

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/134



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P1-0192
Naslov programa	Svetloba in snov Light and Matter
Vodja programa	3470 Martin Čopič
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	35882
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	106 Institut "Jožef Stefan" 1554 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.02 Fizika
Družbeno-ekonomski cilj	13.01 Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	1 Naravoslovne vede 1.03 Fizika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Interakcija med svetlobo in snovmi predstavlja eno od najpomembnejših področij fizike. Mnogi z njo povezani pojavi so v vrhu zanimanja osnovnih raziskav, po drugi

strani pa postajajo tehnologije, vezane na uporabo optičnih pojavov v snovi, nepogrešljive v velikem delu modernih industrij. Poleg tega so optične in spektroskopske metode med najosnovnejšimi eksperimentalnimi metodami v večjem delu fizike in znanosti o materialih. Raziskovalni program zajema tako osnovne raziskave kot tudi raziskave možnosti aplikacij v fotoniki, informacijski tehnologiji in medicini.

Program sestavljajo štirje sklopi:

1. optične raziskave pojavov in lastnosti mehke snovi;
2. raziskave koloidnih, bioloških in biomimetičnih sistemov;
3. biomedicinska optika in
4. uporaba nelinearnih optičnih pojavov v integrirani optiki in laserskih izvori.

Pri raziskavah mehke snovi se osredotočamo na optične raziskave pojavov v mehki snovi, predvsem v tekočih kristalih, suspenzijah nanodelcev v tekočih kristalih, tekočokristalnih elastomerih, polimerno dispergiranih tekočih kristalih in magnetnih tekočinah.

Drugi sklop je namenjen raziskavam koloidnih in bioloških sistemov ter mikrofluidiki. Ukvarjamo se z modeli umetnih migetalk in umetnih plavalcev, razvijamo sisteme za nekontaktno lasersko litografijo ter proučujemo spontano organizacijo molekul v tankih plasteh nukleotidov DNK.

Velika pestrost procesov interakcije svetlobe z biološkimi tkivi ponuja številne možnosti za razvoj novih neinvazivnih diagnostičnih metod, slikovnih tehnik in terapevtskih postopkov. Tak razvoj temelji na osnovnih raziskavah fizikalnih procesov pri izbrani interakciji svetloba-tkivo, numeričnem modeliranju učinkov, testiranju v namenskih laboratorijskih modelih tkiva ali vzorcih ex vivo in študijah na poskusnih živalih ter prostovoljcih.

Integrirana optika je zelo uporabna v kombinaciji z nelinearnimi optičnimi pojavi, saj omogoča nove aplikacije v spektralnem področju UV svetlobe in THz valovanja. Za te namene so še posebno primerni polprevodniki s široko režo in novi organski kristali. Proučujemo tudi možnost uporabe nelinearnih pojavov na drugih področjih in razvijamo laserske sisteme.

ANG

The interaction of light with matter is one of the most important fields of physics. Many of the phenomena are in the forefront of basic research interest, while the technologies using optical phenomena are becoming indispensable in a large part of modern industry. At the same time optical and spectroscopic methods are among the most fundamental in a large part of physics and material science. The research programme comprises fundamental research and possible applications in photonics, information technology, and medicine.

The programme is composed of four parts:

1. optical investigations of phenomena and properties of soft matter;
2. research of colloidal, biological and biomimetic systems;
3. medical applications of interactions between light and biological tissues;
4. nonlinear and integrated optics.

In soft matter research we focus on optical investigations of soft matter, mostly liquid crystals, nanoparticle suspensions in liquid crystals, liquid crystal elastomers, polymer-dispersed liquid crystals and ferrofluids.

Second part contains research of colloidal, biological and biomimetic systems. We study new models for artificial cilia and artificial swimmers, develop new systems for non-contact laser lithography, study self-assembly of DNA nucleotides and the outstanding role of guanosine for formation of thin layers.

In biomedical optics diversity of interaction processes between light and various biological tissues offers numerous possibilities for development of noninvasive diagnostic methods, imaging techniques, and therapeutic procedures. Such a development depends on research of physical and physiological processes involved in

a specific laser-tissue interaction, numerical modelling of the procedures, testing in dedicated in vitro models or ex vivo samples, and studies involving test animals or human volunteers.

Integrated optics combined with nonlinear effects has a great potential to provide new applications in the UV and THz spectral range, especially with the use of wide band-gap semiconductors and newly developed organic crystals. We also study other possible applications of non-linear optical phenomena and develop laser light sources.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

Glavni cilji programa Svetloba in snov so osnovne raziskave optičnih pojavov, proučevanje mehkih snovi z optičnimi metodami in njihova uporaba v fotoniki, informacijski tehnologiji in medicini. V programu sodelujejo raziskovalci z Instituta "Jožef Stefan" in s Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani.

Program predstavlja pomembno vez med osnovnimi raziskavami, izobraževanjem in industrijo. Rezultati raziskav so bili objavljeni v 106 znanstvenih člankih, vključno z nekaj izjemnimi objavami v najuglednejših revijah, članki zadnjih desetih let pa so bili citirani več kot 3150-krat. Preračunano na FTE nas ti podatki uvrščajo med najboljše programske skupine na področju fizike. Po drugi strani pa so tesna sodelovanja z industrijo pripeljala do razvoja novega izdelka (sistema za fotolitografijo), ki je že na tržišču, medicinske raziskave pa do razvoja novih metod pri kirurgiji kože.

Raziskave v okviru programa so bile sestavljene iz štirih obširnejših sklopov. V sklopu optičnih raziskav pojavov in lastnosti mehke snovi smo raziskovali suspenzije feromagnetnih in feroelektričnih nanodelcev v tekočih kristalih, tekočerkristalne elastomere (LCE) in magnetne tekočine. Uspeli smo pripraviti stabilno suspenzijo ploščatih nanodelcev v nematični fazi, ki se močno odziva na magnetna polja. Makroskopsko se sistem obnaša kot tekoči magnet in je prvi primer feromagnetne urejene tekočine. Proučili smo vpliv feroelektričnih delcev na fazni prehod iz nematične v smektično A fazo in ugotovili, da delci povzročijo povečanje sklopitve med smektičnim in nematičnim parametrom urejenosti in tako zmanjšajo obseg nematične faze. Proučili smo tudi viskoelastične lastnosti LCE in določili vse parametre modela polmehke elastičnosti. Kot prvi na svetu smo lahko določili nematično elastično konstanto LCE. V svetlobno občutljivem nematičnem elastomeru smo z meritvijo kotne odvisnosti uklona v Braggovem režimu in uporabo numeričnega modela analizirali dinamiko zapisa uklonske mrežice z dvema koherentnima UV snopoma, določili glavne parametre procesa ter proučili vpliv mehanskih napetosti, temperature in osvetljevanja na kakovost mrežice. Delo je bilo opravljeno v sodelovanju z Univerzami v Cambridgeu in Southamptonu (VB), Dunaju (AT), Pisi (IT), Boulderju, Colorado (ZDA), ETH Zürich (CH), Nankai Univerzo (Kitajska) in Air Force Research Laboratory, Ohio (ZDA).

Drugi sklop obsega raziskave koloidnih, bioloških in biomimetičnih sistemov. Iz koloidnih delcev smo uspešno sestavili umetne migetalkke, mikrofluidične rotorje, samourejene plasti in umetne plavalce, vse krmiljene z magnetnim poljem. Z edinstveno postavitvijo magneto-optične pincete, ki smo jo razvili in naredili v našem laboratoriju, smo izmerili tekočinske tokove, ki jih poganjajo migetalkke in rotorji, določili koeficient sklopitve med migetalkami, izračunali zamah migetalk z največjim izkoristkom in izmerili velikost sile, ki drži delec v koloidni plasti. S termoforetskimi raziskavami smo dosegli hkratno zbiranje in replikacijo molekul DNK. V sodelovanju s podjetjema LPKF in Aresis smo razvili nov sistem za izdelavo mikrostruktur, ki temelji na direktni laserski UV fotolitografiji in med drugim omogoča izdelavo koloidnih delcev poljubnih oblik z visoko magnetno susceptibilnostjo. Del raziskav je bil narejen v sodelovanju z Univerzama v Cambridgeu (VB) in Münchnu (DE) ter Laboratorijem Argonne (ZDA).

Sistematično smo proučevali tudi površinsko spontano urejanje derivatov liponukleozidov na meji zrak-voda in na različnih trdnih substratih. Ustvarili smo urejene tanke površinske plasti derivatov gvanina in spreminjali njihovo notranjo strukturo s številom lipofilnih verig in prisotnostjo ionov. Pojasnili smo nastanek G4-žic v raztopini in določili pomen skladovnega nalaganja G-kvartetov ter nastanka G-C baznih parov. Raziskave so potekale v sodelovanju s Kemijskim inštitutom, Univerzami v Ulstru (VB), Bologni in Anconi (IT).

