

UDC 662.8.053: 691.33

SCOPUS CODE 2211

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2025-2-249-258>

ჰიდროკვრადი საშენი მასალების თვისებრივი ანალიზი და დიაგნოსტიკა

პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური ჰოლოგრაფია-სენსორის სპექტრების საფუძველზე

ვლადიმერ ტარასაშვილი	კიბერნეტიკის ინსტიტუტის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კვლევების ლაბორატორია, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ზ. ანჯაფარიძის II შესახვევი 6 E-mail: vladimer.tarasashvili@gtu.ge
გიორგი დალაქიშვილი	ჰიდროტექნიკისა და სამოქალაქო ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ა E-mail: g.dalaqishvili@gtu.ge
ანა ფურცელაძე	კიბერნეტიკის ინსტიტუტის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კვლევების ლაბორატორია, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ზ. ანჯაფარიძის II შესახვევი 6 E-mail: ana.purtseladze@gtu.ge
სვეტლანა პეტროვა	კიბერნეტიკის ინსტიტუტის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კვლევების ლაბორატორია, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ზ. ანჯაფარიძის II შესახვევი 6 E-mail: 253petrova@gmail.com
ვალენტინა შავერდოვა	კიბერნეტიკის ინსტიტუტის პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული კვლევების ლაბორატორია, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ზ. ანჯაფარიძის II შესახვევი 6 E-mail: valentina.shaverdova@gtu.ge
მარიამ ტარასაშვილი	ბიზნესისა და ტექნოლოგიების უნივერსიტეტი, საქართველო, 0162, თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზირი 82 E-mail: marika.tarasashvili@btu.edu.ge

რეცენზენტები:

კ. ხაზალია, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: k.khazalia@gtu.ge

დ. ჯიშიაშვილი, სტუ-ის ვ. ჭავჭავაძის სახელობის კიბერნეტიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი
თანამშრომელი, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: d_jishiasvili@gtu.ge

ანოტაცია. ჰიდროკვრადი საშენი მასალების
(ჰიდრობაინდერები) სხვადასხვა ბრენდის ცემენ-

ტების თვისებრივი ანალიზი და დიაგნოსტიკა ჩა-
ტარდა პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური ჰო-
ლოგრაფიის მეთოდებით. ანალიზისთვის გამოყე-

ნებული იყო ჰიდრობაინდერების წყალხსნარში რეგისტრირებული სენსორ-ჰოლოგრაფების პოლარიზაციის ცირკულარობის ხარისხის სპექტრები. გამოვლენილია დენისიუკის ლუმინესცენციური სენსორ-ჰოლოგრაფის (ფანტომური ობიექტის) ანიზოტროპიულ-გიროტროპიული თვისებების პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერება. ჰიდრავლიკური ნანოსტრუქტურების პოლარიზაციული სპექტრების ჰოლოგრაფიული თვისებრივი ანალიზი საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ დამატებითი ინფორმაცია ანალიტში არსებული თითოეული ჰიდროსტრუქტურის კომპონენტების ანიზოტროპიულ-გიროტროპიული პარამეტრების შესახებ. აღწერილია ექსპერიმენტები ჰიდროკვრადი საშენი მასალების ნიმუშების იდენტიფიკაციისა და კლასიფიკაციის საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: იდენტიფიკაცია; კლასიფიკაცია; პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერება; საშენი მასალების სპექტრულ-ჰოლოგრაფიული პორტრეტი.

შესავალი

პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული სპექტროსკოპიის მეთოდები [1] სულ უფრო ხშირად გამოიყენება ნივთიერებების სტრუქტურის, შედგენილობისა და ანიზოტროპიულ-გიროტროპიული თვისებების შესწავლაში როგორც სამეცნიერო კვლევაში, ისე სხვადასხვა გამოყენებითი ამოცანების გადაწყვეტისას [2-4].

პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიულ მეთოდებში ანიზოტროპიულ-გიროტროპიული ნივთიერებების შედგენილობა და ვექტორული თვისებები განისაზღვრება ანალიტში რეკონსტრუირებული ჰოლოგრაფა-სენსორის საშუალებით. სენსორული ჰოლოგრაფების გამოყენებამ წარმოაჩინა ახალი შესაძლებლობები და მიმართულებები. მათი დახმარებით შეგვიძლია მივიღოთ ინფორმაცია კონტროლირებადი სისტემის ან მოწყობილობების პარამეტრების შესახებ, რომლებიც ავტომატიზაციის სისტემების ელემენტებია; ეს არის მოწყობილობა, რომელიც ნებისმიერი ფიზიკური სიდიდის შეყვანის ეფექტს გარდაქმნის შემდგომი გამოყენებისთვის მოსახერხებელ სიგნალად. ამ უკანასკნელს აქვს საკმაოდ მაღალი შანსი, რომ მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს ჰოლოგრაფიული სენსორული სისტემების გამოყენებაზე [5].

ამდგვარი მიდგომით პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეთოდი უნდა მივიჩნიოთ, როგორც ანიზოტროპიულ-გიროტროპიული.

ჰოლოგრაფიული არის ოპტიკური თვისებების, ასევე სტრუქტურული სივრცითი ორგანიზაციის (სტერეოსპეციფიკურობის) შესწავლის ახალი ექსპერიმენტული მეთოდი. ჩვენ გამოვავლინეთ და შევისწავლეთ ფოტონდუცირებული ანიზოტროპიულ-გიროტროპიული ფენომენები პოლარიზაციულად მგრძნობიარე პერსპექტიულ ჰოლოგრაფიულ შთანთქმელ მასალებში.

ავტორებმა პირველად შემოგვთავაზეს პოლარიზაციულად მგრძნობიარე მასალების გამოყენება [6], როგორც ჰოლოგრაფიული ჩამწერი მასალები (მედია), რომლებშიც ნაწილობრივ პოლარიზებული

ლუმინესცენცია წარმოიქმნება პოლარიზებული გამოსხივების ზემოქმედებით (ვეიგერის ეფექტი). თუ ლუმინესცენციური გარემო მაკროსკოპულად ანიზოტროპულია, მაშინ ემიტერებს (ატომებს, მოლეკულებს, იონებს) აქვს მომენტების ხელსაყრელი ორიენტაცია, რაც განაპირობებს აღძრული ლუმინესცენციის პოლარიზაციის მდგომარეობას; ასევე, ანიზოტროპია გარემოში, რომელიც წარმოიქმნება გარე ველში ემიტერების მიმართულების ორიენტაციის გამო (ელექტრული, მაგნიტური), ისევე როგორც აგზნების ანიზოტროპია, დიდწილად განსაზღვრავს ლუმინესცენციური მედიის გამოყენების შესაძლებლობას პოლარიზაციული ჰოლოგრაფიის ამოცანებისთვის.

ლუმინესცენციის ფენომენზე დაფუძნებული პოლარიზაციულად მგრძნობიარე ჰოლოგრაფიული მასალების უპირატესობები მოიცავს:

- ულტრამალაი მგრძნობელობა სინათლის მიმართ; მაღალი რეაგირების სიჩქარე; ლუმინესცენციის პროცესი ხდება ნანოწამიანი დროის მასშტაბით და ხელსაყრელია მისი გამოყენება დინამიკურ პოლარიზაციულ ჰოლოგრაფიაში;

- თავსებადობა ცოცხალ ორგანიზმებთან; კვლევები ხილული ფლუორესცენციური სინათლის გამოყენებით არ ახდენს გავლენას უჯრედში მიმდინარე პროცესებზე.

პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური ჰოლოგრაფიის მეთოდების ერთ-ერთი მთავარი უპირატესობაა ამ მეთოდების უნივერსალობა – მეთოდები გამოიყენება როგორც ლუმინესცენციური, ისე არალუმინესცენციური ნანოსტრუქტურების კვლევისას. თუ ანალიტს, საკვლევ ნივთიერებას, არ გააჩნია კუთრი ლუმინესცენცია, ტარდება ლუმინეს-

ცენციური რეაქცია. თავის მხრივ, ეს უკანასკნელი განაპირობებს მეთოდის კონკურენტუნარიანობას, ანალოგებთან შედარებით.

პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური ჰოლოგრაფიის მეთოდები, რომლებიც დაფუძნებულია Denisyuk-ის მულტიპლექს ლუმინესცენციური ჰოლოგრამის სხვადასხვა ტიპის პოლარიზაციული მდგომარეობის სპექტრის კომპლექსურ დამუშავებაზე, გამოვიყენეთ ჰოლოგრაფიული მასალების სივრცითი სტრუქტურებისა და ფოტოანიზოტროპიული პარამეტრების შესწავლისათვის. ნაშრომში [7] ჰოლოგრაფიის მედიის პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური მახასიათებლები დაფუძნებულია ნედლ ნავთობზე – ბიტუმის მასალებზე საცხენისის საბადოს სხვადასხვა ჭაბურღილიდან, ასევე სხვადასხვა ბრენდის (მარკის) საავტომობილო ბენზინზე. ჩატარებული კვლევის შედეგები მნიშვნელოვანი აღმოჩნდა ნავთობის მრეწველობაში საწვავის დიაგნოსტიკისა და ხარისხის კონტროლისათვის, მათი იდენტიფიკაციისათვის, ასევე გარემოს ეკოლოგიური მონიტორინგისთვის.

ჰიდრომასალების სივრცითი სტრუქტურისა და ფოტოანიზოტროპიული პარამეტრების შესწავლას მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია მრეწველობის განვითარებაში და პრაქტიკული აუცილებლობაა. ჩვენ გამოვავლინეთ პოლარიზაციისადმი მგრძნობიარე ლუმინესცენციური ჰოლოგრაფიული მარეგისტრირებელი მასალების კუთრი ფოტოინდუცირებული გიროტროპია (კუთრი ქირალობა) სასმელ და გამოხდილ. ასევე ქართულ მინერალურ წყლებში [8]. აღნიშნული მნიშვნელოვნად აფართოებს პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური ჰოლოგრაფიის მეთოდების გამოყენების სფეროს, ზრდის მეთოდის ინ-

ტერდისციპლინურობას. მაგალითად, წარმოდგენილ სტატიაში პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური ჰოლოგრაფიული ექსპრესმეთოდის გამოყენებით გამოვლენილია ჰიდროკვრადი საშენი მასალების (ჰიდრობაინდერები) ახალი, დამატებითი, ანიზოტროპიულ-გიროტროპიული მახასიათებლები. განხორციელდა საშენი მასალების დიაგნოსტიკა და კლასიფიკაცია; ჩატარდა თვისებრივი ანალიზი. სტატიაში პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური ჰოლოგრაფიული სპექტროსკოპია პირველად გამოყენებული სამშენებლო მასალების ვექტორული მახასიათებლებისა და პარამეტრების შესასწავლად.

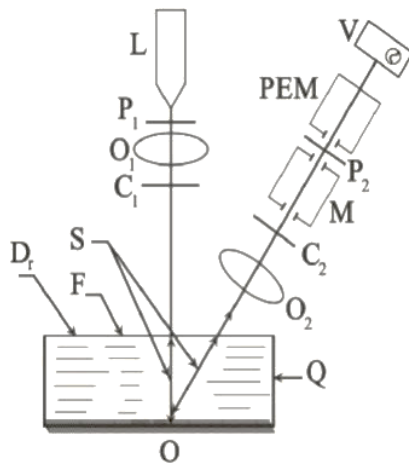
სამუშაოს მიზანი. ჰიდროკვრადი საშენი მასალების – სხვადასხვა ბრენდის ცემენტების ანიზოტროპიულ-გიროტროპიული მახასიათებლების პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური ჰოლოგრაფიული სპექტროსკოპიის მეთოდებით კვლევა.

