობის დადგენის ამოცანებში მეტად ეფექტური და მნიშვნელოვანია; მათი ანალიზი ზღვრულად ამაღლებს დოკუმენტების დაცვის ხარისხს. პოლარიზაციული სპექტრი უშუალო კავშირშია საკლავი ნივთიერების ქიმიურ სტრუქტურასთან და ხშირ შემთხვევაში უფრო სახასიათოა, ვიდრე შთანთქმის სპექტრი.

- პროექტის ბიუჯეტის რა %-ული წილი დაიხარჯა საქართველოს გარეთ? საქართველოს გარეთ დაიხარჯა ბიუჯეტის 3.6%.

5. სირთულეები, პროექტის განხორციელების პროცესში (ფონდის შიდა მოხმარებისათვის)

№	სირთულეები	სირთულეების გამომწვევი მიზეზები	გადაწყვეტის/ მოგვარების გზები (რა ზომები იქნა მიღებული არსებული სირთულეების გადასაღებად)
1			
2			
3			

შენიშვნა: უნდა ჩაიწეროს სხვადასხვა ტიპის სირთულეები. მაგ: სამეცნიერო მუშაობისას წარმოქმნილი სირთულეები, ტექნიკური სირთულეები და სხვა.

6. პროექტის შედეგების მოკლე რეზუმე და ანგარიში (გამოსაქვეყნებელი ვერსია)

6.1. მოკლე რეზუმე (აბსტრაქტი)

პროექტის მიზანი იყო: პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრამის რეალიზების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა; მაღალეფექტური მარეგისტრირებელი არეების მიღება; ლუმინესცენტური, ანიზოტროპულ-გიროტროპული, და ჰოლოგრაფიული პარამეტრების კვლევის მეთოდების სრულყოფა; პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრამის მეცნიერულ და პრაქტიკულ ამოცანებში გამოყენება.

– შეიქმნა სამგანზომილებიანი ზემადალი ტევადობის ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერების მრავალარხიანი ელემენტი. მონაცემთა

რეგისტრაცია და ვიზუალიზაცია მიმდინარეობდა ელემენტის პოლარიზებული ლუმინესცენციის სპექტრის მთელ დიაპაზონში, სხვადასხვა სიხშირეზე ერთდროულად.

– შეიქმნა ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კოლერატორი; ინფორმაციის კოდირება ხდება ელემენტის შთანთქმის სპექტრის ნებისმიერ უბანში, ხოლო სახეთა ოპტიკური ამოცნობა (შეთანხმებული ფილტრაცია) – მეხსიერების ელემენტის ლუმინესცენციის სპექტრში სხვადასხვა სიხშირეზე ერთდროულად.

– მიღებულია ლუმინესცენტური ანიზოტროპული პროფილის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მესერები ლუმინესცენციის სპექტრულ დიაპაზონში პოლარიზაციული გამოსხივების მდგომარეობის ანალიზისათვის.

– ჩატარდა ანიზოტროპული მიკროსკოპული ობიექტის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული ჩაწერა ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულად მგრძობიარე მატარებელზე. განხორციელდა აღდგენილი გამოსახულების კონფოკალური მიკროსკოპირება და აპოსტერიორული პოლარიზაციული ანალიზი.

– განხორციელდა წიაღისეული ბიტუმის (ნავთობის საბადოებიდან) ლუმინესცენციის პოლარიზაციის მდგომარეობის მონიტორინგი. ლუმინესცენტური ელემენტის პოლარიზაციული სპექტრების ანალიზით განვსაზღვრავთ ბიტუმის ნავთობშემცველობას და ნავთობის მოპოვების სტრატეგიას.

– განხორციელდა ლუმინესცენტური პოლარიზაციულად მგრძობიარე არეების გამოყენება უხილავ მარკერებად კუპირების, ფასიანი დოკუმენტებისათვის; ნიმუშის პოლარიზაციული სპექტრების ანალიზი ცალსახად განსაზღვრავს დოკუმენტის აუთენტიკურობა.

– ლუმინესცენტური პოლარიზაციული მეხსიერების ელემენტის გამოყენებით შესაძლებელია დამზადდეს უნიკალური თვისებების მქონე ოპტიკური ხელსაწყოები. მათი გამოყენება შესაძლებელია:

– კრისტალოგრაფიაში - დეფექტების შესასწავლად; ხსნარებსა და კრისტალებში ალგუნების ენერჯის მოლეკულათშორის გადატანის დასამზერად.

– არასტაციონარული ველების პოლარიზაციის და ხარისხის ანალიზისათვის.

– მარკერებად და მიკროზონდებად ბიოქიმიასა და მედიცინაში; სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი პოლიმერების სინთეზისა და ინტერპოლიმერული კომპლექსების წარმოქმნის პროცესებზე დაკვირვებისათვის.

The aim of the project is the theoretical and experimental study of the polarization-luminescent hologram-PLH realization; obtaining a highly-efficient recording media; improvement of investigation methods of luminescent, anisotropic-gyrotropic and holographic parameters; PLH application for scientific and practical tasks.

The three-dimensional ultra-high capacity multi-channel element of luminescent polarization-holographic memory was created. Data storage and visualization are conducted in the whole polarized luminescence spectrum range of the element at the different frequencies simultaneously.

A polarization-holographic correlator was created. Information coding is carried out in any region of the absorption spectrum of element, optical pattern recognition (matched filtering) - in the luminescence spectrum of the memory element at the different frequencies simultaneously.

The luminescent anisotropic-profile polarization-holographic gratings were obtained for analyzing the polarization radiation state over the luminescence spectral range.

Polarization-holographic recording of anisotropic microscopic object in luminescent polarization-sensitive carrier was done. The confocal microscopy and *a posteriori* polarization analysis of reconstructed image were carried out.

Luminescence polarization state of fossil bitumen (oilfield extracted) was monitored. We determine oil-content of bitumen and the oil-extraction strategy by polarization spectra analysis-PSA of luminescent element.

The luminescent polarization-sensitive media were applied as invisible markers for banknotes, securities; PSA of samples unambiguously determines their authenticity.

It's possible to create optical devices with unique properties using luminescent polarization element. They can be used for various purposes:

- Crystallography: defect detection; observing intermolecular excitation energy-transfer in solutions and crystals.
- Polarization and quality analysis of non-stationary fields.
- Modern biochemistry and medicine: as new markers and fluorescent micro-probes.

6.2. ვრცელი სამეცნიერო ანგარიში

ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად სულ უფრო აქტუალური ხდება ახალი ტიპის ინფორმაციული სისტემების შექმნის და მათი ეფექტური და ხელსაყრელი საშუალებებით რეალიზაციის საკითხი. პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს მონაცემთა შენახვის და დამუშავების ამოცანებში მთლიანად ოპტიკურ მეთოდებზე გადასვლა – ოპტიკური მეხსიერების შექმნა; ოპტიკური ინფორმაციული სისტემების პრაქტიკული რეალიზაცია მოითხოვს ახალი ტიპის ელემენტთა ბაზის განვითარებას: მთლიანი მოწყობილობის ოპტიკურად მართვადი ელემენტებისა და კვანძების შექმნას.

მონაცემთა შენახვის და დამუშავების ჰოლოგრაფიული მეთოდები მიეკუთვნება ყველაზე უფრო ეფექტურ და პრაქტიკულ საშუალებათა რიცხვს. განსაკუთრებულად აღსანიშნავია შემდეგი: ინფორმაცია ობიექტზე, ჩაწერილი ნანონტერფერენციული სტრუქტურის სახით, თანაბრად ნაწილდება მთელ ჰოლოგრამაზე. ეს განაპირობებს ინფორმაციის რეგისტრაციას უდიდესი სიმკვრივით და საიმედოობას; ამასთან, სინათლის სხივი ერთდროულად აღადგენს მთელ ჰოლოგრამაზე ჩაწერილი ინფორმაციის მასივს უდიდესი სიჩქარით; ჰოლოგრაფიული მეთოდების მეშვეობით ხორციელდება ტალღური ფრონტის წინასწარდასახული გარდაქმნები, მათ შორის, ფრონტის შექცევა მისი ყოველგვარი დამახინჯებების კორექციის მიზნით.

სრული ინფორმაციული ანალოგია ობიექტისა და ჰოლოგრამის მიერ ფორმირებულ ველებს შორის, აღდგენილი ველის სხვადასხვა მახასიათებლის აპოსტერიორული გაზომვის საშუალებას გვაძლევს. გამომდინარე აქედან, ჰოლოგრამაზე შესაძლებელია ჩატარდეს ოპტიკური ექსპერიმენტი, ანალოგიური უშუალოდ ობიექტზე ექსპერიმენტებისა; ასევე, შედარებით მარტივია გამოსახულებებზე მთელი რიგი მათემატიკური ოპერაციების ანალოგიური მოქმედების რეალიზაცია. ჰოლოგრაფიული მეთოდის აღნიშნული უპირატესობები სრულად ხორციელდება მხოლოდ პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდის საშუალებით. მეთოდის აღმოჩენა ეკუთვნის ქართველ მეცნიერს შ. ყაყიჩაშვილს (1971 წ.). მან შემოგვთავაზა ჰოლოგრაფირებადი ველის ჩაწერის ინოვაციური მეთოდი: იყენებს რა ინფორმაციის რეგისტრაციისათვის ე.წ. პოლარიზაციულად მგრძობიარე არეებს, მეთოდი საშუალებას გვაძლევს ელექტრომაგნიტური ტალღის ამპლიტუდის, ფაზისა და სიხშირესთან ერთად, ჰოლოგრაფიულად ჩავწეროთ და აღვადგინოთ საობიექტო ველის პოლარიზაციის მდგომარეობა, და ასევე, ცვლილება დროში.

საობიექტო ველის ვექტორული ჩაწერისა და აღწარმოებისათვის მეთოდი ეფუძნება პოლარიზებული სინათლის მიერ შუქმგრძობიარე არეში აღძრული ანიზოტროპიისა და გიროტროპიის ფენომენს. სკალარული ჩაწერისაგან განსხვავებით, ჰოლოგრამის ნებისმიერ წერტილში (ზოგადად მოცულობაში) დამატებით რეგისტრირდება ჯამური ველის (საობიექტო+რეფერენტული) პოლარიზაციული ელიფსის უკლებლივ ყველა მახასიათებელი: აზიმუტი, ელიფსურობა, ბრუნვის მიმართულება და პოლარიზაციის ხარისხი. ყოველივე ეს იძლევა საწყისი ინფორმაციის რეგისტრირების საშუალებას უდიდესი სისრულითა და სიმკვრივით, და ქმნის ოპტიკური მეხსიერების ზღვრულად სრული ტევადობის ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის შექმნის წინაპირობას.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ ინდუცირებული პოლარიზაციული ეფექტები, რომლებიც მაკროსკოპულად ახასიათებენ შუქმგრძობიარე მატარებელს, თავის მხრივ უკავშირდება გამოსხივებასთან ურთიერთმოქმედ ელემენტარული ოსცილატორის მიკროსკოპიულ პარამეტრებს. ჩვენ მიერ შემუშავებული ტექნოლოგიები აღნიშნული მახასიათებლების ოპტიმიზაციის საშუალებას გვაძლევს და მეტად მოქნილ და ეფექტურ მიდგომას წარმოადგენს ახალი, საუკეთესო ანიზოტროპული და ჰოლოგრაფიული პარამეტრების მქონე ინფორმაციის მატარებელი არეების მიღების ამოცანებში.

დღეისათვის ოპტიკური მეხსიერების ეფექტური და ზღვრულად სრული ტევადობის ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის შექმნის მიმართ განსაკუთრებული ინტერესი განპირობებულია ჰოლოგრაფიის მეთოდების სულ უფრო მზარდი გამოყენებით მეცნიერებისა და წარმოების სფეროში. პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდი, როგორც ტალღური ველის პოლარიზაციის მდგომარეობის აღდგენის მეთოდი, გამოიყენება ამოცანებში, სადაც პოლარიზაცია ატარებს არსებით ინფორმაციას საკვლევი პროცესის მიმდინარეობაზე: ჰიდრო და აეროდინამიკა, აფეთქების ფიზიკა და სხვ. ამდაგვარი შესაძლებლობა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სწრაფად მიმდინარე არასტაციონარული პროცესების კვლევისას. არსებითად მნიშვნელოვანია, რომ პოლარიზაციული ჰოლოგრამიდან აღდგენილი ტალღური ველის შემდგომი

შესწავლისათვის შესაძლებელია გამოვიყენოთ პრაქტიკულად ყველა ცნობილი პოლარიზაციულ-ოპტიკური მეთოდი, როგორცაა: ფოტოდრეკადობის, ფოტოპლასტიკურობის, ფოტოთერმოპლასტიკის, ფოტოსიბლანტის მეთოდი და ა.შ. ამაში ვლინდება ჰოლოგრაფიული მეთოდის ძირითადი უპირატესობა – რეკონსტრუირებულ ტალღურ ველზე აპოსტერიორული ექსპერიმენტის ჩატარების შესაძლებლობა. ამ ასპექტში დიდ ინტერესს იწვევს პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული ჩაწერის პროცესებში არაპოლარიზებული კოჰერენტული სინათლის წყაროს გამოყენება. პროექტის მონაწილეთა უახლესმა კვლევებმა აჩვენა, რომ აპოსტერიორული ელიფსომეტრული ექსპერიმენტების რეალიზება პოლარიზაციული ჰოლოგრამიდან რეკონსტრუირებული ტალღური ველის ვექტორული მახასიათებლების მიმართ, შესაძლებელია, მხოლოდ, არაპოლარიზებული კოჰერენტული სინათლის წყაროს გამოყენებით ჰოლოგრამის რეგისტრაციის პროცესში.

პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერების შექმნის ამოცანებში არსებითად მნიშვნელოვანია (ალბათ, ცენტრალური), ახალი ტიპის მაღალეფექტური (საინფორმაციო სიმძლავრე, სელექტურობა, ფართო სპექტრული მგრძობიარობა) მარეგისტრირებელი არეების მოძიების პრობლემა. განსხვავებით სკალარული ჰოლოგრაფიისაგან, აქ არე გვევლინება არა როგორც უბრალოდ ინტერფერენციული სურათის ამსახველი, არამედ სინათლის ტალღის პოლარიზაციის მდგომარეობაზე ინფორმაციის ჩამწერი ძირითადი საშუალება და გადამწყვეტ როლს თამაშობს ჰოლოგრამის მიერ ობიექტის ადექვატური გამოსახულების ფორმირებაში. გაჩნდა ჰოლოგრაფიის მეთოდებისათვის ადრე მიუწვდომელი ამოცანების გადაწყვეტის ახალი შესაძლებლობა, კერძოდ, ადადგინოს ერთდროულად და ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად ურთიერთთოგონალური პოლარიზაციის მქონე ტალღები; ე.ი. განხორციელდეს ჰოლოგრაფიულ მატარებელზე ჩაწერილი კოჰერენტული ტალღების პოლარიზაციული და სივრცული განცალკევება ფოტანიზოტროპული მარეგისტრირებელი მასალის ხარჯზე.

პოლარიზაციულად მგრძობიარე არეების მრავალფეროვან კლასებს შორის გამორჩეული ადგილი უკავია ნივთიერებებს, რომელთაც გააჩნია განსაკუთრებული სპექტრული თვისებები. მათ შორის ცალკე აღნიშვნის ღირსია ერთ-ერთი ზემგრძობიარე და რთული ოპტიკური ფენომენის – პოლარიზებული ლუმინესცენციის უნარის მქონე არეები.

ცხოველ ინტერესს ამ ტიპის პოლარიზაციულად მგრძობიარე არეების მიმართ განაპირობებს ის, რომ მათი გამოყენება ინფორმაციული სისტემების შექმნის ამოცანებში საშუალებას გვაძლევს მოხდეს მონაცემთა რეგისტრაცია სპექტრის ნებისმიერ უბანში (შთანთქმის სპექტრი), ხოლო მათი ამოკითხვა განხორციელდეს მატარებლის ლუმინესცენციის მთელ სპექტრულ დიაპაზონში, ამასთან ერთდროულად. ე.ი. დასმული ამოცანის ინტერესებიდან გამომდინარე შესაძლებელია აქტინური გამოსხივების სიხშირის ვარირება, როგორც ჩაწერის, ასევე ინფორმაციის ამოკითხვის ეტაპზე. ლუმინესცენციის პოლარიზაციის ფენომენზე დაფუძნებული ანალიზის მეთოდები თანამედროვე კვლევების ერთ-ერთ ყველზე მგრძობიარე, მაღალეფექტურ მეთოდებად მიიჩნევა. ლუმინესცენციის პოლარიზაციის გაზომვა საშუალებას იძლევა მიღებული იქნას ინფორმაცია მოლეკულების ორიენტაციასა და ძვრადობაზე, ასევე ისეთი პროცესების შესახებ, რომლებიც მათ მოდულირებას ახდენს. მნიშვნელოვანია ამ ტიპის არეების გამოყენების პერსპექტივა ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიულ მიკროსკოპიაში (მაგ. ფიზიკო-ქიმიური რეაქციების შედეგების ვიზუალიზაციისას, ანიზოტროპული მიკროობიექტების – მოლეკულების პოლარიზაციული ანალიზისას), ასევე, ობიექტის ზედაპირზე და სიღრმეში ნივთიერების აღმოჩენის და იდენტიფიკაციის ამოცანებში: ნივთიერების არადესტრუქციული კონტროლის შესაძლებლობა, მცირე მოცულობაში უაღრესად დაბალი შემცველობით; აუცილებელი ტექნიკური საშუალებების ხელმისაწვდომობა.

განხორციელებული სამეცნიერო პროექტის მიზნები იყო:

– პოლარიზებული ლუმინესცენციის ფენომენზე დაფუძნებული ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის რეალიზების შესაძლებლობის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა სხვადასხვა ვექტორული მეთოდებით.

– მაღალეფექტური, პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტული დინამიური და სტაბილური მარეგისტრირებელი არეების მიღება. მათი ანიზოტროპულ-გიროტროპული, ლუმინესცენტური (მაქსიმალური აღზნება, მაღალი ქვანტური გამოსავალი), და ჰოლოგრაფიული (დიფრაქციული ეფექტურობა) თვისებების კვლევის მეთოდების სრულყოფა და აღნიშნული თვისებების ოპტიმიზაცია.

– პოლარიზებული ლუმინესცენციის უნარის მქონე ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის მეცნიერულ და პრაქტიკულ ამოცანებში გამოყენების პერსპექტივის კვლევა.

პროექტში დასახული მიზნების მისაღწევად დაისახა და განხორციელდა შემდეგი კვლევითი და ტექნოლოგიური ამოცანები:

ამოცანა 1. პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტურ არეებში ინდუცირებული ანიზოტროპია-გიროტროპიის ფენომენის თეორიული კვლევა.

პროექტში დასახული ამოცანების განხორციელების მიზნით მიმდინარეობდა პოლარიზებული ლუმინესცენციის ფენომენზე დაფუძნებული ინფორმაციის მატარებელი (მეხსიერების) ელემენტის რეალიზების შესაძლებლობის თეორიული კვლევა. კვლევის საგანს წარმოადგენდა ლუმინოფორის გამოსხივების ელემენტარული ველის სხვადასხვა კონებით ფორმირებული ინტერფერენციული სურათი – ლუმინესცენტური პოლარიზაციული ჰოლოგრამა.

გამომდინარე იქიდან, რომ არეში ინდუცირებული ლუმინესცენციის სინათლე ყოველთვის ნაწილობრივ პოლარიზებულია (*ვეიგერტ-ეფექტი, 1920 წ.*) პოლარიზაციულად მგრძობიარე არეში ინდუცირებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპია-გიროტროპიის თეორიული კვლევა ჩატარდა ორი შემთხვევისათვის: 1) პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიულ ექსპერიმენტში საობიექტო ველი ნაწილობრივად წრფივად პოლარიზებულია, 2) საობიექტო ველი ნაწილობრივად ცირკულარულად პოლარიზებულია (დეტალური გამოთვლები მოყვანილია **დანართზე #13**). ორივე შემთხვევაში რეფერენტული (საყრდენი) ტალღა არაპოლარიზებული სინათლეა.

