

# Odabrane primene snopnih tehnika kao tehnička podrška u dijagnostici, modifikaciji materijala i karakterizaciji

Aleksandar Bugarinović, Milesa Srećković, Dražen Jovanović, Miodrag Malović, Zoran Karastojković, Predrag Drobnjak, Vladan Mirjanić, Đorđe Mirjanić

**Apstrakt**—Postoje problemi koji treba da se rešavaju za nekoliko različitih grana medicine (fizikalna terapija, dermatologija, uopšteno medicina, uključujući stomatologiju, oftalmologiju i otorinolaringologiju i dr.). Ako se koristi prednost različitih snopnih tehnika, pojavljuju se prirodno, iste potrebe i u sferi industrije, heritologije, forenzike. Na drugi način pojavljuje se trend da se, objedinjeno, koriste generalno ista rešenja sa modifikacijama u konkretnoj primeni.

U radu je poseban akcent posvećen koherentnom elektromagnetnom zračenju, zadacima u vezi prilaza pojedinačnom slučaju, tehničkoj podršci softverske i hardverske prirode i dati su izabrani rezultati pojedinih interakcija ili slučajeva dobijene modulacije u širem smislu. Posmatran je i izabran potreban teoretski prilaz, kao baza za procenu objektivnih uslova, koji mogu da utiču pozitivno / negativno na dati tretman ili dijagnostiku.

**Ključne reči**—elionske tehnike; medicina; senzori; digitalne tehnologije; materijali.

## I. UVOD

Do 70-ih godina prošlog veka, tehnička podrška medicinskoj dijagnostici i terapiji, u poređenju sa stanjem danas, bila je gotovo *simbolična*. To važi i za poređenje broja elionskih tehnika u medicini, tipove uređaja u upotrebi i za njihove kombinacije (paralelan rad bar dve od njih). Upotreba elionskih tehnika, danas ima neuporedivo veću „preciznost” u terapijskim tretmanima, nego pre pola veka, uz veliki izbor različitih izvora i dinamika rada. Dijagnostika, uz „formiranje slike” donosi, kroz nove i modifikovane *starije* tehnike, značajan broj informacija, koje se od 70-ih godina prošlog veka ne vezuju samo za slabljenja snopa pri prolasku kroz materijal. Različiti snopovi učestvuju u formiranju novih i modifikaciji „starih” materijala, izlazeći u susret zahtevima za specifičnim fizičkim, hemijskim i drugim osobinama.

Tehnike štampe (u širem smislu) uz 3D su neraskidivo vezane sa proizvodnjom delova / komponenata iz raznih oblasti, od protetike do složenih delova aviona, automobila,

Aleksandar Bugarinović – KBV DATACOM, Vladimira Popovića 6, Beograd, 11070 Novi Beograd, Srbija (e-mail: bugar@teol.net), ORCID ID (<https://orcid.org/0009-0009-3124-1636>).

Milesa Srećković – Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija (e-mail: esreckov@etf.rs)

Dražen Jovanović - Fakultet informacionih tehnologija, Alfa BK Univerzitet, Palmira Toljatija 3, 11070 Novi Beograd, Srbija (e-mail: jdrazen13@yahoo.com).

Miodrag Malović - Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Karnegijeva 4, 11120 Beograd, Srbija (e-mail: ofiss@malovic.in.rs) (<https://orcid.org/0000-0002-0691-4626>).

uopšte vozila, na kopnu, u vodi i kosmosu. Sve to zahteva multidisciplinarni pristup, automatizaciju, veštačku inteligenciju (nezamislivu bez računara) ali i energiju za rad sistema, sa jedne strane, a sa druge potrebu za strogom kontrolom „dizajniranja“ osobina gotovog proizvoda i kontrole: traženja grešaka u materijalu raznim snopnim tehnikama i primenom koherentne svetlosti i odgovarajuće softverske podrške; gotovo da je isti problem *tražiti raketu* u kosmosu ili *grešku u tkanju* [1, 2].

