
HOLOGRAFINĖS INTERFEROMETRIJOS METODŲ TAIKYMO KRIMINALISTINIUISE TYRIMUOSE GALIMYBĖS

Raimondas Vasiliauskas*

*Mykolo Romerio universiteto Viešojo saugumo fakulteto Policijos veiklos katedra
Putvinskio g. 70, LT-44211 Kaunas
Telefonas (8-37) 303 645
El.paštas: r.vasiliauskas@mruni.eu*

Santrauka. Didėjant nusikalstamumo mastams ir darantis vis įvairiapusiškesniam nusikalstamų veikų pobūdžiui, nusikaltimų tyrimas šiuolaikinėmis sąlygomis reikalauja vis tobulesnių ir efektingesnių kriminalistinių tyrimo priemonių ir metodų. Viena iš krypčių galinti pagerinti šių klausimų sprendimą yra holografijos pasiekimų taikymas praktikoje. Holografija, kaip tyrimo metodas, naudojama įvairiose mokslo ir technikos srityse, kuriose pagrindinį vaidmenį vaidina šviesos bangų interferencija. Straipsnyje pateikiami pagrindiniai holografijos, kaip vieno iš kriminalistinio vaizdo fiksavimo metodų, skirtumai ir privalumai, taikymo galimybės, lyginant ją su kriminalistinės fotografijos metodu. Teoriškai ir eksperimentiškai pagrįstos vienos iš holografijos praktinio pritaikymo krypčių - holografinės interferometrijos, kaip turimų įkalčių tyrimo metodo galimybės, užkertant kelią, atskleidžiant ir ištiriant visuomenės saugumui padarytas pavojingas veikas. Išnagrinėta holografinės interferometrijos, kaip tyrimo metodo, samprata ir fizikinė prasmė, išanalizuoti galimi įkalčių tyrimo būdai, pateiktos techninės priemonės realizuojančios aptariamus tyrimo būdus, analizuojami atliktų eksperimentų metu gauti kokybiniai ir kiekybiniai rezultatai, pateikiama jų interpretacija.

Pagrindinės sąvokos: kriminalistika, kriminalistinio vaizdo fiksavimo metodas, holografija, holografinė interferometrija, interferograma.

ĮVADAS

Spartus šiuolaikinio mokslo ir technikos vystymasis bei naujaisi pasiekimai sąlygoja efektyvių kriminalistikos metodų ir technikos priemonių atsiradimą ir panaudojimą, taikomų užkirsti kelią socialiai pavojingiems veiksams, bei atliekant surastų, paimtų ir užfiksuotų nusikaltimo įkalčių tyrimus. Vienas iš tokių metodų yra holografija¹, kuri apibūdinama kaip šviesos bangų struktūros užfiksavimo ir atkūrimo metodas, grindžiamas koherentinių šviesos bangų difrakcija ir interferencija.

¹Vienu iš labiausiai taikomų įvairiose šiuolaikinės visuomenės gyvenimo srityse atradimų fizikos srityje per paskutinius 60 metų galima laikyti Deniso Gaboro sukurtą šviesos bangos erdvinės struktūros užfiksavimo ir atkūrimo metodą, grindžiamą koherentinių šviesos pluoštelių difrakcija ir interferencija, pavadintą holografijos (viską užrašanti) vardu. Denisas Gaboras (*Dennis Gabor* 1900-1979) vengrų - anglų fizikas, Nobelio premijos laureatas (1971 m.) fizikos srityje - „už holografijos išradimą ir realizavimą“. Holografijos idėją pristatė 1948m., tačiau spartus jos vystymasis prasidėjo tik po 1960 m. metų, kai buvo išrastas koerentinės šviesos šaltinis - lazeris. Pirmoji holograma, kurioje užfiksuoti trimačiai objektai, buvo pristatyta 1962 m. JAV Mičigano technikos universiteto mokslininkų Emmett Leith ir Juris Upatnieks. 60-70 dešimtmetyje tarybinis fizikas Jurijaus Denisiukas (*Юрий Денисюк*), pirmasis užfiksavo tūrinę hologramą, kuri atkuriamą iprastoje baltoje šviesoje.

Įvairiapusiškas holografijos principų taikymas įvairiose mokslo, tame tarpe ir kriminalistikos, technikos ir meno srityse tapo įmanomas sukūrus optinius kvantinius generatorius - lazerius. Unikalios lazerio šviesos savybės, pačių lazerių didelis patikimumas, prieinamumas ir įvairių tipų pasirinkimo galimybė, priklausomai nuo sprendžiamų uždavinių sudėtingumo, tapo svarbiu faktoriumi taikant juos įvairiuose kriminalistiniuose tyrimuose². Pirmasis Lietuvoje (1971 m.) apie holografijos metodų taikymo galimybes kriminalistikoje savo darbuose atkreipė dėmesį prof. E. Palskys³. Tačiau praktiniai tyrimai šioje srityje dėl techninių galimybių ribotumo Lietuvoje atliekami nebuvo.

Holografijos metodai kriminalistiniuose tyrimuose dažniausiai įvardinami kaip vienas iš kriminalistinio vaizdo fiksavimo metodų. Kriminalistinėje praktikoje yra naudojami šie vaizdo fiksavimo metodai: kriminalistinė fotografija, kinematografija, kriminalistinis vaizdo įrašas, holografija, termografija, skaitmeninis vaizdo fiksavimas⁴.

Kaip ir kriminalistinėje fotografijoje, holografija užtikrina tiriamųjų objektų (toliau straipsnyje - objektų) atvaizdų užfiksavimą, saugojimą ir atgaminimą. Tačiau įprastoji fotografija pateikia tik plokščią tūrinio objekto atvaizdą, kuris matomas tik iš tam tikros vietos. Apžiūrint fotonuotrauką negalima matyti kas yra už daiktų, esančių priekiniame plane. Holografijos principai leidžia užfiksuoti ir atkurti ne dvimatį objekto vaizdą fotonuotraukos plokštumoje, bet jo išsklaidytas šviesos bangas su visomis jų charakteristikomis (sklidimo kryptimi, amplitude, faze, bangos ilgiu, poliarizacija) specialioje foto plokštelėje ar kitame specialiaame vaizdo užfiksavimo įrenginyje – hologramoje.

Galima išskirti šiuos pagrindinius fotonuotraukos ir hologramos skirtumus:

1. Hologramoje matomas užfiksuotas realaus tūrinio objekto menamas vaizdas trimatėje erdvėje. Realumas yra tame, kad hologramą galima stebėti ir fotografuoti iš skirtingų taškų, todėl matomomis tampa tos scenos dalys ir objektai, kurie yra nematomi stebint hologramą iš kitų taškų. Holograma tiksliai atkuria objekto paviršiaus faktūrą.

2. Kiekvienas hologramos taškas gali atkurti pilną objekto vaizdą, todėl atskiri hologramos defektai - trūkiai ar įbrėžimai praktiškai neįtakoja atkuriamo vaizdo kokybės, kuri nežymiai gali pasikeisti tik žymiai sumažinus hologramos geometrinius išmatavimus.

3. Hologramoje užfiksuojamas interferencinio vaizdo pasiskirstymas tarp objektinės

²Grigorovich, V.L.; Fedorov, G.V. *Golografija v kriminalistike* [Holography in criminology]. Minsk: Amalfeja, 2003.

³Kurapka E., et al. *Kriminalistikos technikos pagrindai*. Vilnius: Eugrimas, 1998, p 91-93.

⁴Novikovienė, L.; Kažemikaitienė, E. *Kriminalistikos paskaitų tezės*. MRU Teisės fakulteto Kriminalistikos katedra. Vilnius. 2007, 21 p. [žiūrėta 2012-03-05] <http://www.mruni.eu/mru_lt_dokumentai/katedros/Kriminalistikos%20katedra/2006_2007_m_m/APIE%20KATEDRA/metodinis_muitininkams.doc>

(išsklaidytos objekto) ir atraminės (apšviečiančios tik hologramą) šviesos bangų, todėl neegzistuoja tokios sąvokos kaip "negatyvas" ar "pozityvas".

4. Holograma tiksliai atkuria objektinę šviesos bangą tik griežtai išlaikius tam tikras atraminės šviesos bangos sąlygas ir tai leidžia vienoje hologramoje užfiksuoti skirtingus interferencinius vaizdus, o vėliau juos ir atkurti. Tokiu būdu vienoje hologramoje galima užfiksuoti kelias skirtingas to paties objekto fizines būsenas.