თეორიული ანალიზისათვის ვსარგებლობთ შ. ყაყიჩაშვილის მიერ შემოთავაზებული მატრიცული მეთოდით (*Ш.Д. Какчаишвили. Поляризационная голография. Л-ბ, Изд-во Наука, 1989*), რომელიც წარმოადგენს ჯონსის ვექტორულ-მატრიცული მეთოდის მოდიფიკაციას ნაწილობრივად პოლარიზებული სინათლისათვის: კვლევის პროცესში სინათლის სხივი აღიწერება ჯონსის ვექტორით, ოპტიკური სისტემის ელემენტები – ჯონსის მატრიცებით; მათი გადამრავლებით მიღებული ვექტორი ასახავს დაცემული სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობის ცვლილებას.

პროექტის მონაწილეთა უახლესმა კვლევებმა აჩვენა, რომ აპოსტერიორული ელიფსომეტრული ექსპერიმენტების რეალიზება, პოლარიზაციული ჰოლოგრამიდან რეკონსტრუირებული ტალღური ველის ვექტორული მახასიათებლების მიმართ, შესაძლებელია, მხოლოდ, არაპოლარიზებული საყრდენი და რეფერენტული ტალღების გამოყენებით ჰოლოგრამის რეგისტრაციის პროცესში (А.Л. Пурцеладзе, В.И. Тарасашвили, В.Г. Шавердова, С.С. Петрова *„Поляризиционная память голограммы Денисюка, сформированной в неполяризованном свете.“* Журнал прикладной спектроскопии, **Т. 81**, 65-70, 2014). ამ ასპექტში ინტერეს იწვევს პოლარიზებული ლუმინესცენციის ფენომენზე დაფუძნებული მეხსიერების ელემენტის ჰოლოგრაფიული ჩაწერის პროცესებში არაპოლარიზებული კოჰერენტული სინათლის წყაროს გამოყენება:

$$\vec{E}_o = E_o \exp i(\omega t + \alpha) \begin{pmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{pmatrix} \oplus E_o \exp i(\omega t + \beta) \begin{pmatrix} \sin \theta \\ -\cos \theta \end{pmatrix} - \text{საყრდენი,}$$

$$\vec{E} = M_{ob} \vec{E}_o \exp i\delta = \exp i\delta \begin{pmatrix} A_x \exp i\varphi_x \\ A_y \exp i\varphi_y \end{pmatrix} \oplus \exp i\delta \begin{pmatrix} B_x \exp i\psi_x \\ B_y \exp i\psi_y \end{pmatrix} - \text{საობიექტო.}$$

არაპოლარიზებული გამანათებელი ტალღა წარმოდგენილია θ კუთხით ორიენტირებული წრფივად პოლარიზებული ურთიერთორთოგონალური ბაზისის სახით (ეს არ ზღუდავს განხილვის ზოგადობას). საყრდენი ტალღა ვრცელდება ლაბორატორიულ კოორდინატთა სისტემის Z ღერძის გასწვრივ. საობიექტო ტალღა ვრცელდება ამავე ღერძის მიმართ გარკვეული კუთხით, რაც აღიწერება ჰოლოგრამის რეგისტრაციის სიბრტყეში δ ფაზის წანაცვლებით. M_{ob} ნებისმიერი ანიზოტროპულ-გიროტროპული ობიექტის შესაბამისი ჯონსის მატრიცაა. საობიექტო ტალღის არაკოჰერენტული კომპონენტები ჩაწერილი ცხადი სახით, აღწერენ ობიექტში გავრცელებულ გამოსხივებას. პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტურ არეზე, ჯამური ველი $\vec{E}_\Sigma = \vec{E}_o + \vec{E}$ აისახება ინდუცირებული ანიზოტროპიისა და გიროტროპიის სახით და შეიძლება აღიწეროს ჯონსის მატრიცით (ჰოლოგრამის მატრიცით), რომელსაც წრფივ მიახლოებაში შემდეგი სახე აქვს:

$$M_{L,G} \approx M_0 + M_{-1} + M_{+1}.$$

M_0 უზრუნველყოფს არადიფრაგირებული კონის ფორმირებას; M_{-1} – წარმოსახვითი გამოსახულების ფორმირებას; ხოლო M_{+1} – ნამდვილი გამოსახულების ფორმირებას. M_{-1} -ს ჩვენ შემთხვევაში, აქვს შემდეგი სახე:

$$M_{-1} \approx -ikd\mu_L E_o \exp(-2ikd\hat{n}_0) \exp i\delta \times$$

$$\times \begin{pmatrix} A_x \exp i(\varphi_x - \alpha) \cos \theta + B_x \exp i(\psi_x - \beta) \sin \theta & A_x \exp i(\varphi_x - \alpha) \sin \theta - B_x \exp i(\psi_x - \beta) \cos \theta \\ A_y \exp i(\varphi_y - \alpha) \cos \theta + B_y \exp i(\psi_y - \beta) \sin \theta & A_y \exp i(\varphi_y - \alpha) \sin \theta - B_y \exp i(\psi_y - \beta) \cos \theta \end{pmatrix},$$

სადაც

$$A = \begin{pmatrix} A_x \exp i\varphi_x & 0 \\ 0 & A_y \exp i\varphi_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \cos \theta & \sin \theta \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} B_x \exp i\psi_x & 0 \\ 0 & B_y \exp i\psi_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sin \theta & -\cos \theta \\ \sin \theta & -\cos \theta \end{pmatrix}.$$

დეტალური გამოთვლები იხილეთ **დანართზე №14**.

მიღებული ჰოლოგრამის გაშუქება საყრდენი ტალღის იდენტური ტალღით გვადლევს თვით ობიექტის ველს კოეფიციენტამდე სიზუსტით. ამავე პირობებში თუ ჰოლოგრამას გავაშუქებთ წრფივი ბაზისის ერთ-ერთი კომპონენტით მივიღებთ:

$$\begin{aligned} \vec{E}'_{-1} &= M_{-1} E_0 \exp i\alpha \begin{pmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{pmatrix} = -ikd\hat{n}_L E_0 \exp(-2ikd\hat{n}_0) \exp i\delta \times \\ &\times \left[\left[\exp -i\alpha \begin{pmatrix} A_x \exp i\varphi_x & 0 \\ 0 & A_y \exp i\varphi_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \cos \theta & \sin \theta \end{pmatrix} E_0 \exp i\alpha \begin{pmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{pmatrix} \oplus \right. \right. \\ &\left. \left. \oplus \exp -i\beta \begin{pmatrix} B_x \exp i\psi_x & 0 \\ 0 & B_y \exp i\psi_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sin \theta & -\cos \theta \\ \sin \theta & -\cos \theta \end{pmatrix} \exp i\alpha \begin{pmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{pmatrix} \right] = \\ &= -ikd\hat{n}_L E_0^2 \exp(-2ikd\hat{n}_0) \exp i\delta \begin{pmatrix} A_x \exp i\varphi_x \\ A_y \exp i\varphi_y \end{pmatrix}, \end{aligned}$$

რაც კოეფიციენტამდე სიზუსტით ემთხვევა ასეთივე ტალღით აპრიორულად გასხივებული ობიექტის ველს.

ზოგად შემთხვევაში, როცა არაპოლარიზებული კოჰერენტული ლუმინესცენტური სინათლის წყაროს – ლაზერის (კოჰერენტული ლუმინესცენტური სინათლის წყარო, რომლის მუშაობის პრინციპს საფუძვლად უდევს ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის კვანტურ-მექანიკური ფენომენი) – მიერ გამოსხივებული ტალღა წარმოდგენილია ელიფსურად პოლარიზებული ბაზისით, კერძოდ:

$$E_* = E_x \exp[i(\omega t + \varphi)] \begin{pmatrix} 1 \\ i\varepsilon \end{pmatrix} \oplus E_x \exp\left[i\left(\omega t + \psi - \frac{\pi}{2}\right)\right] \begin{pmatrix} i\varepsilon \\ 1 \end{pmatrix},$$

მაშინ გვექნება:

$$\begin{aligned} E_{ob,*} &= E_x \exp[i(\omega t + \varphi)] M_{ob} \begin{pmatrix} 1 \\ i\varepsilon \end{pmatrix} \oplus E_x \exp\left[i\left(\omega t + \psi - \frac{\pi}{2}\right)\right] M_{ob} \begin{pmatrix} i\varepsilon \\ 1 \end{pmatrix}. \\ E_{\Sigma} &= E_x \exp[i(\omega t + \varphi)] (1 + \exp(i\delta) M_{ob}) \begin{pmatrix} 1 \\ i\varepsilon \end{pmatrix} \oplus E_x \exp\left[i\left(\omega t + \psi - \frac{\pi}{2}\right)\right] (1 + \exp(i\delta) M_{ob}) \begin{pmatrix} i\varepsilon \\ 1 \end{pmatrix}, \end{aligned}$$

და შესაბამისად,

$$M_{-1,*} \approx -\frac{i\kappa d}{\hat{n}_0} \hat{v}_L \exp(-2i\kappa d \hat{n}_0) \exp(i\delta) M_{ob}.$$

ეს უკანასკნელი, უზრუნველყოფს რა წარმოსახვითი გამოსახულების ფორმირებას, თვით ობიექტის მატრიცის იდენტურია კოეფიციენტამდე სიზუსტით. რაც იმაზე მიანიშნებს, რომ ჰოლოგრაფის გაშუქება მოცემული პოლარიზაციის ტალღით გვამღვეს ობიექტის ადდგენილ ველს, რომელიც პოლარიზაციის მდგომარეობითა და ხარისხით იდენტურია ამ ტალღით აპრიორულად გაშუქებული ობიექტის ველისა.

ამგვარად ჰოლოგრაფიული მეთოდი საშუალებას იძლევა არა მხოლოდ შევინახოთ ინფორმაცია საგნის გამოსახულებაზე, არამედ ვაწარმოოთ ობიექტის მიერ გაბნეული ტალღური ფრონტის აპოსტერიორული დამუშავება, ასევე განვახორციელოთ ნებისმიერი წინასწარ მოცემული მასშტაბური გარდაქმნა, ფილტრაცია და შედარება დროისა და სივრცის სასურველ ინტერვალში (ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრია).

შემუშავდა პოლარიზებული ლუმინესცენციის უნარის მქონე არეების ანიზოტროპულგროტროპული პარამეტრების განსაზღვრის და სენსიტომეტრიის ახალი მეთოდი. მეთოდს საფუძვლად დაედო ფოტოანიზოტროპულად მგრძნობიარე არეებში პოლარიზაციულ-სენსიტომეტრული გაზომვების თანმიმდევრული სისტემა (შ. ყაყიჩაშვილი), რომელიც ინდუცირებული ანიზოტროპული და გროტროპული მახასიათებლების ექსპოზიციური მრუდების აგებას ემყარება. ექსპერიმენტულად მიღებული ექსპოზიციური მრუდები საშუალებას გვამღვეს დავადგინოთ დამოკიდებულება სინათლით ინდუცირებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპია-გროტროპიასა და მაინდუცირებელი სინათლის ენერგიასა და პოლარიზაციის მდგომარეობას შორის, ამასთან მივიღოთ ანიზოტროპულ-გროტროპული პარამეტრების სიდიდეების გამოსათვლელი ანალიტიკური გამოსახულებები ჯონსის ვექტორულ-მატრიცული მეთოდის გამოყენებით:

წარმოვიდგინოთ მოწყობილობა, რომლის გამზომ არხში გამოიყენება წრფივად პოლარიზებული აქტინური სინათლე α კუთხით ორიენტირებული პოლარიზაციის სიბრტყით (დანართი 1). სინათლე ეცემა S ფოტოანიზოტროპულ ლუმინესცენტურ არეს მასში ინდუცირებული ანიზოტროპიით, რომლის მთავარი ღერძები, გარდატეხის კომპლექსური კოეფიციენტებით \hat{n}_x და \hat{n}_y , ორიენტირებულია X და Y ღერძების გასწვრივ, შესაბამისად. d არის სისქეა. X ღერძის მიმართ θ კუთხით ორიენტირებულ წრფივ პოლარიზატორში P გავლის შემდეგ, არიდან გამოსული ლუმინესცენცია ეცემა გამზომ მოწყობილობას D . ვისარგებლებთ რა ჯონსის ვექტორულ-მატრიცული მეთოდით, გამზომ მოწყობილობამდე მისული გამოსხივება შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი სახით:

$$\begin{pmatrix} \cos^2 \theta & \cos \theta \sin \theta \\ \cos \theta \sin \theta & \sin^2 \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e^{-i\kappa d \hat{n}_x} & 0 \\ 0 & e^{-i\kappa d \hat{n}_y} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \alpha \\ \sin \alpha \end{pmatrix},$$

სადაც მარჯვნიდან მარცხნივ თანამიმდევრულად დაწერილია: წრფივად პოლარიზებული აქტინური სინათლის ვექტორი, კოორდინატთა ღერძების მიმართ ორიენტირებული ფოტოანიზოტროპული ლუმინესცენტური არის ჯონსის მატრიცა და θ კუთხით ორიენტირებული წრფივი პოლარიზატორის ჯონსის მატრიცა. შევასრულებთ რა შესაბამის მოქმედებებს მივიღებთ:

$$\begin{pmatrix} \cos^2 \theta \cos \alpha e^{-i\kappa d \hat{n}_x} + \cos \theta \sin \theta \sin \alpha e^{-i\kappa d \hat{n}_y} \\ \cos \theta \sin \theta \sin \alpha e^{-i\kappa d \hat{n}_y} + \sin^2 \theta \sin \alpha e^{-i\kappa d \hat{n}_x} \end{pmatrix}.$$

გამზომი ხელსაწყო D რეაგირებს მხოლოდ ინტენსიობაზე, შესაბამისად, $\alpha = \theta$ შემთხვევაში გვექნება:

$$I_\theta = \cos^4 \theta e^{-2\kappa(n_x)d} + \sin^4 \theta e^{-2\kappa(n_y)d} + 2 \cos^2 \theta \sin^2 \theta \cos \kappa(n_x - n_y)d e^{-\kappa[(n_x) + (n_y)]d}.$$

ამ უკანასკნელიდან, როცა $\theta = 0^\circ$, $I_0 = e^{-2\kappa(n_x)d}$; როცა $\theta = 90^\circ$, $I_{90} = e^{-2\kappa(n_y)d}$; როცა $\theta = 45^\circ$, $I_{45} = \frac{1}{4} [I_0 + I_{90} + 2\sqrt{I_0 I_{90}} \cos \kappa(n_x - n_y)d]$.

შევნიშნავთ, რომ θ -ს ნებისმიერი სხვა მნიშვნელობისათვის ინტენსიობის სიდიდეები $0^\circ, 45^\circ$ და 90° -ის შესაბამისი ინტენსიობების მნიშვნელობების წრფივ კომბინაციას წარმოადგენენ. ინტენსიობების ეს მნიშვნელობები საშუალებას გვამღვეს მივიღოთ ანიზოტროპულ-გროტროპული პარამეტრების მნიშვნელობების გამოსათვლელი

ანალიტიკური გამოსახულებები

$$\Delta(n\tau)_{lum} \equiv (n\tau)_x - (n\tau)_y = -\frac{1}{2\kappa d} \ln \frac{I_0}{I_{90}}, \quad \Delta n_{lum} \equiv (n_x - n_y) = \frac{1}{\kappa d} \arccos \frac{4I_{45} - (I_0 + I_{90})}{2\sqrt{I_0 I_{90}}},$$

სადაც $\Delta(n\tau)_{Lum}$ განსაზღვრავს პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპული ამპლიტუდური კოეფიციენტების სხვაობა, Δn_{Lum} – ორმაგი სხივთების სიდიდეს.

ასევე შემუშავდა პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტურ არეებში ცირკულარული აქტინური გამოსხივების შედეგად აღძრული შუქინდუცირებული გიროტროპიის: წრიული ლუმინესცენციის და წრიული ორმაგი სხივთების გაზომვის მეთოდი. ამ შემთხვევაში პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტური არე წრიული ორმაგი სხივთებით ხასიათდება გარდატეხის ორი კომპლექსური კოეფიციენტით $n_+ = n_+ - i(n\tau)_+$ და $n_- = n_- - i(n\tau)_-$, შესაბამისად, მარჯვნივ და მარცხნივ ცირკულარულად პოლარიზებული აქტინური სინათლის მიმართ. ანალოგიური გამოთვლების შედეგად მიღებულია ფოტოგიროტროპული მახასიათებლების გამოსათვლელი ფორმულები:

წრიულად პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპული ამპლიტუდური კოეფიციენტების სხვაობის –

$$\Delta(n\tau)_{G,Lum} = [(n\tau)_+ - (n\tau)_-] = -\frac{1}{2\kappa d} \ln \frac{I_+}{I_-};$$

გიროტროპული ორმაგი სხივთების კოეფიციენტის –

$$\Delta n_{G,lum} \equiv (n_+ - n_-) = \frac{1}{\kappa d} \arccos \frac{4I_{45} - (I_+ + I_-)}{2\sqrt{I_+ I_-}},$$

აქ $I_+ = e^{-2\kappa d(n\tau)_+}$ ცირკულარულად მარჯვნივ პოლარიზებული სინათლის ინტენსიობაა, $I_- = e^{-2\kappa d(n\tau)_-}$ – ცირკულარულად მარცხნივ პოლარიზებული.

პროექტში ლუმინესცენტურ არეებში ინდუცირებული ანიზოტროპია-გიროტროპიის პარამეტრების განსაზღვრისათვის გამოყენებული იყო კიდევ ერთი ზუსტი და მაღალმგრძობიარე ვექტორული მეთოდი – ელიფსომეტრია. აღნიშნულ მეთოდში გამოიყენება ლუმინესცენციის პოლარიზაციის მდგომარეობის ცვლილების ფენომენი, რომელსაც ადგილი აქვს აღმგზნები პოლარიზებული სინათლის საკვლევ სისტემაში გარდატეხის (გამჭოლი ელიფსომეტრია) ან არეკვლის (ამრეკლი ელიფსომეტრია) შემთხვევაში.

ელიფსომეტრიის ამოცანა ერთი მხრივ მდგომარეობს საკვლევ ოპტიკური სისტემის ელიფსომეტრული კუთხეების ექსპერიმენტულ განსაზღვრაში, მორე მხრივ – ამ სისტემის მათემატიკური მოდელის შექმნაში, რომელიც საშუალებას მოგვცემს გაზომილი ელიფსომეტრული კუთხეები დაუკავშიროთ სისტემის რეალურ ფიზიკურ პარამეტრებს.

ელიფსომეტრული მეთოდებით პოლარიზებული ლუმინესცენციის ფოტოანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების განსაზღვრის სენსიტომეტრიების მეთოდის შემუშავება დღეისათვის ისევ რჩება აქტუალურ თემად. რეფრაქტომეტრული მეთოდებისგან განსხვავებით, ელიფსომეტრია ატარებს ინფორმაციას მხოლოდ ნიმუშის ზედაპირულ ფენებზე, ამიტომ არ საჭიროებს მკაცრ მოთხოვნებს მისი სივრცული სრულყოფისათვის; ეს პრინციპული ხდება სუსტი გრადიენტული ოპტიკური თვისებების მქონე ნიმუშების შესწავლისას. კრისტალოოპტიკისათვის ელიფსომეტრიის მეთოდი მიმზიდველია მისი მაღალი ინფორმაციულობის გამო, განსაკუთრებით კრისტალებისათვის დაბალი სიმეტრიულობის ხარისხით. ელიფსომეტრული გაზომვები დღეისათვის ფართოდ გამოიყენება ორმაგისხივთების ეფექტისა და ოპტიკური აქტივობის შესწავლისას, ასევე პარამეტრების განსაზღვრისას, რომლებიც ახასიათებენ პიეზო-, ელექტრო-, მაგნიტოოპტიკურ ზემოქმედებას და სხვა.

წარმოდგენილია პოლარიზებული ლუმინესცენციის ფოტოანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების განსაზღვრის ელიფსომეტრული მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია ოპტიკური სისტემის საკუთარი პოლარიზაციების ფარდობის განსაზღვრაზე. საკუთარი პოლარიზაციები ეს არის პოლარიზაციის ორი მდგომარეობა, რომელთა გასწვრივ, ოპტიკურ სისტემაში, სინათლის ტალღები პოლარიზაციის მდგომარეობის შეცვლის გარეშე გადიან. ოპტიკური სისტემები წინასწარ ცნობილი საკუთარი პოლარიზაციებით შეიძლება დავეოთ შემდეგ ჯგუფებად: სისტემები ორთოგონალური წრფივი საკუთარი პოლარიზაციებით; სისტემები ორთოგონალური წრიული საკუთარი პოლარიზაციებით; სისტემები ნებისმიერი ელიფსური საკუთარი პოლარიზაციებით. რადგან წრფივი და წრიული პოლარიზაციები ელიფსური პოლარიზაციის კერძო შემთხვევებს წარმოადგენენ, ჩვენ აქ მხოლოდ ელიფსური პოლარიზაციით შემოვიფარგლებით.