Za dobijanje ciljnih informacija o vremenskim intervalima, vezano za etape proizvodnog procesa, terapije, dijagnostike i *modulacije*, mora se voditi računa da je svaki tretman *slučaj za sebe*, vezano sa opštim stavovima odgovarajuće zaštite i dozimetrije. Posebno u medicini, dolazi do izražaja potreba da se mora voditi računa o svakom tretmanu, nezavisno od srednje *dozimetrijske i terapijske* preporuke. Zato u softverskim paketima postoji veliki broj zadataka za delovanje i uključenje svih parametara vezanih za pojedini slučaj i upliva u često standardizovane protokole, koji se nalaze u uputstvima, pri nabavci novih sistema, vezanih za elionske tehnike.

Iako je u stalnoj praksi propisana srednja vrednost parametara, koji se uključuju pri radu sistema, koje „rešava” tehnička podrška i dugogodišnji eksperimentalan rad za razvoj novog sistema, neobilazna je multidisciplinarna analiza. Tu glavnu ulogu igraju u medicinske / biomedicinske discipline i višegodišnje iskustvo u izboru odgovarajuće dijagnostike / interpretacije / terapije. U industriji i komunikacijama su stavovi drugačiji, kao i tolerancije.

### A. Snopne tehnike u medicini / biomedicini / veterini

Medicinska dijagnostika zahteva rešavanje zapisa, koji bi trebalo da slojevito pokriju celu oblast realnih dimenzija živih bića ili ciljnih oblasti u kojima su se pojavile kontraindikacije za određeno patogeno stanje. Zbog toga se postavlja pitanje sastava materijala, odnosno biomaterijala, a u prvom redu *mekog i tvrdog tkiva*. Zato se već istorijski pojavljuju X,  $\gamma$  zraci

Zoran Karastojković - Society for ethics and evaluation in culture and science, Strahinjica bana 27, 11000 Belgrade, Serbia (e-mail: zoran.karastojkovic@gmail.com).

Predrag Drobnjak - Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd (ATSS), Beograd, Srbija (e-mail: pdrobnjak@atssb.edu.rs).

Vladan Mirjanić - Univerzitet u Banjoj Luci, Medicinski fakultet, Studijski program Dentalna medicina, Banja Luka, Republika Srpska, BiH (e-mail: vladan.mirjanic@gmail.com).

Đorđe Mirjanić - Univerzitet u Banjoj Luci, Medicinski fakultet, Studijski program Dentalna medicina, Banja Luka, Republika Srpska, BiH (e-mail: drdjordjemirjanic@gmail.com).

i neutronski snopovi i nekoherentni fotonski snopovi u svrhe terapije ili dijagnostike. Kako je interakcija sa svakim od ovih snopova nepoželjna za biološke jedinice, to je trebalo birati optimalne uslove za trajanje izlaganja i za procenu, kad bi bio dozvoljen sledeći dijagnostički postupak. Teoretska podloga, primarno za ove procese, podrazumeva detaljne mehanizme interakcije biološkog tkiva (sa svim svojim različitim jedinjenjima). Naravno, da su se bazične jednačine Bethe-a, Beer-Lambert-ov zakon, Maxwell-ovi zakoni, veze funkcija odziva materijala ili njihove nelinearne modulacije, razvile u mnogo različitih oblika pogodnih pri primeni fotona u optičkoj oblasti. Uz pretpostavku termalnih modela, razvijena je biotermalna jednačina (1),

$$\rho c_t \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial T}{\partial x} \right) - c_k \omega_m(T) \rho_k (T - T_a) + Q_m + P(x, t) \quad (1)$$

gde je  $\rho$  - gustina,  $c$  - specifična toplota,  $k$  - toplotna provodnost,  $T$  - temperatura,  $\omega$  - koeficijent perfuzije,  $Q_m$  i  $P(x, t)$  unutrašnji i spoljašnji izvori toplote, redom.

