

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/28



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-2150
Naslov projekta	Materiali in strukture za optično variabilne zaščitne elemente
Vodja projekta	4423 Marta Klanjšek Gunde
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4176
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	104 Kemijski inštitut
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 2324 CETIS, grafične in dokumentacijske storitve, d.d.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.22 Komunikacijska tehnologija 2.22.01 Grafična tehnologija
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.10
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.10 Nanotehnologija

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Optično variabilni zaščitni elementi sodijo med najučinkovitejše načine za zaščito izdelkov pred ponarejanjem. Temeljijo na uklonski strukturi s periodo, ki je manjša od koherentne dolžine bele svetlobe (pod 3 mikrometre). Take strukture dajejo kotno odvisne mavrične barve, ki so s prostimi očmi jasno prepoznavne, če je predmet osvetljen z usmerjeno svetlobo. Posebno visoko zaščito embalaže pred ponarejanjem dajejo polprepustne hologramske folije.

Obravnavali smo uklonske optično variabilne strukture (diffractive optically variable image devices, DOVID),

ki vodijo do polprepustnih hologramskih folij z 2D grafičnim designom. Pregledali in analizirali smo materiale, ki so potrebni za izdelavo originalne strukture DOVID, metode za nadzorovano mikronske in submikronske strukturiranje površine, možne tehnologije replikacije originalnih struktur, zaščito njihove površine in tehnologije za prenos/zapis teh struktur na končne izdelke. Posebno pozornost smo posvetili optični identifikaciji vzorcev DOVID, ki vodi do zapisa in branja njihovega videza in s tem potencialno do odkrivanja morebitnih ponaredkov.

Izdelava DOVID zahteva uporabo ustreznih materialov za (sub)mikronske strukturiranje, materialov za optično označevanje površinskega reliefa in materialov za zaščito površine. Za fotolitografske postopke in nadaljnjo replikacijo so primerni visokotemperaturno obstojni svetlobno občutljivi polimeri (fotorezisti). Uporabili smo litografijo z masko in vrstično litografijo z UV laserjem. Originalne repliciramo z elektroformingom; tako dobimo orodje za odtiskovanje. Originali, ki so pripravljene iz visokotemperaturno odpornih fotorezistov, prenesejo tudi nekaj zaporednih laminacij. Periodično mikrostrukturo je mogoče pripraviti tudi na kovinskih površinah s kratkimi ali ultrakratkimi pulznimi laserji. Metoda je obetavna, vendar zahteva nadaljnje raziskave v smeri zagotavljanja ustreznega in ponovljivega 2D designa.

Z metodami za mikrostrukturiranje smo pripravili uklonske strukture višjih redov. Ničti red je pogojen s posebno obliko submikronske strukture, ki je z razpoložljivimi metodami v okviru projekta nismo uspeli realizirati. Za izdelavo takih struktur potrebujemo litografijo z elektronskim curkom, ki je v okviru projekta nismo planirali.

Za optično označevanje površinskega mikroreliefa je potrebno uporabiti napršene tanke plasti z velikim lomnim količnikom (nad 2).

Spektrogonometrične meritve omogočajo nedestruktivno identifikacijo videza vzorcev DOVID in s tem možnost odkrivanja ponaredkov. Razmeroma majhno število merskih geometrij že lahko zadošča za konstrukcijo krivulje v goniometričnem prostoru, ki daje t.i. »prstni odtis« videza vzorca. Prednost metode je v enostavni komunikaciji množice spektralnih podatkov in v možnosti digitalne primerjave vzorca z originalom iz baze podatkov. Metoda ponuja možnost objektivnega odkrivanja ponaredkov preko meritev z ustreznim prenosnim merilnikom, programsko opremo in pripadajočo bazo podatkov.

ANG

Optically variable security devices are one of the most effective ways to protect documents and packaging against counterfeiting. They are based on diffractive grating having shorter period than coherent length of white light (3 micrometers). Such structures give an angular dependent rainbow colors clearly visible with the naked eye when the object is illuminated by a directional white light. Particularly high protection against counterfeiting of packaging is enabled by semitransparent hologram foils.

We have studied the diffractive optically variable image devices (DOVID), which give semi-holographic foils with 2D graphic design. The research included the materials required to produce the original DOVID structure, methods for controlled micron- and submicron surface structuring, suitable procedures for replication of original structures, protection of surface structures as well as technology for transfer / record these structures to final products. Particular attention was paid to the optical identification of DOVID, enabling to read their appearance with potential of detecting possible fakes.

Production of DOVID required the materials suitable for the submicron structuring, materials for optical labeling of surface topography and materials to protect the surface. Photolithographic procedures and further replication needs high temperature resistant photosensitive polymer (photoresist). We used mask lithography and scanning lithography applying the UV laser. Replication of originals was made by elektroforming, which provides also an appropriate tool for embossing. Originals prepared from high-temperature stable photoresists enable some successive laminations. Periodic microstructures were also prepared on metal surfaces using short or ultrashort pulse lasers. The new method is very promising, but requires further research to provide adequate and reproducible 2D design.

Applying microstructuring methods we have made high order diffraction structures. Zero-order diffractions are subject to a special shape of sub-micron structures which we were unable to realize within the current project possibilities and needs different approaches (e-beam lithography).

The optical identification of surface microrelief requires sputtering of thin films with the refractive index above 2.

Spectrogonometric measurements allow non-destructive inspection of DOVID appearance and possibility to detect fakes. The relatively small number of measurement geometries was sufficient for construction of the goniospectrophotometric space curve that could be regarded as appearance "fingerprint". The advantage of the method is simple communication of plethora of spectral data and possibility to compare the data of the corresponding original sample from the database stored in the computer. The method offers the possibility for detection of fakes applying portable measurement equipment, software and associated database.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Cilji in hipoteze

Cilj projekta je pregled materialov in tehnologij za pripravo optično variabilnih struktur, ki bi jih lahko uporabili za zaščito tiskovin pred ponarejanjem. Raziskave so se pričele na pobudo

sofinancerja in so prve raziskave na tem področju pri nas.

Uklonski optično variabilni zaščitni elementi (diffractive optically variable image devices, DOVID), temeljijo na uklonski strukturi s periodo, ki je manjša od koherentne dolžine bele svetlobe (pod 3 mikrometre). Take strukture dajejo kotno odvisne mavrične barve, ki so s prostimi očmi jasno vidne pri osvetlitvi z usmerjeno belo svetlobo. Vključitev DOVID v izdelke grafične tehnologije onemogoča ponaredke oziroma so ti zlahka prepoznavni zaradi bistveno spremenjenega videza. Pričakuje se, da so znanja, pridobljena pri teh raziskavah, uporabna za vključitev nanotehnoloških procesov v pripravo novih izdelkov zaščitnega tiska.

Opis raziskovanja

Raziskave smo omejili na DOVID z 2D grafičnim designom, ki omogočajo pripravo polprepustnih hologramskih folij. Analizirali smo:

- (a) materiale za izdelavo originalne strukture DOVID,
- (b) metode za nadzorovano (sub)mikronsko strukturiranje površine,
- (c) tehnologije za replikacijo originalnih struktur in prenos na končne izdelke,
- (d) zapis in branje videza DOVID in za odkrivanje ponaredkov,
- (e) uporabo DOVID v zaščitnem tisku.

(a) Izdelava strukture DOVID zahteva uporabo ustreznih materialov za (sub)mikronsko strukturiranje, materialov za optično označevanje površine in materialov za zaščito strukturirane in optično označene površine.

Strukturirani materiali morajo biti obstojni vsaj do 220°C. Temu ustrezajo površine kovinskih materialov in/ali trdih prevlek, ki jih brazdimo s pulznim laserjem. Za fotolitografske postopke smo uporabili dva svetlobno občutljiva polimera (fotorezista), AZ1505 (Clariant, Switzerland) in SU8 (MicroChem, USA). Prvi zaradi UV osvetlitve prične razpadati (pozitivni fotorezist), take dele pa v celoti odstranimo z razvijalci. Obstojnost teh struktur ne zadošča za nadaljevanje postopkov. SU8 je negativni fotorezist. Pod vplivom UV sevanja se polimerizira, neosvetljene dele pa kemijsko odstranimo. Pokazali smo, da je primeren za izdelavo replike z elektroformingom. Omogoča tudi nekaj direktnih laminacij, vendar je njihovo število premajhno za tako aplikacijo.

Optično označevanje površine DOVID dosežemo z materiali s velikim lomnim količnikom. Najboljše efekte dosežemo z naprševanjem plasti z lomnim količnikom, ki je večji od 2 (npr. ZnS, ZnSe, TiO₂, AlN). Preizkusili smo tudi tanke plasti polimernih kompozitov z nanodelci, ki povečajo lomni količnik materiala. Preveliko sipanje svetlobe na nanodelcih zabriše strukturne podrobnosti površine, povečanje lomnega količnika pa je bilo premajhno, da bi zadoščalo za optično označevanje površine.

Strukturirano površino smo zaščitili z laminacijo ustreznih zaščitnih folij.