V tretjem sklopu smo raziskovali možnosti uporabe sodelovanja svetlobe z biološkimi tkivi za medicinske namene. Razvili smo izviren numerični model optičnega transporta v koži, primeren za obravnavo kompleksnih kožnih struktur in geometrij obsevanja. Z njim smo izvedli parametrično optimizacijo inovativne terapije kožnih žilnih patologij s sekvenčnim laserskim obsevanjem in kriogenskim hlajenjem. Z optimizacijo sistema za neinvazivne meritve lasersko induciranih temperaturnih profilov v bioloških tkivih smo s tehniko sunkovne fototermalne radiometrije (SFTR) dosegli rekordno natančnost in prostorsko ločljivost metode. Za prototipni laser Nd:YAP (1342 nm) smo pokazali, da je zelo primeren za neablativno pomlajanje kože. Pokazali smo tudi primernost metode SFTR za karakterizacijo odstranjevanja tetovaž v človeški koži in individualno določitev največje varne gostote energije pri laserskem obsevanju kože. Pri začetnih raziskavah možnosti uporabe difuzno refleksijske spektroskopije smo razvili nov pristop za eliminacijo značilnega artefakta pri meritvah z integracijsko kroglo. Del raziskav je bil izveden v sodelovanju z Beckman Laser Institute na Kalifornijski Univerzi Irvine (ZDA), Naravoslovno-tehniško univerzo v Trondheimu (Norveška) in Fotono d.d., Ljubljana.

V skladu s predlogom dela smo v zadnjem sklopu proučevali nove načine generacije in prilagajanja laserske svetlobe specifičnim uporabnim področjem v ultravijoličnem in v področju THz valov. Izmerili smo optične lastnosti novih polprevodnikov s široko energijsko režo AlGaIn, ki so uporabni za optične valovode v območju od UV do IR (partner NCSU Raleigh, ZDA). Razvili smo kompakten dvofrekvenčni laser, ki deluje pri stalni razliki frekvenc 9,3 THz. S tem laserjem smo izdelali generator THz valovanja na podlagi kvazi ujemanja faz v organskem kristalu OH1. Zastavljen projekt smo uspešno zaključili, rezultate raziskav v AlGaIn pa bomo uporabili v nadaljevanju dela pri razvoju UV svetlobnih izvorov. Delo je bilo opravljeno v sodelovanju z Rainbow Photonics (CH), Université de Lorraine (FR) in CICESE (Mehika).

Učinkovito zdravljenje raka zahteva razvoj novih diagnostičnih tehnik za zaznavo in lokalizacijo celičnih sprememb v zgodnji fazi bolezni. Običajni fluorescenčni biomarkerji (t.j. organska barvila) niso primerni zaradi slabe topnosti in stabilnosti v vodi, težavnega vezanja na specifične ligande, širokih spektrov fluorescence in fotoblejitve. Kvantne pike in plazmonske nanostrukture večinoma nimajo teh omejitev, vendar so njihove optične lastnosti inherentno povezane z njihovo velikostjo. Tiste, ki fluorescirajo v zaželenem bližnje infrardečem območju (NIR), tako rade agregirajo in so praviloma prevelike za uspešno internalizacijo v celice. Njihovo fluorescenco lahko vzbudimo le z vidno ali UV svetlobo, kar ni primerno za diagnostično slikanje. Prisotnost nativnih absorberjev in močno sipanje v bioloških tkivih namreč omejujeta vdorno globino take svetlobe na <1 mm.

V okviru povečanja programa v letu 2014 smo začeli s sodelovanjem z Odsekom za sintezo materialov na Institutu Jožef Stefan (doc. D. Lisjak, prof. D. Makovec), usmerjenim v razvoj kristalnih nanostruktur (NS), dopiranih z lantanidi (Ln), s specifično kombinacijo optičnih, termalnih in kemijskih lastnosti namenjenih za navedeno aplikacijo. Študirali smo fluorescenco nanodelcev in njihovo stabilnost v vodi.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Zastavljeni cilji programa Svetloba in snov so obsegali predvsem osnovne raziskave mehke snovi z optičnimi metodami, možnost njihove uporabe v fotoniki, informacijski tehnologiji in medicini ter razvoj novih svetlobnih virov. Ocenjujemo, da smo zastavljene raziskovalne cilje dosegli in celo presegli, kar potrjujejo odlični rezultati in število objav v revijah z visokim faktorjem vpliva ter njihova odmevnost.

Cilji programa so bili razdeljeni v štiri sklope. Največji je obsegal optične raziskave pojavov v mehki snovi, predvsem v tekočih kristalih, suspenzijah nanodelcev v tekočih kristalih, tekočokristalnih elastomerih, polimerno dispergiranih tekočih kristalih in magnetnih tekočinah. Cilji raziskav na tem področju so bili daleč nad pričakovanimi, saj smo kot prvi uspeli ustvariti feromagnetne tekoče kristale, s tem potrdili več kot štirideset let staro teoretično napoved in tako odprli povsem novo široko področje raziskav. Pomembnost in izjemnost odkritja potrjuje objava v reviji Nature. Sodelavci programa smo na tem področju objavili skupno 31 znanstvenih člankov v revijah s faktorjem vpliva, med drugim tudi vabljene komentar v Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) in dva članka v Physical Review Letters.

Drugi sklop je bil namenjen raziskavam koloidnih in bioloških sistemov ter mikrofluidiki. Ustvarili smo nove modele umetnih mišic in umetnih plavalcev, razvili smo nov sistem za nekontaktno lasersko litografijo ter proučevali spontano organizacijo molekul v tanke plasti in pokazali izstopajoče lastnosti gvanosina. Poleg izjemnih objav – dva članka v reviji PNAS – je velikega pomena tudi sodelovanje s podjetjem LPKF, Laser & Electronics d. o. o. iz Naklega in izdelava končnega produkta, sistema za fotolitografijo, ki je že v začetni fazi prodaje. Cilji v tem sklopu so v veliki meri doseženi, deloma pa z izjemno uspešnim sodelovanjem z industrijo tudi preseženi. Na tem področju smo objavili 30 znanstvenih člankov.

Tretji sklop je vključeval aplikativne raziskave laserjev in optike v medicini, predvsem v kirurgiji kože. Tudi na tem področju smo tesno sodelovali s Fotono, d. o. o., ki izdeluje medicinske laserske sisteme. Cilji na tem področju so bili v celoti doseženi in preseženi, kar nakazujejo tudi objave: 34 znanstvenih člankov.

Zadnji sklop je obsegal raziskave uporabe nelinearnih optičnih pojavov in izdelavo laserskih virov. Tudi raziskave na tem področju so bile zelo uspešne in so vodile do izdelave kompaktnega dvofrekvenčnega IR laserja za THZ izvor. V sodelovanju s Fotono, d. o. o. smo razvili nove vlakenske laserje, ki jih odlikuje izredno velika moč v IR območju. Sodelavci programa smo na tem področju objavili 10 znanstvenih člankov.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Ni bilo bistvenih sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	27304231	Vir: COBISS.SI
	Naslov	Feromagnetizem v suspenzijah magnetnih ploščic v tekočem kristalu	
		Ferromagnetism in suspensions of magnetic platelets in liquid crystal	
		Prvi smo ustvarili stabilne suspenzije magnetnih ploščic v nematskem tekočem kristalu in pokazali njihovo feromagnetno obnašanje. Dobljena spontana magnetizacija se pojavi v smeri nematskega direktorja. Pri ohlajanju iz izotropne v nematsko fazo v odsotnosti zunanega magnetnega polja dobimo polidomenski vzorec z dvema tipoma domen, ki imata	

1.	Opis	SLO	magnetizacijo v nasprotnih smereh. Če pa ohladimo vzorec v nematsko fazo v prisotnosti zunanjšega magnetnega polja, dobimo enodomenski vzorec, katerega magnetizacijo lahko obračamo z zunanjim poljem. Feromagnetna faza se odziva na že na zelo majhna magnetna polja in je zato izredno uporabna v magneto-optičnih napravah. Naše raziskave so potrdile več kot štiri desetletja staro teoretično napoved o obstoju feromagnetnih tekočih kristalov in s tem odprle povsem novo področje raziskav. Članek je zato naletel tudi na izredno velik odziv, kar potrjujejo številni odmevi v strokovni in širši javnosti ter intervjuji z avtorji.	
		ANG	We were the first to create stable suspensions of nanometre-sized ferromagnetic platelets in a nematic liquid crystal and have shown that they order ferromagnetically on quenching from the isotropic phase. Cooling in the absence of a magnetic field produces a polydomain sample exhibiting domains with two opposing states of magnetization, both oriented parallel to the direction of nematic ordering. If the sample is cooled in the presence of an external magnetic field, a monodomain sample is obtained and its magnetization can be switched by domain wall movement on reversal of the applied magnetic field. This ferromagnetic phase responds to very small magnetic fields and is thus very suitable for implementation in magneto-optic devices. Our investigations confirmed more than forty-year-old theoretical prediction on the existence of ferromagnetic liquid crystals and have opened a new area of research. The publication had a large impact both on scientific community and general public, as many reports and interviews with the authors show.	
	Objavljeno v	Nature Publishing Group, a division of Macmillan Publishers; Nature; 2013; Vol. 504, no. 7479; str. 237-241; Impact Factor: 42.351;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.663; A'': 1;A': 1; WoS: RO; Avtorji / Authors: Mertelj Alenka, Lisjak Darja, Drofenik Mihael, Čopič Martin		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
	2.	COBISS ID	23251239	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Samo-sestavljene umetne migetalke	
		ANG	Self-assembled artificial cilia	
	Opis	SLO	Izdelali smo umetne migetalke in kot prvi pokazali, da jih lahko uporabimo za črpanje tekočine v mikrofluidični napravi. Sestavili smo jih iz superparamagnetnih mikronskih kroglic, ki so se v vnaprej pripravljenih kalupih oblikovale v verige. Privlačno medsebojno interakcijo smo dosegli z zunanjim magnetnim poljem, ki smo ga izkoristili tudi za krmiljenje migetalk. Vsiljevali smo periodično, vendar neregularno gibanje, ki je potrebno za zlom simetrije in s tem povezano uspešno črpanje tekočine v sistemu z nizkim Reynoldsovim številom. Na ta način smo dosegli opazen tekočinski tok nad poljem migetalk. Izmerili smo hitrost črpanja tekočine in določili hitrostni profil v odvisnosti od parametrov vrtenja. V nadaljevanju smo raziskave razširili na študij hitrostnega polja okoli ene same migetalke in na proučevanje sklopitve med sosednjimi migetalkami.	
		ANG	We created artificial cilia and demonstrated that such cilia successfully pump fluid in a microfluidic chamber. The cilia were assembled from micron-sized superparamagnetic beads and pre-manufactured trenches in a photoresist layer were used to assist the beads to form long chains. The beads were held together by an external magnetic field that was also used to drive the cilia in a periodic but non-reciprocal manner. The non-reciprocity is required since the hydrodynamics in the system is well in the low Reynolds number regime. We were able to detect and observe the generated fluid flow above a ciliated surface and measure the fluid flow velocity. The pumping velocity and the velocity profile were measured as a function of beating parameters. The research was later extended to	