Holografijos principų taikymas kriminalistikoje yra įvairiapusiškas⁵, kaip pavyzdžiui:

1. Didelės apimties informacijos užrašymas, saugojimas, kodavimas, vaizdų atpažinimas ir sulyginimas (holografiniai atminties įrenginiai).

2. Mikroschemų gamybos technologijose, įvairių dokumentų apsauginių holografinių plėvelių ir ženklų gamyboje.

3. Dujinių srautų dinamikos, sproginų ir degimo procesų tyrimui.

4. Judančių objektų tyrimui (šaunamojo ginklo atskirų dalių deformacijos šūvio metu).

5. Šviesai skaidrių objektų vidinių ir išorinių defektų tyrimui (pvz. priklausomybės nustatymas, sulyginant kelias objekto dalis, rastas skirtingose paieškos vietose).

6. Sudėtingos formos šviesą atspindinčių ar skaidrių objektų paviršiaus mikroreljefo, formos kontrolei ir jų sulyginimui su etaloniniu paviršiumi (pvz. didelės vertės kristalų).

7. Objektų vidinių ir išorinių defektų bei deformacijų, kurie nepastebimi akiai ir atsiradę dėl nusikalstamos veikos poveikio, vizualizacijai, kuri atliekama taikant vieną iš labiausiai išvystytų ir praktikoje naudojamų holografijos kryptių - holografinę interferometriją.

Vaizduojamosios holografijos⁶ pasiekimai įgalina demonstruoti trimatėje erdvėje unikalius eksponatus parodose, reklamos tikslais ar taikyti ją mokomajame procese. Hologramose gali būti užfiksuojami greitai prarandantys savo formą ir fizikines savybes kriminalistiniai objektai ar nusikalstamos veikos priemonės (pavyzdžiui: šaunamieji ir nešaunamieji ginklai; įsilaužimo įrankiai ir pan.). Tokios hologramų kolekcijos gali būti naudojamos ne tik mokymo tikslams, bet ir praktiniame įvairių teisėsaugos padalinių darbe. Šiuo atveju holografijos naudojimas tokiems tikslams yra svarbus, nes nėra kitų priemonių, atkuriančių originalą tokiu dideliu tikslumu ir plačia menine galimybe. Priklausomai nuo

⁵Grigorovich, V.L., *supra* note 2.

⁶Denisjuk, Ju.N. i dr. *Opticheskaja golografija. Prakticheskije primenenija*. [Optical holography. Practical applications]. L.: Nauka, 1985.

hologramos paskirties ir objekto pobūdžio, vaizduojamojoje holografijoje gali būti naudojamos įvairios vaizdo užfiksavimo ir atkūrimo schemas, o taip pat įvairios registruojančios medžiagos ar įrenginiai⁷.

Atsižvelgiant į holografijos kaip į kriminalistinio vaizdo fiksavimo metodo esminius skirtumus, lyginat ją su kriminalistine fotografija, o taip pat į jos taikymo kriminalistinėje praktikoje galimybes, galima būtų išskirti tokius jos privalumus:

1. Metodo veikimas grindžiamas optikos ir mechanikos dėsniais, virpesių teorijos principais ir matematiniais skaičiavimais, todėl pilnai atitinka teisinės ekspertizės atlikimo principus ir svarbiausiam iš jų - išsaugo daiktinių įrodymų vientisumą. Šio metodo taikymas nesukelia mechaninio, cheminio ar kitokio ardančio poveikio, pakeičiančio ekspertizinio tyrimo objektą, o atvirkščiai išsaugo jo pirminę būseną.

2. Leidžia gauti objekto ar nusikaltimo pėdsakų kopijas, tiksliai atkartojančias visus jų trimatės erdvės ypatumus, o tai padidina identifikavimo galimybes.

3. Objektų, turinčių pėdsakų žymes ir greitai juos prarandančių dėl supančios aplinkos poveikio, hologramų gavimo metodai užtikrina ne tik individualių požymių išlikimą, bet ir pačio objekto akivaizdumą. Tai įgalina teisme naudoti hologramą kaip daiktinį įrodymą, kadangi ji išsaugo daikto vaizdą užfiksuotą betarpiškai po nusikaltimo, be vėliau atsirandančių pokyčių. Hologramos, kai kurių užsienio šalių baudžiamojo proceso kodekse, pripažįstamos kaip daiktinis įrodymas ar kitas informacijos nešėjas, esantis įrodymu šaltiniu⁸. Lietuvos Respublikos baudžiamojo proceso kodekso⁹ 20 straipsnyje nurodoma, kad „įrodymai baudžiamajame procese yra įstatymų nustatyta tvarka gauti duomenys" ir kad „įrodymais gali būti tik teisėtais būdais gauti duomenys, kuriuos galima patikrinti šiame Kodekse numatytais proceso veiksmais“.

4. Užtikrina žmogaus teises, garbę ir orumą, kadangi techninės holografijos priemonės niekaip negali jų pažeisti. Holografijos metodai yra saugūs, nes nesukelia grėsmės baudžiamojo proceso dalyvių sveikatai ir gyvybei.

Nurodyti teiginiai rodo, jog yra aktualu moksliai ir eksperimentiškai pagrįsti holografijos, kaip kriminalistinio vaizdo fiksavimo metodo galimybes, įvertinti surinktų įkalčių tyrimo metodų tobulinimo perspektyvas, pateikti technines priemones, kurių pagalba būtų galima išspręsti aktualius uždavinius - identifikuoti surinktus įkačius kaip įrodymus.

⁷Komar, V.G.; Serov, O.B. *Izobrazitel'naja golografija i golograficheskij kinematograf* [Graphic holography and holographic cinema]. M: Iskustvo, 1987.

⁸Grigorovich, V.L., *supra* note 2.

⁹Lietuvos Respublikos baudžiamojo proceso kodeksas (Žin., 2002, Nr. 37-1341, Aktuali redakcija 2011-12-31).

Straipsnio **tikslas** - teoriškai ir eksperimentiškai pagrįsti vienos iš holografijos praktinio pritaikymo krypčių - holografinės interferometrijos, kaip turimų įkalčių tyrimo metodo galimybes užkertant kelią, atskleidžiant ir ištiriant visuomenės saugumui padarytas pavojingas veikas. Įgyvendinant šį tikslą keliami šie **uždaviniai**: išnagrinėti holografinės interferometrijos, kaip tyrimo metodo, sampratą ir fizikinę prasmę, išanalizuoti galimus įkalčių tyrimo būdus, pateikti technines priemones realizuojančias aptariamus tyrimo būdus, įvertinti gautus kokybinius ir kiekybinius tyrimo rezultatus.

Tyrimo objektas - holografinės interferometrijos metodai ir priemonės, jų taikymo, atliekant įkalčių tyrimą, aspektai.

HOLOGRAFINĖS INTERFEROMETRIJOS SAMPRATA, METODAI IR JŲ FIZIKINĖ PRASMĖ.

Holografinė interferometrija - užfiksuotas dviejų šviesos bangų interferencinis vaizdas, gaunamas sąveikaujant hologramoje objekto išsklaidytai sudėtingai šviesos bangai su paprasta atramine (apšviečiančia tik hologramą) šviesos banga¹⁰. Unikali holografinės interferometrijos savybė yra ta, kad naudojant vieną ir tą patį atraminį šviesos pluoštelį, vienoje hologramoje (specialioje foto plokštelėje ar kitame specialiame vaizdo užfiksavimo įrenginyje) galima mažiausiai du kartus paeiliui užfiksuoti objekto atspindėtų skirtingais laiko momentais šviesos bangų interferenciją. Jeigu laike tarp hologramos eksponavimų¹¹ objektas ar kokios nors jo dalys pasislinko arba deformavosi, tai hologramos atkūrimo metu, tarp skirtingais laiko momentais hologramoje užfiksuotų objekto išsklaidytų šviesos bangų, atsiras tam tikras kelio eigos skirtumas iki hologramos. Dėl šio kelio eigos skirtumo, hologramos atkurtas objekto atvaizdo paviršius bus padengtas atitinkamos formos, tankio ir konfigūracijos paprastai stebimomis interferencinėmis linijomis, kurios ir teikia informaciją apie kokybinius ir kiekybinius pokyčius objekte, įvykusius tarp eksponavimų. Tokiu būdu hologramoje užfiksuotas ir atkurtas objekto vaizdas yra vadinamas holografinė interferograma. Tiriamasis objektas gali būti šviesai skaidrus ar ją atspindėti difuziškai, turėti sudėtingą reljefą ir šiurkštų paviršių, nes visi šie veiksniai vienodai veikia abi atkurtąsias objekto šviesos bangas.