ცემენტი (caementum) ხელოვნური არაორგანული ჰიდრობაინდერია; წყალთან ურთიერთობისას წარმოქმნის პლასტიკურ მასას; ძირითადად გამოიყენება ბეტონისა და დუღაბების დასამზადებლად; აქვს უნარი, მოიპოვოს სიმტკიცე სველ პირობებში. როგორც აღვნიშნეთ, პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური ჰოლოგრაფიული სპექტროსკოპიის თვისებრივი ანალიზის ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა ნივთიერების იდენტიფიცირება, ამ შემთხვევაში სხვადასხვა ნაგებობასა და კონსტრუქციაში გამოყენებული ცემენტების მარკის, მათი მინერალოგიური შედგენილობის განსაზღვრა და კლასიფიკაცია, რაც, პირველ რიგში, გავლენას ახდენს ნაგებობის სტრუქტურულ მდგრადობაზე, გამძლეობასა და სიმტკიცეზე.

ძირითადი ნაწილი

პოლარიზაციულად მგრძნობიარე ლუმინესცენციური მასალების საკვლევი ნიმუშები მომზადდა კვარცის კუვეტებში. შთანთქმის სპექტრები მიღებული იყო Specord UV-VIZ პოლარიზაციული გაზომვებისთვის მოდერნიზირებულ სპექტროფოტომეტრზე. დინამიკური ლუმინესცენციური მულტიპლექსური ჰოლოგრამებიდან რეკონსტრუირებული ჰოლოგრამა-სენსორობის პოლარიზაციის სპექტრების რაოდენობრივი გაზომვები განხორციელდა სპექტროფლუორომეტრზე, რომელიც აწყობილია MDR-4 მონოქრომატორის ბაზაზე დიფრაქციული მესრებით (დისპერსიული ელემენტი, მონოქრომატული გამოსხივების მიღებისათვის მოცემულ სპექტრულ დიაპაზონში). დანადგარი აღჭურვილია გლანის პოლარიზაციული პრიზმებით და მეოთხედტალღოვანი ფირფიტებით, რაც შესაძლებლობას გვაძლევს გავზომოთ პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური არეების როგორც ფოტოანიზოტროპიული, ისე ფოტოგიროტროპიული პარამეტრები, პოლარიზაციის ლუმინესცენციის ცირკულარობის ხარისხის სპექტრული დამოკიდებულების გრაფიკების აგებისათვის.

ჰოლოგრაფიული სპექტროფლუორომეტრის ოპტიკური სქემა პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური ჰოლოგრამა-სენსორიდან რეკონსტრუირებული ანიზოტროპიულ-გიროტროპიული ობიექტის ფრონტალური რეგისტრაციით, ლუმინესცენციის სპექტრის გაზომვით (FL), ასევე ლუმინესცენციის ცირკულარობის ხარისხის სპექტრული დამოკიდებულებისათვის (CPL) ნაჩვენებია 1-ელ სურ-ზე.



სურ. 1. ჰოლოგრაფიულ-პოლარიზაციული

სპექტროფლორომეტრის ოპტიკური სქემა. Q – ნიმუშები;
L – ლაზერი; O₁, O₂ – კოლიმატორები; M – მონოქრომატორი
MDR-4; P₁, P₂ – წრფივი პოლარიზატორი და ანალიზატორი
(Glan prisms); C₁, C₂ – მეოთხედტალღოვანი ფირფიტები;

D – Denisjuk-ის დინამიკური პოლარიზაციულ-
ლუმინესცენციური ჰოლოგრამა – მრავალსიხშირული
პოლარიზაციის მეხსიერების სისტემა მდგარი ტალღებით;

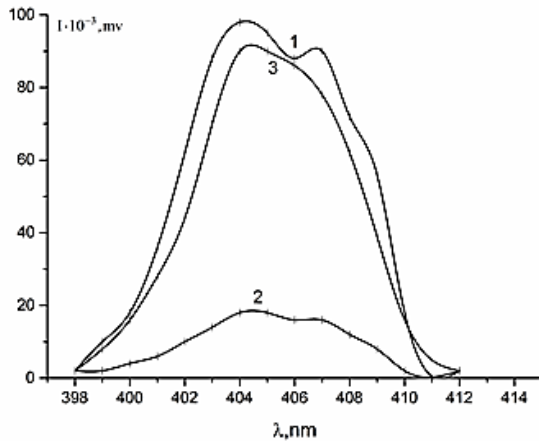
O – ბრტყელი სარკე გარე ალუმინიზაციით; C –
მრავალსიხშირიანი სინათლის სხივები; D_r – მესერთა ნაკრები
ანიზოტროპიული პროფილით; PEM-FEU-31 –
ფოტოდეტექტორი; V – საზომი მოწყობილობა