(b) Mikrostrukturiranje površin smo izvedli s fotolitografskimi postopki v fotorezistu in s pulznimi laserji na površini kovinskih snovi.

Obravnavali smo litografijo z masko in vrstično litografijo. Določili smo pogoje, pri katerih litografija z masko daje optimalno ločljivost uklonskih struktur s periodami med 0,9 in 3 µm. Prednost postopka je nizka cena in kratek čas izdelave, slabost pa to, da je potrebno masko izdelati ločeno. Testno masko smo naročili pri proizvajalcu iz tujine, kar je za potrebe zaščitnega tiska vprašljivo, saj ne omogoča neposrednega hranjenja dizajna, kar onemogoča polno zaščito originala.

Vrstično litografijo smo izvedli z računalniško vodenim odklankanjem UV diodnega laserja, ki fokusiran na 1 µm. Ta del raziskav je bil opravljen v okviru Centra odličnosti Nanocenter. Pripravljeni so bili vzorci s periodo 1,5 – 3,5 µm, globino 0,08 - 0,24 µm in profilom od približno sinusnega do približno kvadratnega.

Periodično mikrostrukturo smo pripravili tudi z brazdenjem površin trdih prevlek (Al/Ti, Ni/Ti, TiAlN/TiN) s pikosekundnim (Nd:YAG) in femtosekundnim (Ti:safir) laserjem. Modifikacija površine s (sub)mikronsko periodo nastane zaradi absorpcije periodično modulirane laserske svetlobe pri določenem številu in trajanju pulzov ter valovni dolžini laserja. Metoda je obetavna za izdelavo DOVID struktur manjših dimenzij. Ker so tako strukturirane površine trde in termično zelo obstojne, se lahko uporabijo direktno kot orodje za odtiskovanje. S sedanjim poznavanjem postopka ni mogoče pripraviti poljubne dizajne DOVID. Ta izziv ostaja za bodoče raziskave.

(c) Podrobneje smo raziskali elektroforming za izdelavo termično in mehansko stabilnih replik. Postopek je podoben galvanskemu nanosu, a z dvema pomembnima razlikama: (i) zahtevamo

čim slabšo adhezijo do podlage, (ii) nanese plast je mnogo debelejša, da po ločevanju dobimo samostojen negativ. Negative smo uporabili kot orodje za odtiskovanje DOVID struktur v laminatorju. Na vzorčnem primeru laminacijske plošče z že izdelano gravuro smo najprej z elektroformingom naredili negativ, nato pa iz negativa spet pozitiv. Tako smo pokazali, da elektroforming omogoča replikacijo laminacijskih plošč. Vzorci so bili manjših dimenzij (15 cm), razširitev na realne tiskarske plošče pa zahteva znatno investicijo v opremo in pripadajoča tehnološka znanja.

(d) Optična identifikacija vzorcev DOVID omogoča zapis in branje videza in s tem možnost odkrivanja ponaredkov. Kotno odvisne spektre odbojnosti v vidnem delu spektra (goniospektrofotometrične meritve) lahko pretvorimo v prostorske krivulje, ki so enolični zapis videza vzorca. Razmeroma majhno število ustreznih merskih geometrij zadošča za konstrukcijo prostorske krivulje, ki je značilna za vsak vzorec in lahko predstavlja »prstni odtis« njegovega videza. Prednost metode je v enostavni komunikaciji kotno odvisnega videza in možnosti digitalne primerjave videza vzorca z originalom iz baze podatkov. To omogoča objektivno odkrivanje ponaredkov s pomočjo enostavnih prenosnih merilnikov. Gre za višji nivo od vizualne ocene, kar je predstopnja forenzičnih potrditev. Uvedba predlagane metode predstavlja izziv za bodoče raziskave na področju zaščitnega tiska.

(e) Uporabo DOVID v prirejenih tehnoloških procesih za zaščitni tisk smo preverili na vzorcih s testnimi uklonskimi strukturami. Testirali smo uspešnost laminacije, ohranjanje optičnih in zaščitnih efektov DOVID, ter kombinacijo s tiskanimi informacijami. Preverili smo tudi možnosti vodenja teh postopkov z uporabo novih tehnologij.

Ključne ugotovitve in rezultati raziskovalnega projekta

Fotorezist SU8 je primeren za fotolitografsko izdelavo DOVID originalov in replikacijo z elektroformingom. Termična obstojnost ne zadošča za zadostno število neposrednih termičnih odtisov.

Za optično označevanje površinskih struktur so najboljše napršene tanke plasti z velikim lomnim količnikom. Vmešavanje nanodelcev v polimerne osnove ni prineslo zadovoljivih učinkov.

Priprava mikrostrukturiranih površin z brazdenjem trdih prevlek s pluznimi laserji je zelo obetavna. Periodičnost strukturnih oblik je odvisna od parametrov procesa, kar omogoča nadzor in variacijo mikrostrukture. Ker so trde prevleke termično stabilne, omogočajo direktne odtise na tiskovne podlage. Razvoj in implementacija tehnologije za zaščitni tisk presega možnosti projekta.

Optična identifikacija kotno odvisnega videza predmetov je mogoča preko prostorskih goniospektrofotometričnih krivulj. Te omogočajo enostavno in zanesljivo komunikacijo kompleksnih podatkov in bistveno poenostavijo pred-forenzične preiskave s prenosnimi merilniki.

Celotni postopek DOVID z našimi rešitvami v tej fazi ni cenovno sprejemljiv za proizvodnjo.

Znanstvena spoznanja

Polimernimi kompoziti z nanodelci, ki imajo v makro dimenzijah lomni količnik večji od 2, ne omogočajo optičnega označevanja mikrostrukturirane površine. Najpomembnejša razloga sta preveliko sipanje svetlobe in premajhen lomni količnik kompozita. Zato je potrebno zmanjšati sipanje (povečati stopnjo dispergiranja in/ali zmanjšati velikost nanodelcev) in povečati lomni količnik kompozita (nanodelci z večjim lomnim količnikom).

Ena od možnosti direktne izdelave gravure je t. i. brazdenje z laserskim žarkom. Najprimernejši so pulzni laserji, kjer določamo število pulzov na dano točko, energijo pulza in stopnjo prekrivanja pulzov s točke na točko. Ob dovolj visoki energiji pride do lokalnega odparevanja materiala. Valovite ("rippling") strukture, kjer pride do spontanega nastanka serije vzporednih valov, vodijo do DOVID-podobnih struktur. Pojav je perspektiven za hitro izdelavo uklonskih struktur, vendar je direktna komercializacija povezana z dodatnimi raziskavami.

Utemeljili smo možnost zapisa videza DOVID s pomočjo prostorskih goniospektrofotometričnih krivulj, ki imajo velik znanstveni pomen za raziskave opisa kotno odvisnega videza predmetov. Naš pristop pomembno poenostavlja zapis kompleksnega videza s transformacijo množice spektralnih podatkov v goniometrični prostor. Posplošitev metode presega okvir projekta in predstavlja izziv za bodoče raziskave.

Nekatera znanstvena spoznanja smo že objavili, nekaj je v tisku in v postopkih recenzije. Razmeroma majhno število znanstvenih objav je posledica dejstva, da gre za prve raziskave na tem področju pri nas. Poudariti je pa potrebno, da je področje zaščitnega tiska iz varnostnih

razlogov zelo zaprto, kar bistveno omejuje vsakršne objave. Pridobljena znanstvena spoznanja pa so ključnega pomena za nadaljevanje raziskav na področju zaščitnega tiska in pri sorodnih raziskavah.

Učinki raziskovalnega projekta

Med najpomembnejše učinke raziskovalnega projekta sodi tesno sodelovanje raziskovalcev iz skupine pri sofinancerju in na obeh sodelujočih JRO. S poznavanjem problemov in možnosti njihovega reševanja smo opazno dvignili nivo osnovnega in tehnološkega znanja pri sofinancerju in aplikativnih znanj pri sodelujočih raziskovalnih organizacijah.

Ostali učinki:

Cetis d.d. je postal ustanovni partner Centra odličnosti Nanocenter.

Sodelavec Cetisa, mag. Vladan Mladenović, je postal mladi raziskovalec iz gospodarstva, ki se usposablja na področju strukturiranja površin kovinskih materialov. Temo smo izbrali preko raziskav na tem projektu.

Razvili smo zaščito intaglio plošč s trdimi prevlekami. V tem času se ukvarjamo s podrobnostmi patentne prijave. Gre za pomembno izboljšavo stabilnosti plošč za zaščitni tisk večjih naklad.

V temeljne raziskave smo vključili Nino Rogelj, ki je na podlagi uspešne diplomske naloge iz goniospektrofotometričnih raziskav dobila štipendijo EU za študij na mednarodnem programu »Color in Informatics and Media Technology« (CIMET), ki ga koordinira Univerza v Saint-Etienne v Franciji.

Uporaba izsledkov projekta

Znanja, ki so rezultat tega projekta, že uspešno uvajamo pri sorodnih izdelkih zaščitnega tiska (npr. površinsko zaščito intaglio plošč).

Optično identifikacijo kotno odvisnega videza predmetov širimo na druge aplikacije s podobnimi optičnimi efekti.