Ovaj tip jednačina traži numerička rešenja, pošto u opštem slučaju odgovarajuće diferencijalne jednačine nisu analitički rešive. Formalizmi se komplikuju sa upotrebom hiperkratkih impulsa, što je karakteristično za snopove najvećih gustina snage i koherencije (laserski deo elionskih tehnika). Kod njih se, aproksimativno, čvrsto telo *ne vidi* kao skup rešetka + elektroni, nego se samo elektronski delovi termalne provodnosti unose u jednačine [3-5].

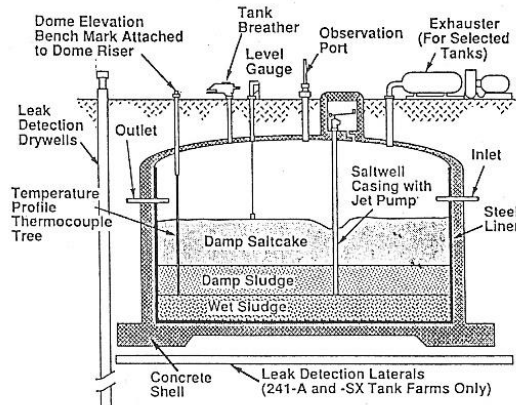
#### B. Senzori u specifično kritičnim i opasnim zonama nadzora

Primena različitih elionskih tehnika je umnožila broj potrebnih sistema, komponenata i glavnih detektorskih podsistema za prijem odgovarajućih primarnih informacija izabranih za dalju transformaciju. Vrlo su važna sprejanja novih tehnologija u cilju povećanja sigurnosti rada velikih postrojenja i u cilju izbegavanja smetnji s obzirom na uslove rada u prostorima, gde se izbegava prisustvo čoveka. Na početku razvoja fiberske tehnologije, mnogo je razloga postojalo da se tehnologija optičkih vlakana i optičkog prenosa reši u smislu detekcije i prenosa [6-9].

U detekciji sprejanja kvantne elektronike, nuklearne tehnike i energetike, s obzirom na specifičnost zona u kojima treba izbegavati prisustvo ljudskog faktora, jedna od situacija, koju je trebalo rešiti sa novom tehnologijom, je vezana za specijalne metode prevoza opasnih materijala. Primer na slici 1 je od interesa i za druge vrste opasnog materijala, a odnosi se na verziju rezervoara sa jednom oplatom.

U Tabeli 1 je, u skladu sa trendom prenosa i detekcije dat izbor tipova merenja na bazi optičkih fibera, koji mogu da budu od interesa za probleme nuklearnog otpada. U tabeli 2, su prikazana neka od merenja i karakteristike osetljivosti mernog sistema, vezano za materijale i opseg materijala, koji se može detektovati u tragovima, a što može da bude važno za kritične opasne koncentracije, koje se mogu naći uz rezervoar sa jednom oplatom i druge varijacije opasnih materijala i otpada. Tabela 3 kompletira karakteristike fiber optičkih senzora, vezanih za tankove otpada. S obzirom da su podaci vezani za rastojanje od dve decenije, a da se granični opasni nivoi

materijala ne slažu na svetskom nivou (a ni po kontinentima i državama), ove podatke, za sada treba tretirati samo kao *red veličine*, a svakako da bi samo ovoj tematici trebalo posvetiti mnogo više prostora.



Slika 1. Tipičan izgled rezervoara sa jednom oplatom [6].

Danas je posle perioda naglog porasta fiber optičke tehnologije mnogo različitih senzora za izbor složenije konstrukcije. Pored njih postoji i veliki porast broja senzora u aparatima složenije konstrukcije za skeniranje, koji paralelno imaju mnogo industrijskih ili *mass media* primena. A tu su i primene veštačke inteligencije, 3D vizuelizacije, što zahteva sve više softverskih rešenja. Mnogo novih transformacija EM opsega ili energija mikročestica je ostvareno u cilju što sigurnijeg lanca prenosa neke informacije, koja će na kraju defnisati kvantitativno patološko stanje, defekt u proizvodnji ili lom ključnih delova sistema [6].