ფოტოანიზოტროპული მახასიათებლების გაზომვის ელიფსომეტრული მეთოდი მდგომარეობს შემდეგში: მოვნახოთ პოლარიზატორის, ანალიზატორისა და კომპენსატორის აზიმუტის მნიშვნელობების ისეთი ნაკრები, რომელიც საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ სისტემის საკუთარი პოლარიზაციების მნიშვნელობების ფარდობა ρ_s :

$$\rho_s = \frac{V_{eu}}{V_{ev}} = \frac{\chi_{SI}^{uv}}{\chi_{SO}^{uv}}, \text{ სადაც } V_{eu} \text{ და } V_{ev} \text{ სისტემის საკუთარი პოლარიზაციებია, } \chi = \frac{E_y}{E_x} = \left| \frac{E_x}{E_y} \right| \exp[i(\delta_y - \delta_x)] - \text{პოლარიზაციული ცვალადი, რომელიც გამოხატავს იმ ფაქტს, რომ თუ}$$

ელექტრული ვექტორი დაშლილია ტალღური ფრონტის სიბრტყეში ორი ორთოგონალური მიმართულების გასწვრივ, მაშინ პოლარიზაციის ელიფსი სრულად განისაზღვრება ერთი ოსცილირებადი კომპონენტის ფარდობითი ამპლიტუდით და ფარდობითი ფაზით მეორე კომპონენტის მიმართ. χ ორი ნამდვილი არგუმენტის (აზიმუტი θ და ელიფსურობის კუთხე ε) კომპლექსური ფუნქციაა:

$$\chi = \frac{tg\theta + itg\varepsilon}{1 - itg\theta tg\varepsilon}.$$

ჩვენ შემთხვევაში χ_{SI}^{uv} და χ_{SO}^{uv} კომპლექსური ცვლადები ახასიათებენ პოლარიზაციის ელიფს, შესაბამისად, სისტემის შესასვლელზე და გამოსავალზე და გამოითვლება შემდეგი თანაფარდობებიდან:

$$\chi_{SI}^{uv} = \frac{f_{11}\chi_{SI}^{xy} - f_{21}}{-f_{21}\chi_{SI}^{xy} + f_{22}}, \quad \chi_{SO}^{uv} = \frac{f_{11}\chi_{SO}^{xy} - f_{21}}{-f_{21}\chi_{SO}^{xy} + f_{22}}.$$

აქ f_{ij} კოეფიციენტები წარმოადგენენ ჯონსის დეკარტული ვექტორების კომპონენტებს:

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} f_{11} \\ f_{21} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{E} = \begin{bmatrix} f_{12} \\ f_{22} \end{bmatrix},$$

რომლებიც აღწერენ u და v საკუთარ პოლარიზაციებს x- და y- ორთოგონალური წრფივი პოლარიზაციებით.

ელიფსომეტრიისათვის, რომელიც PCSA სქემით არის აწყობილი, χ_{SI}^{xy} და χ_{SO}^{xy} გამოითვლება თანაფარდობებიდან:

$$\chi_{SI}^{xy} = \frac{tgC + \rho_c tg(P-C)}{1 - \rho_c tgC tg(P-C)}, \quad \chi_{SO}^{xy} = -tgA; \quad \chi_{SI}^{uv} = - \left[\frac{(-f_{21} + f_{11}tgC) + \rho_c(f_{11} + f_{21}tgC)tg(P-C)}{(-f_{22} + f_{12}tgC) + \rho_c(f_{12} + f_{22}tgC)tg(P-C)} \right]; \quad \chi_{SO}^{uv} = - \left(\frac{f_{11} + f_{21}tgA}{f_{12} + f_{22}tgA} \right),$$

შესაბამისად:

$$\rho_s = \frac{V_{eu}}{V_{ev}} = \left(\frac{f_{12} + f_{22}tgA}{f_{11} + f_{21}tgA} \right) \times \left[\frac{(-f_{21} + f_{11}tgC) + \rho_c(f_{11} + f_{21}tgC)tg(P-C)}{(-f_{22} + f_{12}tgC) + \rho_c(f_{12} + f_{22}tgC)tg(P-C)} \right].$$

ამგვარად, ამ უკანასკნელიდან თანაფარდობიდან ჩანს, რომ საკვლევი სისტემის საკუთარი მნიშვნელობების ფარდობა, ნებისმიერი საკუთარი პოლარიზაციებით u და v,

შეიძლება გამოვთვალოთ P, C, A კუთხეების ნაკრებით.

ამოცანა 2. პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტული, მაღალეფექტური არეების მიღება და ექსპერიმენტული კვლევა.

ლუმინესცენტურ, პოლარიზაციულად მგრძობიარე მარეგისტრირებელ არეში ინდუცირებული ანიზოტროპიის და გიროტროპიის მახასიათებლების გაზომვის ინსტრუმენტული მეთოდები გამოიყენება პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერების ელემენტის შექმნისათვის მაღალეფექტური მასალების მოძიებისა და კვლევის ამოცანებში. ცალკე უნდა აღინიშნოს, რომ ამ კვლევებს დამოუკიდებელი ინტერესი გააჩნიათ აქტინიურ სინათლესთან გარემოს ურთიერთქმედების პროცესებში მშთანთქმელი და გამომსხვივებელი ცენტრების ფოტოფიზიკური და ფოტოქიმიური გარდაქმნების შესწავლის ამოცანებისათვის.

შემუშავდა ოპტიკური სქემები და შეიქმნა ლაბორატორიული დანადგარები პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტურ მარეგისტრირებელ მასალებში ინდუცირებული ფოტოანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების რაოდენობრივი გაზომვებისათვის სხვადასხვა პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდებით. ექსპერიმენტული დანადგარების ოპტიკური სქემები მოყვანილია **დანართზე №2** და **დანართზე №3**

დანართზე №2 მოყვანილია ლაბორატორიული დანადგარის ოპტიკური სქემა, რომელიც გამოყენებული იყო ჩვენ მიერ პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინოფორში ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპული და გიროტროპული მახასიათებლების: პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპული ამპლიტუდური კოეფიციენტების სხვაობის –1) $\Delta(n\tau)_{Lum}$, 2)ორმაგი სხივების – Δn_{Lum} , 3) წრიული პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპული ამპლიტუდური კოეფიციენტების სხვაობის – $\Delta(n\tau)_{G,Lum}$ და 4)წრიული ორმაგი სხივების – $\Delta n_{G,Lum}$ გასაზომად, როგორც აღზნების (რეზონანსული), ასევე ლუმინესცენციის სხვა სიხშირეებზე; დანადგარი გამოიყენება ასევე ამ პარამეტრების აქტინიური დასხივების სიმძლავრისგან ენერგეტიკული დამოკიდებულებების გრაფიკების ასაგებად. დანადგარი შექმნილია მონოქრომატორის YM-2 – ის ბაზაზე (ტალღის სიგრძეების დიაპაზონი 380–1050 ნმ, კოლიბრებულია გამტარებლობაზე 15მ სიზუსტით). არაპოლარიზებული ლაზერის L* აღმზნები, მაღალი ინტენსიობის სინათლის კონა (გამოიყენებოდა ლაზერები ტალღის სიგრძეებით: 405 ნმ; 441,6 ნმ; 530 ნმ; 632,8 ნმ) გაივლის პოლაროიდს P₁ და მეოთხედტალღოვან ფირფიტას $\lambda/4$, რომელთა საშუალებით შესაძლებელია ნებისმიერად ვცვალოთ აღმზნები სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობა; ობიექტივი O₁-ის საშუალებით აღმზნები სინათლის კონა ფოკუსირდება პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტურ ნიმუშზე S; ნიმუშიდან გამოსული ინდუცირებული ლუმინესცენცია ობიექტივი O₂-ის საშუალებით პროეცირდება მონოქრომატორის YM-2 შემავალ ხვრელზე ლუმინესცენციის სხვადასხვა სიგრძის ტალღების ანალიზისათვის; ლუმინესცენცია გაივლის მონოქრომატორს და ეცემა ანალიზატორ P₂-ს, რომელსაც აქვს შესაძლებლობა დაიკაოს 3 სხვადასხვა მდგომარეობა (პარალელური, 45° და პერპენდიკულარული) აქტინიური სინათლის ელექტრული ვექტორის პოლარიზაციის მიმართ; შემდეგ ლუმინესცენცია ხვდება ინტენსიობის გამზომ მოწყობილობაში 1 (ФЭУ-62); ელექტრული სიგნალი გამოსული ФЭУ-62-დან რეგისტრირდება ციფრულ ორ სხივიან დამმახსოვრებელ ოსცილოგრაფზე OC. ვზომავთ რა ინტენსიობების მნიშვნელობებს, ანალიზატორი P₂-ის 3 სხვადასხვა მდგომარეობაში ორიენტაციისას, მონოქრომატორის ტალღური დოლურას სხვადასხვა ანათვლებისათვის, რაც შეესაბამება გამზომ 1-ზე დაცემული ლუმინოფორის გამოსხივების სპექტრის სხვადასხვა სიგრძის ტალღის მაქსიმუმებს, ვიღებთ მონაცემებს ლუმინოფორის გამოსხივების სპექტრის ფოტონდუცირებული ანიზოტროპული და გიროტროპული პარამეტრების გასაზომად. აღმზნები ლაზერის L* სინათლის კონის გზაზე განთავსებული ნეიტრალური ფილტრები NF და ინტენსიობის გამზომი ხელსაწყო 2 (ФЭУ-62) გამოიყენება აქტინიური დასხივების სიმძლავრის რეგულირებისა და კონტროლისათვის. სხვადასხვა გამჭვირვალობის მქონე ნეიტრალური ფილტრების კომბინირებით ვაგებთ ანიზოტროპული მახასიათებლების ენერგეტიკულ ექსპოზიციასზე დამოკიდებულების მრუდებს.

განხილული ოპტიკური სქემით საკვლევი ვექტორული პარამეტრების გაზომვა შესაძლებელია განხორციელდეს მხოლოდ დროის რეალურ მასშტაბში. მაღალეფექტური (საინფორმაციო სიმძლავრე, ფართო სპექტრული მგრძობიარობა, სელექტურობა) მარეგისტრირებელი მასალების მოძიებისა და კვლევის ამოცანებში არანაკლებ მნიშვნელოვანია გვექონდეს ლუმინოფორის ვექტორული მახასიათებლების გაანალიზების შესაძლებლობა ნებისმიერ დროს, აქტინიური დასხივების შეწყვეტის შემდეგ.

– შემუშავდა პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინოფორში ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპული და გიროტროპული მახასიათებლების კვლევის ახალი პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ საკვლევი პოლარიზაციულად მგრძობიარე არის პოლარიზებული ლუმინესცენციის სპექტრის სურათი, გამოვავლინოთ ფოტონდუცირებული ანიზოტროპიის უნარის მქონე ლუმინესცენციის ცენტრები,

განვსაზღვროთ მათი ანიზოტროპულ-გიროტროპული თვისებები აღმზნები (მაინდუცირებელი) დასხივების შეწყვეტის შემდეგ. ზემოთ აღნიშნული ამოცანის განხორციელება შესაძლებელი გახდა პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინოფორში ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის სპექტრის რეგისტრაციით პროექტის შემსრულებლების მიერ შექმნილი მაღალეფექტურ პოლარიზაციულად მგრძობიარე არალუმინესცირებად არეებზე; აღნიშნულ მასალებს ახასიათებთ მაღალი ფოტოანიზოტროპული მგრძობიარობა ფართო სპექტრულ დიაპაზონში. ამდგვარი არეებია: მრავალკომპონენტური კომპოზიციები, მიღებული სხვადასხვა კლასის ორგანული საღებარების ბაზაზე, ასევე არეები წვრილმარცვლოვანი ვერცხლის ჰალოგენიდების ბაზაზე (აღნიშნავთ, რომ ამ უკანასკნელში პირველად ჩვენ მიერაა გამოვლენილი ახალი ანიზოტროპულ-გიროტროპული ეფექტი – ინდუცირებული სენსიბილიზირებული ფოტოანიზოტროპია – ისე).

– შემუშავდა ოპტიკური სქემა და შეიქმნა ლაბორატორიული ოპტიკური დანადგარი სამპრიზმიანი სპექტროგრაფის ИСП-51 ბაზაზე. **დანართზე №3** მოყვანილია ლაბორატორიული დანადგარის ოპტიკური სქემა ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების გაზომვისათვის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდით სპექტროგრაფის ბაზაზე. პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინოფორი S სხივდება აქტინური არაპოლარიზებული ლაზერით L* (გამოიყენებოდა ლაზერები ტალღის სიგრძეებით: 405; 441,6; 530; 632,8 ნმ). პოლაროიდის P₁ და მეოთხედტალღოვანი ფირფიტის $\frac{1}{4}$ საშუალებით შესაძლებელია ნებისმიერად ვცვალოთ აქტინური დასხივების პოლარიზაციის მდგომარეობა. აღმზნები ლაზერული სინათლის კონისა და ლუმინოფორის ზედაპირის გადაკვეთის წერტილი ობიექტივი O₁-ის საშუალებით პროეცირდება სპექტროგრაფ ИСП-51-ის შემავალ ხვრელზე. ნიმუშის (ლუმინოფორის) დაყენების კუთხე შერჩეულია იმდგვარად, რომ ზედაპირიდან სარკულად არეკლილი აქტინური სინათლე არ ხვდება ობიექტივ O₁ –ში, და შედეგად სპექტროგრაფში ხვდება ლუმინოფორის ლუმინესცენციის და დიფუზურად გაბნეული მაინდუცირებელი სინათლის სპექტრი; ინდუცირებული ლუმინესცენცია გაივლის რა ხელსაწყოს კოლიმატორს პარალელური კონის სახით ეცემა მადისპერგირებელი პრიზმების სისტემას, რომელიც შლის ლუმინოფორის გამოსხივებულ კონას სპექტრად. სპექტრად გაშლილი ლუმინესცენციის კონა კამერის ობიექტივი O₂-ის საშუალებით ფოკუსირდება სპექტროგრაფის გამოსავალზე, ხელსაწყოს სპექტრული შკალის გამოსახულების სიბრტყეში. ამ სიბრტყეში განთავსებულია ზემოთ დასახელებული მაღალეფექტური მარეგისტრირებელი პოლარიზაციულად მგრძობიარე არალუმინესცენტური მასალები FA (ფირფიტა). ექსპონირებული მარეგისტრირებელი ფოტოანიზოტროპული ფირფიტა, სპეციალურ გამამუდგენებელში დამუშავების შემდეგ დაიშორება შეჯვარებულ პოლაროიდებში; მასალაზე დაფიქსირებული ლუმინოფორის გამოსხივების სპექტრის პოლარიზაციული ანალიზი საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ნათელი უბნები, რომელებიც შეესაბამება ლუმინესცენციის სპექტრის უბნებს, სადაც აღიძვრება ფოტოანიზოტროპია. ციფრული ფოტოკამერის F საშუალებით ხორციელდება ლუმინესცენციის პოლარიზებული სპექტრის ფოტოგრაფირება შეჯვარებულ პოლაროიდებში. ოპტიკურ სქემაში, რომელიც შექმნილია მონოქრომატორის УМ-2 – ის ბაზაზე შესაძლებელია ანალიზატორი P₂-ის ნაცვლად, სპეციალურ დამჭერში განთავსდეს ზემოთ მითითებული მარეგისტრირებელი პოლარიზაციულად მგრძობიარე (არალუმინესცენტური) მასალები. ექსპონირების შემდეგ დამჭერი თავსდება სპექტროფოტომეტრში Spekord UVVIZ, რომელიც მოდიფიცირებულია ჩვენ მიერ და შესაძლებლობას გვაძლევს ლუმინესცენციის სპექტრის გამოვლენილ ანიზოტროპულ უბნებში მოვახდინოთ მარეგისტრირებელ მასალებში ინდუცირებული ფოტოანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების რაოდენობრივი გაზომვები პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდებით და შესაბამისად, საკვლევი არის ვექტორული მახასიათებლების ანალიზი.

ჩვენ მიერ შეიქმნა ლაბორატორიული ოპტიკური დანადგარი და შემუშავდა სენსიტომეტრის მეთოდიკა ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის ანიზოტროპულ-გიროტროპული პარამეტრების განსაზღვრისათვის ელიფსომეტრული მეთოდებით. ლაბორატორიული დანადგარი – სპექტროელიფსომეტრის– ოპტიკური სქემა მოყვანილია **დანართზე №4**.

ელიფსომეტრული მეთოდით ფოტოანიზოტროპული მახასიათებლების გაზომვის ინსტრუმენტული მეთოდი მდგომარეობს შემდეგში: მაზონდირებელი სინათლის სხივი გაივლის ხელსაწყოს მაპოლარიზებელ ნაწილს, რომელიც შედგება პოლარიზატორისაგან P და ფაზაწამნაცვლებელი მოწყობილობისაგან (ან კომპენსატორისაგან C). სრულად პოლარიზებული სინათლე, გამოსული ხელსაწყოს მაპოლარიზებელი ნაწილიდან ეცემა საკვლევ ოპტიკურ სისტემას S, რომელიც ხასიათდება ელიფსური საკუთარი პოლარიზაციებით u და v (პოლარიზაციის ეს მდგომარეობები ზოგადად შეიძლება არ იყოს ორთოგონალური). ოპტიკური სისტემა (PCSA) ცვლის დაცემული სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობას, თუ ის განსხვავდება სისტემის საკუთარი პოლარიზაციისაგან. საკვლევი სისტემიდან გამოსული (გამჭოლი ელიფსომეტრია, პოლარიმეტრია) ან არეკლილი (ამრეკლი ელიფსომეტრია) სინათლის სხვის შეცვლილი პოლარიზაციის მდგომარეობის ანალიზი ხორციელდება ანალიზატორით A და დეტექტორით D, რომელებიც წარმოადგენენ ხელსაწყოს მანალიზირებელ ნაწილს. P, C და A აზიმუტებით განისაზღვრება პოლარიზატორის, კომპენსატორისა და

ანალიზატორის ორიენტაცია სხივის ღერძის მიმართ, შესაბამისად. P და A აზიმუტები ახასიათებენ პოლარიზატორისა და ანალიზატორის ღერძების ორიენტაციას (ანუ გასულ ან არეკლილ საკუთარ პოლარიზაციებს), ხოლო C აზიმუტით განისაზღვრება კომპენსატორის სწრაფი ღერძის ორიენტაცია. P, C და A აზიმუტები აითვლებიან საკვლევი სისტემის საკუთარი პოლარიზაციის X-მიმართულებით და ითვლებიან დადებითად, თუ მოზრუნება ხდება საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით, როცა დამზერა ხდება სხივის გავრცელების საწინააღმდეგო მიმართულებით. შევნიშნავთ, რომ პოლარიზატორი, ანალიზატორი და კომპენსატორი უნდა დავაყენოთ ისეთნაირად, რომ ელიფსომეტრის გამოსასვლზე უზრუველყოთ სინათლის ნაკადის ჩაქრობა (ფოტოდეტექტორზე დაცემული სინათლის ნაკადის ინტენსიობა ნულის ტოლი ან მინიმალური). პოლარიზატორის, ანალიზატორისა და კომპენსატორის აზიმუტალური კუთხეების მნიშვნელობების ასეთი ნაკრების მონახვა საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ სისტემის საკუთარი მნიშვნელობების ფარდობა ρ_S .