			measurements of a flow field around one beating cilium and to investigations of coupling between neighbouring cilia.
	Objavljeno v		National Academy of Sciences; Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America; 2010; Vol. 107, no. 5; str. 1844-1847; Impact Factor: 9.771; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.124; A'': 1; A': 1; WoS: RO; Avtorji / Authors: Vilfan Mojca, Potočnik Anton, Kavčič Blaž, Osterman Natan, Poberaj Igor, Vilfan Andrej, Babič Dušan
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	25073447	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Določitev zamaha bioloških migetalk z optimalnim izkoristkom
		ANG	Finding the ciliary beating pattern with optimal efficiency
	Opis	SLO	Biološki sistemi praviloma delujejo z zelo visoko energijsko učinkovitostjo, vendar to na prvi pogled ne velja za migetalkarje, ki dosegajo le okoli 1% izkoristek. Z numerično simulacijo smo poiskali optimalne vzorce utripanja bioloških migetalk po kriteriju energijske učinkovitosti. Problem smo proučili na nivoju posamezne migetalke in skupine migetalk. Pokazali smo, da maksimizacija učinkovitosti posamezne migetalke vodi do valovitih, pogosto simetričnih in nekoliko kontraintuitivnih vzorcev. Optimalni vzorci utripanja goste mreže migetalk na površini so izredno podobni temu, kar opazimo pri mikroorganizmih, kakršen je na primer paramecij. Naši izračuni so pokazali, da dosega hidrodinamska učinkovitost paramecija okoli 50% teoretično možnega maksimuma. Pokazali smo tudi, da je metahrona koordinacija bistvena za učinkovito črpanje, največja učinkovitost pa je dosežena z antiplektičnimi valovi.
		ANG	Many biological systems work with an extremely high energetic efficiency, but at first glance this does not hold for ciliary propulsion, which reaches only about 1%. We numerically determined the optimal beating patterns of cilia according to their energetic efficiency. The problem was studied on both single-cilium level and infinite ciliated surface. We showed that maximising the efficiency of a single cilium leads to curly, often symmetric, and somewhat counter-intuitive patterns. When looking at a densely ciliated surface, the optimal patterns become remarkably similar to what is observed in micro-organisms like Paramecium. Our calculations have shown that the experimentally measured hydrodynamic efficiency of Paramecium reaches about 50 % of the theoretically possible maximum. We also demonstrated that metachronal coordination is essential for efficient pumping and that the highest efficiency is achieved with antiplectic waves.
	Objavljeno v		National Academy of Sciences; Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America; 2011; Vol. 108, no. 38; str. 15727-15732; Impact Factor: 9.681; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.271; A'': 1; A': 1; WoS: RO; Avtorji / Authors: Osterman Natan, Vilfan Andrej
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	22886183	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Mehki način fluktuacij v tekočerkristalnih elastomerih
		ANG	Observation of a soft mode of elastic instability in liquid crystal elastomers
			Z metodo dinamičnega sipanja svetlobe smo kot prvi raziskali mehke gibalne načine v tekočerkristalnih elastomerih in proučili pojave, povezane s takoimenovano mehko elastičnostjo. Z meritvami relaksacijskih fluktuacij direktorja kot funkcijo raztezanja elastomera nam je uspelo določiti viskoelastične konstante, obenem pa smo potrdili domnevo o obstoju mehkih gibalnih načinov, kar dokazuje pravilnost teorije M. Warnerja in E.

Opis	SLO	Terentjeva. Za razliko od tekočin in gelov je gibanje molekul v elastomerih omejeno zaradi premreženja. Klub temu pa se pri določenem kritičnem raztezu - na točki elastične nestabilnosti - elastomer obnaša kot gel, tako da majhne deformacije prečno na direktor postanejo popolnoma mehke. Pokazali smo, da je ta pojav posledica sklopitve med elastičnostjo polimernih verig ter orientacijskimi lastnostmi tekočokristalnih molekul. Naši rezultati in raziskave so tako omogočili globlje razumevanje pojavov, povezanih z mehko elastičnostjo, zavrgli prepričanja nekaterih znanstvenikov o izvoru ter pravilnosti razlage opaženih pojavov.	
	ANG	We showed for the first time that dynamic light scattering can be used as a probe to detect dynamic soft modes in liquid crystal elastomers and to study the so-called soft elasticity. We measured relaxation rate of thermally excited director fluctuations as a function of applied strain. From these measurements we were able to obtain the visco-elastic constants and confirm the existence of dynamic soft modes, which were predicted by the theory of M. Warner and E. Terentjev. In elastomers, contrary to liquids and gels, movements of molecules are constrained because of crosslinking. Yet, at a certain threshold strain - at the point of elastic instability - a small additional deformation applied perpendicular to the director is completely soft, as in gels and liquids. We have shown that this is a consequence of coupling between the elasticity of the polymer matrix and orientational properties of liquid crystals. Our results are an important contribution to the physics of liquid crystal elastomers as they explain the nature of soft elasticity and reject some of the previous believes regarding the validity of the description of the phenomena related to soft elasticity.	
	Objavljeno v	American Physical Society; Physical review letters; 2009; Vol. 103, no. 7; str. 077801-1-077801-4; Impact Factor: 7.328;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.572; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Petelin Andrej, Čopič Martin	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	2606436	Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO	Nastanek G-žic: pomen formiranja G:C baznih parov in skladovnega nalaganja G-kvartetov
		ANG	Formation of G-wires : the role of G:C-base pairing and G-quartet stacking
		SLO	Izvedli smo primerjalno študijo procesa spontane organizacije štirih sorodnih oligonukleotidov DNK v vodni raztopini. Vsi proučevani oligonukleotidi so vsebovali enako centralno sekvenco (d(GGTG4TGG)), ki povzroča formiranje G-kvadrupleksnih struktur, ter različno število in položaj zaključnih GC sekvenc. Pri raziskavah smo uporabili cirkularni dikroizem za določitev topologije in relativne orientacije kvadrupleksov, NMR spektroskopijo za identifikacijo Watson-Crickovih baznih parov ter dinamično sipanje svetlobe za določitev velikosti agregatov. Naši rezultati so pokazali, v nasprotju s predvidevanji v znanstveni literaturi, da najdaljše G-žice nastanejo pri oligonukleotidih, ki sploh ne vsebujejo zaključnih GC sekvenc. Ti oligonukleotidi se predvidoma povežejo v G-žice na osnovi skladovnega nalaganja G-kvartetov. Pokazali smo, da prisotnost d(GC) terminalne sekvence na 5' koncu oligonukleotida inducira povezovanje v relativno kratke žice, ki so osnovane na formiranju G:C:G:C kvarteta. Prisotnost d(GC) terminalne sekvence na 3' koncu oligonukleotida pa celo zavira nastanek G-žic. Izsledke raziskav bomo uporabili pri načrtovanju nanožic in bolj zapletenih struktur na osnovi G-kvadrupleksov.
			We performed a comparative study of self-assembling properties of four analogous DNA oligonucleotides in aqueous solution. All investigated oligonucleotides contained the same G-quadruplex forming core sequence (d(GGTG4TGG)) and different number and positions of GC-ends. The investigation was focused on association of quadruplexes into long one-