Tehnika kompresije slike se vrši raznim metodama u smatranju slike u najširem smislu reči, dobijene iz interakcije raznih snopova, materijala za zapis ili senzorskih matrica. Čak i trivijalni zadaci u traženju odstupanja oblika mernog *spota*, mogu da daju odgovore na nepodešenost geometrije optičkih komponenata u spotu ili dalje pri interakciji. Često se na površini interakcije pojavljuju karakteristike geometrije rešetke, i promena konkretnog izgleda interakcije, ako se menja polarizacija upadnog snopa. Primenom programa Image J relativno brzo se dobija kompletna kvantitativna slika interakcije, karakteristične raspodele energije snopa (*Top Hat*, Gauss-ova ili druge raspodele) i razlikovanje režima slobodnih generacija od *Q switch*-a ili slučaj sa *fs* impulsima. Na slikama 3-9 su dati karakteristični slučajevi sa izlaganjem dejstvu lasera materijala za protetičke namene, prirodnog ili sintetičkog porekla i materijala za svrhu upoređenja [10-12].

#### C. Digitalne tehnologije: mogućnosti i pravci

Tradicionalni medicinski sistemi za snimanje, prvenstveno koriste senzorske uređaje za skeniranje. Standardi za zapis nisu globalno unificirani i nije redak slučaj da proizvođači imaju svoje formate za zapis podataka i da oni nisu kompatibilni sa drugim, u smislu formata i programa za njihovo pregledanje i editovanje. Tako i konverzija podataka još uvek ima značajno mesto kod skladištenja podataka i formiranja baza.

TABELA 1  
FIZIČKA MERENJA OPTIČKIH VLAKANA [6].

Komponenta	Važnost	Stanje optičkih vlakana	Očekivani domet
Nivo tečnosti	10	2	± 1
Pritisak gasa	10	8	± 10%
Hidrostatski pritisak	10	8	Vezano za dubinu
Sadržaj vode	10	2	15 - 45 % tež.
Temperatura	10	8	20 - 95 °C
Relativna vlažnost	8	4	10 - 80%
Curie content (zračenje)	8	4	Zavisno od izotopa
Distribucija čestica po dimenziji	4	1	d = 0,5 - 300 μm
Zapremina čvrstih tela	4	1	10 - 80 % vol.
Dozni parametri	2	2	0,1 – 1,7 mGy/h g <sup>-1</sup>

TABELA 2  
HEMIJSKA MERENJA METODAMA SA OPTIČKIM VLAKNIMA [6].

Komponenta	Važnost	Stanje optičkih vlakana	Očekivani opseg
Vodonik (gas)	10	10	5 ppm - 10%
Fero / feri cijanid	10	2	1 - 200 ppm
Organski karbon	10	2	1 - 5 % tež.
Nitrat / nitrit	10	2	5 – 15 % tež.
pH / kaustičan	9	4	> 13
Azot oksid (gas)	8	4	100 ppm - 10% tež.
Karbonat / kaustičan	8	2	1 - 2% tež.
Redox potential	6	1	V

TABELA 3  
KORISNOST SENZORA ZASNOVANIH NA OPTIČKIM VLAKNIMA ZA REZERVOARE ZA OTPAD [6].

Kategorija	Višekomponentni	Višefazni	Osetljivost	Cena vlakana	Cena sistema	Radijaciono oštećenje	Hemijsko oštećenje
<b>Hemijski senzori</b>							
<i>Spektroskopski</i>							
Ramanovo rasejanje	A	A	D	L	L	T	-
Infracrveni	A	A	D	H	L	T	-
Na bazi reagensa	D	D	A	L	L	T	-
<b>Fizički senzori</b>							
<i>Zračenje</i>							
Dozimetrija	M	-	M	L	H	T	T
Specijacija	M	-	M	L	H	T	T
Temperatura	-	A	A	L	L	T	-
<b>Agresivna sredina</b>							
Vlakno	-	-	-	-	-	A	T
Omotič	-	-	-	-	-	T	T
Komponente sonde	-	-	-	-	-	T	T

A – Prednost, D – Nedostatak, H – Visoka cena, L – Niska cena, T – Zahteva testiranje, M – Umerena prednost,

Cloud tehnologije, pored ostalog, doprinose i rešavanju i ovog problema, omogućavanjem velikog dodatnog prostora, koji rešava i pitanja skladištenja video zapisa. Video zapisi koje formiraju dijagnostički uređaji su, ipak, nešto bolje standardizovani i bolje definisani, ali i pored savremenih algoritama za kompresiju podataka, zahtevaju veliki prostor za skladištenje.