Fotolitografski postopki, ki smo jih uporabili pri projektu, so ena od možnosti za pripravo temperaturnih indikatorjev in senzorjev, ki zahtevajo mikrofluidične strukture.

Sodelovanja s tujimi partnerji

Raziskave mikrostrukturiranja kovinskih površin so bile opravljene v sodelovanju z Institutom za nuklearne znanosti »Vinča«, Beograd, Srbija in Oddelkom za fiziko Univerze Milano Bicocca, Italija. Tako smo kombinirali znanja iz pulznih laserjev in trdih prevlek.

Nekatere fotolitografske postopke smo izvedli s pomočjo partnerjev iz Nemčije in Romunije, ki imajo poslovno sodelovanje s sodelavci projekta.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Cilji projekta ob prijavi:

- (1) preučiti strukture in materiale za izdelavo uklonskih struktur ničtega reda,
- (2) raziskati replikacijo in nadaljnjo uporabo takih DOVID,
- (3) preučiti tehnologije za izdelavo unikatnega DOVID originala,
- (4) analiza svetlobno občutljivih materialov, ki omogočajo strukturiranje površine,
- (5) raziskava tankih plasti materialov z velikim lomnim količnikom za optično označevanje,
- (6) preučiti možne analitske metode za detekcijo ponaredkov DOVID,
- (7) določiti najprimernejše tehnološke postopke za replikacijo originalov.

(1) Realizirali smo vse potrebne materiale in uklonske strukture višjih redov, ničtemu pa smo se uspeli približati. Ta je pogojen s posebno obliko periodične sub-mikronske strukture, ki je z razpoložljivimi metodami nanostrukturiranja in v okviru izvajanja projekta ni bilo mogoče dovolj natančno realizirati.

(2) Raziskali smo možnosti replikacije originalnih struktur ter obstojnost replik in originalov za ustrezno o dolgo rabo v zaščitnem tisku. Pridobljena znanja se že uporabljajo za sorodne aplikacije.

(3) Raziskali smo vse predvidene možnosti izdelave DOVID originala in dodali pripravo periodične mikrostrukture z brazdenjem kovinskih površin s pulznimi laserji. Skrbno smo analizirali zlasti prednosti in slabosti uporabljenih metod.

(4) Preučili smo prednosti in slabosti obeh tipov fotorezistov (pozitivni in negativni). Analizirali smo povečanje obstojnosti fotolitografsko pripravljenih mikrostruktur s termično obdelavo. Termična obstojnost je nujna za izdelavo replike in za morebitno direktno uporabo pri termičnem odtiskovanju.

(5) Optično označevanje sub-mikronske periodične strukture je najbolj uspešno z naprščevanjem plasti materiala z visokim lomnim količnikom. Ugotovili smo, da so tanke plasti nanodelcev v polimerni osnovi sicer ugodnejše za uporabo v tisku, vendar so praktično neuporabne za označevanje periodične strukture DOVID.

(6) Postavili smo zelo obetavno metodo za nedestruktivno detekcijo ponaredkov. Metoda je primerna za predforenzični pregled. Omogoča primerjavo z originalom (iz baze podatkov) in komunikacijo podatkov o kompleksnem videzu. Gre za nekakšen prstni odtis videza DOVID.

(7) Raziskali smo metode za replikacijo DOVID originalov. Vse metode zahtevajo termično stabilne originale, zato smo posvetili veliko pozornost povečani obstojnosti (sub)mikronskih struktur na visoke temperature.

Vključitev testnih DOVID v izdelke zaščitnega tiska je pri obstoječih tehnoloških možnostih vprašljiva zaradi previsoke cene. Optimizacija in testiranje stabilnosti presega okvir tega projekta. Razveseljivo pa je, da je raziskovalno delo povzročilo številne izboljšave sorodnih aplikacij zaščitnega tiska.

Projekt je realiziran v skladu z raziskovalnimi tveganji, ki so običajna za prvi raziskovalni projekt na tem področju pri nas. Realizirali smo vse zastavljene cilje. Rezultati vodijo v obetavne smeri raziskav, ki jih že nadaljujemo.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Ni bilo bistvenih sprememb programa raziskovalnega projekta glede na prijavo. Sestava projektne skupine se tekom izvajanja projekta ni povečala ali zmanjšala.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	4626458	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Polprepustne hologramske folije za zaščito dokumentov
		ANG	Semitransparent hologram overlays for document security
	Opis	SLO	Analizirali smo strukturo polprepustnih hologramskih folij, ki se uporabljajo z zaščito dokumentov pred ponarejanjem. S kombinacijo mikroskopskih in spektroskopskih analiznih metod smo pokazali, da je uklonska struktura zalita v polimeru, najmanjšo periodo pa je mogoče analizirati s konfokalnim optičnim mikroskopom. Lastnosti uklonjene svetlobe smo analizirali s spektrogoniometrom. Pokazali smo korelacijo med merjenimi ukloni bele svetlobe in periodo hologramske folije. Spektrogoniometrične meritve torej je mogoče uporabiti za detekcijo periode strukture polprepustnih hologramskih fonij.
		ANG	Diffraction structure of semitransparent hologram overlays applied to prevent document forgery was analysed by a combination of microscopic and spectroscopic methods. It was shown that the diffraction structure is fully covered by a polymer. The shortest period was possible to detect by confocal optical microscope. The properties of diffracted light were analysed by spectrogoniometer; good correlation with the period of the structure was obtained. Therefore spectrogoniometric measurements may be applied to detect the period of diffraction structure inside semitransparent hologram overlays.

	Objavljeno v	Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije; Vakuumist; 2011; Letn. 31, št. 1; str. 8-14; Avtorji / Authors: Klanjšek Gunde Marta, Faktor Darijan, Čekada Miha, Paskvale Srečko, Panjan Peter, Sušin Barbara, Hauptman Nina, Friškovec Mojca	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	23406375	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Modifikacija sestave in strukture sistema WT _i /Si s kratkimi laserskimi pulzi
		ANG	Composition and structure modification of aWT _i /Si system by short laser pulses
	Opis	SLO	Izvajali smo obsevanje tankih plasti WT _i na siliciju z uporabo pikosekundnih (40 ps) laserskih pulzov laserja Nd:YAG pri valovni dolžini 532 nm in fluenci 2,1 J/cm ² . To je privedlo do znatnih sprememb kemijske sestave in morfologije površine tankih plasti WT _i . Rezultati kažejo na povečanje hrapavosti površine zaradi tvorbe koničnih struktur, ki so na dnu široke okoli 50 nm. Nastala je tudi zelo tanka plast oksida, sestavljena iz WO ₃ in TiO ₂ , kjer na vrhu prevladuje faza TiO ₂ debeline okoli 20 nm. Debelina oksidne plasti je odvisna od števila laserskih pulzov. Vzorce smo analizirali z vrstično elektronsko mikroskopijo, mikroskopijo na atomsko silo in rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo.
		ANG	Picosecond (40 ps) pulsed Nd:YAG laser irradiation of a WT _i thin film on silicon with a wavelength of 532 nm and a fluence 2.1 J/cm ² was performed in air. This led to significant changes of the chemical composition and morphology on the surface of the WT _i thin film. The results show an increase in surface roughness, due to formation of conical structures, about 50 nm wide in the base, and a very thin oxide layer composed of WO ₃ and TiO ₂ , with a dominant TiO ₂ phase at the top, within the depth of about 20 nm. The thickness of the oxide layer was dependent on the number of laser pulses. The samples were analyzed by scanning electron microscopy, atomic force microscopy, and X-ray photoelectron spectroscopy.
	Objavljeno v	Springer; Applied physics; 2010; Vol. 98, no. 4; str. 843-847; Impact Factor: 1.760;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.13; Avtorji / Authors: Petrović Suzana, Gaković Biljana, Peruško Dalibor, Radak Bojan, Desai Tara, Kovač Janez, Panjan Peter, Trtica Milan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	25629223	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Lasersko inducirana modifikacija sestave in morfologije površin
		ANG	Lasersko vzbujena modifikacija sestave in morfologije površin
	Opis	SLO	Opisani so rezultati modifikacije bimetalnih (WT _i), večplastnih (Ni/Ti) in trdih prevlek (TiAlN/TiN) z različno sestavo, strukturo in morfologijo, ki smo jih izpostavili kratkim in ultrakratkim laserskim pulzom. Uporabili smo dva pulzna laserska sistema: pikosekundni laser Nd:YAG in femtosekundni laser Ti:safir. Uporabili smo različne tehnike za karakterizacijo vzorca pred laserskim obsevanjem in po njem. Ugotovili smo, da so lasersko inducirane modifikacije odvisne od trajanja pulza, števila pulzov in valovne dolžine svetlobe. Modifikacija je povezana z znatno spremembo absorpcijskega koeficienta za lasersko svetlobo in tako vpliva na temperaturno polje v materialu in obseg sprememb lastnosti. Večji del absorbirane laserske energije se hitro pretvori v toploto, kar povzroči intenzivne spremembe v sestavi in morfologiji površine tarče. Opazili smo naslednje morfološke spremembe: (i) ablacija/luščenje materiala, (ii) pojav hidrodinamskih vzorcev na pretaljenem materialu in (iii) nastanek struktur na nanonivoju v obliki mozaikov, stožcev in zrn. Lasersko obdelavo vzorcev na zraku spremlja
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