		ANG	dimensional aggregates known as G-wires. We used circular dichroism to determine the topology and relative orientation of G-quadruplexes, ¹ H NMR to identify Watson-Crick base pairing, and dynamic light scattering to examine the size of the G-quadruplex assemblies. In contrast to predictions found in the literature, we demonstrated that the longest G-wires are obtained from oligonucleotides with no terminal GC sequences, which assemble via stacking interactions. The presence of d(GC) terminal sequence at the 5' end of the oligonucleotide induces relatively short wire-like structures based on formation of G:C:G:C tetramer, while the presence of d(GC) terminal sequence at the 3' end of the oligonucleotide even hinders the G-wire formation. These insights will be employed to design G-quadruplex-based nanowires and more complex architectures.
	Objavljeno v		American Chemical Society; The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces; 2013; Vol. 117, iss. 44; str. 23208-23215; Impact Factor: 4.835; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; A': 1; WoS: EI, NS, PM; Avtorji / Authors: Ilc Tina, Šket Primož, Plavec Janez, Webba da Silva Mateus, Drevenšek Olenik Irena, Spindler Lea
	Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	2185572	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Mentorska in izobraževalna dejavnost
		ANG	Mentoring and training activities
	Opis	SLO	Programska skupina Svetloba in snov je intenzivno vpeta v mentorsko dejavnost in tesno povezana s Fakulteto za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in Fakulteto za strojništvo Univerze v Mariboru. Člani skupine smo bili mentorji za diplome (27), magisterije (6) in doktorate (9) s področja optike in uporabe optičnih metod v fiziki. Pri tem smo bili zelo relevantni za lokalni razvoj, saj je več kot polovica naših doktorandov po doktoratu našla zaposlitev v gospodarstvu. Poleg tega smo tudi avtorji študijskih gradiv, skript, zbirk nalog in učbenikov z recenzijo za različne stopnje izobraževanja, s čimer skrbimo za širjenje znanja in uveljavljanje slovenskega strokovnega izrazoslovja. Člani skupine smo pokrivali vse optične predmete na Fakulteti za matematiko in fiziko na prvi, drugi in tretji bolonjski stopnji študija fizike, kar nas dela nepogrešljive pri izobraževanju perspektivnega in zaposljivega kadra, saj je v Sloveniji kar nekaj visokotehnoloških podjetij, ki delujejo na področju optike. V okviru programa usposabljammo in izobražujemo strokovnjake na področju optičnih metod, sipanja svetlobe, optične spektroskopije in uporabe ter izdelave laserjev. Poleg domačih študentov in mladih raziskovalcev smo v zadnjem obdobju gostili in izobraževali tudi več doktorskih študentov iz tujine. Članica programske skupine (prof. Drevenšek) pa je bila tudi en semester gostujoča profesorica v sklopu dodiplomskega študija fizike za študente elitnih razredov na Nankai University v Tianjinu na Kitajskem.
			The research group Light and Matter is firmly interconnected with Faculty of Mathematics and Physics at the University of Ljubljana and Faculty of Mechanical Engineering, University of Maribor. Members of the group were mentors for diploma theses (27), master's theses (6) and doctoral

		dissertations (9) on the field of optics and applications of optical methods. Our contribution is very relevant for local development as more than half of our alumni found employment in the industry. We wrote several textbooks and lecture notes for different levels of education. These publications are indispensable in dissemination of knowledge and establishment of Slovenian terminology on the field of optics. Members of the group covered all optical courses on the Faculty of mathematics and physics for first, second and third cycle degrees and thus play a crucial role in education of promising and employable physicists. This is especially relevant as there are several high-tech optical companies in Slovenia. The programme group is strongly involved in training of specialists in optical methods, light scattering, optical spectroscopy and laser design. Along with training of Slovenian students and young researchers, we also hosted and trained several foreign PhD students. One member of the programme group (professor Drevenšek) spent one semester as a visiting professor at the Nankai University in Tianjin, China.	
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
	Objavljeno v	[N. Osterman]; 2009; 147 str.; Avtorji / Authors: Osterman Natan	
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
2.	COBISS ID	2665828	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Koordinacija in vodenje mednarodnih projektov
		ANG	Coordination of international projects
	Opis	SLO	Člani programske skupine smo bili koordinatorji več mednarodnih projektov in nosilci številnih bilateralnih projektov na slovenski strani. S tem smo se intenzivno vključevali v mednarodno sodelovanje in delitev dela, hkrati pa poskrbeli za promocijo države na najvišji znanstveni ravni. Izpostavimo koordinacijo dveh COST projektov: prvi je Composites of Inorganic Nanotubes and Polymers (COINAPO), COST Action No MP 0902, katerega glavna koordinatorka je bila prof. Irena Drevenšek. Ta projekt, ki je vključeval partnerje iz sedemindvajsetih držav, je bil namenjen izdelavi, karakterizaciji in uporabi novih kompozitnih materialov na osnovi anorganskih nanocevk in polimerov. V decembru 2011 smo tudi organizirali mednarodno srečanje sodelujočih raziskovalcev. Drugi večji mednarodni projekt, katerega koordinatorka je bila članica naše programske skupine (dr. Lea Spindler) je bil Self-assembled guanosine structures for molecular electronic devices, COST Action MP0802. V projektu so sodelovali partnerji iz devetnajstih držav. Raziskave v okviru projekta so vključevale sintezo, teoretično modeliranje, karakterizacijo in uporabo gvanozinskih struktur. V Sloveniji smo organizirali tri srečanja oziroma delavnice, koordinatorka projekta je bila gostujoča urednica pri posebni izdaji revije Journal of Nucleic Acids, poleg tega je bila tudi urednica knjige Guanine Quartets: Structure and Applications, ki je izšla pri RSC, London, VB (2013).
			Members of the research group were coordinators of several international projects and local principal investigators in numerous bilateral projects. We were thus strongly included in the international labour division and simultaneously contributed to the promotion of Slovenia in the scientific circles. Most notable international projects are two COST actions, both chaired by the members of our group. The first action, Composites of Inorganic Nanotubes and Polymers

			(COINAPO), COST Action No MP 0902, was chaired by professor Irena Drevenšek. This action included parties from 27 participating countries and its main objective was development, characterisation and applications of novel composite materials from inorganic nanotubes and polymers. We also organised a meeting of participating researchers in December 2011. The second action was Self-assembled guanosine structures for molecular electronic devices, COST Action MP0802, chaired by dr. Lea Spindler. This action had 19 participating countries and concentrated on synthesis, theoretical modelling, characterisation and applications of guanosine structures. We organised three meetings/workshops in Slovenia, the chair of the action was a guest editor for a special issue of Journal of Nucleic Acids, and editor of the book Guanine Quartets: Structure and Applications, published by RSC Publishing, London (2013).
	Šifra	D.01	Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
	Objavljeno v	Wiley-VCH-Verlag; Physica status solidi. A, Applications and materials science; 2013; Vol. 210, no. 11; str. 2249-2252; Impact Factor: 1.525; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; WoS: PM, UB, UK; Avtorji / Authors: McNally Tony, Drevenšek Olenik Irena	
	Tipologija	1.20	Predgovor, spremna beseda
3.	COBISS ID	25297447	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Hitri fotolitografski sistem za mikrostrukturiranje
		ANG	Rapid photolithographic system for microstructuring
	Opis	SLO	V sodelovanju s podjetjem LPKF, Laser & Electronics d. o. o. iz Naklega smo razvili nov produkt, fotolitografski sistem za nekontaktno mikrostrukturiranje LDI (laser direct imaging). Sistem je namenjen hitri izdelavi mikroskopskih struktur, ki se uporabljajo v elektroniki, mikrofluidiki in raziskavah na področju nanotehnologije in biotehnologije. Delovanje LDI temelji na tehnologiji hitrega in izjemno natančnega pozicioniranja močno fokusiranega ultravijoličnega laserskega žarka s pomočjo akustooptičnih deflektorjev, kar omogoča zelo natančno in hitro izdelavo mikrosktrukur. To ga uvršča v vrh trenutno dostopnih komercialnih sistemov in je tudi njegova bistvena prednost v primerjavi s konkurenčnimi izdelki. Prototip izdelka redno uporabljamo v tudi v našem laboratoriju pri raziskavah koloidnih in biomimetičnih sistemov. Z njim lahko izdelujemo mikrometrске delce različnih oblik, ki jih glede na zahteve poskusa lahko naredimo tudi magnetne z visoko magnetno susceptibilnostjo. Poleg znanstvenih objav, do katerih je vodila izdelava in uporaba tega sistema, je bilo v okviru sodelovanja pri razvoju LDI tudi uspešno zaključeno doktorsko usposabljanje mladega raziskovalca iz industrije.
		ANG	In collaboration with LPKF, Laser & Electronics, d. o. o., Naklo, Slovenia, we developed a new product - a photolithographic system for non-contact microstructuring LDI (laser direct imaging). The system is designed for rapid production of microscopic structures that are widely used in electronics, microfluidics, nanotechnology and bionanotechnology. The LDI employs acousto-optic deflectors for very fast and extremely accurate positioning of a strongly focused ultraviolet laser beam. This enables precise and rapid production of microstructures and is comparable with other state-of-the-art commercially available devices. The LDI system is used also in our laboratory for research of colloidal and biomimetic systems. We manufacture micrometer-sized particles of different shapes that can – if required for the experiment – be magnetic with a high magnetic susceptibility.