გამჭოლი ელიფსომეტრის დროს სისტემას ძირითადად ახასიათებენ ორთოგონალური ცირკულარული საკუთარი პოლარიზაციებით და მისი ლუმინესცენციის ანიზოტროპული პარამეტრები: $\Delta(n\tau)_{G,Lum} = (n\tau)_+ - (n\tau)_-$ და $\Delta n_{G,Lum} = n_+ - n_-$ გამოითვლება შემდეგი ფორმულების საშუალებით:

$$\Delta(n\tau)_+ - \Delta(n\tau)_- = -\frac{\lambda}{2\pi d} \ln(T_S), \quad n_+ - n_- = -\frac{\lambda}{2\pi d} \delta_S,$$

სადაც $T_S = \text{Re}(\rho_S)$, $\delta_S = \text{Im}(\rho_S)$, ხოლო ρ_S – საკვლევი სისტემის საკუთარი პოლარიზაციების ფარდობა გამოითვლება P, C და A აზიმუტებით

$$\rho_S = \exp(2iA) \left[\frac{(tgC + i) + \rho_C(1 - itgC)tg(P - C)}{(tgC - i) + \rho_C(1 + itgC)tg(P - C)} \right].$$

ამრეკლი ელიფსომეტრის გამოყენებისას სისტემას ახასიათებენ ორთოგონალური წრფივი საკუთარი პოლარიზაციებით. ამ შემთხვევაში გვაქვს:

$$\Delta n_{Lum} = (n\tau)_x - (n\tau)_y = -\frac{\lambda}{2\pi d} \ln T_S, \quad \Delta n_{Lum} = n_x - n_y = -\frac{\lambda}{2\pi d} \delta_S,$$

$$\rho_S = -tgA \left[\frac{tgC + \rho_C(P - C)}{1 - \rho_C tgC tg(P - C)} \right].$$

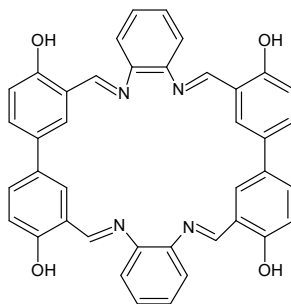
ელიფსომეტრია ზომავს ორი სიდიდის ფარდობას (ან სხვაობას), და არა თითოეულის აბსოლუტურ სიდიდეს – ეს ძალიან ზუსტი და აღწარმოებადი მეთოდია. მაგალითად, ის შედარებით მდგრადია სინათლის გაბნევისა და ფლუქტუაციების მიმართ. ელიფსომეტრული გაზომვები შეიძლება ჩატარდეს ტემპერატურისა და წნევის ფართო ინტერვალში გაზომვის შედეგების დაუმახინჯებლად. განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ აღნიშნული მეთოდი საშუალებას გვაძლევს დეტალურად შევისწავლოთ საკვლევი სისტემის შიგნით მიმდინარე პროცესები, რომლებიც ცვლიან აქტინური გამოსხივების პოლარიზაციის მდგომარეობას და ასახავენ საკვლევი სისტემის ზემოქმედებას. მაგალითად, დაცემული გამოსხივების ანიზოტროპულ მოლეკულებზე გაბნევის შემთხვევაში დეპოლარიზაციის სიდიდის განსაზღვრა იძლევა ინფორმაციას ფოტოლუმინესცენციის დროს მშთანთქმელი და გამომსხივებელი ცენტრების ურთიერთქმედებაზე და ნაწილაკებს შორის ენერჯის გადაცემის თაობაზე; მათ სივრცულ აღნაგობაზე.

– სხვადასხვა ტიპის მარეგისტრირებელი არეების კვანტური სისტემების ანიზოტროპია, ინდუცირებული პოლარიზებული სინათლით – *ფოტოანიზოტროპია* – აქტიური კვლევის საგნად იქცა ამ ფენომენის პოლარიზაციული ინფორმაციის გადამუშავების და ვექტორული ჰოლოგრაფიის ამოცანებში გამოყენების შემდეგ. ფიზიკურად ზღვრული ტევადობის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერების სისტემების შექმნის, მანალიზირებელი და მასინთეზირებელი ანიზოტროპული პროფილის ოპტიკური ელემენტების მიღების, ნებისმიერი სახის მაპოლარიზებელი მოწყობილობის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კოპირების ამოცანებში, მოთხოვნის აუცილებლობიდან გამომდინარე, გამოიყენება მარეგისტრირებელი არეები, რომლებშიც პოლარიზებული სინათლის ზემოქმედებით აღიმგრება ანიზოტროპია და გიროტროპია. მეორე მხრივ, ცნობილია შესაძლებლობები, რომელსაც იძლევა მთანთქმისა და გამოსხივების (ლუმინესცენციის) ფოტოაქტიური კვანტური სისტემების პოლარიზაციის მდგომარეობის კვლევა მოლეკულების ქცევის შესწავლისას ნივთიერების გარემოცვაში. აქ შედარებით მარტივი საშუალებებით შესაძლებელია მივიღოთ

მონაცემები ელემენტარული მშთანქმელი და გამომსხივებელი ოსცილატორების აღნაგობასა და ბუნებაზე; ჩვეულებრივ, სწორედ მათი საშუალებით ხდება მთანქმისა და ლუმინესცენციის ცენტრებში გადასვლების მოდელირება.

პროექტის მსვლელობისას ჩვენ მიერ შემუშავდა განსხვავებული ფიზიკურ-ქიმიური ბუნების მქონე პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მასალები, მათ შორის, პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური კომპოზიციები, რომელთა შემადგენლობაში შედიოდა როგორც ბუნებრივი, ასევე სინთეზური პოლიმერები, მათ შორის ლუმინესცენტური პოლიმერი (LEP), სხვადასხვა სტრუქტურის მქონე სპეციალურად სინთეზირებული მაღალმოლეკულური (მათ შორის მაკროციკლური) საღებარები, დენდრიმერი. მიღებული მასალების პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური თვისებების რაოდენობრივი გაზომვისთვის გამოიყენებოდა ჩვენ მიერ შემუშავებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის კვლევის მეთოდი და სენსიტომეტრიის სისტემა.

განხორციელდა მიმართული სინთეზის გზით მიღებული ახალი 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინური საღებარების (MPD) კვლევა. ქვემოთ მოგვყავს აღნიშნული საღებარის სტრუქტურული ფორმულა:



მიღებული ნაერთი ხასიათდება ლუმინესცენციის მკაფიოდ გამოხატული უნარით.

მკვლევარების ინტერესი მაკროციკლური ნაერთების მიმართ მკვეთრად გაიზარდა მას შემდეგ, რაც შემჩნეული იქნა, რომ ისინი თავიანთი სტრუქტურითა და თვისებებით ისეთი ბუნებრივი ბიოლოგიურად აქტიური მოლეკულების მსგავსია, როგორიცაა ანტიბიოტიკები, ენზიმები, წამლების რეცეპტორები, და აქვთ მეტალების იონებსა და სხვადასხვა დაბალმოლეკულურ ნაერთთა სელექტური კომპლექსწარმოქმნის უნარი.

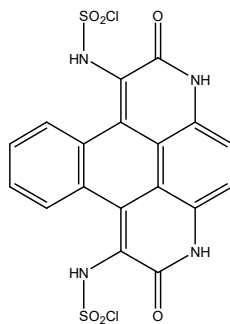
შემუშავდა გამჭვირვალე საღებარების (MPD) შემცველი პოლიმერული ფირების მიღების ტექნოლოგია, ასევე შეიქმნა კომპოზიციები მოცემული საღებარების საფუძველზე. ჩვენ მიერ შემუშავებულ ოპტიკურ სქემაზე, დროის რეალურ მასშტაბში, იზომებოდა ნიმუშების პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მახასიათებლები სხვადასხვა სპექტრულ უბანში. მაგალითის სახით, **დანართზე №15** მოყვანილი ანიზოტროპული გამოსხივების კოეფიციენტის $kd\Delta(n\tau)_{lum}$ -ის სპექტრული განაწილება ერთ-ერთი კომპოზიციისთვის, რომლის შემადგენლობაშიც შედიოდა პოლიმერული მატრიცა პოლიკარბონატი (PK), გამომსხივებელი პოლიმერი (LEP), საღებარი (MPD). ნიმუშების დასხივება ხდებოდა ლაზერის ($\lambda = 532$ ნმ) წრფივად პოლარიზებული გამოსხივებით. როგორცდანართზე მოყვანილი ნახაზიდან ჩანს, კომპოზიციაში 24-წევრიანი საღებარის ჩართვა იწვევს მაქსიმუმების ოსცილაციას 400-440 ნმ დიაპაზონში. ცნობილია, რომ აზომეთინური საღებარების ქრომოფორული სისტემა შეიცავს შეუღლებულ სისტემაში ჩართულ ერთ ან რამდენიმე აზომეთინურ ჯგუფს ($R-CH=N-R'$). შეუღლებულ ელექტრონულ სისტემაში განუყოფელი ელექტრონული წყვილის შემცველი აზოტის ატომის შეყვანა იწვევს მთანქმის მაქსიმუმის შესამჩნევ გადანაცვლებას სპექტრის გრძელტალღოვან უბანში, ანალოგიურ ნახშირბად-ნახშირბადოვან შეუღლებულ სისტემებთან შედარებით.

მოლეკულათა სივრცული განაწილების შეფასებისა და ჰიპოთეტური ურთიერთქმედებების ან მოლეკულებს შორის ბმების გაჩენის ალბათობის გამოვლენის მიზნით, განხორციელდა მიღებული კომპოზიციის კვანტურ-ქიმიური მოდელირება ენერჯის მინიმიზაციის MM2 მეთოდით პროგრამაში Chem3D Ultra, შეფასების მთავარ კრიტერიუმად გამოყენებულ იქნა სრული სტერიული ენერჯის (TSE) მნიშვნელობები. გამოვლინდა ყველაზე სტაბილური კონფორმერები თითოეული მოლეკულისთვის

და შემდგომ სიმულირებულ იქნა კომპოზიციებში მოლეკულათა სივრცული გადანაწილების მოდელები: [TSE(PK)=26.47; TSE(LEP)=15.69; TSE(MPD)=0.5182; Total:TSE(PK+LEP+MPD)=24.1449].

მიღებული შედეგების თანახმად, კომპოზიციაში ადგილი არ აქვს ქიმიური კომპლექსის ფორმირებას, მოლეკულები დაშორებულია ერთმანეთს, თუმცა კომპოზიცია იქცევა როგორც ერთი მთლიანი სისტემა. შევნიშნავთ, რომ მიუხედავად ქიმიური ბმების არარსებობისა, კომპოზიციის კომპონენტები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ერთმანეთზე, თუმცა მათი სივრცული გადანაწილება ცალკეულ ოსცილატორს საშუალებას აძლევს მოახდინოს გამააქტიურებელი გამოსხივების დამოუკიდებლად შთანთქმა და გამოსხივება. **დანართზე №16** წარმოდგენილია ცალკეული კომპონენტებისა და მთლიანად კომპოზიციის სტრუქტურული ფორმულები.

პროექტის მონაწილეთა მიერ შესწავლილ იქნა ასევე სხვა მაღალმოლეკულური ნაერთებიც - დიამინოანთრადიპირიდონის დისულფოქლორიდების ჰომოლოგიური რიგი, რომელიც მიღებულია მიმართული სინთეზის გზით. ქვემოთ მოგვყავს საღებარის 1.4-diAAP-(SO₂Cl)₂-ის სტრუქტურული ფორმულა



შემუშავდა საღებარის 1.4-diAAP-(SO₂Cl)₂ შემცველი მარეგისტრირებელი არეების მიღების ტექნოლოგია. არეები მიღებული იქნა სხვადასხვა მჟავიანობისას (pH=4, 7, 9). განხორციელდა საკვლევი ნიმუშების ანიზოტროპული გამოსხივებისა და ორმაგი სხივთუბის კოეფიციენტის გაანგარიშება. **დანართზე №17** მოყვანილია საკვლევი ნიმუშების ანიზოტროპული გამოსხივების კოეფიციენტის სპექტრული დამოკიდებულების მრუდები სხვადასხვა მჟავიანობისას (pH=4, 7, 9).

შეღებვის ცენტრების წარმოქმნის, ქცევისა და ბუნების კვლევისათვის დიდ ინტერესს წარმოადგენს საკვლევი ნიმუშების შთანთქმის და ლუმინესცენციის სპექტრული დამოკიდებულების მრუდების ერთობლივი ანალიზი. ამ მიზნით ჩვენ მიერ განხორციელდა საკვლევი ნიმუშების შთანთქმის და ლუმინესცენციის სპექტრული დამოკიდებულების მრუდების გაშლა ცალკეული შთანთქმისა და გამოსხივების ცენტრების შესაბამის პარციალურ სიმკვრივეებად; განხორციელდა მათი ერთობლივი ანალიზი. მაგალითის სახით **დანართზე №18** მოყვანილია საკვლევი ნიმუშების ანიზოტროპული გამოსხივების $k d \Delta(n \tau)_{lum}$ -ის და შთანთქმის D სპექტრული მრუდები არის მჟავიანობის pH=9 მნიშვნელობისას და მათი ერთობლივი ანალიზი. სპექტრული მრუდების დაშლა პარციალურ სიმკვრივეებად წარმოადგენს საკმაოდ რთულ ამოცანას: ძლიერი სუპერპოზიცია იწვევს იმას, რომ ცენტრების ინდივიდუალიზაცია, ცნობილი მიახლოებით, შესაძლებელია მხოლოდ მათემატიკური პროგრამის გამოყენებით, საკვლევი ინტეგრალური მრუდის გაუსის მრუდებად დაშლის გზით.

ლუმინესცენციის პოლარიზაცია პირველ რიგში დამოკიდებულია თავად ლუმინესცირებადი ნივთიერების მოლეკულათა სტრუქტურაზე, კერძოდ, პოლარიზაცია ძლიერად არის დამოკიდებული მოლეკულათა სიმეტრიაზე: რაც უფრო სიმეტრიულია მოლეკულა, მით ნაკლებია პოლარიზაციის ხარისხი. მიღებული შედეგების ანალიზი განხორციელდა შემდეგი გარემოებების გათვალისწინებით: საკვლევი ნაერთებისთვის მჟავა არეში დამახასიათებელია პროტოტროპიზმი, რასაც ძლიერი აქცეპტორული სულფოქლორიდული ჯგუფის გავლენასთან ერთად საკვლევი ნიმუშების ზოგიერთ მოლეკულაში (ჩამნაცვლებლების გარეშე) წყალბად-ატომის შიდამოლეკულურ გადაადგილებასთან მიყვავართ ჰეტეროციკლური აზოტის ატომიდან ჟანგბად-ატომზე პროტონირებული ენოლურ-პირიდინული ფრაგმენტის წარმოქმნით კეტონურ-პირიდონულის ნაცვლად, რომელიც მოლეკულის ლუმინესცენციის მთავარ პასუხისმგებელს წარმოადგენს, რითაც აიხსნება მისი შემცირება (ნაწილობრივი ჩაქრობა). ტუტე

არეში კი პირიქით, ჰეტეროციკლური აზოტის ატომი განიცდის დეპროტონირებას და იმყოფება ძირითადად კეტონურ-პირიდონულ ფორმაში, რაც კორელირებს გაზომვათა შედეგებთან. ზემოაღნიშნულს ადასტურებს ასევე ამინოანთრაპირიდონული ნაერთების ალკილწარმოებულებში ლუმინესცენციის მაღალი მნიშვნელობები, ვინაიდან არის pH-ის გავლენით კეტო-ენოლური გადასვლა აქ შეზღუდულია ჰეტეროციკლურ აზოტის ატომზე წყალბად-ატომის არარსებობის გამო.

ბოლო დროს აქტიურად ვითარდება მაღალმოლეკულური ნაერთების ქიმიის ახალი მიმართულება, რომელიც დაკავშირებულია სამგანზომილებიანი სუპერგანშტოებული პოლიმერებისა და ოლიგომერების სინთეზთან, რომლებსაც **დენდრიმერები** ეწოდება. ნაერთების აღნიშნული კლასი საინტერესოა იმით, რომ მათი მიღებისას მოლეკულის ზრდის ყოველ ელემენტარულ აქტთან ერთად, განშტოებათა რიცხვი გეომეტრიული პროგრესიით იზრდება. შედეგად, ასეთი ნაერთების მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად, იცვლება მოლეკულათა ფორმა და სიხისტე, რასაც თავის მხრივ თან ახლავს დენდრიმერების ისეთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ცვლილებები, როგორცაა სიბლანტე, ხსნადობა, სიმკვრივე და სხვ. ჩვენ მიერ შემუშავდა პოლიმერული ფირების მიღების ტექნოლოგია მათში შეყვანილი დოპანტებით: მატრიცა - პოლიკარბონატი ან პოლისტიროლი, ქირალური დოპანტი, ლუმინესცირებადი საღებარი, დენდრიმერი PAMAM.

განხორციელებული კვლევის შედეგების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრამებისთვის მასალათა მისაღებად არსებობს ძალიან ფართო კვლევის სფერო. მოცემული კვლევის ფარგლებშიც კი ჩვენ დავრწმუნდით, რომ: ა) გაგვაჩნია გამოსხივების (ლუმინესცენციის) მაქსიმუმების ფართო სპექტრულ დიაპაზონში წანაცვლების შესაძლებლობა; ბ) ანიზოტროპული გამოსხივების კოეფიციენტის სიდიდეზე გავლენას ახდენს საღებარების მოლეკულური სტრუქტურა და გამოყენებული გამხსნელი და პოლიმერული მატრიცები.

– ნახევარგამტარული ფერადი მინების საფუძველზე მიღებულ არეებს ახასიათებს: ფოტოანიზოტროპული პარამეტრების მნიშვნელოვანი სიდიდე (არანაკლები 10^{-4} რიგის); ანიზოტროპული მგრძნობიარობა ფართო სპექტრულ უბანში (350-1060 ნმ); ექსპონირებული არის კლების (სისქის ცვლილების) გამორიცხვის შესაძლებლობა; უდიდესი გარჩევისუნარიანობა; მოთხოვნილებიდან გამომდინარე, ინფორმაციის მატარებლისათვის ნებისმიერი ფორმის მიცემისა და შემდგომი კორექციის შესაძლებლობა, რაც იძლევა ჩამწერი კონების ნებისმიერი კუთხით შეხვედრის შესაძლებლობას; რევერსულობა.

პირველად იქნა შესწავლილი ლაზერულად აქტიური შეღებვის ცენტრების ინდუცირებული პოლარიზებული გამოსხივება სხვადასხვა შემადგენლობის ლუმინესცირებად ნახევარგამტარული ფერადი მინების საფუძველზე მიღებულ პოლარიზაციულად მგრძნობიარე არეებში და მათი ანიზოტროპულ-გეროტროპული მახასიათებლების მინის ქიმიურ შემადგენლობაზე დამოკიდებულება.

ჩვენი კვლევის საგანს წარმოადგენდა პოლარიზებული ლუმინესცენციის კვლევა ЖС და КС ტიპის მინებში, რომლებიც შეიცავენ ურანს, კადმიუმისა და სელენის სულფიდებს. აღვზნებისას გამოიყენებოდა ლაზერული კოჰერენტული ლუმინესცენტური სინათლის წყარო ტალღის სიგრძეზე $\lambda = 405$ ნმ, (ნახევარგამტარული მყარი ტანის ლაზერი, სიმძლავრე 100 მვტ.). ჩატარდა დასხივებული ნიმუშების ფოტოაქტიური შეღებვის ცენტრების შთანთქმის D და შუქინდუცირებული ანიზოტროპული გამოსხივების $kd\Delta(n\tau)_{lum}$ -ის კოეფიციენტების კვლევა პროექტში შემუშავებული მეთოდებით.

როგორც აღნიშნული იყო, შეღებვის ცენტრების წარმოქმნის, ქცევისა და ბუნების კვლევის მიზნით დიდ ინტერესს წარმოადგენს საკვლევი ნიმუშების შთანთქმის და ლუმინესცენციის სპექტრული დამოკიდებულების მრუდების ერთობლივი ანალიზი. ჩვენ მიერ განხორციელდა ამ მრუდების ცალკეული შთანთქმისა და გამოსხივების ცენტრების შესაბამის პარციალურ სიმკვრივეებად გაშლა და მათი ერთობლივი ანალიზი. **დანართზე №19**, მაგალითისათვის მოყვანილია საკვლევი ნიმუშების ანიზოტროპული გამოსხივების კოეფიციენტის და შთანთქმის სპექტრული მრუდები მინისათვის ЖС-19 (ურანის შემცველი მინა). მიღებულია, აგრეთვე, გამომსხივებელი სისტემის ვექტორული მახასიათებლების: გამოსხივების ანიზოტროპიის კოეფიციენტის $kd\Delta(n\tau)_{lum}$ და ფოტოინდუცირებული ორმაგი სხივების კოეფიციენტის $kd\Delta n_{lum}$ რიცხვითი მნიშვნელობები, დასხივებული ნიმუშის დამზერილი ლუმინესცენციის ზოლის მაქსიმუმებში, სხვადასხვა ტიპის ლუმინესცირებადი ნახევარგამტარული ფერადი მინების საფუძველზე მიღებულ არეებში, მაინდუცირებელი გამოსხივების წრფივი და ცირკულარული პოლარიზაციის მდგომარეობის დროს. მიღებულ შედეგებს შეიძლება მიეცეს შემდეგი ინტერპრეტირება: დღეისათვის ითვლება, რომ ნახევარგამტარების ჯგუფის კვანტური სისტემების (რომელსაც მიეკუთვნება საკვლევი არეები) პოლარიზებული ლუმინესცენცია, მისი რეკომბინაციური ხასიათის გამო, შეიძლება იყოს პოლარიზებული, როგორც წრფივად, ასევე ცირკულარულად, გამომდინარე აღვზნების სახიდან; პოლარიზებული სინათლის შთანთქმისას გამტარებლობის ელექტრონები აღმოჩნდებიან განლაგებულები ზონებს შორის, იმპულსების (სიჩქარეების) მიხედვით, უპირატესად ამღვანები სინათლის პოლარიზაციის ვექტორის იმპულსის პერპენდიკულარული მიმართულებით. ამგვარად, (ანიზოტროპულად) განლაგებული

ელექტრონების ხვრელებთან რეკომბინაციისას წარმოქმნილი ლუმინესცენცია ნაწილობრივ პოლარიზებულია. ცხადია, რომ პოლარიზებული ლუმინესცენცია სელენკადმიუმთან მინებში განპირობებულია აქტინიური შუქმგრძობიარე ცენტრების კუთრი ანიზოტროპიით, ჩვენ შემთხვევაში CdS და CdSe მიკროკრისტალებით, ხოლო ЖС-19 შემთხვევაში ურანის მიკროკრისტალებით.