¹⁰Vest, Ch. *Golograficheskaja interferometrija*. [Holographic interferometry]. Per. s. angl. Pod redakciję Ju.I. Ostrovskogo. – M.: Mir, 1982.

¹¹Hologramos eksponavimas – laikotarpis, kurio metu hologramoje užfiksuojama objekto atspindėta ir atraminės šviesos bangų suminė interferencinė struktūra. Šio laikotarpio trukmę sąlygoja objekto difrakcinės charakteristikos, hologramos ir lazerio parametrai.

Kriminalistinėje praktikoje, atliekant turimų įkalčių tyrimus, holografinės interferogramos užfiksavimui ir atkūrimui gali būti naudojami tokie holografinės interferometrijos metodai:

1. Dviejų ekspozicijų metodas.
2. Realaus laiko metodas.
3. Suvidurkinimo laike metodas.
4. Strobolografijos metodas.
5. Porinių impulsų metodas.
6. Pėdsakų profilio metodas.

Kiekvienas iš šių nurodytų holografinės interferogramos užfiksavimo ir atkūrimo metodų yra realizuojamas atitinkamomis optinėmis schemomis ir yra naudojamas atsižvelgiant į objekto savybes, keliamus tyrimo uždavinius ir siekiamus gauti rezultatus¹².

Pagrindinis metodas, įgalinantis sulyginti dvi skirtingas objekto būsenas, yra dviejų ekspozicijų metodas^{13, 14}. Panaudojimo prasme šis metodas yra universalus, kadangi jo pagrindu yra realizuojami ir kiti aukščiau išvardinti metodai. Metodo esmė - vienoje hologramoje užfiksuoja dvi skirtingos objekto būsenos. Pirmą kartą hologramoje objektas užfiksuoja, kai jis yra pradinėje būsenoje, antrą kartą, kai jis yra paveiktas kokio nors išorinio poveikio, kaip pavyzdžiui slėgio, temperatūros, drėgmės, mechaninio apkrovimo ir pan.. Abiem atvejais hologramą apšviečianti atraminė banga lieka nekintama. Atkuriant tokią hologramą, abu užfiksuoti objekto vaizdai interferuoja vienas su kitu sudarydami holografinę interferogramą. Stebint hologramos atkurtą objekto vaizdą, jame matomos aukščiau aprašytos interferencinės linijos, kurių lokalizacijos vieta, tankis ir forma ant objekto paviršiaus yra esminis rezultatas, įgalinantis atskleisti net ir mažiausius objekto pokyčius, atsiradusius tarp dviejų ekspozicijų. Metodas gali būti realizuojamas naudojant nepertraukiamos spinduliuotės arba impulsinį lazerį. Tiriamų objektų spektras yra labai platus, kaip pavyzdžiui: greitaigijų procesų tyrimas (balistinė ekspertizė) panaudojant impulsinius lazerius, kriminalistinis dokumentų autentiškumo tyrimas (kriminalistinė dokumentotyra), šaunamojo ginklo dalių pėdsakai ant tūmelių (kriminalistinė ginklotyra), transporto priemonių kėbulo numerių kontrolė panaudojant nepertraukiamos spinduliuotės lazerius.

¹²Ostrovskij, Ju.I.; Shhepinov, V.P.; Jakovlev, V.V. *Golograficheskiye interferencionnyje metody izmerenija deformacij* [Holographic interference methods of measurement of deformations]. M.: Nauka, Gl. red. fiz-mat.lit., 1988.

¹³Vest Ch. *supra* note 10.

¹⁴Ginzburg, V.M.; Stepanov, B.M. *Golograficheskiye izmerenija* [Holographic measurements]. M.: Sov. Radio, 1982.

Realaus laiko metodas¹⁵ yra laikomas dviejų ekspozicijų metodo atmaina. Metodo esmė – pirmiausia hologramoje yra užfiksuojamas objektas, esant jam stacionarioje būsenoje. Po to holograma apšviečiama atramine banga. Šiuo atveju yra įvykdomos interferencijos sąlygos tarp realaus objekto išspinduliuotos šviesos bangos fronto ir atkurto iš hologramos menamo objekto vaizdo šviesos bangos fronto. Nekeičiant realaus objekto dislokacijos vietos, bet keičiant tik jo būseną (slėgio, temperatūros, drėgmės pokyčiai, virpesių sužadinimas objekte ir pan.), keisis jo padėtis menamo objekto vaizdo atžvilgiu ir šis pasikeitimas, sudarantis tam tikrus kelio eigos skirtumas iki hologramos, bus stebimas atsirandančių interferencinių linijų pavidalu, kurių dislokacijos vieta, forma ir tankis priklausys nuo išorinių poveikio priemonių bei tyrimo tikslų (pavyzdžiui tiriant deformacijas atsirandančias metalo paviršiuje suklastojus automobilio kėbulo numerius). Dėl šios priežasties metodas ir buvo įvardintas, kaip „realaus laiko“. Tyrimo rezultatai dažniausiai fiksuojami greitaigių filmavimo ar televizinių kamerų pagalba.

Suvidurkinimo laike ir stroboholografinis metodai^{16,17,18} praktikoje yra dažniausiai naudojami vizualizuojant ir matuojant neskaidrių objektų paviršiaus periodinius mechaninius virpesius. Šie metodai įgalina gauti žymiai didesnę informacijos kiekį lyginant su kitais bekontaktiniais matavimo ir neardančios kontrolės metodais. Šių metodų techninio realizavimo įranga, optinės schemas, jų veikimo principai ir ypatumai, gautų interferogramų analizė, plačiai ir išsamiai aprašyti aukščiau cituojamoje literatūroje, todėl šiame straipsnyje tai nepateikiama. Naudojant šiuos metodus informacija gaunama apie kiekvieno objekto paviršiaus taško virpesio amplitudę ir virpesio formą. Ši informaciją ypatingai svarbi tada, kai reikia sulyginti kelis tokius pačius objektus ir gauti vienareikšmišką atsakymą apie jų tapatumą ar skirtumą dėl objekte esančių defektų. Stroholografinis metodas taikomas, kai reikia tirti atskiras objekto periodinio mechaninio virpesio fazes¹⁹. Šie abu metodai taikytini, kai atliekant technines ekspertizes reikia surasti akiai nematomus paslėptus defektus, mikroįtrūkimus, įtempimų pasiskirstymą mechanizmų mazguose ar atskirose detalėse.

Porinių impulsų metodas realizuojamas naudojant impulsinius lazerius, kai reikia ištirti greitaigius procesus dujinėse terpėse (aerodinaminės, balistinės ir sprogimų ekspertizės metu)

¹⁵ Vest Ch. *supra* note 10, p. 218-225.

¹⁶ Ostrovskij, Ju.I.; Butusov, M.M. *Golograficheskaja interferometrija* [Holographic interferometry]. M.: Nayka, 1977.

¹⁷ Ostrovskij Ju.I., . *supra* note 12, p 209.

¹⁸ Vest, Ch. *supra* note 10, p. 196.

¹⁹ Vasiliauskas, R.; Palevičius, A.; Busilas, A.; Pilkauskas, K. *Strobe Holography for Interferogram of Analysis of Multimode Vibrations of Mechanical System*. *Mechanika*, 2011. 17(1): 78-84.

ar mechaninėse sistemose. Holograma, kaip ir dviejų ekspozicijų metodo atveju, užfiksuoja dvi objekto būsenas skirtingais labai trumpo laikotarpio momentais.

Pėdsakų profilio metodo (dažnai vadinamas holografiniu reljefo kontūrų formavimo metodu) esmė yra objekto vaizdo interferogramos formavime, kuri įgalina gauti informaciją apie visus trimačio objekto paviršiuje esančius reljefo ar mikroreljefo pasikeitimus ir geometrinius matmenis. Metodas realizuojamas keliais būdais, panaudojus dviejų ekspozicijų metodo principus²⁰.

Vienu būdu objektas, esantis stacionarioje būsenoje, hologramoje užfiksuojamas du kartus, kiekvieną kartą panaudojant skirtingo šviesos bangos ilgio lazerinį apšvietimą. Hologramoje užfiksuotas objektas atkuriamas tik vieno bangos ilgio šviesos šaltiniu. Objekto vaizdas bus suminis vaizdas dviejų objekto vaizdų, kurių vienas bus tam tikru dydžiu pasislinkęs atžvilgiu kito dėl skirtingo šviesos bangos ilgio antros ekspozicijos metu. Dėl to ant objekto vaizdo atsiras interferencinės linijos, analogiškos toms, kurios atsirastų, jeigu objektas tarp hologramos ekspozicijų būtų deformuotas ar pasislinkęs. Atitinkamai parinkus šviesos bangos ilgį ir optinės sistemos geometriją galima gauti interferencines linijas, kurios ir bus tiriamo objekto reljefo kontūrai. Kokybinė ir kiekybinė objekto analizė atliekama nufotografavus gautą interferogramą. Apskaičiuojamas intervalas tarp skirtingų interferencinių linijų gali būti nuo 2,5 mikrono iki kelių milimetrų.