			nastanek oksidne plasti na površini. Pri nižjih laserskih fluencah nastanejo valovite strukture, kjer je periodičnost odvisna od valovne dolžine in polarizacije uporabljene svetlobe.
		ANG	The results on surface modification of bimetal (WTi), multilayer (Ni/Ti) and hard (TiAlN/TiN) coatings with different composition, structure and morphology by exposure with short and ultra-short laser pulses are described. The pulsed laser systems were used: picosecond Nd:YAG laser and femtosecond Ti:Sapphire laser. Various analytical techniques were used for characterization of the sample before and after laser irradiation. The laser-induced modifications showed dependence on laser pulse duration, pulse count and laser wavelength. Modification is associated with significant change of the absorption coefficient for the laser radiation and thus influences the temperature field in the material and level of properties modification. The main part of the absorbed laser energy was rapidly transformed into heat, producing intensive modifications of composition and morphology on the target surface. The following morphological changes were observed: (i) ablation/exfoliation of the materials, (ii) appearance of hydrodynamic features such as resolidified material, and (iii) formation of nano-sized structures in a mosaic, cone and grain patterns. Laser treatment of samples in air is accompanied with formation of oxide layer on the surface. At lower laser fluences formation of laser induced parallel/ripple surface structures was evident, with a periodicity which depends on the wavelength and polarization of the used radiation.
	Objavljeno v	Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije; Vakuumist; 2011; Letn. 31, št. 4; str. 10-15; Avtorji / Authors: Petrović Suzana, Gaković Biljana, Čekada Miha, Kovač Janez, Peruško Davor, Panjan Peter, Trtica Milan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	v tisku	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Ustreznost goniospektrofotometričnih prostorskih krivulj za opis prstnega odtisa videza površine
		ANG	Suitability of goniospectrophotometric spce curves as appearance fingerprints
	Opis	SLO	Z linearno transformacijo prostorsko pod-dimenzionirane dvosmerne funkcije porazdelitev odbojnosti smo dobili goniospektrofotometrične prostorske krivulje. Postopek smo izvedli preko vseh merskih geometrij in za vse valovne dolžine vidne svetlobe. Dobili smo 3D krivulje, imenovane tudi xDNA grafi. Sistematska analiza 19 merskih geometrij potrjuje obstoj značilnih oblik xDNA grafov, dobljenih za površine s podobnimi optičnimi lastnostmi. To omogoča razločevanje med različno hrapavimi vzorci, interferenčnimi plastmi in različno tankimi pigmentiranimi plastmi, ki selektivno absorbirajo svetlobo. Sklepamo, da lahko spektrofotometrične prostorske krivulje služijo kot opis prstnega odtisa videza takih vzorcev.
		ANG	Goniospectrophotometric space curves were obtained by summation of spatially under-sampled bidirectional reflectance distribution function over all directions and repeating this for all wavelengths in the visible spectral region. This gives a 3D goniospectrophotometric curve called an xDNA graph. Systematic analysis applying 19 measurement geometries confirms existence of characteristic shapes of the graph for all optically similar samples. This enables distinguishing between differently rough samples, interference effect on various transparent layers and selective spectral absorption of light in differently thick pigmented coatings. Therefore the considered goniospectrophotometric space curves could serve as an appearance fingerprint of such samples.

Objavljeno v	Sprejeto v objavo v Applied Optics, 2013 Avtorji / Authors: Marta Klanjšek Gunde, Nina Rogelj
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	25217831	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nekatere možnosti za pripravo uklonskih optično variabilnih zaščitnih struktur in njihove lastnosti
		ANG	Some possibilities for preparation of diffractive optically variable security structures and their properties
	Opis	SLO	Razmeroma enostavne in lahko dostopne tiskarske tehnologije omogočajo usposobljenim ponarejevalcem izdelavo odličnih ponaredkov, ki jih je vedno težje odkrivati. Da bi to preprečili, je potrebno uvajati nove metode za zaščito dokumentov, vrednostnih predmetov in izdelkov višjih cenovnih razredov. Optično variabilne strukture sodijo med najpomembnejše elemente za zaščito pred ponaredki. Večina teh zaščitnih elementov temelji na uklonski strukturi, ki je zalita v ustrezen material. Taki uklonski optično variabilni slikovni elementi (diffractive optically variable image device, DOVID) omogočajo jasno identifikacijo optičnih lastnosti, ki jih je pri primerni osvetlitvi mogoče opaziti s prostimi očmi. Uklonske elemente, ki imajo uklone nižjih redov, ni mogoče ponarediti z uporabo najmodernejših naprav za kopiranje in skeniranje. Če s takimi elementi prekrijemo tiskane informacije, dosežemo najvišjo možno zaščito. Analizirali smo mikrostrukturo in videz komercialnih metaliziranih in polprepustnih vzorcev DOVID. Uklonsko periodo smo povezali z barvo uklonjene svetlobe v vpadni ravnini. Preprosto uklonsko strukturo master originala za pripravo DOVID smo pripravili s standardnimi fotolitografskimi postopki kot sta litografija z masko in vrstična litografija. Tanko plast UV-fotorezista smo osvetlili preko maske ali pa smo jo mikro-strukturirali z računalniško vodenim osveljevanjem s fokusiranim žarkom UV diodnega laserja. Po jedkanju neosvetljenih delov smo dobili strukturo uklonskih mrežic, ki smo jo replicirali z elektroformingom. Analizirali smo strukturo in optične lastnosti originala in replike.
		ANG	Relatively simple and easily accessible printing technologies enable well educated professional counterfeiters to make good fakes that are not easily discovered. Therefore better and better protection of various documents, trademarks and valuables against forgery is needed. Optically variable devices are among the most important elements that could protect against forgery. The majority of these security elements consist of a diffraction grating, embossed in a suitable material. Such a diffractive optically variable image device (DOVID) enables clearly identifiable optical features, which are possible to recognize by naked eye in a good illumination. The diffractive elements that have only diffractions of lowest order are practically impossible to be forged using any of modern high-resolution copy or scanning machines. If these elements are prepared as a semitransparent overlayer, the protection of the underneath information is considered to be the highest possible. Microstructure and appearance of metalized and semitransparent commercially available DOVID elements were analysed. The connection between the diffraction period and the colour of diffracted light in the plane of incidence was analysed. A simple diffraction structure of the master original for DOVID was prepared by standard photolithography used in microelectronics, and by scanning lithography. For this purpose a thin layer

		of UV-active photoresist was illuminated through a special mask or micro-structured by focused UV laser beam. After dissolving the unexposed pattern, the diffraction grating structure was obtained. It was replicated by electroforming. The structure of diffraction gratings on both originals and replicas were analysed.
Šifra	F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
Objavljeno v	[s. n.]; Book of abstracts; 2011; Str. 56; Avtorji / Authors: Klanjšek Gunde Marta, Mladenovič Vladan, Čekada Miha, Panjan Peter, Maček Marijan, Drnovšek Aljaž, Poberaj Igor, Kavčič Blaž, Sušin Barbara	
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
2.	COBISS ID	4934426 Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO Uporaba nanotehnologije pri zaščiti izdelkov pred ponarejanjem
		ANG Application of nanotechnology for protection of goods against forgery
	SLO	Predavanje, ki je bilo predstavljeno na Nanotehnološkem dnevu, obravnava problem ponaredkov in možnosti, ki jih pri zaščiti ponuja nanotehnologija. Ogromna gospodarska škoda zaradi ponarejanja izdelkov narašča vsako leto; največji porast je pri kozmetiki in igračah. Odgovornost za ponaredke nosijo proizvajalci. Pri zaščiti izdelkov pred ponarejanjem je ključnega pomena dobro zaščitena embalaža. Nanotehnologija vstopa na področje embalaže z interferenčnimi in hologramskimi pigmenti v obliki ploščic, nanodelci in hologramskimi folijami. Podrobneje je bila razložena priprava in uporaba polprepustnih hologramskih folij.
	ANG	The lecture was presented on »Nanotechnology day«. It addresses the anti-counterfeit strategies enabled by nanotechnology. The large economic loss counterfeiting goods continuously increases, largely in cosmetics and toys industry. The producers are responsible for fakes. Packaging has the largest potential in protection against forgery. Nanotechnology enters the area with interference and hologram flake-shaped pigments, nanoparticles and hologram foils. Some details were given on preparation and application of transparent hologram foils.
Šifra	F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
Objavljeno v	2012; Avtorji / Authors: Klanjšek Gunde Marta	
Tipologija	3.15 Prispevek na konferenci brez natisa	
3.	COBISS ID	4917786 Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO Preučitev struktur in materialov za pripravo master originala za optično variabilne zaščitne elemente
		ANG Study of structures and materials required to prepare master original for optically variable devices
	SLO	Študija opisuje razvoj tehnoloških postopkov za pripravo polprepustnih hologramskih zaščitnih folij. Možnosti za pripravo master originala, to je zapis uklonske strukture v svetlobno občutljiv polimer, obravnavamo z vodenim odklanjanjem laserskega žarka in s fotolitografijo (litografija z masko). Ustreznost vseh faz in uporabljenih tehnoloških postopkov merimo z uspešnostjo replikacije in vročega odtiskovanja.
	ANG	Possible technological steps needed to prepare semitransparent hologram foils for application in optical security documents were developed. Fabrication of master original includes two possibilities, laser direct imaging and mask photolithography. The suitability of both technologies and materials applied in them were analysed by the quality of replication and hot embossing.