განხორციელებული კვლევის შედეგები საფუძველს გვაძლევს დავასკვნათ, რომ პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრამებისთვის მასალების მისაღებად გავაჩნია გამოსხივების მაქსიმუმების ფართო სპექტრულ დიაპაზონში წანაცვლების შესაძლებლობა: ა) სხვადასხვა ტიპის ლუმინესცირებად ფერად მინებს ახასიათებთ პოლარიზებული ლუმინესცენცია სხვადასხვა სპექტრულ დიაპაზონში: ЖС – მწვანე-ყვითელი, ОС – ნარინჯიფერი, КС – წითელი; ბ) ნიმუშების ანიზოტროპულ-გროტროპული მახასიათებლების სიდიდეზე გავლენას ახდენს ლუმინესცირებადი ნახევარგამტარული ფერადი მინების ქიმიური შემადგენლობა და მაინდუცირებელი გამოსხივების პოლარიზაციის მდგომარეობა. ბოლოს შევნიშნავთ, რომ ნახევარგამტარული ფერადი მინების შთანთქმისა და ლუმინესცენციის ცენტრების წარმოქმნის, აღნაგობის და ბუნების თაობაზე ახალი მონაცემების მიღება მნიშვნელოვანია ლაზერის ფიზიკისათვის, რამდენადაც ეს მინები ფართოდ გამოიყენება კვანტურ გენერატორებში: პასიურ ჩამკეტებად, მოდულატორებად და სხვ.

პროექტი კვლევის ერთ-ერთი **სიახლეა** ფართო სპექტრულ უბანში პოლარიზაციულად მგრძობიარე სხვადასხვა ფლუორესცენტული საღებარების კომპოზიციების შექმნა; კომპოზიციები პოლარიზაციულად მგრძობიარეა, როგორც გრძელ, ისე მოკლელტალღოვან დასხივების დიაპაზონში და ახასიათებთ მნიშვნელოვანი ფოტონდუცირებული ანიზოტროპია-გროტროპია.

ახალი ტიპის მარეგისტრირებელი არეების მისაღებად, სპეციალურად შეირჩა ქიმრეაქტივები; შემუშავდა ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებები გამჭვირვალე ფირების მისაღებად პოლიმერული მატრიცების საფუძველზე, რომლებსაც საჭირო თვისებების მისაცემად, ემატებოდა ინგრედიენტები: საღებარები, ქირალური დოპანტები, ფოტოანიზოტროპიის აქტივატორები. ანგარიშში წარმოდგენილია ფოტონდუცირებული ანიზოტროპიის გაფართოებული სპექტრული დიაპაზონის მქონე ლუმინესცენტური კომპოზიციების მიღების თანმიმდევრული ეტაპები. პირველ ეტაპზე მიღებული იქნა ჟელატინისა და პოლივინილპიროლიდონის გამჭვირვალე ფირები, ჩართული ლუმინესცენტური საღებარით კუმარინით.

პოლარიზებული ლუმინესცენციის ინდუცირება ხორციელდებოდა ლაზერის გამოსხივებით უი. უბანში 380-405 ნმ, ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივით 0,7 ვტ/სმ². მიღებული ნიმუში ავლენს პოლარიზებულ ლუმინესცენციას, გამოსხივებისა და ორმაგი სხივების მკაფიოდ გამოხატული მაქსიმუმებით, ულტრაიისფერ სპექტრულ დიაპაზონში (350-405 ნმ).

შემდგომ ეტაპს, რომელმაც ფოტონდუცირებული ლუმინესცენციის სპექტრული უბნის არსებითად გაფართოების საშუალება მოგვცა, წარმოადგენდა კომპოზიციაში საღებარის „ლუციფერის“ დამატება. ამ შემთხვევაშიც აქტივაცია ხორციელდებოდა ლაზერის გამოსხივებით უი უბანში 380-405 ნმ, ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივით 0,7 ვტ/სმ². **დანართზე №20** (ნახ.1; ნახ.2) წარმოდგენილია ანიზოტროპული გამოსხივების კომპლექსური კოეფიციენტის სპექტრული და ექსპოზიციური დამოკიდებულების მრუდები სხვადასხვა მიღებული კომპოზიციებისთვის. **ნახ.1-**ზე წარმოდგენილია კომპოზიცია: ჟელატინი+კუმარინი+ლუციფერი, ხოლო **ნახ.2-**ზე - კომპოზიცია: პოლიკარბონატი+ლუმინესცენციური პოლიმერი+საღებარი დიმეთილის ყვითელი. მრუდები ადასტურებს აღმრული პოლარიზებული ლუმინესცენციის სპექტრული უბნის გაფართოებას ხილული სპექტრის მთლიან დიაპაზონზე, ახლო იწ (ინფრაწითელი) უბნის ჩათვლით. მიღებული შედეგების საფუძველზე შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ შემუშავებული ტექნოლოგიური რეჟიმები ახალი კომპოზიციების შექმნისას აღმრული პოლარიზებული ლუმინესცენციის სპექტრული დიაპაზონის გაფართოების საშუალებას იძლევა.

კომპოზიციის შედეგად მიღებულ არეებში ანიზოტროპულ-გროტროპული პარამეტრების ქიმიურ შემადგენლობაზე, გამსხნელებზე და მატრიცაზე დამოკიდებულების ანალიზი ჩატარდა ახალი ხერხით – ე. წ. პოლარიზაციული სპექტრების საფუძველზე. პოლარიზაციული სპექტრი წარმოადგენს ნიმუშის ფოტოლუმინესცენციის პოლარიზაციის ხარისხის p-ს, $P = \frac{I_{\parallel} - I_{\perp}}{I_{\parallel} + I_{\perp}}$ ან ლუმინესცენციის ანიზოტროპიის კოეფიციენტის r-ის, $r = \frac{I_{\parallel} - I_{\perp}}{I_{\parallel} + 2I_{\perp}}$ დამოკიდებულებას აღმზნები ტალღის სიგრძეზე და ის

მეტად სპეციფიკურია. პოლარიზაციული სპექტრი განიხილება ლუმინესცირებადი ნივთიერების ერთ-ერთ ძირითად ვექტორულ მახასიათებლად (*Левшин Л. В., Салецкий А. М. Люминесцентсия и ее изыерения: Молекулярная люминесценция. М.: Изд-МГУ, 1989. с. 272. ISBN 5-211-00373-X*).

თეორიიდან ცნობილია, რომ ლუმინესცენციის პოლარიზაციის ხარისხი/ანიზოტროპიის კოეფიციენტი მცირდება მოლეკულების სიმეტრიის ზრდასთან ერთად. ეს საშუალებას გვაძლევს ნიმუშის ლუმინესცენციის პოლარიზაციის ხარისხის სიდიდის მნიშვნელობით (პოლარიზაციული სპექტრების ანალიზის საფუძველზე) ვიმჯელოთ მასში შემავალი ნივთიერების ბუნებაზე; მეორე მხრივ, პოლარიზაციული სპექტრის ანალიზი საშუალებას იძლევა გავითვინოთ მნიშვნელოვანი და ცალსახა დასკვნები გამომსხვივებელი მოლეკულების (ოსცილატორების) სტრუქტურაზე, აღნაგობაზე, კერძოდ, როგორც მშთანთქმელი და გამომსხვივებელი ოსცილატორების ურთიერთორიენტაციაზე – $\cos^2 \alpha = \frac{1+5r}{15r}$, ასევე მათ ორიენტაციაზე სტრუქტურული ელემენტების მიმართ.

მიმართული სინთეზის მეთოდით მიღებულია ამინოანთრაპირიდონის სულფოქლორიდების რიგის ლუმინესცირებადი საღებარები $(\text{ClSO}_2)_2\text{-AAP-R}$; $(\text{ClSO}_2)_2\text{-1,4-di-AAP-R}$ და $(\text{ClSO}_2)_2\text{-1,5-di-AAP-R}$, რომელთაგან შერჩეული იქნა ბუტილ-შემადგენელი.

დანართზე №21 მოყვანილია პოლარიზაციული სპექტრების ანალიზის შედეგები სინთეზირებული საღებარებისთვის ზოგადი სტრუქტურით – $(\text{ClSO}_2)_2\text{-AAP-R}$, კერძოდ, ლუმინესცენციის ანიზოტროპიის კოეფიციენტის r -ის დამოკიდებულება საღებარების სტრუქტურასა და მჟავიანობაზე.

დანართზე №22 მოყვანილია ლუმინესცენციის ანიზოტროპიის კოეფიციენტის r -ის საღებარების სტრუქტურასა და მჟავიანობაზე სპექტრული დამოკიდებულება ნიმუშებისთვის, რომლებიც შეიცავს ანთრადიპირიდონის სულფოდიქლორიდების რიგის ამინო- და დიამინოწარმოებულების იზობუტილ-შემადგენელს: AAP-iBu ; di-1,4-AAP-iBu ; di-1,5-AAP-iBu . ანიზოტროპიის ხარისხის ყველაზე მაღალი მნიშვნელობა დაიზიარება $(\text{ClSO}_2)_2\text{-1,5-diAAP-iBu}$ ნიმუშისთვის. ეს შეიძლება აიხსნას ქვანტურ-მექანიკური გათვლების საფუძველზე, რომლის თანახმადაც $(\text{ClSO}_2)_2\text{-1,5-diAAP-iBu}$ მოლეკულაში სტერეოიზომერიაზაციის პროცესი მისი ღერძის მიმართ მიმდინარეობს უფრო იოლად, ვიდრე სხვა მოლეკულებში და მოლეკულა იმყოფება უფრო ასიმეტრიულ მდგომარეობაში, რაც ახდენს გავლენას ანიზოტროპიის სიდიდეზე.

დანართზე №23 მოყვანილია მშთანთქმელი და გამომსხვივებელი ოსცილატორების ურთიერთორიენტაციის კუთხის სპექტრული განაწილების მრუდები სინთეზირებული საღებარებისთვის AAP-iBu ; di-1,4-AAP-iBu ; di-1,5-AAP-iBu . როგორც დანართზე მოყვანილი გრაფიკებიდან ჩანს, მჟავიანობის გავლენა განხილულ ფარგლებში ($\text{pH}=4, 7, 9$) α კუთხეზე მნიშვნელოვან გავლენას ვერ ახდენს, იმ დროს, როცა სტრუქტურული ფაქტორის გავლენა ნათლად არის გამოხატული. პოლარიზებული ლუმინესცენციის ინდუცირება ხორციელდებოდა ლაზერის გამოსხივებით უი. უბანში 380-405 ნმ, ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივით 0,7 ვტ/სმ². შემდგომ ეტაპს, რომელმაც ფოტონდუცირებული ლუმინესცენციის სპექტრული უბნის არსებითად გაფართოების საშუალება მოგვცა, წარმოადგენდა კომპოზიციები განსხვავებული მატრიცებითა და გამხსნელებით. კვლევის საგანს წარმოადგენდა წყალში ხსნადი პოლიმერული მატრიცები, როგორებიცაა: ქელატინი, კაპროლაქტამი, პოლივინილპიროლიდონი, პოლივინილის სპირტი. მათ საფუძველზე მიღებულია გამჭვირვალე ფირები, რომლებსაც ფოტოანიზოტროპული თვისებების მისანიჭებლად ემატებოდა ქირალური დოპანტები, ფლუორესცირებადი პოლიმერები და საღებარები.

დანართზე №24 მოყვანილია პოლარიზაციული სპექტრები კომპოზიციებისთვის განსხვავებული მატრიცებით. ამ შემთხვევაშიც აქტივაცია ხორციელდებოდა ლაზერის გამოსხივებით უი უბანში 380-405 ნმ, ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივით 0,7 ვტ/სმ². აღძრული მშთანთქმისა და გამოსხივების ანიზოტროპიის რაოდენობრივი გაზომვები ხორციელდებოდა შესაბამის ოპტიკურ სქემებზე. როგორც მოყვანილი მრუდებიდან ჩანს განსხვავებული მატრიცების გამოყენება, სხვა თანაბარი პირობების შემთხვევაში, საშუალებას გვაძლევს არსებითი ზეგავლენა მოვახდინოთ ნიმუშში აღძრული ლუმინესცენციის პოლარიზაციის ხარისხზე. წყალში უხსნად მატრიცებად გამოვიყენეთ ისეთი პოლიმერები, როგორიცაა ეპოქსიდური პოლიმერი, ნიტროცელულოზა, პოლისტიროლი, პოლიმეთილმეთაკრილატი, პოლიკარბონატი, პოლივინილბუტირალი. აღნიშნული მატრიცების გამოყენებამ გამოიწვია განსხვავებული ტექნოლოგიური რეჟიმების შექმნის აუცილებლობა. ჩატარებული კვლევებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ შესაძლებელია მიზანმიმართულად ვცვალოთ ნიმუშების ფოტოანიზოტროპული პარამეტრების სიდიდეები გამოყენებული საღებარების შედგენილობის, პოლიმერული მატრიცისა და გამხსნელის შეცვლის გზით.

– პროექტში განხილული იქნა ელიფსურად პოლარიზებული ფოტონდუცირებული ლუმინესცენციის აღძვრა სხვადასხვა შუქმგრძობიარე კომპოზიციაში აქტიური ცირკულარულად პოლარიზებული გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად. კვლევის ობიექტებს წარმოადგენდა სხვადასხვა ქიმიური შედგენილობის მქონე კომპოზიციები. გამოკვლეული იქნა ზოგიერთი ბიოლოგიური პიგმენტის პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური თვისებები. ცირკულარულად პოლარიზებული აქტიური სინათლე თავდაპირველად იზოტროპულ და არაგროტროპულ არეში ცირკულარული დიქროიზმისა და ოპტიკური აქტიურობის აღძვრას იწვევს. ოპტიკური აქტიურობა სპექტრის ხილულ უბანში თითქმის მთლიანად განპირობებულია აქტიური ქრომოფორებით. იმ შემთხვევაშიც კი, თუ ქრომოფორი საკუთარი სიმეტრიულობის გამო, არ არის

ოპტიკურად აქტიური, მან შესაძლოა შეიძინოს ოპტიკური აქტიურობა ასიმეტრიულ მოლეკულურ გარემოცვასთან ურთიერთქმედების შედეგად, რამდენადაც შედეგობრივი წრიული დიქროიზმი ყოველთვის რთულ მოლეკულაში რამდენიმე ერთმანეთთან ახლოს განლაგებულ ატომთა ჯგუფის ადიტიური წვლილის შედეგს წარმოადგენს.

ქრომატოგრაფიული და ასევე ექსრტაქციის მეთოდებით მიღებული იქნა ბიოპიგმენტები: ქლოროფილის, კაროტინის, ბეტანინის, ანტოციანინის წარმოებულები. დამზადებული იქნა ბიოპიგმენტების შემცველი გამჭვირვალე პოლიმერული ფირები შემუშავებული ტექნოლოგიური მიდგომების საფუძველზე. ფირწარმომქმნელი პოლიმერების სახით გამოიყენებოდა პოლივინილპიროლიდონი, ჟელატინი, ნიტროცელულოზა. ვექტორული თვისებების გამოსავლენად, ნიმუშების დასხივება ხორციელდებოდა როგორც წრფივი, ისე ცირკულარულად პოლარიზებული ლაზერული გამოსხივებით სპექტრულ დიაპაზონში 325-532 ნმ.

დანართზე №25 მოყვანილია ცირკულარული ანიზოტროპული გამოსხივების კოეფიციენტის სპექტრული და ექსპოზიციური დამოკიდებულებები ზემოაღნიშნული ბიოპიგმენტებისთვის; აქტიური დასხივება ცირკულარულად პოლარიზებული უი. გამოსხივებით 308-405 ნმ უბანში, ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივე 0.7 ვტ/სმ². ჩვენ მიერ ასევე გამოკვლეული იქნა ელიფსურად პოლარიზებული ლუმინესცენცია ოპტიკურად აქტიური კომპოზიციებისთვის, რომლებიც კომპონენტების სახით ორგანულ საღებარებს - ლუმინოფორებს და დამატებით გამააქტიურებელ დანამატებს შეიცავდა.

ცირკულარული ლუმინესცენციის ანიზოტროპიის კოეფიციენტის I_c გამოთვლა ხორციელდებოდა ფორმულით:

$$r_c = \frac{I_+ - I_-}{I_+ + 2I_-}.$$

დანართზე №26 მაგალითის სახით მოყვანილია ნაერთების (ClSO₂)₂-AAP-R; (ClSO₂)₂-1,4-di-AAP-R და (ClSO₂)₂-1,5-di-AAP-R შემცველი ელიფსურად პოლარიზებული ლუმინესცენციის უნარის მქონე კომპოზიციაში ცირკულარულად პოლარიზებული გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად აღძრული ნათების პოლარიზაციული სპექტრები. აქტიური დასხივება ხორციელდებოდა ცირკულარულად პოლარიზებული უი გამოსხივებით 308-405 ნმ უბანში, ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივეთ 0.7 ვტ/სმ². რამდენადაც ყველა გამოყენებული ნიმუში მკვეთრად ასიმეტრიულია, ამიტომ მოსალოდნელი იყო, რომ ისინი მარჯვნივ და მარცხნივ ცირკულარული აქტიური დასხივების შედაგად სხვადასხვაგვარად გადაასხივებდნენ ლუმინესცენციას.

პროექტში, ასევე, შეფასებული იქნა გარე ფაქტორების გავლენა შემუშავებული კომპოზიციების პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტურ მახასიათებლებზე. გარე ფაქტორთა შორის გავანალიზეთ მიღებული კომპოზიციების ლატენსიფიკაცია უი. გამოსხივებით, განვიხილეთ ტემპერატურისა და ელექტრომაგნიტური ველების გავლენა და დამოკიდებულება აქტიური დასხივების ინტენსიობაზე (ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივე). კვლევების ჩასატარებლად შეიქმნა დანადგარი, რომელიც მიღებული კომპოზიციების ტექნოლოგიური პროცესის ცვლად ელექტროსტატიკურ ველში განხორციელების საშუალებას იძლევა (ველის დამაბულობა იცვლებოდა 0-600 ვ ფარგლებში), შემუშავდა სხვადასხვა ტექნოლოგიური რეჟიმები. დასხივება ხდებოდა 380-405 ნმ უბანში ლაზერის უი ცირკულარულად პოლარიზებული გამოსხივებით, ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივე 0.7 ვტ/სმ², ხოლო ფოტონდუცირებული ლუმინესცენცია იზომებოდა შესაბამის ოპტიკურ სქემაზე.

დანართზე №9 მოყვანილია ლაბორატორიული დანადგარის ფოტო, რომელიც შუქმგრძობიარე კომპოზიციების მიღების ტექნოლოგიური პროცესის ცვლად ელექტროსტატიკურ ველში განხორციელების საშუალებას იძლევა.