Zavisno od rešenja za medicinsko snimanje i nivoa razvoja tehnologije, Cloud tehnologije se primenjuju za različite namene: arhiviranje slika, skladištenje masivnih podataka o slikama, mogućnost rekonstrukcije slika u slučaju oštećenja, 3D aplikacije za slike u zdravstvu, digitalizacija postojećeg materijala, koji se nalazi na filmovima, fotopločama,

formiranje baza podataka, koji će koristiti *Artificial Intelligence / Machine Learning* (AI/ML). ML tehnologija može pronaći obrasce, koji pomažu u brzem donošenju odluka. Uz pomoć softvera, koji podržava veštačku inteligenciju, mogu da se koriste podaci iz formiranih baza podataka, upoređuju i služe za određene određene sugestije. Savremena tehnologija u 3D vizuelizaciji proizvodi slike visokog kvaliteta sa višedimenzionalnom vizuelizacijom, sa više slojeva i velikim brojem informacija. Potencijal vizuelizacije 3D slika, ogleda se u više primena, ne samo u medicini, nego i u ispitivanju materijala, procenama stepena složenosti nekog posla i dr. Integracija *Augmented Reality / Virtual Reality* (AR/VR) tehnologija obezbeđuje bolji

digitalni sadržaj, olakšava komunikaciju, pruža podršku pri dijagnostici i terapiji.

Savremene *Cloud* tehnologije, koje se uveliko koriste u heritologiji, građevini, arhitekturi i dr., su „poboljšale“ stanje dijagnostičkih zadataka, jer se na polju medicinske dijagnostike pojavljuje veliki broj „uzoraka“ koji podležu organizovanoj proceduri. U stvarnosti, pojavljuju se problemi da dijagnostički materijali u različitim formatima traže profesionalni pristup tehničke podrške i vreme koje nije na raspolaganju za nepredviđene, hitne slučajeve. Zato se i dalje traži fotozapis kao rezultat snimanja putem NMR i drugih dijagnostičkih aparata, tipa *raznih* skenera sa X i  $\gamma$  zračenjem. Laseri se koriste uz NMR za povećanje rezolucije u nekim sistemima [13-17].

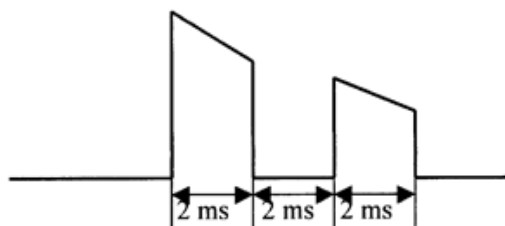
## II. MATERIJALI I EKSPERIMENT

Niz protetičkih materijala, biomaterijala i posebno biomaterijala tvrdog tkiva, su bili predmet izlaganja različitim tipovima lasera, koji se već dugo koriste u medicini / biomedicini, sa ciljem da se pri istom režimu rada dobije različit odziv / oštećenje pojedinačnog materijala. Koristili smo i lasere od potencijalnog interesa, koji nisu u svakodnevnom terapijskom i hirurškom tretmanu. Za ovaj rad su izabrane interakcije delovanja na protetske komponente, od različitih materijala, koje se nalaze pod imenima polutvrdih i mekih sočiva. Druga grupa materijala pripadala je oblasti primena u medicini za svrhe modelovanja i dobijanja otisaka. Tu spada grupa voskova od interesa za stomatologiju. Vosak je materijal koji ima značajnu ulogu u velikom broju primena u različitim granama, a i više različitih primena u samoj stomatologiji. Voskovi koje smo koristili u eksperimentu, koriste se u stomatologiji kao materijali za uzimanje otisaka i materijali za formiranje modela. Za poređenje smo stavili grupu materijala tipa metala sa prevlakama i granata ( $Y_3Al_{5-x}Fe_xO_{12}$ ).