			The development and employment of this system lead to several scientific publications and to a successfully defended doctoral thesis of a young researcher from industry.
	Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
	Objavljeno v	Springer; Proceedings of the 2nd European Conference on Microfluidics Microfluidics 2010(MicroFlu'10), December 8-10, 2010, Toulouse, France; Microsystem technologies; 2012; Vol. 18, no. 2; str. 191-198; Impact Factor: 0.827; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.38; WoS: IQ, NS, PM, UB; Avtorji / Authors: Kavčič Blaž, Babič Dušan, Osterman Natan, Podobnik Boštjan, Poberaj Igor	
	Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	26499367	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Temperaturna profilometrija bioloških vzorcev s sunkovno fototermalno radiometrijo
		ANG	Temperature depth profiling in biological samples using pulsed photothermal radiometry
	Opis	SLO	Razvili smo unikaten sistem za brezkontaktno meritve lasersko induciranih temperaturnih profilov v bioloških tkivih s tehniko sunkovne fototermalne radiometrije (SFTR). Kot prvi smo implementirali SFTR profilometrijo z uporabo spektralno kompozitne prenosne matrike in razvili nov rekonstrukcijski algoritem. Z neenakomernim vzorčenjem signala smo dosegli rekordno natančnost in prostorsko ločljivost metode, kar smo dokazali s simulacijami in sistematičnimi meritvami na laboratorijskih modelih tkiva. Praktični potencial metode SFTR smo preverili v več klinično relevantnih aplikacijah. Z analizo interakcije prototipnega laserja Nd:YAP z valovno dolžino 1342 nm s človeško kožo smo pokazali, da se 50% energije laserskega sunka absorbira v prvih 0,36 mm kože, kar je zelo primerno za neablativno pomlajanje kože. Dokazali smo tudi velik pomen metode za študij laserskega odstranjevanja tetovaž in potencialno za objektivno vodenje posega. Razvili smo tudi nova postopka za individualno določitev največje varne gostote energije pri laserskem obsevanju človeške kože in za kvantitativno karakterizacijo masne difuzije ter biokemijske razgradnje hemoglobina v podplutbah, kar bo osnova za razvoj objektivnega postopka za določanje starosti poškodb v sodni medicini. O navedenem smo ob petih objavljenih člankih v znanstvenih revijah poročali tudi v štirih vabljenih predavanjih na mednarodnih konferencah in enem na mednarodni poletni šoli ter dveh vabljenih predavanjih na tujih univerzah.
		ANG	We have developed a unique system for non-contact measurements of laser-induced temperature profiles in biological tissues using pulsed photothermal radiometry (PPTR), which is the first to involve a spectrally composite mapping matrix. By developing an original reconstruction algorithm and novel non-uniform signal sampling, we have achieved a record-breaking accuracy and spatial resolution, as demonstrated in numerical simulations and systematic measurements in dedicated tissue phantoms. The practical potential of PPTR profiling was verified in several clinically relevant applications. Analysis of interaction of a prototype Nd:YAP laser emitting at 1342 nm with human skin has shown that 50% of the pulse energy gets absorbed in the top 0.36 mm of skin, which is very favorable for nonablative skin rejuvenation. We have also demonstrated viability of

		the technique for study of laser removal of tattoos and objective guidance of such treatment. We have developed original procedures for individual determination of the highest safe radiant exposure of human skin and for quantitative characterization of mass diffusion and biochemical decomposition of hemoglobin in traumatic hematomas, which should allow determination of the time of injury in forensic medicine. In addition to 5 papers in scientific journals, these achievements were presented in 4 invited talks at international conferences and summer schools, as well as 2 invited talks at foreign universities.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v	Liss; Lasers in surgery and medicine; 2013; Vol. 45, no. 1; str. 8-14; Impact Factor: 2.611;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.733; A': 1; WoS: YA; Avtorji / Authors: Milanič Matija, Majaron Boris
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	27579943Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Dvofrekvenčni laser za 9,3 THz izvor ANG Two-frequency laser for a 9.3 THz source
	Opis	SLO Razvili in izdelali smo delujoč dvofrekvenčni sunkovni laser v infrardečem (IR) območju. Izhodna žarka, katerih frekvenci se le malo razlikujeta, usmerimo na nelinearen organski kristal in v njem ustvarimo valovanje pri razliki frekvenc vhodnih valovanj (difference-frequency generation, DFG). Tako dobimo izvor, ki oddaja valovanje v teraherčnem frekvenčnem območju pri sobni temperaturi. Novost IR sistema je generacija obeh infrardečih žarkov v skupnem laserskem resonatorju. Žarka iz Nd:YAG (1.06 μm) in Yb:YAG (1.03 μm) kristalov združimo in časovno uklenemo s skupnim preklopnikom dobrote. Groba sinhronizacija sunkov in nastavitev njunih energij poteka z nastavitvijo premerov obeh laserskih žarkov. Natančno sinhronizacijo pa dosežemo z nastavljanjem optičnega črpanja kristalov. Kot prvi smo za generacijo teraherčnih sunkov uporabili nelinearen organski kristal OH1, ki zaradi velikega nelinearnega odziva omogoča višjo učinkovitost DFG v teraherčno območje. Zaradi nizke koherenčne dolžine (~50 μm) za 1-μm črpalno svetlobo smo uporabili sklad tankih OH1 kristalov in zagotovili kvazi ujemanje faz. Naš dvofrekvenčni IR laser oddaja 10 ns dolge sunke z energijo 1 mJ pri repetitiji 1,5 kHz, kar pri teraherčnem generatorju iz štirih OH1 kristalov generira 1 μW povprečne in 100 mW vršne teraherčne moči. Izdelava laserja in teraherčnega izvora je bila del mednarodnega projekta in naš del je bil ključen doprinos k njegovi uspešnosti. Poleg tega smo rezultate dela predstavili na petih mednarodnih srečanjih, članek je v pripravi. We developed a dual-frequency pulsed laser in the infrared (IR) range. The output beam with two similar but distinct frequencies is focused into an organic nonlinear crystal, where a third radiation at the difference of the two frequencies is generated (difference-frequency generation, DFG). Our source emits radiation in the terahertz frequency range and operates at room temperature. The novelty of the IR system is generation of both infrared rays in a common laser resonator. Beams from the Nd:YAG (1.06 μm) and Yb:YAG (1.03 μm) crystals are combined and synchronized with a common Q-switch. Coarse synchronization and energy equalization is achieved by the

	ANG	right ratio of the diameters of the two beams. Accurate synchronization is achieved by adjusting the optical pump to the laser crystals. We were the first to use the organic nonlinear crystal OH1 for the DFG into terahertz region. Due to its large nonlinear response, this crystal enables higher efficiency DFG. Because the coherence length for 1-μm pumping light is rather short ($\sim 50\text{ }\mu\text{m}$), a stack of several OH1 crystals was used in a quasi-phase matching configuration. Our dual-frequency infrared laser emits 10 ns long pulses with the energy of 1 mJ at repetition 1.5 kHz, which with a THz generator composed of four OH1 crystals generates 1 μW average and 100 mW peak terahertz power. Development of the IR laser and work on the terahertz source was our part of a large international project and significantly contributed to the project's success. We presented the results of our work on five international conferences, the summarising article is in preparation.
Šifra	F.08	Razvoj in izdelava prototipa
Objavljeno v	s. n.]; Program; 2014; Str. [25]; Avtorji / Authors: Majkić Aleksej, Petelin Andrej, Puc Uroš, Zgonik Marko	
Tipologija	1.12	Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁷

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Raziskave linearnih in nelinearnih interakcij svetlobe s snovjo so trenutno eno najbolj aktivnih področij fizike. To je deloma zaradi izjemne uporabnosti spektroskopskih in optičnih metod ne le v fiziki, temveč tudi v kemiji, biologiji, raziskavah materialov in medicini, deloma pa zaradi velikega bogastva optičnih pojavov, ki od izuma laserja pred skoraj 50 leti še do danes niso v celoti raziskani. Poleg tega se je v zadnjih dveh desetletjih zelo povečal tehnološki pomen optičnih pojavov v snovi, na primer pri prenosu, procesiranju in predstavitvi informacij, meritvah v okolju in v medicini. Tudi raziskave mehke snovi, ki zajema sisteme od delno urejenih tekočin do živih celic, se danes zelo hitro razvijajo. Program se umešča na sredino teh trendov, saj povezuje raziskave in uporabo optičnih pojavov z raziskavami mehke snovi. Rezultati programa prispevajo k svetovnemu znanju in napredku, kar se kaže predvsem v obliki znanstvenih člankov v priznanih mednarodnih revijah.

Raziskave na področju tekočih kristalov, tekočokristalnih elastomerov (TKE) in nelinearne optike dajejo rezultate, uporabne v fotoniki. To je moderno tehnološko področje, ki obeta velik napredek predvsem za informacijske tehnologije, na primer pri prenosu optičnih signalov, procesiranju ali slikovni predstavitvi podatkov. Naša raziskovalna skupina je znatno prispevala k napredku na tem področju z odkritjem feromagnetne faze v suspenziji magnetnih ploščic v tekočem kristalu, z eksperimentalno potrditvijo teorije mehke elastičnosti v TKE in s študijem primernosti svetlobno občutljivih TKE za izdelavo optičnih uklonskih mrežic.