	Šifra		F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v		Kemijski inštitut; 2011; 15 str.; Avtorji / Authors: Klanjšek Gunde Marta, Panjan Peter, Čekada Miha, Faktor Darijan, Sušin Barbara, Mladenovič Vladan, Maček Marijan	
	Tipologija		2.13 Elaborat, predštudija, študija	
4.	COBISS ID		4918042	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Spektrofotometrična identifikacija optično variabilnih zaščitnih elementov	
		ANG	Spectrophotometric identification of optically variable security devices	
	Opis	SLO	Preverili smo možnost nedestruktivne identifikacije optično variabilnih zaščitnih elementov (OVD), ki se rabijo v zaščitnem tisku. Osnovna merila metoda je uporaba prenosnega spektrogoniometra. Ker med OVD prevladujejo uklonske mrežice in iz njih izpeljane preproste strukture, je potrebno ugotoviti kako dobro jih lahko identificiramo z razpoložljivim številom največ 19 merskih geometrij. Ugotovili smo, da so take meritve OVD dovolj različne, da lahko služijo za njihovo identifikacijo. Smeri uklonov dajo usmerjenost OVD strukture. Iz spektrov odbojnosti je mogoče določiti tudi okvirne vrednosti geometrijskih parametrov uklonske strukture. Ker dajo spektrogonometrične meritve veliko več podatkov kot še tako pozorno opazovanje, so potencialno uporabne za identifikacijo originalov od ponaredkov.	
		ANG	The possibilities for nondestructive identification of optically variable devices (OVD) applied in security printing were examined applying portable spectrogoniometer. Among OVDs highly prevails diffraction gratings and simple structures deduced by combining them. The limited number of measurement geometries applied in spectrogoniometer may therefore be questionable. We have shown that applying 19 geometries suitable data were obtained to form their fingerprint. The diffraction angles provide the direction of diffraction grooves. Reflectance spectra provide the geometrical parameters of diffraction structure. The plenty of data measured by spectrogoniometer is much more abundant than any kind of visual inspection which makes these methods very interesting to differentiate originals from fakes.	
	Šifra		F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
Objavljeno v		Kemijski inštitut; 2011; 15 str.; Avtorji / Authors: Klanjšek Gunde Marta, Panjan Peter, Čekada Miha, Rogelj Nina, Sušin Barbara, Mladenovič Vladan		
Tipologija		2.13 Elaborat, predštudija, študija		
5.	COBISS ID		4934170	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Poročila ob petih - "Ni meja" - o nanotehnologiji	
		ANG	Reports at five - "No limits" - on nanotechnology	
	Opis	SLO	Uveljavljen TV termin za novice iz področja znanosti je najširši publiki posredoval podatke o novih smereh raziskav v nanotehnologiji. Poudarki so bili na pomembnih izsledkih, zanimivih aplikacijah in zlasti na poljudnem podajanju tematike.	
		ANG	TV time well established for scientific news provided information about new directions in nanotechnology research to the wide audience. The important results and interesting applications were highlighted. The descriptions were highly adopted to the corresponding public.	
	Šifra		F.30 Strokovna ocena stanja	
Objavljeno v		RTV Slovenija 1; 2012; Avtorji / Authors: Škrlec Janez, Holobar Aleš, Kobe Spomenka, Kramberger Iztok, Klanjšek Gunde Marta		
Tipologija		3.11 Radijski ali TV dogodek		

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

V okviru projekta je prišlo do tesnega sodelovanja med raziskovalno skupino Odseka za tanke plasti in površine Instituta "Jožef Stefan" in podjetjem Cetis, d. d. Plod tega sodelovanja sta dva dosežka, ki ju sicer po Cobissu zaenkrat težko ovrednotimo, saj sta v teku oziroma jih sistem COBISS ne vodi:

(1)

Mag. Vladan Mladenovič, zaposlen v Cetis, d. d., se je vpisal na doktorski študij na Mednarodno podiplomsko šolo Jožefa Stefana pod mentorstvom doc. dr. Miha Čekada z Instituta "Jožef Stefan". Oba sta bila sodelavca na projektu. Cetis, d. d., se je prijavil na razpis TIA "Mladi raziskovalec iz gospodarstva", bil pri tem uspešen in tako je mag. Mladenovič prejel financiranje doktorskega študija. Tematika njegovega doktorskega dela je strukturiranje površin kovinskih materialov, kar direktno izhaja iz spoznanj pravkar zaključenega projekta.

(2)

Med Cetis, d. d., in Odsekom za tanke plasti in površine je prišlo tudi do neformalnega sodelovanja pri razvoju postopkov za zaščito "intaglio" plošč za zaščitni tisk. Gre za pilotne preskuse nanašanja trdih prevlek na plošče, ki so izjemno zahtevni zaradi velikih dimenzij, specifičnih zahtev po kakovosti površine in mikronskih toleranc gravur. Dosedanji poskusi tiskanja zaščitnih dokumentov so bili uspešni in v pripravi imamo patentno prijavo.

Treba je poudariti, da nobeden od teh dveh dosežkov ne bi bil možen brez uspešnega dela na aplikativnem projektu in tesnega sodelovanja med raziskovalci obeh skupin.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Opravili smo interdisciplinarne raziskave, ki združujejo mikro- in nano-optiko, spektroskopijo, znanost o materialih, fiziko in kemijo tankih plasti, fotokemijo, fotolitografijo in grafično tehnologijo. Gre za prvo sintezo takih znanj pri nas. Pri tem smo obravnavali nekaj znanstvenih problemov – na tem mestu so izpostavljeni le najpomembnejši.

Izdelava uklonskih struktur ničtega reda zahteva fotolitografske postopke, ki omogočajo nanometrsko kontrolirano obliko reliefa in izjemno preciznost periode na večjih razdaljah.

Pokazali smo, da vrstična litografija z UV diodnim laserjem ne zadošča za izvedbo podrobnosti s tako visokoe natančnostjo. To spoznanje je osnova za nadaljnje raziskave na področju izdelave nanostruktur za posebne optične efekte kot je na primer uklon ničtega reda.

Pokazali smo, da je mogoče periodične (sub)mikronske strukture pripraviti tudi z brazdenjem kovinskih površin; pri ustreznih parametrih pulznega laserja namreč lahko dobimo površinske strukture, ki ustrezajo osnovnim zahtevam DOVID. Nadaljevanje teh raziskav lahko zagotovi eno najbolj perspektivnih in inovativnih metod za izdelavo DOVID, kar ima velik pomen tudi za razvoj sodobnih površinskih tehnologij. Poseben pomen opravljenih raziskav je tudi dejstvo, da gre za sintezo več področij znanosti in tehnologije, kjer je bilo doslej le malo skupnih raziskav: forenzika, modifikacija površin z laserjem in trde prevleke.

Ukvarjali smo se tudi z možnostjo priprave polimernega nanokompozita z velikim lomnim količnikom, ki bi ga lahko uporabili za polprepustno optično označevanje strukturirane površine. Pokazali smo, da osnovne metode s tega področja ne zadoščajo za pripravo materiala s tako visokimi zahtevami. Spoznanje, da sipanje na nanodelcih v plasti zamegli strukturne podrobnosti, je temelj bodočih raziskav.

Problem zapisa kompleksnega videza DOVID spada med osnovne probleme raziskav kotno odvisnega videza predmetov, to je posebne veje osnovnih raziskav na področju človeškega vida. Naša rešitev je razmeroma enostaven in enoličen zapis množice spektralnih podatkov, ki jih lahko izmerimo s prenosnimi spektrogoniometri. S transformacijo teh podatkov v goniometrični prostor dobimo prostorski »prstni odtis« videza površine. Posplošitev metode na poljubne površine in njen pomen pri osnovnih raziskavah videza površin je naloga bodočih raziskav. Z raziskavami v okviru projekta smo postavili metodo in jo uporabili na vzorcih DOVID. Glede na to, da imajo ti izjemno kompleksen prostorsko odvisen videz in ker je mogoče njihove optične lastnosti računsko napovedati, upravičeno pričakujemo, da je metoda uporabna

za opis videza površin z enostavnejšimi optičnimi učinki.