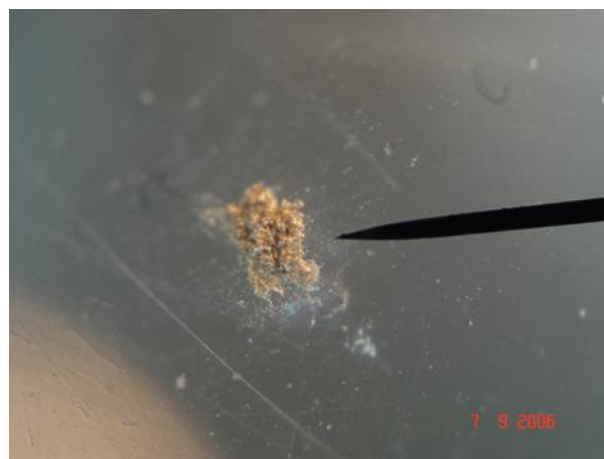
U ovom radu su izabrani tipovi lasera sa kratkim i dugačkim impulsima. Oblici indukovanih povreda su trebali da budu pravilne kružnice. Za eksperimente sa *Q switch* laserom često se koristi trougaona raspodela, iako je raspodela složenija. Za duže impulse u režimu slobodne generacije, koristi se teoretski model *spikes*. Jedan od interesantnijih slučajeva (ne *Gauss*-ovog tipa) se nalazi u engleskoj literaturi pod imenom *Top Hat*, što predstavlja sinonim za ravnomernu raspodelu energije po preseku snopa. Posebno je pitanje, kako se ovo postiže tehnički, ali je za osetljive primene u medicinskim procedurama veoma važno pitanje da li je energija maksimalna u centru snopa ili je homogeno raspoređena po poprečnom preseku snopa. Na slici 2 je prikazana karakteristična vremenska predstava dvoimpulsnih *Top Hat* lasera. Na slikama 3-4 data su oštećenja polutvrdog i mekog sočiva izazvana *Q-switch*  $Nd^{3+}$ :YAG laserom, snimana optičkim mikroskopom, sa povećanjem 40x. Na slikama 5-6 data su oštećenja na modelarskom i otisnom vosku, izazvana impulsnim  $Nd^{3+}$ :YAG laserom, sa impulsom širine 15 ns i energijom od 35 mJ, snimana optičkim mikroskopom, sa povećanjem 100x i 40x, redom. Na slici 7 je povreda na uzorku čelika sa bakarnom prevlakom, izlaganom *Top Hat*  $Nd^{3+}$ :YAG laseru, ( $\tau = 2 \times 2$  ms, *spot size* = 2 mm,  $\lambda = 1064$  nm) sa energijom 9,06 J, dok je na slikama 8-9 uzorak  $Y_3Al_3Fe_2O_{12}$ , izlagan

istom tipu lasera (sa istim parametrima) i energijama  $E = 2, 3, 4, 5$  J. Dati su snimci SEM, crateri 1 i 2, izlagani energijama  $E = 2$  i 3 J, redom. Pošto su izabrani različiti tipovi lasera i režimi rada, kao i talasne dužine, povrede su veoma različite i pri vizuelnom analiziranju posledica interakcije. Kreću se od progorevanja materijala (za slučaj na slici 4) do plitkih povreda vezanih za *Q - switch* režime. Nagomilavanje materijala po obodu prouzrokovanih kratera karakteristično je za režim *spikes* (za režim slobodne generacije). S obzirom na termalne konstante voskova, sočiva i metala (čelik sa bakarnom prevlakom) dobijene su interesantne mikroskopske povrede, koje pokazuju bogatu strukturu i odigrane procese topljenja i očvršćavanja materijala.