ჰოლოგრამიდან გამოსხივებული შუქი შეიცავს დიდი რაოდენობის ტალღის სიგრძეებს, საკუთარი პოლარიზაციის მდგომარეობით; O ობიექტიდან არეკლილი ტალღები ვრცელდება უკან, ჰოლოგრამისკენ; დაცემული და არეკლილი გამოსხივების სუპერპოზიციის შედეგად ჰოლოგრამაში წარმოიქმნება მდგრადი ტალღების სისტემა – ინტერფერენციული ველი შემხვედრ კონებში, რომელიც შეიცავს ობიექტის ტალღური ფრონტის ყველა მახასიათებელს ანუ დინამიკური მულტიპლექსური პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური დენისიუკის ჰოლოგრამა – მესერთა ნაკრები ანიზოტროპიული

პროფილით (მრავალსიხშირიანი პოლარიზაციული მეხსიერების სისტემა მდგრადი ტალღებით). აღმდგენი (ან წამკითხავი) ტალღა დიფრაგირებს მესრებზე ანიზოტროპიული პროფილით, ბრეგის კანონის შესაბამისად. ობიექტის აღდგენილი გამოსახულება აირეკლება ჰოლოგრამიდან, ეცემა მეოთხედტალღოვან ფირფიტაზე C₂ და პროექტირდება მონოქრომატორის M შესასვლელ ჭრილზე პოლარიზაციული ანალიზისთვის. მონოქრომატორის გავლის შემდეგ სხივი შედის წრფივ პოლარიზატორში P₂ (ანალიზატორი, Glan პრიზმა), რომელსაც შეუძლია იბრუნოს აქტინიური გამოსხივების ელექტრული ვექტორის მიმართ. შემდეგ სხივი ეცემა მგრძნობიარე PEM-FEU-31 ფოტოდეტექტორს, ელექტრული სიგნალი შედის V საზომში; ვიდეო მონაცემებს სპექტრული დამოკიდებულების ასაგებად. რეკონსტრუირებული ფანტომური გამოსახულების ლუმინესცენციის პოლარიზაციის ცირკულარობის ხარისხი გამოითვლება ფორმულით: $C = \frac{I_+ - I_-}{I_+ + I_-}$, სადაც I₊ არის პოლარიზებული კომპონენტების ინტენსივობა იმავე მიმართულებით, როგორც აქვს აქტინიურ შუქს (სათის ისრის მიმართულებით, D-პოლარიზაცია), I₋ – ინტენსივობა საპირისპირო მიმართულებით, L-პოლარიზაცია). C ცირკულარობის ხარისხის დასადგენად სინათლე გადის მეოთხედტალღოვან ფირფიტაში. ამ შემთხვევაში ცირკულარულად პოლარიზებული კომპონენტები გადაიქცევა წრფივად პოლარიზებულად და კომპონენტების პოლარიზაციის სიბრტყე ურთიერთპერპენდიკულარულია.

მე-2 სურ-ზე მოყვანილია წყლის სხვადასხვა ნიმუშში რეგისტრირებული და რეკონსტრუირებული სენსორ-ჰოლოგრამების PL სპექტრები. ჰო-

ლოგრამების ჩასაწერად გამოიყენებს LSR 405NL-50 (30 მვტ) ლაზერის არაპოლარიზებული გამოსხივება, $\lambda = 405$ ნმ.