Kitas būdas, kuris gali būti naudojamas objekto trimačio reljefo kontūrinių linijų sudarymui, yra imersinis metodas arba dviejų šviesos lūžio rodiklių metodas. Šiuo atveju naudojamas vieno šviesos bangos ilgio nepertraukiamo režimo lazeris. Objektas patalpinamas į šviesai skaidrią, tuščią ar pripildytą skysčio arba dujų mišinio su žinomu šviesos lūžio rodikliu, kiuvetę. Užfiksuojama pirmoji objekto holograma. Po to, pakeitus kiuvetėje skystį ar dujų mišinį kitu, kurio šviesos lūžio rodiklis yra kitas, toje pačioje hologramoje objektas užfiksuojamas antrą kartą. Ant hologramos atkurto objekto menamo vaizdo atsiras interferencinės linijos, kurios ir bus objekto reljefo kontūrinės linijos. Šios linijos atsiranda dėl nueinamo šviesos optinio kelio skirtumo panaudotuose skysčiuose ar dujų mišiniuose. Parinkus optinę tyrimo schemą, atitinkamus skysčius ar dujas su žinomais šviesos lūžio rodikliais, galima gauti objekto kontūrines linijas, apskaičiuotas intervalas tarp kurių gali būti mažesnis nei 0,2 ir didesnis nei 300 mikrometrų²¹.

²⁰Vest, Ch. *supra* note 10, p. 423-432.

²¹Vest, Ch. *supra* note 10, p. 425.

Šie trimačio objekto paviršiaus reljefo kontūrų gavimo būdai, dėl optinės schemos realizavimo paprastumo gali būti taikomi tiriant objekto paviršiaus reljefą techninės ekspertizės metu: dokumentotyroje (kai dokumentas suklastojamas skutimo, ėsdinimo, trynimo būdu); trasologijoje (analizuojant smūgio, slėgio ar suspaudimo pėdsakus, kurie gali būti sulyginami su įsilaužimo įrankių darbo paviršiumi), kriminalistinėje ginklotyroje (sulyginant šaunamojo ginklo daužiklio paliktą pėdsaką šovinio tutelėje ir kt.); matuojant objektų geometrinius matmenis, kai realių objektų apmatavimas yra problematiškas arba neįmanomas (pavyzdžiui atliekant slydimo pėdsakų reljefo ekspertizę); atliekant prietaisų optinių elementų kontrolę ir kt.

Be šių paminėtų būdų, objektų reljefo kontūrų gavimui ir jų sulyginimui yra naudojami skirtuminio reljefo metodai²²: etaloninės atraminės bangos metodas ir kompensacijos metodas, kurie gali būti taikomi sulyginant du iš pažiūros identiškus objektus.

Pagrindinis ir vienas iš svarbiausių visų aukščiau pateiktų holografinės interferogramos užfiksavimo ir atkūrimo metodų, kurie gali būti taikomi kriminalistinėje praktikoje sprendžiant įvairius kriminalistinės ekspertizės uždavinius, privalumas yra tas, kad tai neardančios kontrolės metodai. Galima akcentuoti tokius šių metodų pranašumus, lyginant su kitais optiniais matavimo ir tyrimo metodais:

1. Informacija apie matuojamus ar tiriamus parametrus vienu metu yra gaunama iš viso tiriamo objekto paviršiaus, kurio geometrinius išmatavimus apsprendžia holografinę interferogramą registruojančio įrenginio ir panaudotos lazerio šviesos parametrai.

2. Galima tirti trimačius veidrodžiškai ir difuziškai atspindinčius, šurkščius, taisyklingos ir netaisyklingos formos, o taip pat ir skaidrius objektus.

3. Galima matuoti statines ir dinamines tiriamų objektų (tame tarpe ir skaidrių) deformacijas, atlikti virpesių analizę, nustatyti ir pamatuoti objekto paviršiaus reljefo ir mikroreljefo geometrinius parametrus.

4. Matuojamų deformacijų, virpesių amplitudžių, geometrinių parametru dydis siekia nuo 0,12 mikrono (tai apie 480 kartų mažiau nei vidutinis suaugusio žmogaus plauko storis) iki kelių šimtų mikronų.

5. Optinių schemų elementams, kurių pagalba realizuojami skirtingi holografinės interferometrijos tyrimo metodai, nekeliama griežti reikalavimai, kadangi matavimo metu lyginami šviesos bangos frontai praėję tuo pačiu keliu.

²² *Ibid* p. 427.

6. Tyrimo rezultatai gaunami betarpiškai analizuojant interferencinių linijų pasiskirstymą ir jų formą, kurie yra sąlygojami tik tais pokyčiais, kurie įvyko objekto paviršiuje ar viduje laike tarp hologramos eksponavimo ir jos stebėjimo.

7. Atsižvelgiant į tyrimui keliamus uždavinius, objektai gali būti tiriami naudojant stacionarius arba mobiliuosius holografinius įrenginius²³.

ATLIKTŲ EKSPERIMENTŲ APRAŠYMAS IR GAUTŲ REZULTATŲ ANALIZĖ

Holografinių interferogramų užfiksavimo ir atkūrimo metodai, kurie gali būti taikomi kriminalistinėje praktikoje, buvo realizuoti KTU Mechatronikos instituto ir Tarptautinių studijų centro holografijos laboratorijose. Holografinių interferogramų užfiksavimas buvo vykdomas panaudojant sukurtą universalų holografinį matavimo įrenginį, kurio pagalba gaunamos kokybiškos interferogramos taikant įvairius holografinės interferometrijos metodus ir jų kombinacijas, o taip pat holografinę sistemą PRISM. Pagrindiniai šių įrenginių elementai:

1. Nepertraukiamo režimo ir impulsiniai lazeriai.
2. Tyrimo stendas (optiniai ir valdymo elementai, skirti hologramos užrašymui ir atstatymui).
3. Hologramą registruojančios medžiagos ar įrenginiai.
4. Holografinį vaizdą skenuojanti ir apdorojanti kompiuterizuota įranga.
5. Gautų rezultatų analizės programa.

Universalus holografinio matavimo įrenginio struktūrinė schema²⁴ ir sukurto stendo optinės dalies fragmentas pateikti paveiksle 1a, b.

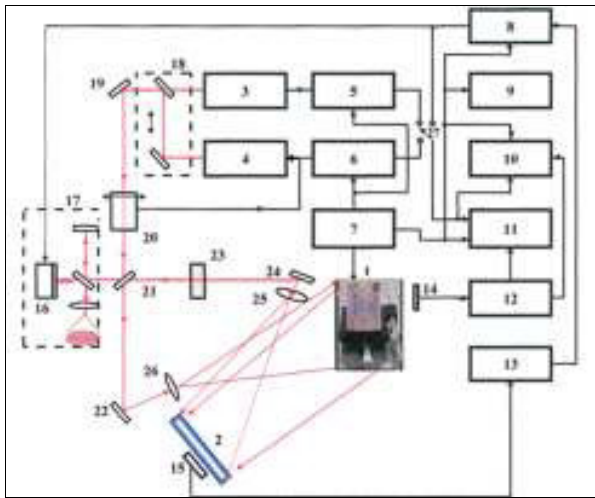
Straipsnyje pateikiami atlikti eksperimentiniai tyrimai kriminalistinės dokumentotyros srityje. Panaudojus holografinės interferometrijos suvidurkinimo laike metodą, buvo atliktas Lietuvos piniginių vieneto - lito - banknotų tyrimas²⁵. Šio tyrimo metu buvo iškelta hipotezė, kad akustiškai sužadinus kokybiškus banknotus atitinkamo dažnio ir amplitudės harmoniniais

²³ Gurevich, V.S., et. al.. *Golograficheskij izmeritelnij kompleks novogo pokolenija dlja nerazrushajushhego kontrolja v promyshlennosti* [Holographic measuring complex of new generation for not destroying control in the industry]. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, t.6, No.1, 2004, p. 88-102.