Na področju raziskav biomimetičnih sistemov smo dosegli pomemben uspeh. Naredili smo umetne migetalk in podrobno proučili učinkovitost njihovega črpanja. Modelski sistem smo nato uporabili za razumevanje črpalnega mehanizma in hidrodinamske sinhronizacije migetalk v naravi.

G-kvadrupleksi so skupaj z encimom telomerozo odgovorni za vzdrževanje dolžine telomerov in so posledično vključeni v okoli 85% vseh rakastih obolenj. Zaradi navedenega v zadnjem času

postajajo obetavna tarča obsežnega razvoja novih zdravil proti raku. Naša študija na tem področju se je osredotočila na iskanje novih učinkovitih strategij za zunanjo regulacijo tvorbe G-kvadrupleksnih formacij ter kontrolo njihovih medsebojnih interakcij, ki so pomembne za nadaljnji napredek na poti k aplikacijam.

Raziskave na področju biomedicinske optike in laserske medicine prinašajo originalne znanstvene prispevke v svetovnem merilu. Nove optične metode za neinvazivno karakterizacijo bioloških tkiv (npr. SFTR, VRS, LSI) predstavljajo pomembno orodje za raziskave procesov in potencialno možnost za individualno vodenje terapije. Naš unikaten sistem za nekontaktne meritve lasersko induciranih temperaturnih profilov v bioloških tkivih s tehniko sunkovne fototermalne radiometrije (SFTR) ima rekordno natančnost in prostorsko ločljivost ter omogoča edinstven pristop k študiju izbranih patologij in interakcije svetlobnih sunkov z biološkimi tkivi.

Sistemi za hitro prototipno izdelavo mikrostruktur imajo pomembno vlogo na različnih raziskovalnih in tehnoloških področjih od osnovnih raziskav v nanoznanosti do razvoja tehnologij mikrofluidičnih vezij. Razvili smo nov fotolitografski sistem za nekontaktno mikrostrukturiranje LDI (laser direct imaging), ki je namenjen hitri izdelavi različnih mikroskopskih struktur.

V teraherčnem delu elektromagnetnega spektra je še mnogo prostora za nove aplikacije, npr. v prepoznavanju snovi in nedestruktivnem preizkušanju materialov. Za doseganje večje spektralne gostote so primernejši izvori, ki oddajajo daljše sunke, delujejo pa na principu generacije razlike frekvenc dveh laserskih sunkov. Izdelali smo dvofrekvenčni laser, ki v kombinaciji s THz generatorjem predstavlja pomemben korak pri razvoju takih THz virov.

ANG

Linear and nonlinear interactions of light with matter are a focal point of one of the currently most active research fields within physics. This is partly due to an extraordinary applicability of optical and spectroscopic methods not only in physics but also in chemistry, biology, material sciences, and medicine. The other significant reason is a vast variety of optical phenomena, which - even 50 years after the invention of laser - are not yet fully understood. In the last two decades, optical phenomena within matter have gained substantially in technological importance in various fields, such as optical transmission, processing and presentation of information, environmental measurements, and medicine. A rapid advance has also been seen in the soft matter research, which includes systems ranging from partially ordered liquids to living cells. This program was designed to combine observations and applications of optical phenomena with soft matter research and in most aspects contributed to the general knowledge in the form of publications in internationally recognized scientific journals.

Research in the areas of liquid crystals, liquid-crystalline elastomers (LCEs) and nonlinear optics results in advances applicable to photonics – a technological field of the utmost importance for the advancement of information technology, e. g. data transmission, processing and presentation. We significantly contributed to this field with our discovery of a ferromagnetic phase in suspensions of magnetic nanoplatelets in liquid crystals, with the experimental confirmation of the semi-soft theory of LCEs, and with the demonstration of the suitability of light-sensitive LCEs for fabrication of tunable optical diffractive structures. Our research of biomimetic systems resulted in creation of artificial cilia, accompanied with extensive studies of their pumping efficiency. The model system was used to gain insight into the pumping mechanism and hydrodynamic synchronisation of real biological cilia.

G-quadruplexes together with the enzyme telomerase are responsible for maintaining the length of telomers and are as such involved in around 85% of all cancer diseases. Consequently they are becoming widely targeted for anticancer drug design. Our systematic studies addressed the key issue of developing effective strategies aimed at external regulation of G-quadruplex folding, assembly and interactions, which are important for further progress of potential applications.

Research in the field of clinical use of lasers in medicine brings an original and globally important contribution to biomedical optics. New optical methods for non-invasive characterization of biological tissues (SFTR, VRS, LSI) provide an important tool in the overall

assessment of the therapy process and are used in individualizing the therapy. Our unique system for non-contact measurements of laser-induced temperature profiles in biological tissues has a record breaking accuracy and spatial resolution, and it offers a unique approach to studies of selected pathologies and laser-tissue interactions.

Fabrication of micro and nanostructures plays an important role in different research and technology areas ranging from fundamental nanoscience to lab on a chip system design. We designed a new photolithographic system for non-contact microstructuring LDI (laser direct imaging), which enables precise and rapid production of a variety of microstructures.

Terahertz radiation offers a broad range of applications in chemical sensing and non-destructive testing of materials impenetrable by infrared or visible light. To obtain reasonable power at a certain THz frequency, a narrower band pulsed output with high beam peak power is preferred. We developed a dual frequency pulsed laser, which combined with a THz generator composed of several OH1 crystals, which represents a significant step forward towards such THz source.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Raziskovalni program Svetloba in snov je za Slovenijo pomemben, ker zagotavlja vzdrževanje stika s svetom na znanstveno-raziskovalnem področju, ki ima širok pomen tako v osnovni znanosti kot tudi v tehnologiji in daje osnovo za pouk mladih strokovnjakov. Pridobljeno znanje na področju tekočih kristalov, modernih kompozitnih materialov, biofizike in fizike površin, aplikacij v laserski tehniki, optoelektroniki in uporabi laserjev v medicini lahko izrabi tudi slovensko gospodarstvo. Omogoča pa tudi vključevanje Slovenije v evropske in druge mednarodne raziskovalne programe. Pri tem je treba poudariti, da je značilnost raziskav tesna povezanost osnovne znanosti in aplikacij, kar omogoča hitro prehajanje raziskovalcev iz znanosti v tehnološko prakso. Tesen stik s svetom, ki ga gojimo raziskovalci na programu, zagotavlja, da se program lahko vključuje v mednarodne raziskave.

V Sloveniji imamo razvito optoelektronsko industrijo, s katero je program tesno povezan. Program zagotavlja usposobljene mlade strokovnjake in nova znanja, kar je bistveno za ohranjanje konkurenčnosti v svetu. Dosedanje delo raziskovalcev v skupini je že konkretno prispevalo k razvoju laserjev in njihove uporabe v okviru delovanja podjetja Fotona d.d.. V sodelovanju s podjetjem LPKF, Laser & Elektronika, d.o.o., razvijamo nove laserske litografske tehnike. Na področju tekočiekristalnih preklopnikov smo že v preteklosti plodno sodelovali z uspešnim podjetjem Balder. Raziskave nelinearnih optičnih pojavov, laserskih sistemov in uporabe laserjev v medicini so podpora razvoju in se lahko tudi direktno prenesejo v medicinsko prakso. Raziskave na področju biomimetike in molekularne biofizike so ene prvih te vrste v državi in predstavljajo priložnost za razvoj bionanotehnološkega področja pri nas.

Raziskovalna skupina je intenzivno vpeta v mentorsko dejavnost in tesno povezana s Fakulteto za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in Fakulteto za strojništvo Univerze v Mariboru. Člani skupine smo bili mentorji za diplome, magisterije in doktorate s področja optike in uporabe optičnih metod v fiziki. Pri tem smo zelo relevantni za lokalni razvoj, saj je več kot polovica naših doktorandov po doktoratu našla zaposlitev v gospodarstvu. V okviru programa usposabljam in izobražujem strokovnjake na področju optičnih metod, sipanja svetlobe, optične spektroskopije in uporabe ter izdelave laserjev. Poleg domačih študentov in mladih raziskovalcev smo gostili in izobraževali tudi doktorske študente iz tujine.

Poleg tega smo tudi avtorji študijskih gradiv, skript, zbirk nalog in učbenikov z recenzijo za različne stopnje izobraževanja, s čemer skrbimo za širjenje znanja in uveljavljanje slovenskega strokovnega izrazoslovja. Člani skupine pokrivamo vse optične predmete na Fakulteti za matematiko in fiziko na prvi, drugi in tretji bolonjski stopnji študija fizike, kar nas dela nepogrešljive pri izobraževanju perspektivnega in zaposljivega kadra.

V okviru programa teče tudi neposredno sodelovanje med raziskovalci z univerze in z inštitutov, kar prinaša uspešnejše povezovanje raziskovalnega z izobraževalnim sektorjem.