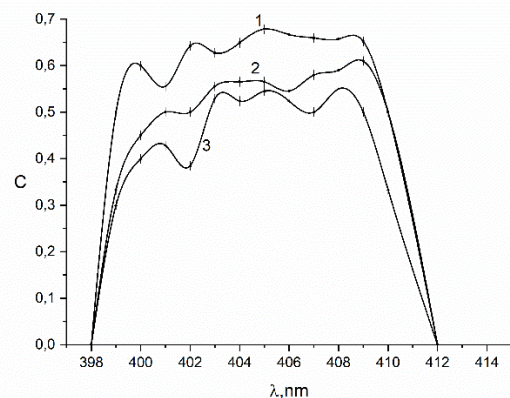


სურ. 2. სასმელი წყლის ნიმუშებში PL სპექტრები: თბილისის წყალმომარაგების ქსელიდან (მრუდი 1), იმავე წყალმომარაგების ქსელიდან გამოხდილი წყალი (მრუდი 2), კის წყალი (მრუდი 3)

როგორც ცნობილია, გარემოს PL სპექტრები არის მისი ყველა მრავალრიცხოვანი ლუმინესცენციური კომპონენტის ჯამური ნათება, შესაბამისად ნიმუშების ლუმინესცენციის სპექტრი დამოკიდებულია არა მხოლოდ კომპონენტის ხარისხობრივ, არამედ რაოდენობრივ შედგენილობაზეც. PL ზოლები $\lambda > 300$ ნმ სასმელი წყლის სპექტრში ძირითადად განპირობებულია არომატული ქრომოფორების არსებობით ნიმუშებში. მე-2 სურ-დან ჩანს, რომ თბილისის წყალმომარაგების სისტემის წყალს (მრუდი 1) აქვს PL სპექტრის მაქსიმალური ინტენსივობა, ხოლო იმავე წყალმომარაგების ქსელიდან გამოხდილ წყალს (მრუდი 2) – კომპონენტების (არომატული ქრომოფორები) ყველაზე დაბალი კონცენტრაცია.

ჰოლოგრაფიულ არეებში ოპტიკური აქტივობის ინდუცირება ხორციელდება ერთნაირ პირობებში. ჰოლოგრამები დაფიქსირდა LSR 405NL-50 ლაზერული გამოსხივების გამოყენებით (30 მვტ) ცირკულარული D პოლარიზაციით, $\lambda = 405$ ნმ. ცირკულარობის ხარისხის სპექტრების მაქსიმალური ინტენსივობის მისაღებად ნიმუშები დაამზადეს წყალმომარაგების ქსელიდან აღებულ წყალზე.

მე-3 სურათი გვიჩვენებს ცირკულარობის ხარისხის სპექტრს სხვადასხვა ჰიდროკვრად საშენ მასალათა ნიმუშებში. სპექტრული მახასიათებლების ცვლილებები მიუთითებს სელექტური ინდუცირებული ფოტორეაქციის წარმოქმნაზე განსახილველ ჰოლოგრაფიულ არეში, რაც იწვევს ოპტიკური აქტივობის (კუთრი ქილარობის) ინდუცირებას დასხივებულ ნიმუშებში ანუ ცირკულარული ლუმინესცენციის პოლარიზაციის სიგნალის აღძვრას. ეს სიგნალი ემთხვევა დასხივების სინათლის D პოლარიზაციის მიმართულებას. საპირისპირო L პოლარიზაციით სინათლის ზემოქმედებისას სიგნალი იცვლება ანტიფაზაში.



სურ. 3. ცირკულარული ლუმინესცენციის პოლარიზაციის ცირკულარობის ხარისხის სპექტრული დამოკიდებულება სხვადასხვა ჰიდროკვრად საშენ მასალათა ნიმუშებში; 200-მარკის ცემენტი (მრუდი 1), 300-მარკის ცემენტი (მრუდი 2), 400-მარკის ცემენტი (მრუდი 3)

როგორც მე-3 სურათიდან ჩანს, ცალკეულ ჰიდროკვრად საშენ მასალათა ნიმუშების ცირკულარული ლუმინესცენციის პოლარიზაციული სპექტრები საკმაოდ უნიკალურია და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს, როგორც ახალი, დამატებითი მახასიათებელი სხვადასხვა ბრენდის ცემენტების თვისებრივი ანალიზის, დიაგნოსტიკისა და კლასიფიკაციისათვის.

200 მარკის ცემენტს აქვს მაქსიმალური ინტენსივობა, ხოლო 400 მარკის ცემენტს – (CPL) სპექტრის ყველაზე დაბალი ინტენსივობა (კომპონენტების ყველაზე დაბალი კონცენტრაცია). ანუ, რაც უფო მაღალია ცემენტის მარკა, მით უფრო დაბალია (CPL) სპექტრის ინტენსივობა.