ჩვენ მიერ ასევე განიხილებოდა ტემპერატურის გავლენა საკვლევი ნიმუშების პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტურ თვისებებზე. ლაბორატორიული დანადგარის ფოტო მოყვანილია **დანართზე №10**. ტემპერატურული დამოკიდებულების გაზომვებისას ხდებოდა ნიმუშის დაყოვნება მუდმივ ტემპერატურაზე წონასწორული მდგომარეობის დამყარებისთვის საჭირო დროით (დაახლოებით 3 წუთის განმავლობაში), შემდგომ იწერებოდა სპექტრი. გაზომვები ტარდებოდა ადრე აღწერილ სქემაზე. გამოყენებულმა ტემპერატურულმა დიაპაზონმა შეადგინა 5-80 °C. **დანართზე №10, ნახ.2** მოყვანილია ანიზოტროპული გამოსხივების კომპლექსური კოეფიციენტის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე კომპოზიციისათვის: Cholesteryl pelargonate+პოლიკარბონატი.

გარეშე ფაქტორებს მიეკუთვნება ასევე ნიმუშების უი გამოსხივებით ლატენსიფიკაცია. როგორც ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, ლატენსიფიკაციის გავლენა არსებითია. **დანართზე №11** მოყვანილია მოწყობილობის ფოტო, ასევე ანიზოტროპული გამოსხივების კომპლექსური კოეფიციენტის დამოკიდებულება ლატენსიფიკაციაზე სხვადასხვა კომპოზიციისთვის. გარე ფაქტორების გავლენა ჩვენ მიერ შეფასდა, ასევე, შემუშავებული კომპოზიციების პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტურ ახალ მახასიათებლებზე – პოლარიზაციულ სპექტრებზე. ზემოაღნიშნული გარე ფაქტორების გავლენასთან ერთად, გაანალიზებული იქნა აქტინური დასხივების ტალღის სიგრძეზე (სპექტრზე) დამოკიდებულება. **დანართზე №27** მაგალითის სახით მოყვანილია ლუმინესცენციის ანიზოტროპიის კოეფიციენტის I -ის სპექტრული და ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივეზე დამოკიდებულების მრუდები ნიმუშისთვის ჟელატინი+, „ლუციფერი“+ლიზინი; აქტინური ტალღებისათვის 405 ნმ და 510 ნმ, ექსპოზიცია იცვლებოდა 10-70 მგტ ფარგლებში. როგორც დანართზე მოყვანილი მრუდიდან ჩანს, I -ზე გავლენას ახდენს ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივე, უფრო მეტად კი – აქტინური ტალღის სიგრძე.

დანართზე №28 მოყვანილია ლუმინესცენციის ანიზოტროპიის კოეფიციენტის I -ის სპექტრული დამოკიდებულების მრუდები გარეშე ელექტრული ველის ზემოქმედებისას.

დასკვნის სახით აღვნიშნავთ, რომ გარეშე ფაქტორების გავლენა შემუშავებული კომპოზიციების პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტურ მახასიათებლებზე, მათ შორის პოლარიზაციულ სპექტრებზე, აუცილებლად გასათვალისწინებელი უნდა იყოს პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული ამოცანების განხორციელების პროცესში.

ჰოლოგრაფიული საინფორმაციო სისტემისათვის ზემოაღნიშნული ტევადობის, სამგანზომილებიანი, პოლარიზაციულად მგრძნობიარე ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის გამოყენება ასოციაციური მეხსიერების შექმნისა და ოპტიკური ინფორმაციის გადამუშავების ამოცანებში, მნიშვნელოვან ინტერესს წარმოადგენს; ჩატარებულმა კვლევებმა ამ მიმართულებით ცხადყო, რომ მხოლოდ სამგანზომილებიან პოლარიზაციულად მგრძნობიარე არეში რეგისტრირებულ ჰოლოგრამას შესწევს უნარი ცალსახად აღადგინოს ჯამური ველი მისი ყველა პარამეტრით – ამპლიტუდა, ფაზა, სპექტრული შემადგენლობა, პოლარიზაციის მდგომარეობა და მისი დროში ცვლილება. მატარებელზე ასეთი სიჭარბით საწყისი მონაცემების ასახვის შესაძლებლობა საშუალებას იძლევა სრულყოფილად ჩაიწეროს ინფორმაცია და ოპერატიულად გადამუშავდეს. არსებითია ისიც, რომ სამგანზომილებიან ფოტოანიზოტროპულ გარემოში ჩაწერისას ადგილი აქვს გაჯერების ეფექტებისა და ურთიერთზეგავლენის მნიშვნელოვან შემცირებას. გარდა ამისა, სამგანზომილებიან პოლარიზაციულად მგრძნობიარე არეში აღდგენილი გამოსახულების პოლარიზაციის მდგომარეობის დამახინჯება, რასაც განაპირობებს ორგანოზომილებიან მატარებელ არეში ვექტორული და სკალარული რეაქციების ერთდროულად არსებობა, შესაძლებელია სრულიად გამოირიცხოს რეგისტრაციისათვის სიღრმული ჩაწერის ოპტიკური სქემის გამოყენებით, ორთოგონალურად პოლარიზებული საყრდენი და საობიექტო კონების (მუშა კონები) მართი კუთხით შეხვედრის დროს. ოპტიკური სქემის ასეთი გეომეტრიისას უზრუნველყოფილია მხოლოდ ვექტორული ჩაწერა. ნათელია, რომ ამდაგვარი სქემით შესაძლებელია როგორც გამჭოლი, ასევე ამრეკლი ჰოლოგრამების მიღება: ეს უკანასკნელი განპირობებულია მატარებელის განლაგებით მუშა კონების მიმართ. სამგანზომილებიან ინფორმაციის მატარებელ ელემენტში პოლარიზაციული ინფორმაციის სიღრმული ჩაწერის ოპტიკური სისტემა ორთოგონალურად პოლარიზებული საყრდენი და საობიექტო კონებით, პირველად შემუშავებული იყო პროექტის ავტორთა მიერ [III. *Какичашиვილი, В. Тарасაшиვილი – Векторная и трёхмерная голография – Тбилиси - 1990 г. Стр. 64 - 66*].

პროექტში პირველადაა შემოთავაზებული ზემოაღნიშნული ტევადობის ჰოლოგრაფიული მეხსიერების სისტემისათვის სამგანზომილებიანი მრავალარხიანი (სიხშირის უბანში) ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის შექმნა ლუმინესცენტური პოლარიზაციულად მგრძნობიარე არეების საფუძველზე; ხაზგასმით აღვნიშნავთ – მონაცემთა რეგისტრაცია და ამოკითხვა, ვიზუალიზაცია, მიმდინარეობს ინფორმაციის მატარებელი არის შთანთქმის და ლუმინესციის მთელ სპექტრულ დიაპაზონში. აქედან გამომდინარე, ჩნდება შესაძლებლობა განხორციელდეს მრავალარხიანი (სიხშირის უბანში) ოპტიკური კავშირისათვის მულტიპლექსორ/დემულტიპლექსორი მოწყობილობების შექმნა.

აღსანიშნავია პოლარიზაციული ლუმინესცენტური ჰოლოგრამის კიდევ ერთ მთავარი თავისებურება – იგი თავისი არსით წარმოადგენს დინამიკურ ჰოლოგრამას – ჰოლოგრამას, რომელშიც ჩამწერი კონების (კოჰერენტული ტალღების) გარდაქმნას მიყვავართ ფარული გამოსახულების წარმოქმნამდე უშუალოდ ჩაწერის პროცესში, და არა როგორც სტატისტიკური პოლარიზაციული ჰოლოგრამა, როდესაც ფარული გამოსახულების წარმოქმნა არ ახდენს გავლენას ჩამწერ კონებზე და მხოლოდ ჩაწერის შემდეგ მარეგისტრირებელი გარემო იძენს ჰოლოგრამის თვისებას – შეცვალოს მასში გამავალი (ან მისგან არეკლილი) წამკითხავი (საყრდენი) კონის პარამეტრები. ანუ დინამიკურ ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულ ჰოლოგრაფიაში გამოსახულების ჩაწერა (Δn – გარდატეხის მაჩვენებლის ცვლილება ინტერფერენციული სურათის

ინტენსიობის განაწილების და პოლარიზაციის მდგომარეობის მიმართებაში) მიმდინარეობს უშუალოდ ჩამწერი კონების ზემოქმედების დროს; ამის გამო ჩამწერი კონები განიცდიან ცვლილებას, გამოწვეულს მათ მიერვე ჩაწერილი ჰოლოგრამისაგან (უკუკავშირი); ჩაწერის და ამოკითხვის პროცესები მიმდინარეობს ერთდროულად და ერთმანეთთან დაკავშირებულად, რაც უზრუნველყოფს პირველადი ტალღების (მუშა კონების) პარამეტრების მყისიერ ცვლილებას – ამაში მდგომარეობს დინამიური ჰოლოგრაფიის არსი; დინამიური ჰოლოგრამის წარმოქმნის და არსებობის დრო განისაზღვრება მარეგისტრირებელი არის გამომახილის სიჩქარით და ჩამწერი კონების ინტენსიობით – ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივით $W=ვტ/სმ^2$. აქედან გამომდინარე უკუკავშირი დაყოვნებადია. ინფორმაცია, რომელსაც შეიცავს დროის გარკვეულ მომენტში დაცემული კონები – ინტერფერირებადი კონების ინტენსიობის განაწილების და პოლარიზაციის მდგომარეობის სახით, განაპირობებს ჰოლოგრამის სტრუქტურას. მასზე დამოკიდებულია ტალღების ცვლილება დროის შემდეგ მომენტში. სხვადასხვა ჩაწერის სქემების და მარეგისტრირებელი არეების გამოყენება საშუალებას გვაძლევს რეალიზება გავუკეთოთ ტალღების სხვადასხვა სახის გარდაქმნას – ჰოლოგრამის სტრუქტურას. გარდაქმნის ხასიათი დამოკიდებულია, ასევე, გარემოს რევერსიულობის უნარზე – შესაძლებლობა დაუბრუნდეს საწყის მდგომარეობას. გამოსახულების ჩაწერის და წაშლის სპონტანური რელაქსაციის დრო t_p (რაც პოლარიზაციული ლუმინესცენტური ჰოლოგრამის შემთხვევაში ეთხვევა ლუმინესცენციის ჩაქრობის დროს) სხვადასხვა ტიპის მარეგისტრირებელ გარემოში იცვლება ფართო საზღვრებში – 10^{-9} – 10^{-2} წმ და განსაზღვრავს ოპტიკური სისტემის (დანადგარის) სწრაფქმედებას; ის მეტად მნიშვნელოვანი კომპონენტია დინამიკური ჰოლოგრაფიის პრაქტიკულ ამოცანებში.

ხაზგასმით აღსანიშნავია, აგრეთვე ლუმინესცენციის უნარის მქონე არეების ზემოქმედებარობა და მაღალეფექტურობა.

– ჩვენ მიერ დამზადდა ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერების სისტემის ლაბორატორიული დანადგარი მდგარი ტალღებით (შემხვედრი კონებით). მისი ლაბორატორიული მაკეტის ფოტო მოყვანილია **დანართზე №5**. დამზადდა სამგანზომილებიანი ინფორმაციის მატარებელი ელემენტები სხვადასხვა ტიპის, პოლარიზებული ლუმინესცენციის უნარის მქონე ნახევარგამტარული ფერადი მინების საფუძველზე (ЖС, ОС და КС ტიპის). ამ მასალებში ჩვენ მიერ პირველად იყო გამოვლენილი და შესწავლილი ლუმინესცენტური ფოტონიზოტროპიის მოვლენა. სამგანზომილებიანი ინფორმაციის მატარებელი ელემენტების ფოტო მოყვანილია, აგრეთვე ამ დანართზე.

– შემუშავდა ლუმინესცენტური პოლარიზაციული ჰოლოგრამების მდგარი ტალღებით სიღრმული რეგისტრაციის და აღდგენის ოპტიკური სქემა არაპოლარიზაციული საყრდენი კონით. პრინციპული ოპტიკური სქემა მოყვანილია **დანართზე №5, გვ. 2**. პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტური ინფორმაციის მატარებელ ელემენტს ეძლეოდა სხვადასხვა კონფიგურაციის მქონე მართკუთხა პარალელეპიპედის ფორმა. ნიმუშების სისქე – d იცვლებოდა 2-5 მმ ფარგლებში; ექსპერიმენტში გამოიყენებოდა ლაზერების არაპოლარიზებული გამოსხივება ტალღის სიგრძეებით: 380-405 ნმ (უი უბანი) და 450-530 ნმ (ხილული უბანი). ინფორმაციის ჩაწერის და ამოკითხვის პროცესი ორგანიზებულია შემდეგნაირად: ერთი და იგივე ლუმინესცენტურ სამგანზომილებიანი ინფორმაციის მატარებელ ელემენტზე თანმიმდევრულად ჰოლოგრაფირდება ტესტ-ობიექტი (წრფივი პოლარიზირებული აზიმუტის 360° ბრუნვის შესაძლებლობით) ლაბორატორიული სისტემის მიმართ ფიქსირებული კუთხით მობრუნებისას. ლაზერი 1-ის არაპოლარიზებული სხივი გაივლის ლინზათა სისტემას – 2, 3; მისგან ფორმირდება კოლიმირებული სინათლის კონა, რომელიც ეცემა პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტური ინფორმაციის მატარებელ სამგანზომილებიანი ელემენტს 4; ჩამწერი (აქტინური) სინათლის ზემოქმედებით ელემენტში ინდუცირდება ლუმინესცენტური გამოსხივება; ინდუცირებული ლუმინესცენტური სინათლის არაპოლარიზებული კონა, საყრდენი კონა, ეცემა ტესტ-ობიექტს 5, რომელიც ფორმირებას უკეთებს წრფივად პოლარიზებულ სინათლის კონას ლაბორატორიული სისტემის მიმართ პოლარიზაციის სიბრტყის ფიქსირებული აზიმუტით, საობიექტო კონა; ტესტ-ობიექტის უკან განლაგებულია ბრტყელი სარკე 6, რომელზედაც საობიექტო კონის არეკვლის შემდეგ ფორმირდება პოლარიზაციულად შექცეული საობიექტო კონის ფრონტი (ორთოგონალურად პოლარიზებული პირველადი საობიექტო კონების მიმართ) და ვრცელდება შუქმგრძობიარე ელემენტში საყრდენი კონის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ამგვარად, საყრდენი და შექცეული საობიექტო კონები შემხვედრი კონებია; მათი გადაფარვის ადილას, ლუმინესცენტური ელემენტის მთელ სიღრმეში, ფორმირდება მდგარი ტალღების ინტერფერენციული სურათი (დინამიური ჰოლოგრამა H). მიღებული ჰოლოგრამა წარმოადგენს პერიოდულ სტრუქტურას ანიზოტროპული პროფილის პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მესერის სახით; ინფორმაციის ამოკითხვის ეტაპზე, რომელიც მიმდინარეობს ჩაწერის პროცესის პარალელურად, ერთდროულად, წამკითხავი სინათლის არაპოლარიზებული კონა დიფრაგირებს ლუმინესცენტური ელემენტის სიღრმეში მიღებულ სამგანზომილებიან მესერთა სიმრავლეზე, ბრევის კანონის შეაბამისად, და ფორმირდება ტესტ-ობიექტის წარმოსახვითი გამოსახულება. ეს უკანასკნელი ვრცელდება წამკითხავი სხივის გავრცელების საწინააღმდეგო მიმართულებით, აირეკლება ნახევრად გამჭვირვალე სარკეზე 7, გაივლის მაკოლიმირებელ ლინზათა სისტემას 8 და ეცემა ჩვენ მიერ

კონსტრუირებულ სპექტროფლოუროპოლარიმეტრს **9**; სპექტროფლოუროპოლარიმეტრი საშუალებას გვაძლევს განვახორციელოთ აღდგენილი ფოტოანიზოტროპული ტესტ-ობიექტის გამოსახულების სპექტროპოლარიმეტრული ანალიზი.

დანართზე №29 მაგალითის სახით, მოყვანილია ტესტ-ობიექტის აღდგენილი გამოსახულებების სპექტროპოლარიმეტრული ანალიზის შედეგები **ЖС-19** და **ЖС-16** ტიპის მინის სამგანზომილებიან ელემენტში რეგისტრაციისას; ტესტ-ობიექტის რეგისტრაცია ხორციელდებოდა ლაზერის უი. გამოსხივებით ტალღის სიგრძეზე 380-405 ნმ უბანში, ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივე $W=0,7$ ვტ/სმ². ტესტ-ობიექტის აღდგენილი გამოსახულებების დამზერა (ვიზუალიზაცია) ხდებოდა ელემენტის ლუმინესცენციის სპექტრის ხილულ უბანში გამოსხივების მაქსიმუმით ტალღის სიგრძეზე $\lambda = 520$ ნმ (**ЖС-19**) და $\lambda = 620$ ნმ (**ЖС-16**), შესაბამისად; შედეგები ცხადყოფს, რომ ლუმინესცენტური ელემენტის სიღმეში მიღებულ სამგანზომილებიან მესერთა სივრცული სტრუქტურა წარმოადგენს ფოტოანიზოტროპული ტესტ-ობიექტის ოპტიკურ ექვივალენტს: აღდგენილი პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრამის (ფოტოანიზოტროპული ტესტ-ობიექტის) ლუმინესცენციის სპექტრები და ანიზოტროპულ-გიროტროპული მახასიათებლები ემთხვევა ორიგინალისას. აქვე შევნიშნავთ, რომ აღდგენის ფოტოებზე ანიზოტროპულ-გიროტროპული ობიექტის პოლარიზებული ლუმინესცენციის სპექტრში დაფიქსირებული განსხვავებული სიკაშკაშის უბნები თვალნათლივ წარმოაჩენს ობიექტის ოპტიკურ ანიზოტროპიას, პოლარიზაციის სხვადასხვა მდგომარეობას და ხარისხს.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, დინამიკური ლუმინესცენტური ჰოლოგრამის სპონტანური რელაქსაციის დრო t_p მეტად მნიშვნელოვანი კომპონენტია დინამიკური ჰოლოგრაფიის პრაქტიკულ ამოცანებში. ჩვენ მიერ შექმნილი სპექტროფლოუროპოლარიმეტრის საშუალებით შესაძლებელია განისაზღვროს სპონტანური რელაქსაციის დრო t_p პოლარიზაციულად მგრძობიარე სხვადასხვა ლუმინესცენტური მარეგისტრირებელი მასალებისათვის. **დანართზე №30** მაგალითის სახით, მოყვანილია **ЖС-19 (ა)** და **ЖС-16(ბ)** ნახევარგამტარული ფერადი მინების საფუძველზე შექმნილი სამგანზომილებიანი მარეგისტრირებელი არეებისათვის სპონტანური რელაქსაციის დროის t_p -ს შესაბამისი ოსცილოგრამის ფოტო. ამ ნივთიერებებისათვის $t_p = 20$ მწ - **ЖС-19** და $t_p = 30$ მწ - **ЖС-16**. გამომდინარე აქედან, ამ მინების საფუძველზე მიღებული მეხსიერების ელემენტების გამოყენებით მიღებული ოპერატიული პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული ოპერატიული მეხსიერების სისტემის სწრაქმედება 10^{-3} წმ რიგისაა; თუმცა, შესაძლებელია ე.წ. იძულებითი რელაქსაცია – მარეგისტრირებელი გარემოს საწყისი ოპტიკური პარამეტრების აღდგენა აქტინური სინათლის, ტემპერატურის და სხვა საშუალებებით, რაც მნიშვნელოვნად გაზრდის მოწყობილობის სწრაფქმედებას, შესაბამისად, ოპერატიულ მეხსიერებას.

პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდის პრაქტიკულ ამოცანებში გამოყენების მეტად პერსპექტიული ასპექტი უკავშირდება ე.წ. ოპტიკური კოლერატორების – სახეთა ამომცნობი მოწყობილობის შექმნის საკითხს. სახეთა ოპტიკური ამოცნობა, ანუ შეთანხმებული ფილტრაცია, შესაძლებელია განხორციელდეს, თუ დამზადდება კომპლექსური სივრცული ფილტრი. ასეთი ფილტრი შეიძლება იყოს ობიექტის **ფურიე ჰოლოგრამა**. თუ ობიექტის ფურიე ჰოლოგრამას გავანათებთ მასზე დარეგისტრირებული ობიექტით (საობიექტო კონა) ის აღადგენს რეგისტრაციისას გამოყენებული საყრდენი ტალღის წერტილოვანი წყაროს გამოსახულებას; მაქსიმალური ინტენსიობის სიგნალის მიღება (ფიქსირება) იქნება იმის მაუწყებელი, რომ ჰოლოგრამის წინ განლაგებულია ამოსაცნობი ობიექტი. სიგნალის აღმოჩენისთვის გამოიყენება პირველი რიგის ურთიერთკოლერაცია. მაგრამ, ობიექტის ფორმის გართულებასთან ერთად მცირდება ალბათობა ობიექტის ამოცნობისა სკალარული ფურიე ჰოლოგრამის საშუალებით. მაღალი დონის ამომცნობის შექმნისათვის პროექტში შემუშავებული და აპრობირებულია პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კოლერატორი, სიხშირული სიბრტყით კოდირება, ანუ ოპტიკური ინფორმაციის პოლარიზაციული კოდირება. პოლარიზებული გამოსხივების გამოყენების შემთხვევაში, ინფორმაციის გადამტან სივრცულ ფილტრად გამოიყენება პოლარიზაციული ფურიე ჰოლოგრამა ჩაწერილი პოლარიზაციულად მგრძობიარე მასალაზე. იდენტიფიკაციის პროცესში დამატებითი პარამეტრის სახით ამოსაცნობი ობიექტის (ან მისი რომელიმე ნაწილის) პოლარიზაციის მდგომარეობის გათვალისწინება, მნიშვნელოვნად ზრდის მოწყობილობის ინფორმაციულ ტევადობას, საიმედოობას და თეორიულ ზღვრამდე ამცირებს შეცდომის ალბათობას.

ჩვენ მიერ შემუშავებული იქნა ოპტიკური სიგნალის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კოლერატორი ლუმინესცენციის უნარის მქონე პოლარიზაციულად მგრძობიარე არეების საფუძველზე, რომელსაც გააჩნია ჩვეულებრივზე უფრო მეტი, განსაკუთრებული შესაძლებლობა – ოპტიკური ინფორმაციის პოლარიზაციული კოდირება მოხდეს პოლარიზაციულად მგრძობიარე არის შთანთქმის სპექტრის ნებისმიერ, ხოლო მონაცემთა ამოკითხვა (იდენტიფიკაციის პროცესი) განხორციელდეს სასურველ სპექტრულ დიაპაზონში (ვიზუალიზაცია, ხილულ დიაპაზონში).

დამზადდა ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კოლერატორის ლაბორატორიული დანადგარი. კოლერატორის მაკეტის ფოტო მოყვანილია **დანართზე №6**. დანართზე მოყვანილია აგრეთვე პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კოლერატორის პრინციპული ოპტიკური სქემა; მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ლაზერის სხივი 1 იყოფა ორ ურთიერთორთოგონალურ წრფივად პოლარიზებულ კონად ორმაგი სხივთმტეხი პრიზმა 2-ის საშუალებით. მეოთხედტალღოვანი ფირფიტა 3 გარდაქმნის მათ ორ ურთიერთორთოგონალურ წრიულად პოლარიზებულ კონად. გამხვევი (უარყოფითი) ობიექტივი 4 და ობიექტივი 5-ის საშუალებით ეს კონები ფართოვდება და კოლიმირდება. ობიექტივი 6, რომელიც მოთავსებულია ერთ-ერთი კონის გზაზე ობიექტივთან 8 კომბინაციაში, წარმოქმნის მაკოლიმირებელ სისტემას, რომელიც ფორმირებას უკეთებს ბრტყელ საყრდენ ტალდას. ობიექტივი 6-ის ფოკალურ სიბრტყეში განთავსებულია ანიზოტროპული არასტაციონარული ობიექტი 7, რომელიც ნათდება წრიულად პოლარიზებული ბრტყელი ტალღით. ობიექტივი 8 ფორმირებას უკეთებს არასტაციონარული ობიექტის ფურიე სახეს და ახვედრებს ბრტყელ საყრდენ ტალდას ჰოლოგრამის 9 სიბრტყეში, სადაც განთავსებულია მარეგისტრირებელი ფოტოანიზოტროპული გარემო ლუმინესცენციის უნარის მქონე პოლარიზაციულად მგრძობიარე არეების საფუზველზე.ჩამწერი (აქტინური) სინათლის ზემოქმედებით ლუმინოფორში ინდუცირდება ლუმინესცენტური გამოსხივება; საყრდენი და საობიექტო კონების გადაკვეთის ადგილას ინფორმაციის მატარებელში (ლუმინოფორში 9) ფორმირდება დინამიკური ლუმინესცენტური პლარიზაციული ჰოლოგრამა, რომელიც წარმოადგენს ვანდერ ლუჰტის კომპლექსურად შეუღლებულ ფილტრს მოცემული არასტაბილური ობიექტისათვის – 7. დინამიკური ჰოლოგრამის არსიდან გამომდინარე, ინფორმაციის ჩაწერის და ამოკითხვის პროცესები მიმდინარეობს ერთდროულად და ერთმანეთთან დაკავშირებულად, დაკვირვების სიბრტყეში – 12, ობიექტივი 10-ის მეშვეობით, ფორმირდება კოლერაციული სიგნალები ნათელი წერტილის სახით, ინფორმაციის მატარებლის ლუმინესცენციის ტალღის სიგრძეზე. დაკვირვების სიბრტყეში – 12 განთავსებულია ჩვენ მიერ კონსტრუირებულ სპექტროფლოუროპოლარიმეტრი; სპექტროფლოუროპოლარიმეტრი საშუალებას გვაძლევს გავზომოთ ინტენსიობა და დავაკვირდეთ ამოსაცნობი ობიექტის პოლარიზაციის მდგომარეობის ცვლილებას დროში დამმასხვრებელი ოსცილოგრაფის საშუალებით; ასევე ჩავატაროთ შემომავალი კოლერაციის სიგნალების სპექტრული და პოლარიზაციული ანალიზი. მოწყობილობის (კოლერატორის) სწრაფქმედება განისაზღვრება ინფორმაციის მატარებელი ელემენტების (მარეგისტრირებელი არეების) სპონტანური რელაქსაციის დროით t_p (თუმცა, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, შესაძლებელია იძულებითი რელაქსაცია და მოწყობილობის სწრაფმოქმედების მნიშვნელოვნად გაზრდა.

სამგანზომილებიან პოლარიზაციულად მგრძობიარე არეებში სიღრმული პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული ჩაწერის ოპტიკური სქემა, შემხვედრი ურთიერთორთოგონალურად პოლარიზებული საყრდენი და საობიექტო კონების გამოყენებისას, საშუალებას იძლევა განვახორციელოთ მრავალი დამოუკიდებელი პოლარიზაციული ჰოლოგრამის რეგისტრაცია, ერთი და იგივე მოცულობაში. ასეთი ჰოლოგრამა მუშაობს როგორც სამგანზომილებიანი დიფრაქციული მესერი – რეზონანსული სტრუქტურა. ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, სამგანზომილებიან მატარებელში ჩაწერილმა ჰოლოგრამების სისტემამ, გარდა ჩვენ მიერ უკვე განხილული პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერების სისტემისა და პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული ამომცნობი მოწყობილობისა (კოლერატორის), შეიძლება გამოყენება ჰპოვოს სხვა სფეროშიც: მაგალითად, მრავალფუნქციონალური მანალიზირებელი და მაპოლარიზირებელი დიფრაქციული ელემენტების შექმნისათვის ანიზოტროპული პროფილის ცვლადი ბიჯით. ამდაგვარი მესერების რეალიზაცია ხდება ფოტოანიზოტროპულ მასალაზე განსხვავებული პოლარიზაციის მქონე ტალღების ვექტორული შეკრების სურათის – ჰოლოგრამის მსგავსი დიფრაქციული მესერის – რეგისტრაციის გზით; აღნიშნული გზით მიღებული დიფრაქციული მესერების მოქმედება

ექვივალენტურია სხვადასხვა ტიპის ოპტიკური ელემენტებისა, როგორცაა $\frac{\lambda}{4}$ და $\frac{\lambda}{2}$ ფირფიტები, იზოტროპული ფირფიტა, სრულად მშთანთქმელი ფირიტა, მარჯვნივ ან

მარცხნივ წრიულად მაპოლარიზებელი ფაზური ფირფიტები და მათი კომბინაცია და ა.შ. **დანართზე №31** მოყვანილია მოწყობილობის პრინციპული ოპტიკური სქემა პოლარიზებული ლუმინესცენციის უნარის მქონე მატარებელში ანიზოტროპული პროფილის მქონე პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მესერების მისაღებად. ჩამწერი ლაზერის – 1 წრფივად პოლარიზებული სხივი გაივლის პოლარიზაციულ პრიზმას – 2, ფორმირდება ორი დამოუკიდებელი კონა, რომელთა პოლარიზაციის მდგომარეობა

ურთიერთორთოგონალურია, ინტენსიობა კი ერთნაირი. კონები გაივლიან $\frac{\lambda}{4}$ ფირფიტას – 4 და 3, 5 ტელესკოპური სისტემით ფორმირდება საყრდენი და საობიექტო

კოლიმირებული კონები. კონები ეცემა ფოტოანიზოტროპულ ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულად მგრძობიარე არეს 6 და გადაფარავს ერთმანეთს; აქტინური სინათლის ზემოქმედებით ლუმინეფორში 6 ფორმირდება დინამიკური ლუმინესცენტური პლარიზაციული ჰოლოგრამა; ის წარმოადგენს ინტერფერირებადი ტალღების შესაბამის სამგანზომილებიან დიფრაქციულ მესერს. ფოტოანიზოტროპული ლუმინესცენტური მასალის სიბრტყეში ჯამური ველის სურათს აქვს პერიოდული სტრუქტურის სახე, რომელიც შეესაბამება წრფივ პოლარიზაციას ორიენტაციის მობრუნებით 0°-დან 180°-მდე პერიოდის საზღვრებში. ფოტოანიზოტროპულ მასალაში ჩაწერისას წარმოიქმნება

ჯამური ველის შესაბამისი ანიზოტროპული პროფილი, პერიოდულად ცვლადი კომპლექსური ორმაგისხვიტების ღერძის მიმართულებით. ასეთი მესერების ამოკითხვისას ელიფსურად პოლარიზებული სინათლით, დიფრაქციის +1 და -1 რიგები მარცხნივ და მარჯვნივ ცირკულარულად პოლარიზებულია, ხოლო მათი ინტენსიობების ფარდობა განსაზღვრავს დაცემული სინათლის კონის ელფსურობას. მესერის განათებით (ამოკითხვით) ცირკულარულად პოლარიზებული სინათლით ფორმირდება დიფრაქციის მხოლოდ ერთი რიგი. ამგვარად, ზემოთ აღწერილი გზით მიღებული ანიზოტროპილი პროფილის მქონე პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მესერები შლის მასზედ დაცემულ გამოსხივებას შემადგენელ ორთოგონალურ ბაზისებად და შეიძლება გამოყენებული იქნას დაცემული სინათლის პოლარიზაციული ანალიზისათვის. **დანართზე №31.** მოყვანილ მოწყობილობაში სინათლის პოლარიზაციის მდგომარეობის ანალიზისათვის ბრტყელ-ჰარალელური ფირფიტის – 7 საშუალებით შემოდის მცირე სიმძლავრის ლაზერული წყაროს – 1⁰ მონოქრომატული სინათლის კონა (აღნიშნულია შტრიხული ხაზებით); კრისტალური ფირფიტით შემომავალი სინათლის კონის პოლარიზაციის მდგომარეობა ნებისმიერად შეიძლება გარდაიქმნეს (ნახაზზე არაანაჩვენები). მიღებულ ლუმინესცენტურ ანიზოტროპული პროფილის მქონე პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიულ მესერზე – 6 დიფრაგირებული სინათლე ეცემა 8 – ფოტომიმლებს; 9 – ოსცილოგრაფს (8, 9 სპექტროფლუოროპოლარიმეტრია).

სპექტროფლუოროპოლარიმეტრით ხდებოდა მიღებული ანიზოტროპულ-გეროტროპული მესერების დიფრაქციული ეფექტურობის განსაზღვრა. დადგენილი იქნა, რომ მიღებული მესერები წარმოადგენს რეზონანსულ დინამიკურ ჰოლოგრამას. მათი ეფექტურობა დამოკიდებულია გასაანალიზირებელი (დაცემული) სინათლის λ ტალღის სიგრძეზე და მარეგისტრირებელ ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულად მგრძობიარე არედ გამოყენებული მასალის თვისებზე, კერძოდ, ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიულ მესერის დიფრაქციული ეფექტურობა მაქსიმალურია დაცემული სინათლისათვის, რომლის ტალღის სიგრძე ემთხვევა მარეგისტრირებელ მასალაში ინდუცირებული პოლარიზებული ლუმინესცენციის სპექტრული დიაპაზონის მაქსიმუმს.

დამზადდა ანიზოტროპული პროფილის მქონე ლუმინესცენტური პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მესერის ლაბორატორიული ნიმუში. ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულად მგრძობიარე მარეგისტრირებელ არედ გამოყენებული იყო ЖС-16 ტიპის სელენ-კადმიუმიანი მინის სამგანზომილებიანი ელემენტი. მესერის რეგისტრაცია მიმდინარეობდა ულტრაიისფერი გამოსხივებით, (ტალღის სიგრძით 380-405 ნმ უბანში, ექსპოზიციური სიმძლავრის სიმკვრივე $W=0.75$ ვტ/სმ.² **დანართზე №31** მაგალითის სახით, მოყვანილია აგრეთვე, წრფივად პოლარიზებული სინათლის კონის ($\lambda =630$ ნმ) დიფრაქციის სურათი დამზადებული ანიზოტროპული პროფილის მქონე მესერზე. მარეგისტრირებელი ЖС-16 ტიპის სელენ-კადმიუმიანი მინის ლუმინესცენციის სპექტრის მაქსიმუმი უი ტალღით ჩაწერისას (380-40 5ნმ უბანი) მდებარეობს ტალღის სიგრძეზე $\lambda =620$ ნმ; დიფრაქციის +1 და -1 რიგები მარცხნივ და მარჯვნივ ცირკულარულად პოლარიზებულია, ხოლო ნულოვანი რიგი – წრფივად პოლარიზებული, რასაც თვალნათლივ წარმოაჩენს ანალიზატორის – 8 ორი მდგომარეობა. ანალიზატორი ორიენტირებულია დაცემული სხივის ელექტრული ვექტორის პარალელურად (ა) და მართობულად(ბ).

როგორც აღვნიშნეთ, ძირითადი უპირატესობები ლუმინესცენტური პოლარიზაციულად მგრძობიარე ინფორმაციის მატარებელი არეებისა მდგომარეობს შემდეგში: ჰოლოგრამები ჩაწერილი ინფორმაციის მატარებლის შთანთქმის სპექტრის ნებისმიერ უბანში, შეიძლება აღვადგინოთ ლუმინესცენციის სასურველ სპექტრულ დიაპაზონში ერთდროულად, გამომდინარე ექსპერიმენტში დასახული მიზნიდან. ყოველგვარი დამუშავების გარეშე მოვახდინოთ გამოსახულების ვიზუალიზაცია; ამავდროულად შესაძლებელია უზილავ სპექტრულ დიაპაზონში ჩაწერილი ჰოლოგრამის კოპირება სპექტრის სასურველ დიაპაზონში – ეს მეტად ხელსაყრელია სხვადასხვა დანიშნულების პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული ოპტიკური ელემენტების და მოწყობილობების დამზადებისას (მაგ. ანიზოტროპული პროფილის მესერის დასამზადებლად).

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა მკაფიო ასიმეტრიული მოლეკულური სტრუქტურის მქონე სხვადასხვა ფლუორესცენტული საღებრის კომპოზიციების შექმნა, რომლებიც პოლარიზაციულად მგრძობიარე აქტინური ჩამწერი გამოსხივებისადმი ფართო სპექტრულ დიაპაზონში – როგორც გრძელ, ისე მოკლელტალღოვან სპექტრულ უბანში და გააჩნიათ მნიშვნელოვანი სიდიდის ფოტონდუცირებული ლუმინესცენტური ანიზოტროპია-გეროტროპიის მახასიათებლების მნიშვნელობები.

დამზადდა გამოსახულების ვიზუალიზაციის სადემონსტრაციო ჰოლოგრამა, ფართო სპექტრულ უბანში, პოლარიზაციულად მგრძობიარე ფლუორესცენტული საღებრის კომპოზიციის შედეგად მიღებულ მარეგისტრირებელ არეებში. ჰოლოგრაფიული ინფორმაციის ჩაწერა და აღდგენილი გამოსახულების ვიზუალიზაცია ხორციელდებოდა ჩვენ მიერ შექმნილი პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული ოპერატიული მეხსიერების ლაბორატორიული დანადგარის საშუალებით. აღნიშნულ დანადგარში

პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტური ინფორმაციის მატარებელ ელემენტად გამოიყენებოდა პროექტში სინთეზირებული, ფართო სპექტრულ უბანში პოლარიზაციულად მგრძობიარე ფლუორესცენტული საღებრის კომპოზიციის შედეგად მიღებული მარეგისტრირებელი არეები.

დანართზე №32 მაგალითის სახით მოყვანილია გამოსხივების სხვადასხვა დიაპაზონში: ა) უხილავ (380-405 ნმ) და ბ) ხილულ (450 ნმ) უბნებში ჩაწერილი ტესტობიექტის გამოსახულების ვიზუალიზაცია; ორივე შემთხვევაში ექსპოზიციის ენერჯის სიმძლავრე 0.75 მკტ/სმ². მოყვანილია აღდგენილი სადემონსტრაციო ჰოლოგრამების ფოტოები და აღდგენილი ტესტობიექტის ანიზოტროპულ-გიროტროპული მახასიათებლების სპექტრული და ექსპოზიციური დამოკიდებულების მრუდები. აღდგენილი ჰოლოგრამების სპექტროფლუოროპოლამეტრიული ანალიზი ცხადყოფს, რომ აღნიშნული ტიპის მასალებზე ჩაწერისას ინფორმაციის მატარებელში ინდუცირდება პოლარიზებული ლუმინესცენცია ფართო სპექტრულ დიაპაზონში, მისი ანიზოტროპულ-გიროტროპული მახასიათებლები ფიქსირდება სპექტრულ დიაპაზონში, რომელიც მოიცავს ხილული სპექტრის ფართო დიაპაზონს. გამომდინარე აქედან, ჰოლოგრაფირებადი ობიექტის ანიზოტროპულ-გიროტროპული ინფორმაციის ვიზუალიზაცია შესაძლებელია აღნიშნულ სპექტრულ უბანში (როგორც უხილავში ასევე ხილულში); როგორც უკვე იყო აღნიშნული, აღდგენილ ფოტოებზე ანიზოტროპულ-გიროტროპული ობიექტის პოლარიზებული ლუმინესცენციის სპექტრში დაფიქსირებული განსხვავებული სიკაშკაშის უბნები თვალნათლივ წარმოაჩენს მათ ოპტიკურ ანიზოტროპიას, პოლარიზაციის სხვადასხვა ხარისხს და მდგომარეობას.

პოლარიზაციული ჰოლოგრაფიის მეთოდების გამოყენებას მიკროსკოპიაში მივყავართ ახალი მეცნიერული და პრაქტიკული მეთოდების შექმნამდე, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს კლასიკური მიკროსკოპია ავიყვანოთ თანამედროვე დონეზე. ამ ასპექტში, პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრაფიული მიკროსკოპიის მეთოდის შემუშავება მეტად აქტუალურად მიგვაჩნია. კლასიკური ლუმინესცენტური მიკროსკოპიის მეთოდების ერთ-ერთ ღირსშესანიშნავ თავისებურებას წარმოადგენს ცალკეული მიკროობიექტის (მაგ. უჯრედის, მიკროზხარების და სხვ.) ლუმინესცენციის დამზერის შესაძლებლობა. მაგრამ ის არ იძლევა საშუალებას განისაზღვროს მიკროობიექტების მორფოლოგიური პარამეტრები, რამდენადაც მიიღება მიკროობიექტების მხოლოდ ორგანოზომილებიანი გამოსახულება. ამიტომ იგი ძირითადად გამოიყენება თხელი ფირების სისქის გასაანალიზებლად. ანიზოტროპული მიკროობიექტების ჩვენ მიერ შემოთავაზებული ჰოლოგრაფიული პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მიკროსკოპიის მეთოდი საშუალებას იძლევა განვახორციელოთ ე.წ. კომფოკალური მიკროსკოპია, რომელშიც ხორციელდება მიკროობიექტის თითქოსდა ფენობრივი ჭრა დამზერის სცენის მთელ სიღრმეში. ამასთან შესაძლოა განხორციელდეს პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული ჩაწერა ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულად მგრძობიარე მატარებელზე ამ უკანასკნელის შთანთქმის სპექტრის ნებისმიერ, მათ შორის, უხილავ უბანში და აღდგენილი გამოსახულების დაკვირვება მატარებლის ლუმინესცენციის მთელ სპექტრში; ასევე შესაძლებელია გამოსახულების აპოსტერიორული პოლარიზაციული ანალიზი, რეფერენტული ტალღის პოლარიზაციის სხვადასხვა მდგომარეობის შემთხვევაში.