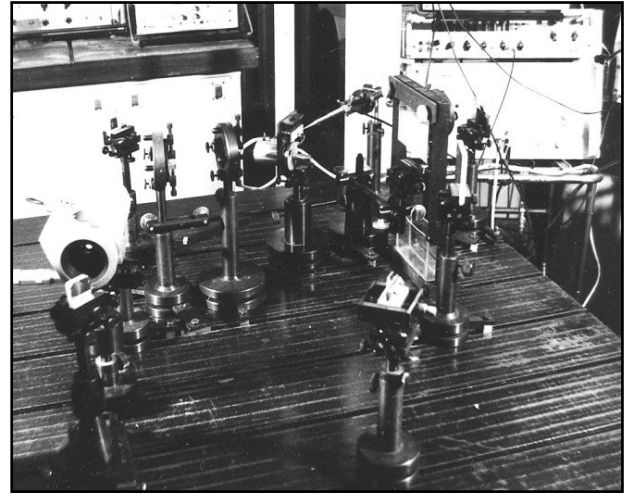
²⁴ Palevičius, A.; Ragulskis, K.; Vasiliauskas, R.; Bubulis A. *Historical Aspects and Future Perspective of Holography in Lithuania*. The Society for Experimental Mechanics. Proceedings of the International Symposium to Commemorate the 60th Anniversary of the Invention of Holography. Sheraton Springfield Monach Place Hotel, Springfield, Massachusetts USA, October 27 – 29, 2008. p. 368 - 377.

²⁵ Vasiliauskas, R.; Palevičius, A.; Butavičius, A.; Stupak V. *Holographic-Nondestructive Inspection of Litas Banknotes*. *Ultragarsas*, Nr.3(520). 2004. p. 38-41..

virpesiais, jų paviršiuje turėtų susiformuoti rezonansinių dažnių nuosavos virpesio formos, kurios būtų registruojamos interferogramų pagalba.



a)



b)

1 pav. a) - Holografinės interferometrinės sistemos struktūrinė schema, atliekant difuziškai atspindinčių ir skaidrių objektų tyrimą: 1- tiriamasis objektas (vairuotojo pažymėjimas), 2- holograma (fotoplokštelė arba vaizdo kamera registruojanti interferencinę struktūrą), 3- nepertraukiamos spinduliuotės lazeris (pvz. He-Ne lazeris LG-36), 4- impulsinės spinduliuotės lazeris (pvz. rubino lazeris), 5-15- elektroninė hologramos užrašymo valdymo sistema, 16-26- optiniai elementai formuojantys objektą apšviečiantį (objektinis spindulys) ir hologramą apšviečiantį (atraminis spindulys) spindulių pluoštus (pilnai ir dalinai spindulius atspindintys veidrodžiai, mikroobjektyvai, elektrooptinis modulatorius);

b) - Holografinės interferometrinės sistemos optinės schemos fragmentas

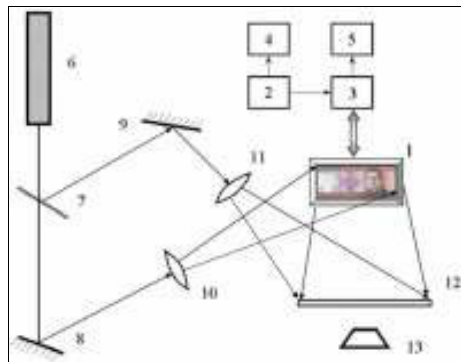
Iš lokalizuotų interferencinių linijų formos ant banknoto paviršiaus, būtų galima spręsti apie banknotų kokybę. Jeigu banknotas nėra kokybiškas, šios formos prie tų pačių sužadinimo sąlygų turėtų skirtis. Eksperimento metu buvo numatyti tokie pagrindiniai banknotų tyrimo etapai:

1. Banknotų įtvirtinimo būdų parinkimas.
2. Banknotų sužadinimo būdų parinkimas.
3. Banknotų rezonansinių virpesio formų nustatymas.
4. Hologramų, gautų suvidurkinimo laike metodu, analizė.

Šių etapų metu, siekiant gauti optimalius rezultatus, buvo keičiamos banknotų įtvirtinimo sąlygos ir akustinio sužadinimo signalo dažnis bei intensyvumas, buvo ieškomos tokios rezonansinės banknotų paviršiaus virpesio formos, kurios duotų maksimalų informacijos kiekį

kokybinės ir kiekybinės analizės atveju. Atliekant kiekybinę analizę remtasi skaitmeniniais metodais, bei mechaninių sistemų virpesių ir holografinės interferometrijos teorija^{26,27}.

Struktūrinėje tyrimo schemoje (2 pav.) nurodyti šie pagrindiniai elementai: specialus banknotų įtvirtinimo laikiklis 1, kuriame galima banknotus įtvirtinti visu kontūru arba tik pagal dvi priešingas kraštines, taip pat nustatyti atitinkamo dydžio mechaninius įtempimus; akustinio dažnio signalų generatorius 2; akustinių bangų sužadintojas 3; 4, 5- akustinio signalo parametrų kontrolės prietaisai; He-Ne lazeris 6; optiniai elementai: 7, 9, 11- formuojantys atraminę šviesos bangą, 7, 8, 10- formuojantys objekcinę šviesos bangą; holograma 12; foto įrenginys 13.



2 pav. Struktūrinė banknotų tyrimo schema suvidurkinimo laike metodu

Pateiktos banknotų interferogramos (3 pav.) iliustruoja kokybinius tyrimo rezultatus. Kokybiško banknoto atveju (3a pav.) paviršiaus virpesio forma akivaizdžiai skiriasi nuo virpesio formos „padirbto“ banknoto atveju (3b pav.).



3 pav. Kokybiško ir padirbto banknotų interferogramos gautos suvidurkinimo laike metodu

²⁶Vasiliauskas, R.; Palevičius, A.; Ragulskis, K. *Analysis of Holographic Interferograms by Ultrasonic Piezoelectric Transducers in the Investigation of Three-Dimensional Vibrations*. Acoustical Physics. 1988. Vol.34(6). p.573-575.

²⁷Palevičius, A.; Vasiliauskas, R. *Application of Laser Interferometry and Holographic Methods for Analysis and Design of Vibrational Systems*. Virpesių mechanika ir technika. Vibroengineering: monografija. Lietuvos Mokslų akademija. - Vilnius : Lietuvos mokslas. 1998, Kn. 19, p. 358-381.

Pasirinkus atitinkamus banknoto apšvietimo ir hologramos stebėjimo kampus artimus banknoto virpesio normaline kryptimi atžvilgiu, bei atlikus atitinkamus matematinius skaičiavimus galima labai tiksliai nustatyti virpesio amplitudžių dydį abiem atvejais²⁸. Kokybiško banknoto atveju (3a pav.) maksimali viepesio amplitudė yra 0,4359 mikrono, padirbto banknoto atveju (3b pav.) yra 0,278 mikrono.

Gauti tyrimo rezultatai interferogramų pavidalu leido daryti išvadą, kad iškelta hipotezė yra teisinga. Suprantama, kiekvienas eksperimentinis tyrimo metodas turi savo privalumus ir trūkumus. Pateiktos metodikos trūkumas yra tas, kad tiriamų banknotų kupiūros turi būti naujos. Jei naudojami seni banknotai, banknotai, kurių mechaninės savybės yra pasikeitusios (suglamžyti, buvę vandenyje ir pan.) tai ir falsifikacijų aptikimo galimybė yra sudėtingesnė. Nepaisant to, tai nesumažina praktinės metodo vertės ir tai gali būti sėkmingai taikoma identifikuojant klastojimo atvejus. Apie tai, susipažinę su tyrimo rezultatais, pažymėjo Dvynių projekto “Policijos gebėjimų tirti nusikaltimus, susijusius su netikrais pinigais ir kitomis mokėjimo priemonėmis stiprinimas” LT05/IB/JH/02 ekspertai: Benoit Gosset, Belgijos centrinės kovos su netikrais pinigais įstaigos vadovas, Jean-Louis Perrier, Centrinio Prancūzijos kovos su pinigų padirbinėjimu biuro pavaduotojas operatyvinei veiklai ir mokymams ir Gerard Lacour, ES Dvynių projekto ilgalaikis ekspertas. Jų nuomone „įvertinus mokslininkų darbus, galima teigti, kad šie moksliniai tyrimai galėtų pasitarnauti euro gamybos procese ir padėtų suvienodinti euro gamybą įvairiose ES šalyse, kol kas atskirti tikriems pinigams nuo netikrų jie per sudėtingi, bet kai kurie mokslinių tyrimų elementai galėtų būti diegiami ar pritaikomi prie dabar esančių eurų tikrinimo aparatų“²⁹.