დასკვნა

ჰიდროკვრადი საშენი მასალების (ჰიდრობაინდერები) სხვადასხვა ბრენდის ცემენტების თვისებრივი ანალიზი და დიაგნოსტიკა განხორციელდა პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური ჰოლოგრაფიის მეთოდებით.

დაფიქსირდა სელექტური ფოტორეაქცია და, შედეგად, ჰიდროკვრადი საშენი მასალების (ჰიდრობაინდერები) სხვადასხვა ბრენდის ცემენტების არაწრფივი ოპტიკური აქტივობა, რაც მიუთითებს ჰიდროკვრად საშენ მასალათა ნიმუშებში ჰოლოგრაფიული მასალების კუთრ ქირალურობაზე.

შემოთავაზებულია პოლარიზაციულად მგრძნობიარე ლუმინესცენციური მასალების ქირალურობის შესწავლის მეთოდი – ლუმინესცენციური მასალების პოლარიზაციის ცირკულარობის ხარისხის სპექტროსკოპია. ნაჩვენებია, რომ ჰოლოგრაფიულ მასალაში თითოეული ნაერთის რეკონსტრუირებული ობიექტის ლუმინესცენციის ცირკულარული პოლა-

რიზაციის ცირკულარობის ხარისხის სპექტრული დამოკიდებულებები ინდივიდუალურია. გამოყენება ჩამწერი არის იდენტიფიცირებისთვის.

გამოვლენილია დენისიუკის ლუმინესცენციური სენსორ-ჰოლოგრაფიის (ფანტომური ობიექტის) ანიზოტროპიულ-გიროტროპიული თვისებების პოლარიზაციულ-ჰოლოგრაფიული მეხსიერება. ჰიდრავლიკური ნანოსტრუქტურების პოლარიზაციული სპექტრების ჰოლოგრაფიული თვისებრივი ანალიზი საშუალებას გვაძლევს, მივიღოთ დამატებითი ინფორმაცია ანალიტში არსებული თითოეული ჰიდროსტრუქტურის კომპონენტების ანიზოტროპიულ-გიროტროპიული პარამეტრების შესახებ. აღწერილია ექსპერიმენტები ჰიდროკვრადი საშენი მასალების ნიმუშების იდენტიფიკაციისა და კლასიფიკაციის საფუძველზე.

სამომავლოდ განვიხილავთ პოლარიზაციის სპექტრის სენსორების გამოყენების შესაძლებლობას საშენ მასალებში ბზარის წარმოქმნის პროცესის თვისებრივი ანალიზის როლის გასარკვევად. კვლევები ჩატარდება პოლარიზაციულ-ლუმინესცენციური ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის მეთოდების გამოყენებით; საშენ მასალებში ბზარის ინტენსივობა, უპირველეს ყოვლისა, განსაზღვრავს შენობის სტრუქტურის სტაბილურობასა და სიმტკიცეს.

დასასრულს აღვნიშნავთ, რომ წარმოდგენილი მეთოდის უპირატესობებია ექსპრესიულობა, ანალიზის შედარებითი სიმარტივე და აღჭურვილობის ხელმისაწვდომობა.

P.S. სტატია ეძღვნება Dr. გ. კაკაურიდის ხსოვნას.

the article is dedicated to the memory of

dr. g. kakauridze.