ANG

The research programme Light and Matter is important as it ensures that Slovenia keeps in the

forefront of a field that is very important in present science and technology. The programme can be considered as a basis, which allows the education of students at the highest level of competence. The accumulated knowledge and new graduated students allows the Slovenian companies to participate in new European and international projects, both on research and on applied level. The research activities present a tight connection between the basic and applied science and a very fast transfer of personnel is possible from the scientific to the technological know-how. The existing close collaboration with foreign research groups ensures that the programme is able to participate in international research.

Optoelectronic industry in Slovenia is well-developed. Our close contacts with several companies have a long and successful history. We educate competent engineers and take care that the level of knowledge is on the leading edge. This is important for the companies in order to compete on the global market. The research of the scientists in our group has already contributed to development of lasers, produced in Fotona d.d., and their applications. In collaboration with LPKF, Laser & Elektronika, d. o. o., we are developing new direct laser photolithography and micro structuring techniques. In the field of liquid-crystal light switches, the company Balder is another example of successful collaboration in the past. Research in nonlinear optics, laser systems and medical applications of lasers supports industrial developments and is promising for direct transfer into new products and technology. The research in biomimetics and molecular biophysics is among the first in our country and therefore presents an important opportunity to develop a new field of bionanotechnology.

The research group Light and Matter is firmly interconnected with Faculty of Mathematics and Physics at the University of Ljubljana and Faculty of Mechanical Engineering, University of Maribor. Members of the group were mentors for diploma theses, master's theses and doctoral dissertations in the field of optics and applications of optical methods. Our contribution is very relevant for local development as more than half of our alumni found employment in the industry. The programme group trained specialists in optical methods, light scattering, optical spectroscopy and laser design. Along with training of Slovenian students and young researchers, we also hosted and trained several foreign PhD students.

We wrote several textbooks and lecture notes for different levels of education. These publications are indispensable in dissemination of knowledge and establishment of Slovenian terminology in the field of optics. Members of the group cover all optical courses on the Faculty of mathematics and physics for first, second and third cycle degrees and thus play a crucial role in education of promising and employable physicists.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	5
bolonjski program - II. stopnja	4
univerzitetni (stari) program	25

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
25669	Natan Osterman	☐	☒	☒	
24380	Blaž Kmetec	☐	☒	☒	
25626	Klemen Kunstelj	☐	☒	☒	
27678	Dejan Škrabelj	☐	☒	☒	
28640					

	Martin Gorjan	☐	☒	☒	
28475	Miha Devetak	☐	☒	☒	
29538	Andrej Petelin	☐	☒	☒	
32339	Blaž Kavčič	☐	☒	☒	
32153	Gašper Kokot	☐	☒	☒	
33322	Jerneja Milavec	☒	☐	☐	
35478	Andraž Rešetič	☒	☐	☐	
33105	Martin Rigler	☐	☒	☒	
0	Ivna Kavre	☐	☒	☐	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij**Dr.** - Doktorat znanosti**MR** - mladi raziskovalec**11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
25669	Natan Osterman	☐	☒	A - raziskovalni zavodi	
24380	Blaž Kmetec	☐	☒	C - Gospodarstvo	
25626	Klemen Kunstelj	☐	☒	C - Gospodarstvo	
27678	Dejan Škrabelj	☐	☒	C - Gospodarstvo	
28640	Martin Gorjan	☐	☒	E - Tujina	
28475	Miha Devetak	☐	☒	C - Gospodarstvo	
29538	Andrej Petelin	☐	☒	A - raziskovalni zavodi	
32339	Blaž Kavčič	☐	☒	C - Gospodarstvo	
32153	Gašper Kokot	☐	☒	E - Tujina	
33105	Martin Rigler	☐	☒	C - Gospodarstvo	

Legenda zaposlitev:

A - visokošolski in javni raziskovalni zavodi**B** - gospodarstvo**C** - javna uprava**D** - družbene dejavnosti**E** - tujina**F** - drugo**12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
9757	Matjaž Lukač	A - raziskovalec/strokovnjak	42	
11742	Marko Marinček	A - raziskovalec/strokovnjak	42	
0	Mykhailo Pevnyi	C - študent – doktorand	1	

0	Li Jun	C - študent – doktorand	1	
0	Sergii Shelestiuk	C - študent – doktorand	1	
0	Maria Filkusova	C - študent – doktorand	4	
0	Cui Wei	C - študent – doktorand	1	
0	Liao Hongyan	C - študent – doktorand	1	
0	Lin Lin	C - študent – doktorand	2	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C** - študent – doktorand iz tujine
- D** - podoktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

Projekti Evropske unije:

1. MPNS COST Projekt MP0902: Kompozitni materiali na osnovi anorganskih nanocerk in polimerov (COINAPO). Koordinator projekta: prof. dr. Irena Drevenšek Olenik. Trajanje projekta: 2009 – 2013.
2. MPNS COST Projekt MP0802: Samourejene gvanozinske strukture za naprave v molekularni elektroniki. Koordinator projekta: dr. Lea Spindler. Trajanje projekta: 2008 – 2012.
3. 7.OP – COSIT Projekt 284792: Kompaktni enofrekvenčni izvor terahercnega sevanja z visoko svetlostjo. Vodja raziskav v Sloveniji: prof. dr. Marko Zgonik. Trajanje projekta: 2012 – 2013.
4. MPNS COST Projekt MP1205: Napredki v optofluidiki: Združitev optičnega nadzora in fotonike z mikrofluidiko. Vodja raziskav v Sloveniji: dr. Natan Osterman. Trajanje projekta: 2012 – 2016.
5. 7.OP – ITN, Projekt 234810: Fizika kompleksnih koloidov. Eden od vodij raziskav v Sloveniji: dr. Dušan Babič. Trajanje projekta: 2009 – 2013.

Drugi mednarodni projekti:

1. BI-AT/09-10-009: Dinamične lastnosti fotoobčutljivih tekočerkristalnih elastomerov. Nosilec projekta v Sloveniji: prof. Irena Drevenšek. Trajanje: 2009 – 2010.
2. BI-AT/11-12-015: Holografsko strukturirani kompozitni materiali iz polimerov in superparamagnetnih nanodelcev. Nosilec projekta v Slo: prof. Irena Drevenšek. Trajanje: 2011 – 2012.
3. BI-IT/05-08-008: Površinska struktura derivatov gvanozina na trdnih substratih. Nosilec projekta v Slo: prof. Irena Drevenšek. Trajanje: 2006 – 2009.
4. BI-CN/07-09-024: Organski materiali za razvoj novih tehnologij v fotoniki. Nosilec projekta v Slo: prof. Irena Drevenšek. Trajanje: 2007 – 2009.
5. BI-CN/09-11-016: Svetlobno občutljivi nanokompozitni materiali. Nosilec projekta v Slo: prof. Irena Drevenšek. Trajanje: 2009 – 2011.
6. BI-CN/11-13-012: Fotonske strukture na osnovi kompozitov iz polimerov in nanodelcev. Nosilec

projekta v Slo: prof. Irena Drevenšek. Trajanje: 2011 – 2013.

7. International S&T cooperation program of China 2011: Skupne raziskave novih fotoobčutljivih polimernih nanokompozitov in njihovih fotonih mikrostruktur. Koordinator projekta v Slo: prof. Irena Drevenšek. Trajanje: 2012 – 2014.

8. BI-UA/09-10-003: Holografsko vzorčenje v kompozitih iz polimerno-dispergiranih tekočih kristalov in nanodelcev. Nosilec projekta v Slo: prof. Irena Drevenšek. Trajanje: 2009 – 2010.

9. BI-US/09-12-044: Laserska terapija kožnih žilnih obolenj z repetitivnim laserskim obsevanjem in kriogenskim hlajenjem. Nosilec projekta v Slo: prof. Boris Majaron. Trajanje: 2009 – 2012.

10. NIH – NIAMS, R01AR059244: Novel approach to improve port wine stain treatment in human skin. So-izvajalec projekta: prof. Boris Majaron. Trajanje: 2010 – 2013.

11. Kompetenčni center Biomedicinska tehnika (ESRR0713EU): projekt SmartMed - Pametne elektromagnetne medicinske naprave; podprojekt ThermoSmart – R&R srednje IR naprav za napredne laserske terapije. Nosilec pod-projekta: prof. Boris Majaron. Trajanje: 2011 – 2013.

12. BI-US/08-10-029: Struktura in dinamika omejenih tekočih kristalov z upognjeno sredico. Nosilec projekta v Slo: prof. Martin Čopič. Trajanje: 2008 – 2010.

13. BI-NO/11-12-015: Določanje starosti travmatičnih hematomov s kombinirano uporabo difuzne refleksijske spektroskopije in sunkovne fototermalne radiometrije. Nosilec projekta v Slo: prof. Boris Majaron. Trajanje: 2011 – 2012.

14. NIH – NIBIB, R01-EB002495: Optical Doppler tomography of human skin. So-izvajalec projekta: prof. Boris Majaron. Trajanje: 2003 – 2011.

15. Materials World Network (MWN): Nelinearna optika moduliranih GaAIN valovodov. Vodja projekta v Slo: prof. Marko Zgonik. Trajanje: 2013 – 2016.