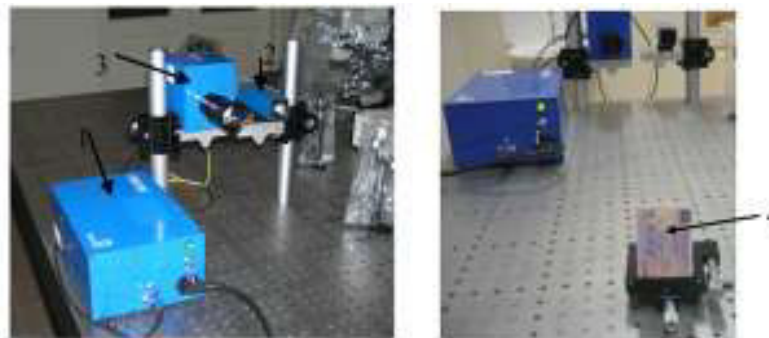
Dokumentotyros srityje taip pat atliktas tyrimas, leidžiantis įvertinti asmens tapatybę patvirtinančio dokumento autentiškumą³⁰ ar klastojimą, vienu metu visame jo plote. Realus laiko ir suvidurkinimo laike metodu buvo tiriami kelionės dokumentai (vairuotojų pažymėjimai – toliau pažymėjimai) pagaminti iš termoplastinės medžiagos, pasižyminčios tokiomis savybėmis, kaip skaidrumas, ypatingai aukštas smūginis atsparumas ir mechaninis tvirtumas. Šio tyrimo metu, kaip ir aukščiau aprašyto, buvo iškelta analogiška hipotezė. Tyrimo metu atsižvelgta į pažymėjimo (realūs matmenys – 85,7x54,1x0,8 mm) mechaninio įtvirtinimo, apkrovimo (lenkimas, sukimas, gniuždymas), virpesių sužadavimo būdus ir

²⁸ Vest Ch. *supra* note 10.

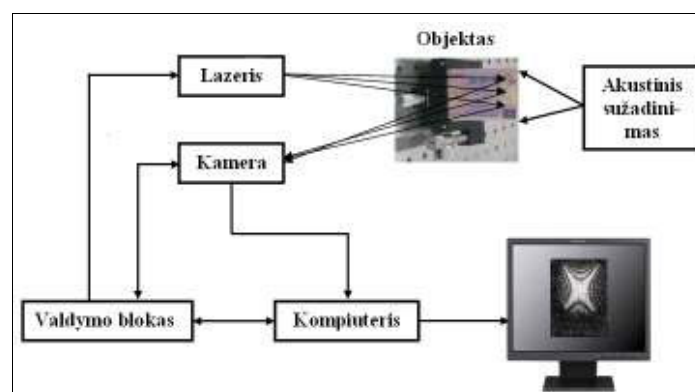
²⁹ Studijų aidai. Kauno technologijos universiteto laikraštis. 2007 m. rugsėjo 27 d. Nr. 15 (2106).

³⁰ Greičius, S.; Bubulis, A.; Vasiliauskas, R.; Jūrėnas, V. *Application of Laser Methods for Identification of Authenticity of Documents Fabricated from Thermoplastic Composite Material*. Journal of Vibroengineering. September 2010, Volume 12, Issue 3. p. 292-299.

dydžius, kurie turėjo užtikrinti grįžtamas deformacijas, o taip pat pažymėjimo paviršiuje sužadinamas nuosavas virpesio formas. Statistiniai pažymėjimų tyrimo suardančios kontrolės metodais rezultatai rodo, kad dažniausiai jie (siekiant juos suklastoti) yra pažeidžiami asmens foto atvaizdo srityje. Siekiant kuo mažiau įtakoti šią sritį mechaninio poveikio priemonėmis, buvo pasirinktas pažymėjimo tvirtinimas pagal priešingą foto atvaizdui kraštinę (pav. 4-4), kurios suspaudimo jėgos dydis ir plotas buvo vienodi visiems tiriamiems pažymėjimams. Tokiu būdu įtvirtintas ir akustiškai sužadintas pažymėjimo paviršius turėtų įgauti įvairias virpesio formas, kurios skirtusi viena nuo kitos priklausomai nuo išorinio akustinio sužadavimo šaltinio intensyvumo ir dažnio. Pagal lokalizuotų interferencinių linijų pasiskirstymą pažymėjimo paviršiuje galima būtų spręsti apie jo kokybę. Tyrimui atlikti panaudota holografinė sistema PRISM (4, 5 pav.) realizuojanti holografinės interferometrijos realaus laiko ir suvidurkinimo laike metodus.



4 pav. Holografinė sistema PRISM: 1 – valdymo blokas; 2 – objekcinio spindulio šaltinis; 3 – kamera; 4 – tiriamasis objektas – vairuotojo pažymėjimas



5 pav. Struktūrinė holografinės sistemos PRISM schema

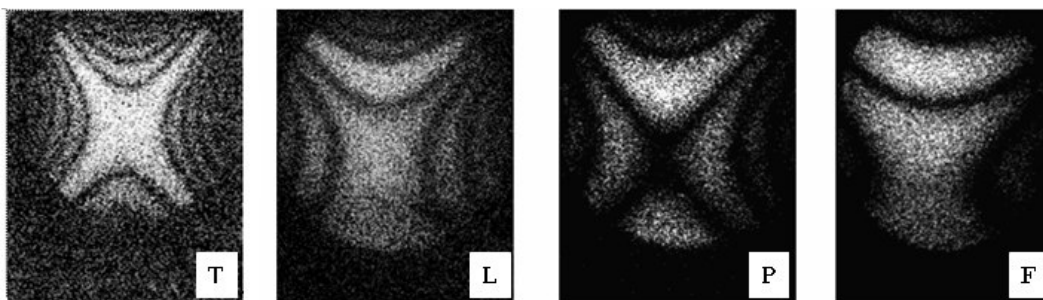
Tyrimui naudotas žalios spalvos ($\lambda=532$ nm) 20mW galingumo puslaidininkinis lazeris. Valdymo blokas objekcinį spindulį šviesolaidžiu nukreipia į optinę sistemą, kur jis yra išplečiamas ir nukreipiamas į pažymėjimą. Atraminis spindulys šviesolaidžiu patenka į video

kamerą, kur interferuoja su objektiniu spinduliu, atsispindėjusiu nuo pažymėjimo. Interferencinis vaizdas iš kameros siunčiamas į kompiuterį, kur specialios programos PRISMA-DAQ pagalba apdorojamas ir monitoriuje galima stebėti tiek dinaminis procesus vykstančius tiriamajame objekte, tiek ir deformacijas sąlygotas įvairių vidinių ir išorinių veiksnių realiame laike. PRISM sistema leidžia atlikti matavimus ir juos apdoroti mažiau nei per 5 minutes, užfiksuoja deformacijas mažesnes, nei 20 nm, matavimus galima atlikti realiame laike.

Buvo tiriami 4 pažymėjimai, vienas iš kurių buvo originalus, be jokių išorinių ir vidinių defektų, kiti trys su vidiniais defektais atsiradusiais klastojimo metu. Pirmiausiai buvo tiriamas originalus pažymėjimas. Plačiame išorinio, sužadinančio pažymėjimo virpesius, akustinio šaltinio dažnių ir intensyvumų diapazone, taikant holografines interferometrijos realaus laiko metodą, buvo stebimas interferencinių linijų pasiskirstymas pažymėjimo paviršiuje. Prie atitinkamų išorinio akustinio šaltinio dažnių (nuo 100 Hz iki 2 kHz) ir intensyvumų gautos pažymėjimo nuosavos virpesio formos (lokalizuotos jo paviršiuje interferencinių linijų pavidalu) dėl savo taisyklingo pasiskirstymo buvo pasirinktos kaip etaloninės ir buvo lyginamos su kitų tiriamų pažymėjimų gautais interferenciniais vaizdais.