ლიტერატურა

1. Kakichashvili, Sh. D. (1989). *Polarization holography*. L: Nauka. (In Russian).
2. Tarasashvili, V. I., Purtseladze, A. L., Petrova, S. S., & al. (2020). Qualitative analysis of wines and wine products using polarization-luminescent holography methods based on their optical polarization spectra. *Optics and Spectroscopy*, 128(3), 339-344. DOI: 10.1134/S0030400X20030194
3. Purtseladze, A., Tarasashvili, V., Shaverdova, V. & Petrova, S. (2014). The polarization memory of Denisyuk hologram formed in non-polarized light. *J. Appl., Spectrosc*, 81(1), 65-70.
4. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21054444>.
5. Shaverdova, V. G., Petrova, S. S., Purtseladze, A. L., & al. (2020). Polarization sensitive recording media based on fluorophore (lucifer yellow) dye for holography. *Optics and Spectroscopy*, 128(2), 224-230. DOI:10.1134/S0030400X20020198
6. Vigleb G. (1989). *Sensors. Device and application*. Moscow: Mir Publishing House (In Russian).
7. Shaverdova, V. G., Petrova, S. S., Purtseladze, A. L., & al. (2017). Photoanisotropic properties of luminescence media for polarization holography based on new-type dyes. *Optics and Spectroscopy*, 123(3), 482-486. <https://doi.org/10.1134/S0030400X17090272>
8. Tarasashvili, V. I., S. S. Petrova, S. S., Purtseladze, A. L., & al. (2018). Polarization memory of photo anisotropic media based on bituminous materials for application in holography.
9. *Optics and Spectroscopy*, 124(4), 557-562.
10. Tarasashvili, V. I., Purtseladze, A. L., Petrova, S. S., & M. V. Tarasashvili. (2022). Photoinduced gyrotropy of polarization-sensitive luminescent hologram materials based on aqueous media. *Journal of Applied Spectroscopy*, 89(2), 303-307. DOI: 10.47612/0514-7506-2022-89-2-254-259.

UDC 662.8.053: 691.33

SCOPUS CODE 2211

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2025-2-249-258>

Qualitative Analysis and Diagnostics of Waterproof Building Materials Based on Polarization-luminescent Hologram-sensory Spectra

- Vladimer Tarasashvili** Laboratory of Polarization Holographic Research, Institute of Cybernetics, Georgian Technical University, Georgia, 0186, Tbilisi, 6, Z. Anjaparidze str.
E-mail: vladimer.tarasashvili@gtu.ge
- Giorgi Dalakishvili** Department of Hydraulic Engineering and Civil Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a, M. Kostava str.
E-mail: g.dalaqishvili@gtu.ge
- Ana Purtseladze** Laboratory of Polarization Holographic Research, Institute of Cybernetics, Georgian Technical University, Georgia, 0186, Tbilisi, 6, Z. Anjaparidze str
E-mail: ana.purtseladze@gtu.ge
- Svetlana Petrova** Laboratory of Polarization Holographic Research, Institute of Cybernetics, Georgian Technical University, Georgia, 0186, Tbilisi, 6, Z. Anjaparidze str
E-mail: 253petrova@gmail.com
- Valentina Shaverdova** Laboratory of Polarization Holographic Research, Institute of Cybernetics, Georgian Technical University, Georgia, 0186, Tbilisi, 6, Z. Anjaparidze str
E-mail: valentina.shaverdova@gtu.ge
- Mariam Tarasashvili** Business and Technology University, Georgia, 0162, Tbilisi, 82, I. Chavchavadze Avenue
E-mail: marika.tarasashvili@btu.edu.ge

Reviewers:

K. Khazalia, Department of Civil Engineering, Associate Professor, GTU

E-mail: k.khazalia@gtu.ge

D. Jishiashvili, Professor, Faculty of informatics and management system, GTU

E-mail: d_jishiashvili@gtu.ge

Abstract. Diagnostics and qualitative analysis of hydraulic binders - cements of different grades, as well as building materials with different fractional content of drinking and distilled water from the water supply network – were carried out by polarization-luminescent holography methods. For the analysis, spectra of the degree of circularity of polarization of sensor-holograms recorded in aqueous solutions of main and distilled water were used. Polarization-holographic memory of the anisotropic-gyrotropic properties of the dynamic luminescent

hologram of Denisyuk-phantom sensor-object was revealed. Qualitative holographic analysis of the polarization spectra of hydraulic nanostructures allows obtaining additional information on the anisotropic-gyrotropic parameters of the components of each hydrostructure in the analyte. Experiments on the identification and classification of samples of hydrobinders based on them are described.

Keywords: Classification; Polarization-holographic memory; Spectral-holographic portrait of building materials; Identification.

განხილვის თარიღი 22.10.2024

შემოსვლის თარიღი 18.12.2024

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 16.06.2025