დანართზე №7 მოცემულია ჩვენ მიერ კონსტრუირებული ჰოლოგრაფიული პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მიკროსკოპიის პრინციპული ოპტიკური სქემა და ფოტო. მიკროსკოპი კონსტრუირებულია პოლარიზაციული მიკროსკოპის -Polam-S-111 ის ბაზაზე. აქ კოპერენტული გამოსხივების წყაროდ გამოიყენება ლაზერები ტალღის სიგრძეებით: 380-405 ნმ; 450 ნმ; 530 ნმ.

ლაზერი 1-ის არაპოლარიზებული გამოსხივება ნახევრადგამჭვირვალე სარკე 5-ის საშუალებით იყოფა ორ კონად: საობიექტო და საყრდენი (რეფერენტული). საობიექტო კონა გაივლის საკვლევ მიკროობიექტს 10, მიკროსკოპის ობიექტივს 11 და ეცემა ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულად მგრძობიარე მატარებელზე 12. საყრდენი ტალღა გაივლის კოლიმატორს 9 და ასევე ეცემა ლუმინესცენტურ პოლარიზაციულად მგრძობიარე მატარებელს 12. სხივების მობრუნებისათვის გამოიყენება სარკეები 3 და 4. გადაფარვის ადგილას, ლუმინესცენტური ფოტოანიზოტროპული ელემენტი 12-ის მთელ სიღრმეში, ფორმირდება ინტერფერენციული სურათი (დინამიური ჰოლოგრამა H). მიღებული ჰოლოგრამა წარმოადგენს პერიოდულ სტრუქტურას ანიზოტროპული პროფილის პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური მესერის სახით. ინფორმაციის ამოკითხვის ეტაპზე, რომელიც მიმდინარეობს ჩაწერის პროცესის პარალელურად, ერთდროულად, წამკითხავი სინათლის არაპოლარიზებული კონა დიფრაგირებს ლუმინესცენტური ელემენტის სიღრმეში მიღებულ სამგანზომილებიან მესერთა სიმრავლეზე და ფორმირდება ტესტ-ობიექტის წარმოსახვითი გამოსახულება. დინამიური ჰოლოგრამა განთავსებულია ობიექტივ 11 და ოკულარ 13 შორის. რამდენადაც ჰოლოგრამაზე რეგისტრირდება არაფოკუსირებული გამოსახულება, მისი ასეთი განლაგება საშუალებას იძლევა ვცვალოთ მიკროსკოპის დამზერის ველი, ოკულარის დაკვირვების სიბრტყის ორთოგონალური მიმართლებით გადაადგილების ხარჯზე და განვახორციელოთ დამატებითი ფოკუსირება დაკვირვების სცენის სასურველ სიღრმეში (*კომფოკალური მიკროსკოპია*). საობიექტო და რეფერენტული ტალღების ინტენსიობების გათანაბრების მიზნით სქემაში განთავსებულია 6, 7, 8 პოლარიზატორები. ანიზოტროპული მიკროობიექტის აღდგენილი წარმოსახვითი გამოსახულება

ფიქსირდება ციფრული კამერით და გადაეცემა ჩვენ მიერ კონსტრუირებულ სპექტროფლოროპოლარიმეტრს 14; სპექტროფლოროპოლარიმეტრი საშუალებას გვაძლევს განვახორციელოთ აღდგენილი ფოტოანიზოტროპული ტესტ-ობიექტის გამოსახულების სპექტროპოლარიმეტრული ანალიზი დაკვირვების სცენის სასურველ სიღრმეში.

დანართზე №33 და №34 მოყვანილია მიკროსკოპული ტესტ-ობიექტის ჩაწერის (*კომფოკალური*) და აღდგენილი გამოსახულების აპოსტერიორული ანალიზის ამსახველი ფოტო და ვიდეო მასალა, შესაბამისად. ტესტ-ობიექტის რეგისტრაცია ხორციელდებოდა ლაზერის უი გამოსხივებით ტალღის სიგრძეზე 380-405 ნმ უბანში, ექსპოზიციის სიმძლავრის სიმკვრივე $W=0,7$ ვტ/სმ².

ლუმინესცენტური ანალიზის გამორჩეული მგრძობიარობა და მისი ექსპრეს-ანალიზის მეთოდად გამოყენების შესაძლებლობა, მეტად სასარგებლო გამოდგა მიწის წიაღისეულის და პირველ რიგში ნავთობის საბადოების მიკვლევის და მონიტორინგის ამოცანებში. როგორც ცნობილია, გეოლოგი-მკვლევარი ნავთობის საბადოდან მოპოვებულ ქანებში შემავალი ბიტუმის მოლეკულების ანალიზის საფუძველზე განსაზღვრავს მოპოვების მიმართულებას და ნავთობშემცველობას. ბიტუმის შემცველობა კი ქანებში ძალზედ უმნიშვნელოა, აქედან გამომდინარე ანალიზისათვის საჭირო მასალის რაოდენობა უნდა იყოს კოლოსალურად დიდი. მხოლოდ ლუმინესცენტური ანალიზის გამორჩეული სისწრაფე (ექსპრეს-ანალიზი) და უდიდესი მგრძობიარობა იძლევა შესაძლებლობას ოპერატიულად გადაიჭრას დასმული ამოცანა.

ლუმინესცენტური ანალიზის ძირითად ხერხებს, რომელსაც იყენებენ ნავთობის წიაღისეულის მოპოვების სფეროში, წარმოადგენს ფლოუროსცენციის უშუალო დამზერა, ანუ ნავთობის საბადოდან ხსნარში (ბენზოლი, აცეტონი და სხვ.) ექსტრაგირებული ან უშუალოდ ქანებში არსებული, სხვადასხვა ტიპის ბიტუმის ლუმინესცენციის (ნათების) უშუალო დაკვირვება. ქიმიკოს ანალიტიკოსისათვის მთავარია განსაზღვრა იმისა, თუ რა და როგორი ბუნების მქონე ნივთიერებითაა გამოწვეული დამზერადი ფლოუროსცენცია. აღსანიშნავია ამ სფეროში ქართველი მკვლევარების მიერ შეტანილი მნიშვნელოვანი წვლილი (*მ. ხუნდაძე, შ. შარაშენიძე, თბილისის სახ. უნივერსიტეტის შრომები, ტ. 74, 1959; Меликадзе Т., Элиава А., Труды ин-та химии А.Н. Гузии ССР 12, 73, 1956*).

ნავთობი და ბიტუმი წარმოადგენს ნახშირწყალბადების მრავალკომპონენტურ ნარევეს. გამომდინარე აქედან, მათი ფლოუროსცენციის ფერი და ინტენსიობა არის შემადგენელ კომპონენტთა ჯამური ნათება. მისი ანალიზი ბევრ სირთულეებთანაა დაკავშირებული.

ნავთობის საბადოდან ხსნარში (ბენზოლი, აცეტონი და სხვ.) ექსტრაგირებული სხვადასხვა ტიპის ბიტუმის ლუმინესცენციის პოლარიზაციის მდგომარეობის მონიტორინგი, ლუმინესცენტური ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის გამოყენებით, რაც ჩვენი სამუშაოს მიზანს შეადგენდა, მეტად ეფექტურია და აქტუალური; კერძოდ, *ჩვენ მიერ*

პროექტში შემოთავაზებულია ნავთისშემცველი და სხვა ბუნებრივი ბიტუმის ლუმინესცენციის პოლარიზაციული ანალიზი; კვლევები რომელიც ეფუძნება ნავთობის საბადოდან ხსნარში ექსტრაგირებული სხვადასხვა ტიპის ბიტუმის ლუმინესცენციის პოლარიზაციის ხარისხის ან ანიზოტროპიის კოეფიციენტის გაზომვას. დასახული მიზნისათვის ჩვენ ავიღეთ საკვლევ ობიექტებად თელეთის სხვადასხვა საბადოდან (№1, №2, №3 ჭაბურღილიდან) ამოღებული ნედლი ნავთობი, განვახორციელეთ, აგრეთვე ნავთობის საბადოდან ამოღებული მასალის ხსნარში (ბენზოლი, აცეტონი და სხვ.) ექსტრაგირება და შევისწავლეთ მათი პოლარიზაციული სპექტრები. ხაზგასმით აღვნიშნავთ, რომ პოლარიზაციული სპექტრი წარმოადგენს ფოტოლუმინესცენციის პოლარიზაციის ხარისხის დამოკიდებულებას აღმზნები ტალღის სიგრძეზე და ის მეტად სახასიათოა; ამასთან მნიშვნელოვანია, რომ გამოსაკვლევი ნიმუშის ფოტოლუმინესცენციის სრული სპექტრი აღმზნები ტალღის სიგრძეზე არ არის დამოკიდებული.

როგორც აღვნიშნეთ, ლუმინესცენციის პოლარიზაციის ხარისხი (ანიზოტროპიის კოეფიციენტი) მცირდება მოლეკულების სიმეტრიის ზრდასთან ერთად. ორგანული ნივთიერებებიდან ნიადაგის ზედა ფენებში წარმოქმნილ ბიტუმის მოლეკულებს და ნავთობმატარებელ ბიტუმის მოლეკულებს გააჩნიათ მკვეთრად განსხვავებული სიმეტრიის ხარისხი. პირველები ამათგან ნაკლებად სიმეტრიულია (ანიზოტროპული) მეორესთან (ნავთობმატარებელი ბიტუმის მოლეკულებთან) შედარებით. ეს საშუალებას გვაძლევს ნიმუშის ლუმინესცენციის პოლარიზაციის ხარისხის სიდიდის მნიშვნელობით ვიმჯელოთ და განვსაზღვროთ სხვადასხვა საბადოდან (ჭაბურღილიდან) ამოღებულ ნედლ მასალაში ან ხსნარში ექსტრაგირებული სხვადასხვა ტიპის ბიტუმში ნავთობის შემცველობა და მოპოვების მიმართულება.

მეორე მხრივ, პოლარიზაციული სპექტრის ანალიზი, საშუალებას იძლევა გაკეთდეს მნიშვნელოვანი და ცალსახა დასკვნები გამომსხივებელი მოლეკულების აღნაგობაზე, კერძოდ, მშთანთქმელი და გამომსხივებელი ოსცილატორების ურთიერთორიენაციაზე და ასევე მათი სტრუქტურული ელემენტების მიმართ; გამომდინარე ზემოაღნიშნულიდან – პოლარიზაციული სპექტრი შეიძლება განხილული იქნას *ლუმინიცირებადი ნივთიერების – (ჩვენ შემთხვევაში – ნავთობმატარებელი ბიტუმის*

მოლეკულების) – ერთ-ერთ ძირითად ვექტორულ მახასიათებლად. ჩვენ მიერ შემუშავდა ოპტიკური სქემა და შეიქმნა სადემონსტრაციო ლაბორატორიული დანადგარი; მიღებული იქნა ჭაბურღილიდან ამოღებული ნედლი, ასევე ხსნარში ექსტრაგირებული ბიტუმის მოლეკულების ნიმუშების ლუმინესცენციის პოლარიზაციული სპექტრები.

დანართზე №35 მოყვანილია ნავთობის საბადოდან ხსნარში ექსტრაგირებული სხვადასხვა ტიპის ბიტუმის ლუმინესცენციის პოლარიზაციის მდგომარეობის მონიტორინგი ლუმინესცენტული ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის გამოყენებით (ვიდეო მასალა); ლაბორატორიული სადემონსტრაციო დანადგარის მაკეტის ფოტო და ოპტიკური სქემა მოყვანილია **დანართზე №8**. **დანართზე №36** მოყვანილია საკვლევ ობიექტებად თელეთის საბადოს №1, №2 და №3 ჭაბურღილიდან ამოღებული) აღებული ნიმუშების პოლარიზაციული სპექტრები. მათი ანალიზის საფუძველზე შეიძლება ცალკეად გაკეთდეს შესაბამისი დაკვნა: *№1 საბადოდან ამოღებული ნიმუშები ხასიათდებიან ლუმინესცენციის პოლარიზაციის ხარისხის ყველაზე დაბალი მნიშვნელობებით (დიდი სიმეტრიით), ე.ი. შეიცავენ ნავთობშემცველ ბიტუმის მოლეკულებს ყველაზე დიდი რაოდენობით.*

ხაზგასმით აღსანიშნავია კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი შედეგი, რომელიც დაფიქსირდა აღნიშნული ამოცანის შესრულებისას, კერძოდ: ხსნარში ექსტრაგირებული ბიტუმის პოლარიზაციული სპექტრების ანალიზი ცხადყოფს, რომ ამ მასალას (ბიტუმს) ახასიათებს ლუმინესცენციის პოლარიზაციის ხარისხის და ანიზოტროპიის კოეფიციენტის ძალიან მაღალი (თითქმის 1) მნიშვნელობა და წარმოადგენს უნიკალურ სარეგისტრაციო მასალას – პოლარიზაციულად მგრძობიარე ლუმინესცენტურ მაღალეფექტურ არეს; ხაზგასმით აღვნიშნავთ მაღალ ქვატურ გამოსავალს, რასაც ადასტურებს ვიდეო მასალა; ვგეგმავთ მისი თვისებების შესწავლას დამოუკიდებლად პროექტისა, რასაც გააჩნია დიდი დატვირთვა როგორც მეცნიერულ, ისე გამოყენებით ამოცანებში.

ლუმინესცენტური ანალიზის მეთოდებმა განსაკუთრებულად დიდი მნიშვნელობა შეიძინეს კრიმინალისტიკაში და სასამართლო მედიცინაში. ისინი საშუალებას გვაძლევენ სწრაფად და შეუცდომლად გამოვავლინოთ სხვადასხვა სახის ყალბი დოკუმენტები, ნივთმტკიცება და ა.შ. ეს მეთოდები დაფუძნებულია სხვადასხვა საგნების ნათების დამზერაზე მათი ულტრაიისფერი და მოკლელტალღოვანი სინათლით განათებისას. როგორც წესი, თითოეულ ნივთიერებას გააჩნია მისთვის დამახასიათებელი ნათება; ეს შესაძლებლობას გვაძლევს დავადგინოთ ფასიანი ქაღალდების, ფულის ბანკნოტების, ობლიგაციების და ა.შ. ნამდვილობა და სიყალბე. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ ლუმინესცირებადი ნივთიერების პოლარიზაციული სპექტრი შეიძლება განხილული იქნას ახალ, უნიკალურ, ანიზოტროპულ მახასიათებლად და მისი გამოყენება უხილავ მარკერებად ფულის კუპიურების, აქციზური მარკების და სხვა ფასიანი დოკუმენტებისათვის მეტად ეფექტური და მნიშვნელოვანია; შეუძლებელია მოიძებნოს ორი სახის ქაღალდი, რომლებსაც შეიძლება გააჩნდეთ სრულიად იდენტური ლუმინესცენცია; მითუმეტეს შეუძლებელია მოიძებნოს ორი სახის ქაღალდი, რომლებსაც გააჩნიათ იდენტური პოლარიზაციული სპექტრი – ლუმინესცენციის ანიზოტროპიის კოეფიციენტის I-ის ერთიდაიგივე მნიშვნელობა და ამასთან სპექტრული განაწილებაც. ხაზგასმით აღვნიშნავთ, რომ პოლარიზაციული სპექტრი უშუალო კავშირშია საკვლევი ნივთიერების ქიმიურ სტრუქტურასთან და ხშირ შემთხვევაში უფრო სახასიათოა, ვიდრე შთანთქმის სპექტრი. მათი ანალიზი წარმოადგენს ამაღლებს აღნიშნული დოკუმენტების დაცვის და იდენტურობის დადგენის ხარისხს. პროექტში ჩვენ მიერ გაზომილი იქნა ლაბორიული ნიმუშების – ნამდვილი და ყალბი ამერიკული დოლარის ბანკნოტების, ასევე უხილავი მარკერების (წყლიანი ნიშნების), პოლარიზაციული სპექტრები. პოლარიზაციული სპექტრები მიღებული იქნა დანადგარზე (**იხ. დანართი №8**) ანალოგიური ანიზოტროპული პარამეტრების განსაღვრისას. **დანართზე №37** მაგალითის სახით მოყვანილია ლაბორატორიული საკვლევი ნიმუშების – ყალბი და ნამდვილი ამერიკული დოლარის ბანკნოტების ფოტო ხილული (ა) და ულტრაიისფერი (ბ) წყაროთი განათებისას; და შესაბამისი პოლარიზაციული სპექტრები, რომლებიც თვალნათლად წარმოაჩენს მათ (პოლარიზაციული სპექტრის) ინდივიდუალობას. ხაზგასმით აღსანიშნავია ის, რომ ჩვენ მიერ შემოთავაზებული მეთოდი, საშუალებას იძლევა დამცავ უხილავ მარკერებად გამყენებული იქნას დოკუმენტზე უკვე არსებული ლუმინესცენტური პოლარიზაციულად მგრძობიარე მატარებლები, რაც კომერციული თვალსაზრისით მეტად მომგებიანია (შემდგომში ვგეგმავთ აღნიშნული მეთოდის საფუძველზე გამოგონების დაპატენტებას).

განსაკუთრებულ მაღლობას ვუხდით საქართველოს ბანკის ერთერთი ფილიალის ხელმძღვანელობას კუპიურების მოწოდებისათვის.

დასკვნის სახით შეიძლება აღვნიშნოთ შემდეგი: პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდით ფორმირებული ლუმინოფორის გამოსხივების ველის ორი სხვადასხვა კონის ინტერფერენციის სურათი – პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტული ჰოლოგრამა – შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ინფორმაციული სისტემების შექმნის ამოცანებში ახალი ტიპის – პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრაფიული მეხსიერების ზემოაღიანი ტევადობის, მრავალარხიანი ელემენტების რეალიზებისათვის. ამ ტიპის პოლარიზაციული ჰოლოგრამების მიმართ განსაკუთრებულ ინტერესს განაპირობებს ის, რომ მათი გამოყენება საშუალებას გვაძლევს განვახორციელოთ მონაცემთა რეგისტრაცია მეხსიერების ელემენტის შთანთქმის სპექტრის ნებისმიერ უბანში, ხოლო ინფორმაციის ამოკითხვა, ვიზუალიზაცია – მარეგისტრირებული არის

ლუმინესცენციის სპექტრის მთელ დიაპაზონში, სხვადასხვა სიხშირეზე ერთდროულად (მულტიპლექსორი/დემულტიპლექსორი – ინფორმაციული არხების გამაერთიანებელი და განმაცალკევებელი მეხსიერების ელემენტი ოპტიკური კავშირისათვის); შემუშავებულია პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრამის მიღების, თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის მეთოდიკა; ჩატარდა პოლარიზებული ლუმინესცენციის ფენომენზე დაფუძნებულ ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის მეცნიერულ და პრაქტიკულ ამოცანებში გამოყენების პერსპექტივის კვლევა და დადგინდა მათი აუთენტიკურობა.

განხორციელებული პროექტი შეიძლება ჩაითვალოს პოლარიზაციული ჰოლოგრაფიული მეთოდის განვითარების შემდგომ ეტაპად. პერსპექტიულია პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრაფიული მეთოდის გამოყენება ჰოლოგრაფიულ ინტერფერომეტრიაში და ჰოლოგრაფიული მიკროსკოპიის მეცნიერულ და პრაქტიკულ ამოცანებში. ამ ასპექტში ჩატარებული კვლევები წარმოადგენს პოლარიზაციულ-ლუმინესცენტური ჰოლოგრაფიული მეთოდის შემუშავების საწყის ეტაპს. და საჭიროებს შემდგომ სრულყოფას.

7. დამატებითი ინფორმაცია, რომლის გაზიარებაც გასურთ ფონდისათვის

8. დანართები

შენიშვნა: საბოლოო ანგარიშში ასახული მასალები დანართის სახით წარმოდგენილი უნდა იყოს ელექტრონული ან/და ნაბეჭდი სახით. საბოლოო ანგარიშში ასახული მასალები წარმოდგენილია, როგორც ელექტრონული ასევე ნაბეჭდი სახით.

საგრანტო პროექტის ხელმძღვანელი:

ვ. ტარასაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორი:

ა. ფრანგიშვილი

თარიღი: 17.05.2017.