Kaip pavyzdys pateikti charakteringi tyrimo rezultatai (pav. 6), leidžia įvertinti tiriamuosius pažymėjimus pagal interferencinių linijų pasiskirstymo pobūdį jų paviršiuje. Pateiktos visų keturių pažymėjimų interferogramos gautos prie to pačio išorinio, sužadinančio pažymėjimų virpesius, akustinio šaltinio dažnio, intensyvumo ir tvirtinimo būdo. Interferogramos pateiktos tokia tvarka: pirmiausiai paveiksle pateikiama interferograma pažymėjimo, kuris yra originalus, be jokių vidinių ir išorinių defektų – jis žymimas indeksu „T“, visi kiti pateikti paveiksle pažymėjimai turi vienokių ar kitokių defektų (pažeistas vidinis pažymėjimo sluoksnis, pakartotinio sujungimo defektai ir pan.). Prie paveiksle nurodytų sužadintimo šaltinio parametru, tiriamojo pažymėjimo „T“ paviršiuje gautas interferencinių linijų pasiskirstymas yra simetriškas centrinės dalies, kurioje yra asmens atvaizdas, atžvilgiu. Pažymėjimo paviršiuje sužadinti virpesiai stebimi tik kraštuose, centrinė baltos spalvos dalis per visą sužadintimo laiką buvo stabili ir joje virpesių neatsirado. Tai rodo, kad pažymėjimo vidinė struktūra ir paviršius yra nepažeisti. Eksperimentas prie tų pačių sužadintimo parametru kartojamas eilę kartų, siekiant įsitikinti gauto rezultato patikimumu. Pažymėjimų pažymėtų simboliais „L“, „P“, „F“ interferogramos akivaizdžiai skiriasi nuo etaloninės interferogramos. „L“ interferogramoje matomų interferencinių linijų pasiskirstymas yra artimas etaloniniam, tačiau akivaizdu, kad sužadinto pažymėjime virpesio amplitudė yra

žymiai mažesnė. Tai gali būti susiję su struktūriniais medžiagos, iš kurios jis pagamintas, pokyčiais. „P“ interferogramoje matomų interferencinių linijų pasiskirstymas yra priešingo pobūdžio nei etaloninio. Pažymėjime sužadintų virpesių amplitudė yra didžiausia centrinės dalies, kurioje yra asmens atvaizdas, atžvilgiu. Tai gali būti susiję su pažymėjimo sluoksnių sujungimo problema, kai centrinėje jo dalyje atsiranda makro (nuo 1 iki 2 mm²) tuštumos. „F“ interferogramoje matomų interferencinių linijų pasiskirstymas akivaizdžiai skiriasi nuo etaloninio. Iš sužadinto virpesio formos ir amplitudės galima daryti išvadą, kad pažymėjimas „F“ yra su žymiais defektais, atsiradusiais dėl jo klastojimo.



6 pav. Vairuotojo pažymėjimo virpesių formos esant išorinio akustinio virpesių sužadinimo šaltinio dažniui 417 Hz ir įtampai 20 V

Tyrimo metu gauti analogiški rezultatai bei atlikta jų analizė ir prie kitų akustinio sužadinimo šaltinio dažnių ir intensyvumų.

Svarbiausiu šio tyrimo rezultatu galima laikyti tai, kad buvo patvirtinta galimybė indentifikuoti asmens tapatybę patvirtinančio dokumento autentiškumą. Buvo nustatyti pagrindiniai pažymėjimo tvirtinimo būdai, jo virpesių sužadinimo parametrai (akustinio sužadinimo šaltinio dažnis, įtampa, atstumas iki tiriamo pažymėjimo), kurie gali būti taikytini visiems tokio tipo pažymėjimams. Pasirinktas optinės schemos elementų, tiriamo pažymėjimo ir vaizdo kameros išdėstymas holografines interferogramas registravimo metu, leido supaprastinti gautų interferogramų kiekybinę analizę³¹.

KITOS AKTUALIOS HOLORAFIJOS TAIKymo SRITYS KRIMINALISTIKOJE

Praktinės holografijos taikymo sritys kriminalistikoje yra tokios plačios, kad visas apžvelgti viename straipsnyje praktiškai yra neįmanoma, todėl šiame skyriuje atkreipsime dėmesį tik į kai kurias aktualias sritis. Naudojant ultragarso bangas galima sukurti akustinę hologramą. Garsas prasiskverbia į optiškai neskaidrius objektus, todėl akustine holograma

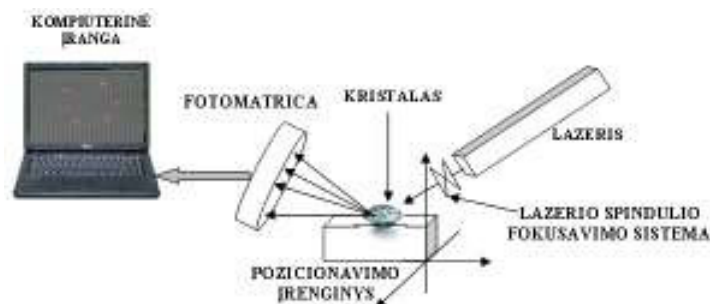
³¹ Palevičius, A., *supra* note 27.

galima sukurti trimatį vidinių objekto dalių atvaizdą, pvz.: žmogaus kūno organų, todėl yra plačios galimybės panaudoti medicinoje; restauruojant pastatus ir archeologijoje, kai reikia fiksuoti objektus ne esančius tiesioginio matymo zonoje.

Kriminalistinėje dokumentotyroje, nustatant nežymius spausdintų raidžių perstumimus ar pokrypius, tiriant rašymo popieriaus, kartono, pasų viršelių mikrostruktūrą, naudojami holografinis erdvinės filtracijos ir lazerinės liuminiscencijos metodai.

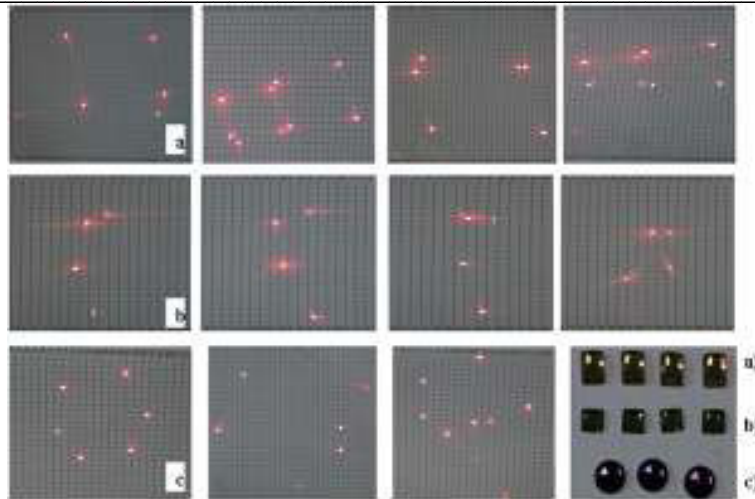
Užkertant kelią dokumentų klastojimui, pinigų padirbinėjimui ypatingai svarbią vietą užima holografinių apsaugos ženklų panaudojimas.

Holografiniai tyrimo metodai gali būti panaudoti ir kaip prevencinė priemonė siekiant užkirsti kelią galimiems nusikalstamiems veiksams³². Kaip pavyzdys, specializuota JAV firma įdiegė didelės vertės kristalų holografinius pasus, o taip pat kristalų identifikacijos metodą, pagal jų atspindėtas lazerio spindulių paliekamas žymes, kuris įgalina vienareikšmiškai identifikuoti konkrečius kristalus. Šiam identifikacijos metodui iliustruoti MRU VSF buvo sudarytas matavimo stendas (7 pav.) ir atliktas tyrimas, kurio rezultatai (8 pav.) patvirtino kristalų indentifikacijos galimybę: tokio pačio tipo kristalų atspindžiai yra akivaizdžiai skirtingi. Svarbiausias matavimo stendo elementas – pozicionavimo įrenginys, kurio pagalba identiškai, pagal tris erdvės koordinates, orientuojami kiekvieno tipo tiriami kristalai. Kristalo briaunų atspindėtos lazerio spindulių paliekamos žymės buvo stebimos ekrane ir fotografuojamos.



7 pav. Didelės vertės kristalų indentifikavimo sistemos struktūrinė schema
Sudaryta ir realizuota autoriaus kartu su MRU VSF kriminalistinės technikos ir priemonių specialistu
J. Jurčiukoniu

³² Toporkov, A.A.; Ishhenko, E.P. *Kriminalistika [Criminology]*. 2-e izd., ispr., dop., i perepab. M.: Kontrakt, INFRA-M, 2010. p. 138 [žiūrėta 2012-02-02] <<http://www.alleng.ru/d/jur/jur021.ht>>



8 pav. Vidutinės vertės kristalų pavyzdžiai a), b), c) ir atitinkamų kristalų lazerio spindulio atspindžių ekrane fonuotraumkos: eilutė a, eilutė b, eilutė c.