V projektu smo se ukvarjali z raziskavami s ciljem zaščititi tiskovine pred ponarejanjem. Zaradi te specifičnosti smo morali močno omejiti in ustrezno prilagoditi objave raziskovalnih rezultatov in spoznanj. Te smo uskladili s potrebami in možnostmi sofinancerja. Z raziskavami smo podrobneje seznanili domačo javnost (predavanje na Nanotehnološkem dnevu, objava v znanstveni reviji Vakuumist). S tem smo opozorili na problematiko ponaredkov in zlasti na možnost zaščite s pomočjo nanotehnoloških pristopov. Nekatere raziskovalne rezultate smo uspeli objaviti tako, da ne razkrijejo vseh podrobnosti raziskav. S tem smo prispevali ustrezen delež k razvoju znanosti.

ANG

Interdisciplinary research combining micro-and nano-optics, spectroscopy, material science, physics and chemistry of thin films, photochemistry, photolithography and graphics technology was done. This is the first synthesis of such knowledge in Slovenia. The project group has discussed also some scientific problems; the most important are exposed in the following. Creating zero-order diffraction structures requires photolithographic procedures enabling to control the shape of the surface relief in nanoscale details and extremely precise periods on longer distances. We have shown that scanning lithography with a UV diode laser is not sufficient enough to provide such details in the required precision. This forms a basis for further research in the field of nanostructures capable to provide specific optical effects such as zero order diffraction.

We have shown that sub-micron structures could be prepared with modification of metal surfaces by short laser pulses. Surface structures that meet the essential requirements DOVID structures could be obtained applying relevant parameters of laser pulses. Further research is needed to provide one of the most promising and innovative methods for making DOVID, which is of great importance for the development of modern surface technologies. Synthesis of several areas of science and technology, where there was little collaborative research so far is of particular importance: forensics, laser surface modification and hard coatings.

The possibility to prepare a polymer nanocomposite with sufficiently high refractive index for optical labelling of nano-structured surface was also analysed. It was shown that the known methods applied in this area do not enable preparation of polymer materials with such high requirements. We have shown that scattering of light on nanoparticles in layer obscures structural detail of surface; this is a good basis for our future research on the field.

Objective detecting of complex appearance of DOVID is one of the basic problems of description of optical properties of gonioapparent objects, which is a special branch of basic research in the field of human vision. Our solution shows relatively simple description of the effect, which is possible to measure by a portable goniospectrophotometer. The data are transformed into goniometric space, giving appearance fingerprint of the surface. Generalization of the method to arbitrary surfaces and its importance in basic research on appearance of complex surfaces is prepared for future research on this special field. Research carried out in the framework of the project was to develop the method and to apply it to DOVID. While they have extremely complex angular-dependent appearance which can be reasonably well calculated, it is reasonable to expect that the method is useful for describing the appearance of surfaces with less complicated optical effects.

The research required to protect printed matter against counterfeiting was done. Such a research has strongly limited publication possibilities, which have to be adjusted accordingly to protect the specific results and findings. These are in line with the needs and potential of beneficiary. However, we have informed domestic public about problems and basic findings (lecture on the "Nanotechnology Day", and publication in a scientific journal Vakuumist). Thus, we drew attention to the problem of counterfeit and in particular to the possibility to protect packaging using nanotechnology solutions. Nevertheless, we were able to publish some research results in a way not to reveal certain details of research. In this way we contributed appropriately to the development of science on this specific area.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Sofinancer predlaganega projekta je vodilno grafično podjetje za izdelavo in distribucijo

zaščitene in posebljene tiskovine v Sloveniji, na celotnem območju jugovzhodne Evrope in v večjem delu Afrike in je med nosilci svetovnih trendov na področju zaščite dokumentov. Obvladuje najmodernejše načine izmenjave, obdelave in uporabe digitaliziranih podatkov in varnostnih zaščit. Razvoj novih zaščitnih elementov in uvedba novih tehnoloških postopkov je pomembna nadgradnja obstoječih dejavnosti na področju zaščitnega tiska.

Rezultati projekta pomenijo pomemben doprinos k razvoju grafične stroke pri nas. Osvojitev znanj na tem specifičnem področju pomeni možnost uporabe teh tehnologij na več različnih tiskovinah s podobnimi zahtevami. S pomočjo novih znanj se obetajo možnosti za uvedbo unikatnih postopkov in izdelkov, kar je pogoj za utrjevanje položaja podjetja v svoji branži. Interdisciplinarne in produktno usmerjene raziskave imajo tudi velik pomen tudi za napredek vseh ostalih vej znanosti, ki so vključene na projektu. Omeniti velja zlasti nanotehnologijo, raziskave trdih prevlek, nano-optiko in raziskave kompleksnega videza predmetov.

O delu na raziskovalnem projektu smo informirali domačo strokovno in raziskovalno javnost. S tem smo opozorili na problem zaščite izdelkov pred ponarejanjem, ki je eden od zelo pomembnih elementov gospodarske uspešnosti. Te informacije in podatki o možnih zaščitah so pomembne za razvoj Slovenije, kjer mora majhno gospodarstvo zaščititi svoje produkte. Pri tem so pomembne zlasti unikatne možnosti zaščite maloserijskih izdelkov in prepoznavanja ponaredkov.

Sodelovanje raziskovalcev iz Kemijskega inštituta in Instituta »Jožef Stefan« z raziskovalci iz gospodarstva omogoča prenos najsodobnejših znanstvenih spoznanj v gospodarstvo, raziskovalcem v znanosti pa daje smernice za nadaljnje raziskave in preverjanje njihovih raziskav. V tej zvezi je potrebno poudariti predvsem pomen rezultatov, ki smo jih objavili v znanstveni periodiki (priprava mikro-periodične strukture na kovinskih površinah s pulznimi laserji in obstoj enostavnega zapisa videza predmetov), ki pomenijo velik izziv za naše raziskave v prihodnosti.

Velikega pomembna je tudi vzgoja kadrov, tako na področju grafične tehnologije, kot tudi na vseh drugih znanstvenih področjih, ki so vključene v raziskave. Sodelujoči raziskovalci so pomembno prispevali k vzgoji najvišje izobraženih kadrov za potrebe sofinancerja, posredno pa tudi domačega gospodarstva. Za raziskovalno sfero pa je pomembno, da s takimi interdisciplinarnimi raziskavami krepi povezovanje med domačimi in tujimi partnerji, ki imajo pomembna parcialna znanja na področju.

Sofinancer je prav preko tega projekta močno poglobil sodelovanje s slovensko znanostjo, kar presega že zapisane rezultate projekta. Omeniti je treba tekoče sodelovanje z Institutom "Jožef Stefan" pri zaščiti tiskarskih plošč za zaščitni tisk (velik potencialni pomen v primeru uspešne patentne zaščite) in doktorski študij sodelavca sofinancerja pod mentorstvom raziskovalca z Instituta "Jožef Stefan". Sodelovanje sofinancerja s Kemijskim inštitutom se je tekom projekta še dodatno poglobilo in intenziviralo. Prav ohranjanje tesnega stika podjetja z znanostjo zagotavlja konkurenčnost našega gospodarstva na dolgi rok.

ANG

The beneficiary of the project is a leading graphics company to produce and distribute protected and personalized printed matter in Slovenia, throughout the South-Eastern Europe and in much of Africa and is among the makers of world trends in the field of documents. It controls the most modern ways of sharing, processing and use of digitized data and security features. Development of new features and the introduction of new technologies is an important upgrade of existing activities in the field of security printing.

The results obtained during working on the project represent an important contribution to the development of graphics in our country. The new knowledge in this specific area is the possibility to use the new technologies in a variety of printed products with similar requirements. It enabled unique products and processes, which enable to strengthen the company's position in its area. Interdisciplinary and product-oriented research is also of great importance for the progress of all other branches of science involved in the project. It is worth to point out in particular nanotechnology, research on structuring of hard coatings, nano-optics and research of complex appearance of objects.

We have informed our professional and research public about the problems concerned by the project. We draw attention to the problem of protecting products against counterfeiting, which is one of the very important economic elements of which we must be aware. Information about protection possibilities is important for the development of Slovenia, where the small open economy have to protect their products. Particularly relevant are unique ways of protecting small-scale products and identifying counterfeits.

Collaboration of researchers from the National Institute of Chemistry and Institute "Jožef Stefan" with researchers from the industry enabled to transfer the latest scientific developments in industry, but researchers from institutes were provided by directions for further research and verification of their findings. The importance of results, which we published in the 4 international scientific journals (preparation of micro-periodic structures on metal surfaces with pulse lasers and the existence of the appearance fingerprints) should be stressed in particular, while they represent a great challenge for our research in the future. Great importance is also the education of researchers, both in terms of graphics technology, as well as in all other fields of science that are involved in the research. Participating researchers have made important contributions to the education of the most educated personnel for the beneficiary and, indirectly, for the domestic economy. For the research community, it is important that such interdisciplinary research strengthens the link between domestic and foreign partners with significant partial knowledge in the field. The beneficiary has greatly deepened its cooperation with the Slovenian science, which already exceeds the results obtained within the project. The ongoing cooperation with the Institute "Jožef Stefan" on the protection of printing plates for security printing (great potential importance in the case of a successful patent protection) and doctoral studies under the supervision of beneficiary associate researcher with the Institute "Jožef Stefan" should be pointed out. Cooperation with co-financier Institute of Chemistry also deepened and intensified. Close contact between science and industry ensures the competitiveness of our economy in the long run.