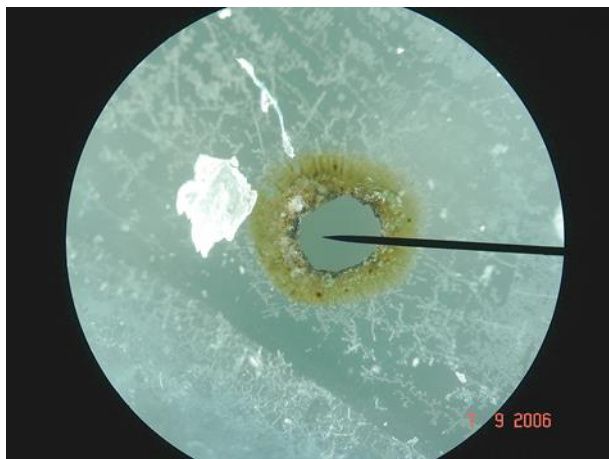
Dobijeni *raznorodni slučajevi materijala* sa raznim režimima, mogli bi da budu predmet posmatranja, zavisno od dužine impulsa, tehnikama termovizije ili na duži period, *metodama sa kredama*, kojima se procenjuje temperatura uzorka poznata iz klasičnih metalurških tehnika. Za sve poznate materijale mogla bi da sledi simulacija procesa do tačke topljenja, odnosno specifičnih tačaka – oblasti, kakve su kod voskova. Aproximacije bi trebale da budu različite, s obzirom na to da se radi o metalima i dielektricima. Mogu da budu uključene i fenomenološke teorije, gde se uračunava uloga uključaka u plastiku ili materijale tipa stakala i dr.



Slika 2. Vremenski izgled laserskog impulsa *Top Hat*  $Nd^{3+}$ :YAG lasera, sa parametrima:  $\tau = 2 \times 2$  ms, *spot size* = 2 mm,  $\lambda = 1064$  nm.



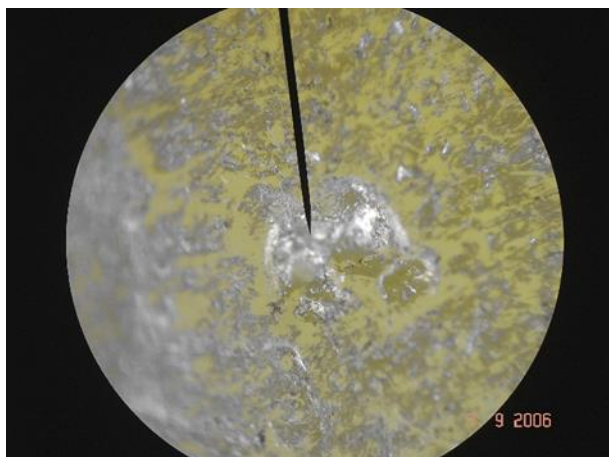
Slika 3. Polutvrdo sočivo, krater, *Q-switch*  $Nd^{3+}$ :YAG, OM 40x.



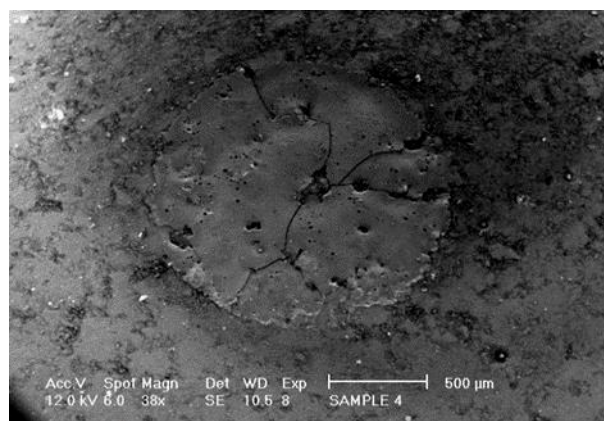
Slika 4. Meko sočivo, krater, *Q-switch* Nd<sup>3+</sup>:YAG, OM 40x.



Slika 7. Čelik sa bakarnom prevlakom, *Top Hat* Nd<sup>3+</sup>:YAG lasera, sa parametrima:  $\tau = 2 \times 2$  ms, *spot size* = 2 mm,  $\lambda = 1064$  nm, krater E=9,06 J.