Kristalų atspindžius ekrane užfiksavo MRU VSF kriminalistinės technikos ir priemonių specialistas J. Jurčiukonis

IŠVADOS

Atlikta holografijos, kaip kriminalistinio vaizdo fiksavimo metodo, veikimo principų analizė parodė plačias jos galimybes atliekant įvairių kriminalistinių objektų tyrimus. Išskirti pagrindiniai šio metodo, lyginant jį su kriminalistine fotografija, privalumai leidžiantys užkirsti kelią visuomenei pavojingoms veikoms, kurios susijusios su pinigų, vertybinių popierių, dokumentų ir pramoninės gaminių klastojimu ir falsifikacija.

Išnagrinėti holografinės interferometrijos, kuri yra viena iš labiausiai išvystytų ir kriminalistinėje praktikoje taikomų holografijos krypčių, tyrimo metodai ir techninės priemonės naudojami atliekant kriminalistinius ekspertizinius tyrimus. Atlikta analizė parodė, kad sėkmingas holografinės interferometrijos metodų taikymas, atsižvelgiant į tiriamo objekto specifiką ir siekiamus gauti tyrimo rezultatus, priklauso nuo pasirinkto tyrimo metodo ir panaudotų techninių priemonių.

Atlikti tyrimai dokumentotyros srityje ir jų metu gauti rezultatai leidžia teigti, kad holografinės interferometrijos realaus laiko ir suvidurkinimo laike metodai kartu su virpesių mechanikos teorija tinkamai identifikuoja asmens tapatybę patvirtinančių dokumentų falsifikacijas ir klastotes. Tyrimo rezultatų, vizualizuojant gautas interferogramas, analizė atliekama kokybiniu ir kiekybiniu pavidalu. Įvertinami dokumentų vidiniai ir išoriniai defektai bei deformacijos, kurie atsiranda dėl nusikalstamos veikos poveikio.

LITERATŪRA

1. L R baudžiamojo proceso kodeksas (Žin., 2002, Nr. 37-1341, Aktuali redakcija 2011-12-31).
2. Denisjuk, Ju.N. i dr. *Opticheskaja golografija. Prakticheskije primenenija*. [Optical holography. Practical applications]. L.: Nauka, 1985.
3. Ginzburg, V.M.; Stepanov, B.M. *Golograficheskiye izmerenija* [Holographic measurements]. M.: Sov. Radio, 1982.
4. Greičius, S.; Bubulis, A.; Vasiliauskas, R.; Jūrėnas, V. *Application of Laser Methods for Identification of Authenticity of Documents Fabricated from Thermoplastic Composite Material*. Journal of Vibroengineering. September 2010, Volume 12, Issue 3. p. 292-299.
5. Grigorovich, V.L.; Fedorov, G.V. *Golografija v kriminalistike* [Holography in criminology]. Minsk: Amalfeja, 2003.
6. Gurevich, V.S., et al. *Golograficheskij izmeritelnyj kompleks novogo pokolenija dlja nerazrushajushhego kontrolja v promyshlennosti* [Holographic measuring complex of new generation for not destroying control in the industry]. Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk, t.6, No.1, 2004, p. 88-102.
7. Komar, V.G.; Serov, O.B. *Izobrazitel'naja golografija i golograficheskij kinematograf* [Graphic holography and holographic cinema]. M: Iskustvo, 1987.
8. Kurapka, E., et al. *Kriminalistikos technikos pagrindai*. Vilnius: Eugrimas, 1998, p 91-93.
9. Novikovienė, L.; Kažemikaitienė, E. *Kriminalistikos paskaitų tezės*. MRU Teisės fakulteto Kriminalistikos katedra. Vilnius. 2007, 21 p. [žiūrėta 2012-03-05] http://www.mruni.eu/mru_lt_dokumentai/katedros/Kriminalistikos%20katedra/2006_2007_m_m/APIE%20KATEDRA%20KATEDRA/metodinis_muitininkams.doc
10. Ostrovskij, Ju.I.; Shhepinov, V.P.; Jakovlev, V.V. *Golograficheskiye interferencionnyje metody izmerenija deformacij* [Holographic interference methods of measurement of deformations]. M.: Nauka, Gl. red. fiz-mat.lit. 1988.
11. Ostrovskij, Ju.I.; Butusov, M.M. *Golograficheskaja interferometrija* [Holographic interferometry]. M.: Nayka, 1977.
12. Palevičius, A.; Ragulskis, K.; Vasiliauskas, R.; Bubulis A. *Historical Aspects and Future Perspective of Holography in Lithuania*. The Society for Experimental Mechanics. Proceedings of the International Symposium to Commemorate the 60th Anniversary of the Invention of Holography. Sheraton Springfield Monach Place Hotel, Springfield, Massachusetts USA, October 27–29, 2008. p. 368 - 377.
13. Palevičius, A.; Vasiliauskas, R. *Application of Laser Interferometry and Holographic Methods for Analysis and Design of Vibrational Systems*. Virpesių mechanika ir technika. Vibroengineering : monografija. Lietuvos Mokslų akademija. - Vilnius : Lietuvos mokslas. 1998, Kn. 19, p. 358-381.
14. Toporkov, A.A.; Ishhenko, E.P. *Kriminalistika* [Criminology]. 2-e izd., ispr., dop., i perepab. M.: Kontrakt, INFRA-M, 2010. p. 138 [žiūrėta 2012-02-02] <http://www.alleng.ru/d/jur/jur021.htm>.
15. Vasiliauskas, R.; Palevičius, A.; Busilas, A.; Pilkauskas, K. *Strobe Holography for Interferogram of Analysis of Multimode Vibrations of Mechanical System*. Mechanika, 2011. 17(1): 78-84.
16. Vasiliauskas, R.; Palevičius, A.; Butavičius, A.; Stupak V. *Holographic –Nondestructive Inspection of Lith Banknotes*. Ultragarsas, Nr.3(520). 2004. p. 38-41.
17. Vasiliauskas, R.; Palevičius, A.; Ragulskis, K. *Analysis of Holographic Interferograms by Ultrasonic Piezoelectric Transducers in the Investigation of Three-Dimensional Vibrations*. Acoustical Physics. 1988. Vol.34(6). p.573-575.
18. Vest, Ch. *Golograficheskaja interferometrija*. [Holographic interferometry]. Per. s. angl. Pod redakcij Ju.I. Ostrovskogo. – M.: Mir, 1982.

19. Studijų aidai. Kauno technologijos universiteto laikraštis. 2007 m. rugsėjo 27 d. Nr. 15 (2106).

OPPORTUNITIES OF APPLICATION OF METHODS HOLOGRAPHIC INTERFEROMETRY FOR CRIMINALISTICS RESEARCHES

Raimondas Vasiliauskas*
Mykolas Romeris University

Summary

Increasing crime rates and making various nature of offenses, criminal investigation under modern conditions require ever more sophisticated and spectacular forensic investigation tools and techniques. One the way can improve these issues is the practical application of achievements in the holography. Holography as a research method used in various scientific and technical fields, where the main role of a light waves of diffraction and interference. In this paper presents the **major** holography, as one of the forensic image capture methods, the differences and advantages compared with forensics photography method and application opportunities of forensics research. In the article to get there its purpose - is theoretically and experimentally based on one of the practical applications of holography directions - holographic interferometry, potential as a research method for preventing, identifying and testing for public security by dangerous acts. Implementing this objective must be to meet these challenges: to explore the holographic interferometry as a research methods, concept and physical meaning, analysis of possible ways of testing the evidence, to analyze the evidence in the investigation of possible ways, the propose for realizing of technical measures discussed ways of testing, to evaluate these forthcoming results. Examined holographic interferometry to the study design and the physical meaning of the concept, analysed potential available research methods of the evidence (two-exposition, time-average, real-time, terrain contour formation) and their operating principles. Presented generated holographic stand flowchart and major items of equipment. In the experimental paragraph to give research the results in the field of document investigation. Studies have been performed in determining the monetary unit Lithuanian litas banknote counterfeiting capabilities and are perform a qualitative and quantitative analysis of the results. Another study of personal of document investigation has been made as to the authenticity of driver licenses for using of the holographic system PRISM. The obtained results suggest that the application of the methodology time-average can be authenticated quality and counterfeit documents. In the article drew attention to other possibilities of using holography in the criminalistic practice. An experiment confirming the identification of crystals in high-value opportunities.

Keywords: criminology, forensic image capture method, holography, holographic interferometry, interferograms.

Raimondas Vasiliauskas* Mykolas Romeris universiteto Viešojo saugumo fakulteto Policijos veiklos katedros docentas. Mokslinių tyrimų kryptys: biometrija, holografinė interferometrija.

Raimondas Vasiliauskas* Mykolas Romeris University Faculty of Public security, Department of Police Activities, assoc. professor. Research interests: biometrics, holographic interferometry.