16. BI-US/14-15-023: Uporaba fototermalne radiometrije za individualno vodenje medicinskih laserskih posegov. Nosilec projekta v Slo: prof. Boris Majaron. Trajanje: 2014 – 2015.

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

1. Sodelovanje v Centru odličnosti PoliMaT. Predstavnik ustanovitelja: prof. dr. Irena Drevenšek Olenik. Trajanje projekta: 2010 -

2. Sodelovanje v Centru odličnosti Nanocenter: prof. dr. Martin Čopič. Trajanje projekta: 2010 -

3. Analiza primernosti sunkovne fototermalne radiometrije (SFTR) za uporabo v laserski dermatologiji. Naročnik: Fotona d.d., Ljubljana. Vodja projekta: prof. dr. Boris Majaron. Trajanje projekta: 2010 – 2011.

4. Raziskava trenutnih zmogljivosti diodno črpanih Er laserjev za uporabo v medicini. Naročnik Fotona d.d., Ljubljana. Vodja projekta: prof. dr. Martin Čopič. Trajanje projekta: 2008 – 2010.

5. Izdelava ukrivljenih tekočerkristalnih preklopnikov. Naročnik Kimberly-Clark, Texas, ZDA. Sodelujoči raziskovalec: prof. dr. Martin Čopič. Trajanje projekta: 2014.

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

V okviru programa Svetloba in snov smo dosegli vrhunske znanstvene rezultate, obenem pa pridobili koristna tehnološka znanja, ki so vodila do vpeljave novih metod, novega prototipa in celo novega končnega izdelka.

Tehnološko najbolj zrel je zagotovo fotolitografski sistem (LDI), ki smo ga razvili v sodelovanju s podjetjem LPKF, Laser & Elektronika, d. o. o. iz Naklega. Sistem je namenjen hitri izdelavi mikroskopskih struktur, ki se uporabljajo v elektroniki, mikrofluidiki in raziskavah na področju nanotehnologije in biotehnologije. Osnova delovanja LDI je hitro in izjemno natančno pozicioniranje močno fokusiranega laserskega žarka s pomočjo akusto-optičnih deflektorjev, kar omogoča precizno in hitro izdelavo mikroskopskih struktur. Njegove specifikacije ga uvrščajo v vrh trenutno dostopnih komercialnih sistemov in so tudi njegova bistvena prednost v primerjavi s konkurenčnimi izdelki. Izdelek je v fazi začetka prodaje, prvi kos je bil prodan na prestižno Univerzo Ludwig-Maximilian iz Münchna. V letu 2014 se načrtuje prodaja LDI sistemov v višini okoli 1.000.000 €, v letu 2015 1.500.000 € in v letu 2016 okoli 2.000.000 €. V okviru sodelovanja pri razvoju LDI je bilo uspešno zaključeno tudi doktorsko usposabljanje mladega raziskovalca iz industrije, ki je po končanem doktoratu dobil zaposlitev v omenjenem podjetju.

Vzporedno z razvojem fotolitografskega sistema je napredoval tudi razvoj optičnih pincet in njihovega krmilnega mehanizma. Razvoj teh naprav je že v prejšnjem programskem obdobju vodil do ustanovitve spin-off podjetja Aresis d.o.o., katerega izdelke uspešno uporabljajo na uglednih raziskovalnih ustanovah doma in v tujini.

Tudi tehnologija kompaktnega dvofrekvenčnega laserja, ki smo jo razvili v našem laboratoriju, ima velik potencial za uporabo. Predvsem je zanimiva za izvore koherentne svetlobe v frekvenčnih območjih, ki niso enostavno dosegljiva z drugimi tehnikami. Primer uporabe te tehnologije v praksi je THz vir svetlobe, ki smo ga razvili in naredili s sodelavci iz Švice v okviru evropskega projekta. Izvor je trenutno v fazi uporabe za znanstvene raziskave, možnost komercializacije in trženja takih sistemov pa še proučujemo.

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	☐ DA ☒ NE
potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Razvili smo unikaten sistem za globinsko karakterizacijo bioloških tkiv s tehniko sunkovne fototermalne radiometrije (SFTR). Ta temelji na meritvi tranzientnih sprememb infrardečega sevanja po obsevanju vzorca s kratkim svetlobnim sunkom. Meritve SFTR smo kot prvi uporabili za študij dinamičnih procesov med samo-zdravljenjem podplutb (hematomov). V ta namen smo razvili originalen postopek za analizo meritev s pomočjo numeričnih simulacij transporta svetlobe in toplote v človeški koži – "inverzni Monte Carlo". Na ta način smo uspeli določiti glavne anatomske značilnosti in vsebnosti kromoforov na mestu poškodbe ter vrednosti parametrov masne difuzije in biokemijske razgradnje ekstravaziranega hemoglobina v koži prostovoljcev. Dobljeni koeficient masne difuzije se pomembno razlikuje od vrednosti v literaturi, dobljenih z manj zanesljivim pristopom.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

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 in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
matične RO (JRO in/ali RO s
koncesijo):*

in

vodja raziskovalnega programa:

Institut "Jožef Stefan"

Martin Čopič

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

12.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/134

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, navedite: "Ni bilo sprememb.". Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa 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](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa 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 programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času izvajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite "MR". [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2009 do 31.12.2014), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). 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-RPROG-ZP/2015 v1.00b

8F-B5-67-2C-75-39-6C-31-B9-D2-41-6B-F8-E4-90-6E-12-EA-E9-43

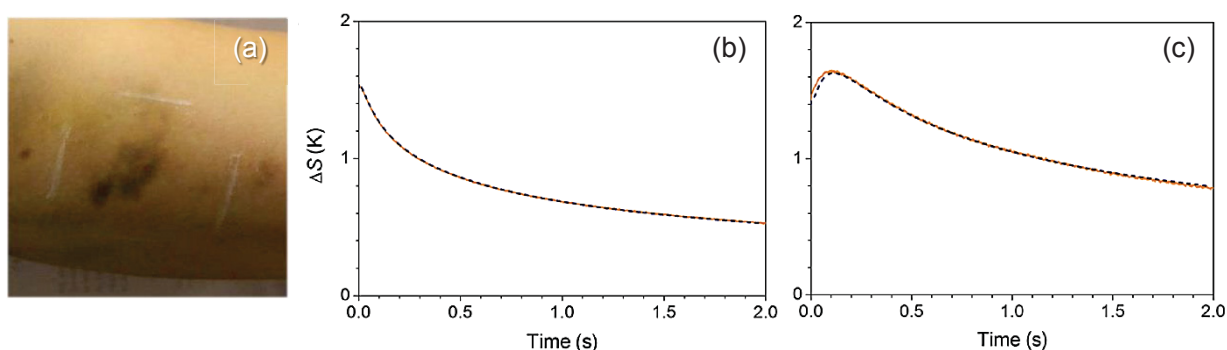
Priloga 1

VEDA: Naravoslovje

Področje: 1.02 Fizika

Dosežek: Karakterizacija dinamičnih procesov v podplutbah s sunkovno fototermalno radiometrijo

Vir: L. Vidovič, M. Milanič, B. Majaron, *J. Biomed. Opt.* 20 (1), 017001, 2015



Fotografija podplutbe na roki 27-letnega prostovoljca 92 ur po udarcu (a) in primerjava izmerjenih (oranžni krivulji) ter optimalno prilagojenih modelskih napovedi signalov SFTR (črtkano) za zdravo kožo v bližini (b) oz. na mestu poškodbe (c).

Razvili smo unikaten sistem za globinsko karakterizacijo bioloških tkiv s tehniko sunkovne fototermalne radiometrije (SFTR). Ta temelji na meritvi tranzientnih sprememb infrardečega sevanja po obsevanju vzorca s kratkim svetlobnim sunkom. Z uvedbo neenakomernega vzorčenja merskih podatkov, spektralno kompozitne prenosne matrike in originalnega rekonstrukcijskega algoritma smo dosegli določanje lasersko induciranih temperaturnih profilov z rekordno prostorsko ločljivostjo.

Meritve SFTR smo kot prvi uporabili za študij dinamičnih procesov med samozdravljenjem podplutb (hematomov). V ta namen smo razvili originalen postopek za analizo meritev s pomočjo numeričnih simulacij transporta svetlobe in toplote v človeški koži – "inverzni Monte Carlo". Na ta način smo uspeli določiti glavne anatomske značilnosti in vsebnosti kromoforov na mestu poškodbe ter vrednosti parametrov masne difuzije in biokemijske razgradnje ekstravaziranega hemoglobina v koži prostovoljcev. Dobljeni koeficient masne difuzije, $D = (7,5 \pm 0,7) \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{h}$, se pomembno razlikuje od vrednosti v literaturi, dobljenih z manj zanesljivim pristopom.

Rezultati raziskave pomembno izboljšujejo naše razumevanje dinamičnih procesov v travmatičnih hematomih in predstavljajo osnovo za bodoči razvoj metode za objektivno določitev časa poškodbe, kar je pomemben nerešen problem v sodni medicini. O dosežku smo poročali tudi v dveh vabljenih predavanjih, na mednarodni konferenci ECBO (München, 2013) in na Kalifornijski Univerzi Irvine (2014).