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih

	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE

	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

Rezultati prvega projekta na področju zaščitnega tiska pri nas so pomembni zaradi uvajanja specifičnih raziskav tega področja v Slovensko znanost in za prenos teh znanj v razvoj novih izdelkov in dvig tehnološke ravni. Opravljene so bile vse zastavljene raziskave. Nekatere so dale pomembne rezultate, ki se že uporabljajo kot osnovna znanja za načrtovanje novih izdelkov. Druga znanja, ki so bila pridobljena na projektu, bo še potrebno nadgraditi, saj bodo le tako lahko nudila konkretne rezultate, ki se bodo lahko uporabila v praksi. Glede na prvo raziskavo s tega področja ocenjujemo, da so rezultati zelo pomembni za vse sodelujoče.

12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!**Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☒	☐	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☒	
G.01.03.	Drugo: sodelovanje raziskovalcev iz industrije pri podiplomskem izobraževanju	☐	☐	☐	☒	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☒	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☒	☐	

G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje					
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije					
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti					
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost					
G.02.07.	Večji delež izvoza					
G.02.08.	Povečanje dobička					
G.02.09.	Nova delovna mesta					
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih					
G.02.11.	Nov investicijski zagon					
G.02.12.	Drugo: možnost za ohranjanje delovnih mest v grafični stroki (zaradi uvedbe novih izdelkov)					
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti					
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti					
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij					
G.03.04.	Drugo:					
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja					
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja					
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave					
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti					
G.04.05.	Razvoj civilne družbe					
G.04.06.	Drugo: sodelovanje raziskovalcev iz industrije z raziskovalci iz javnih raziskovalnih zavodov					
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura					
G.07.02.	Prometna infrastruktura					
G.07.03.	Energetska infrastruktura					
G.07.04.	Drugo:					
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

Potencialni vplivi/učinki rezultatov na visokošolsko izobraževanje se kažejo z uvedbo teh tematik kot relevantne in pomembne študijske teme na: (a) dodiplomskem izobraževanju (diplomska naloga Nina Rogelj, UL, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko) in (b) raziskave na doktorskem študiju (strukturiranje kovinskih površin, mladi raziskovalec iz industrije, mag. Vladan Mladenovič, Mednarodna podiplomska šola IJS).

Večji vpliv je na gospodarski razvoj zlasti v okviru grafične stroke.

(1) Omogočena je širitev ponudbe novih izdelkov/storitev in posledično širitev obstoječih trgov

(2) Zaradi boljše zaščite tiskovnih pripomočkov (npr. intaglio plošče) pričakujemo daljšo uporabnost, znižanje stroškov proizvodnje, zmanjšanje porabe materialov in energije, posledično tudi pričakujemo povečanje dobička, večjo konkurenčno sposobnost podjetja in večji delež izvoza ter s tem več (ohranjenih) delovnih mest.

(3) Osvojitev novih znanj in njihova uporabnost v tehnoloških procesih omogoča posodobitev dejavnosti podjetja preko tehnološkega prestrukturiranja v nove produkte grafične stroke z večjim poudarkom na nanotehnologiji in novih materialih.

Z možnostjo ohranitvijo grafične stroke pri nas (zaradi prehoda na nove izdelke) pričakujemo tudi posreden dvig kvalitete življenja pri nas (zaradi manj ukinjenih delovnih mest).

13. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

Sofinancer			
1.	Naziv	Družba Cetus, grafične in dokumentacijske storitve, d.d.	
	Naslov	Čopova 24, 3001 Celje	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	54.273,34	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	Uporaba nanotehnologije pri zaščiti izdelkov pred ponarejanjem	F.01
	2.	Preučitev struktur in materialov za pripravo master originala za optično variabilne zaščitne elemente	F.05
	3.	Spektrofotometrična identifikacija optično variabilnih zaščitnih elementov	F.02
	4.	Razvoj postopkov za zaščito površin intaglio plošč za zaščitni tisk	F.09
	5.	Nanostrukturiranje površin kovinskih materialov	F.09
Komentar		Projekt »Materiali in strukture za optično variabilne zaščitne elemente« je prvi raziskovalni projekt, pri katerem je podjetje sodelovalo aktivno (s svojimi raziskovalci) in kot sofinancer.	
		Projekt je prinesel veliko posrednih in neposrednih koristi kot na primer: • pridobitev novih znanj, informacij in veščin na področju nanotehnologije in optične identifikacije izdelkov zaščitnega tiska, • večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja podjetja za uporabo novih znanj v produktih z visoko dodano vrednostjo, • možnost za dvig tehnološke ravni proizvodnje zlasti z uvajanjem nanotehnoloških postopkov v zaščitnem tisku in sorodnih izdelkih grafične stroke, • sposobnost raziskovalcev podjetja za nov tehnološki razvoj (razvoj	

	Ocena	novih proizvodnih metod, tehnološkega procesa oz. tehnologije), • Izboljšanje nekaterih obstoječih proizvodnih metod, instrumentov oz. proizvodnih procesov. Rezultati se čutijo zlasti v razvojno-raziskovalnem sektorju, ki je dobil nov zagon in sposobnost slediti najnovejšim tehnološkim tokovom na področju uporabe nanotehnologij v zaščitnem tisku. Nov zagon čutimo tudi v komercialnem sektorju in v proizvodnji, neposredne učinke raziskav pa pričakujemo v naslednjih letih. Tu gre zlasti za sintezo nanotehnoloških znanj, ki smo jih osvojili tekom tega projekta, z novimi produkti (npr. senzorji in indikatorji), ki so gonilo novega razvoja. Raziskovalci v podjetju so se pričeli intenzivneje vključevati v različne oblike izobraževanja in osvajanja novih specialnih znanj. Na podlagi rezultatov raziskovalnega projekta pomembno izboljšujemo zaščito tiskovnih plošč za zaščitni tisk. Rezultati kažejo, da ta postopek bistveno podaljša njihovo obstojnost, kar posredno predstavlja tudi znižanje stroškov proizvodnje. Podjetje ima zelo pozitivne izkušnje z obema raziskovalnima institucijama. Stiki, ki so bili navezani s skupnim delom na projektu, so pomembni za nadaljnje sodelovanje pri pridobivanju novih znanj in za njihov prenos v tehnološki razvoj.
--	-------	---

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Z linearno transformacijo prostorsko pod-dimenzionirane dvosmerne funkcije porazdelitev odbojnosti dobimo goniospektrofotometrične prostorske krivulje. Pri ustreznem naboru merskih geometrij le-te ustrezajo kriterijem za zapis videza površine. Pokazali smo, da omogočajo razločevanje med različno hrapavimi vzorci, interferenčnimi plastmi in različno tankimi pigmentiranimi plastmi, ki selektivno absorbirajo svetlobo. Pokazali smo tudi, da so te krivulje ustrezne tudi za zapis tako kompleksnega videza kot so DOVID strukture.

Slika prikazuje SEM posnetke treh različnih površinskih oblik, pripravljenih na silicijevi rezini (A,B,C) in njihove goniospektrofotometrične krivulje (projekcije na (y,z) in (x,z) ravnino gonio-prostora). Videz polirane rezine je točka, ki leži praktično v koordinatnem izhodišču.

Spektrofotometrične prostorske krivulje lahko služijo kot opis prstnega odtisa videza vzorcev, kar ima velik potencial tudi za odkrivanje ponaredkov DOVID elementov v zaščitnem tisku.

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Ogromna gospodarska škoda zaradi ponarejanja izdelkov neprestano narašča, odgovornost zanj pa nosijo proizvajalci. Pri zaščiti izdelkov pred ponarejanjem je ključnega pomena dobro zaščitena embalaža. Razmeroma enostavne in lahko dostopne tiskarske tehnologije omogočajo izdelavo odličnih ponaredkov. Optično variabilne strukture sodijo med najpomembnejše elemente za zaščito pred ponaredki. Uklonski optično variabilni slikovni elementi (diffractive optically variable image device, DOVID) omogočajo jasno identifikacijo optičnih lastnosti, ki jih je pri primerni osvetlitvi mogoče opaziti s prostimi očmi. Uklonske elemente, ki imajo uklone nižjih redov, ni mogoče ponarediti z uporabo najmodernejših naprav za kopiranje in skeniranje. Pripravili smo uklonsko strukturo z vnaprej določeno periodo in obliko. Analizirali smo strukturo in optične lastnosti originala in replike.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe

ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS

- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Kemijski inštitut

Marta Klanjšek Gunde

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	14.3.2013
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/28

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite / prepišite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava

sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00

42-AC-AF-B8-07-CA-BC-A7-64-3A-7C-A0-B2-49-B4-1A-BC-F9-CD-33

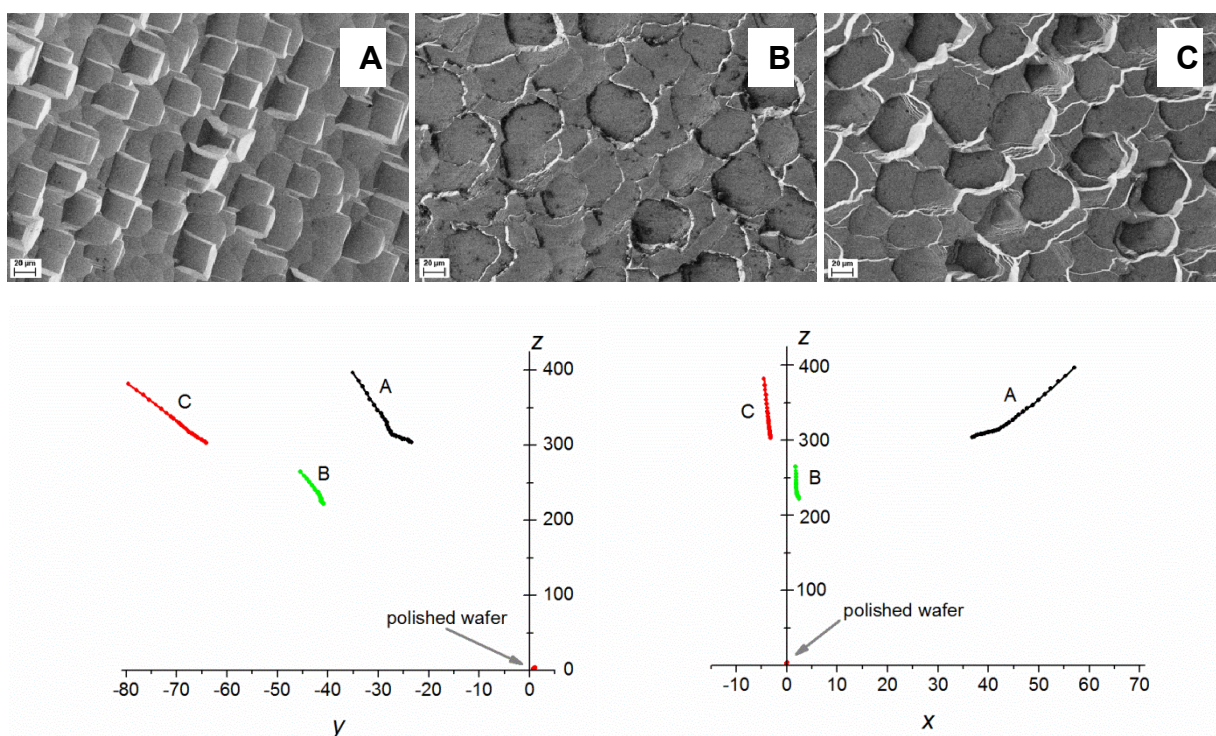
TEHNIKA L2-2150

2.22 Komunikacijska tehnologija

2.22.01 Grafična tehnologija

Goniospektrofotometrične prostorske krivulje kot prstni odtis videza površine

Marta Klanjšek Gunde, Nina Rogelj, Applied Optics 2013



Z linearno transformacijo prostorsko pod-dimenzionirane dvosmerne funkcije porazdelitev odbojnosti dobimo goniospektrofotometrične prostorske krivulje. Pri ustreznem naboru merskih geometrij le-te ustrezajo kriterijem za zapis videza površine. Pokazali smo, da omogočajo razločevanje med različno hrapavimi vzorci, interferenčnimi plastmi in različno tankimi pigmentiranimi plastmi, ki selektivno absorbirajo svetlobo. Pokazali smo tudi, da so te krivulje ustrezne tudi za zapis tako kompleksnega videza kot so DOVID strukture.

Slika prikazuje SEM posnetke treh različnih površinskih oblik, pripravljenih na silicijevi rezini (A,B,C) in njihove goniospektrofotometrične krivulje (projekcije na (y,z) in (x,z) ravnino gonio-prostora). Videz polirane rezine je točka, ki leži praktično v koordinatnem izhodišču.

Spektrofotometrične prostorske krivulje lahko služijo kot opis prstnega odtisa videza vzorcev, kar ima velik potencial tudi za odkrivanje ponaredkov DOVID elementov v zaščitnem tisku. potencial tudi za odkrivanje ponaredkov DOVID elementov v zaščitnem tisku.

TEHNIKA L2-2150

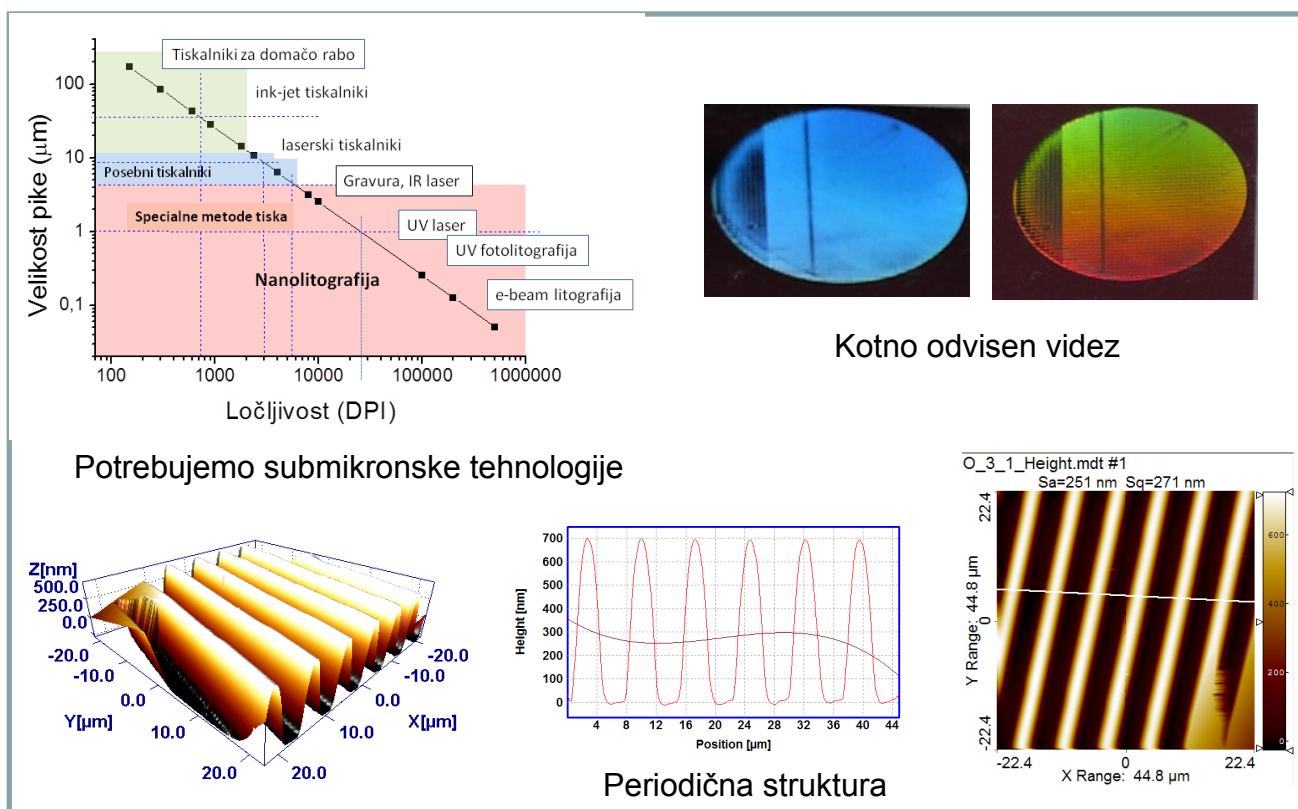
2.22 Komunikacijska tehnologija

2.22.01 Grafična tehnologija

Priprava DOVID struktur in uporaba nanotehnologije pri zaščiti pred ponarejanjem

M. Klanjšek Gunde, V. Mladenovič, M.Čekada, P. Panjan, M. Maček, A. Drnovšek, I. Poberaj, B. kavčič: SLONANO 2011, 26-28 October 2011, Ljubljana, Slovenia.,

M. Klanjšek Gunde, 8. nanotehnološki dan, Ljubljana, 22. marec 2012.



Ogromna gospodarska škoda zaradi ponarejanja izdelkov neprestano narašča, odgovornost zanj pa nosijo proizvajalci. Pri zaščiti izdelkov pred ponarejanjem je ključnega pomena dobro zaščiten embalaža. Razmeroma enostavne in lahko dostopne tiskarske tehnologije omogočajo izdelavo odličnih ponaredkov. Optično variabilne strukture sodijo med najpomembnejše elemente za zaščito pred ponaredki. Uklonski optično variabilni slikovni elementi (diffractive optically variable image device, DOVID) omogočajo jasno identifikacijo optičnih lastnosti, ki jih je pri primerni osvetlitvi mogoče opaziti s prostimi očmi. Uklonske elemente, ki imajo uklone nižjih redov, ni mogoče ponarediti z uporabo najmodernejših naprav za kopiranje in skeniranje.

Pripravili smo uklonsko strukturo z vnaprej določeno periodo in obliko. Analizirali smo strukturo in optične lastnosti originala in replike.