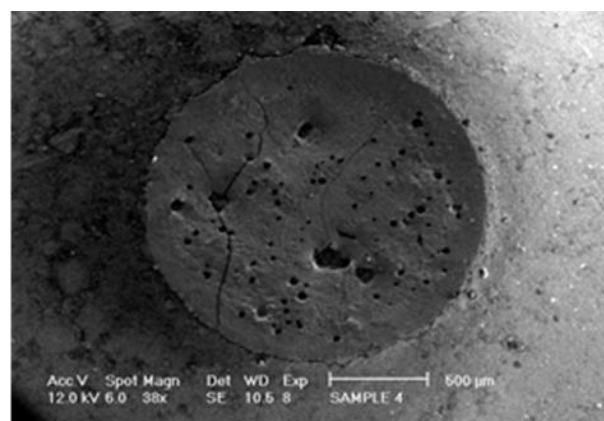
Slika 5. Žuti vosak, Nd<sup>3+</sup>:YAG laser, impuls širine 15 ns i energije 35 mJ, krater P2, 5 imp., OM 100x.



Slika 8. Y<sub>3</sub>Al<sub>3</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>12</sub>, *Top Hat* Nd<sup>3+</sup>:YAG lasera, sa parametrima:  $\tau = 2 \times 2$  ms, *spot size* = 2 mm,  $\lambda = 1064$  nm, SEM, crater 1, E=2 J.



Slika 6. Smeđi vosak, Nd<sup>3+</sup>:YAG laser, impuls širine 15 ns i energije 35 mJ, krater P1, 1imp., OM 40x.



Slika 9. Y<sub>3</sub>Al<sub>3</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>12</sub>, *Top Hat* Nd<sup>3+</sup>:YAG lasera, sa parametrima:  $\tau = 2 \times 2$  ms, *spot size* = 2 mm,  $\lambda = 1064$  nm, SEM, crater 2, E=3 J.

### III. ZAKLJUČAK

Digitalne tehnologije su već dugo neminovna stvarnost, koja prožima ne samo svakodnevni život na Zemlji već i u astronomskim razmerama, a odavno ima i svoje značajne probleme sa gabaritima podataka i njihovim smeštanjem, kao i brzinom rada i sa paralelnim procesiranjem.

U ovom radu se u izabranim problematikama stavljaju u prvi plan pitanja:

- Standardizacije zapisa u pojedinim oblastima. Generalno, treba da postoje utvrđeni standardi za zapise i da oni budu dobro definisani. Time se obezbeđuje kompatibilnost informacija koje obrađuju softverski paketi, bez dodatnih transformacija.

- Transformacije uloge medicinskih slika u širokom smislu (u smislu povećanja tačnosti dijagnoze).

- Potrebe za konstantnim proširenjima, a ne samo formiranjem baze podataka, da bi sa njima mogli da rade savremeni i sofisticirani softverski paketi.

• Potrebe da se stalno razvijaju interfejsi za tipične potrebe u medicini, među kojima su i one koji treba da pruže značajne informacije, sugestije i prognoze.

U vezi sa interakcijama i *Top Hat* laserom, toplotni efekti i dubina kratera odgovaraju primenjenim energijama, ali tekstura dna kratera i prečnici kratera ne odgovaraju.

Topljenje i očvršćavanje, izbačeni materijal i pojava plazme, su pitanja koja treba rešavati, tako da imamo više nepoznatih.

Isti materijal treba izlagati i nešto izmenjenim režimima rada kvantnih generatora, ali pod istim režimom treba izlagati i neke slične materijale, da bi se dobili generalni stavovi.

Od velikog je značaja odrediti dužinu izlaganja različitim izvorima elektromagnetnog (ili nekog drugog) zračenja ili sa istim izvorima u različitim režimima rada, kako pri izlaganju biotkiva u svrhu dozimetrije, tako i materijala pri njihovoj obradi.

#### ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju za podršku Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (ugovor 451-03-47/2023-01/200287).

#### LITERATURA

- [1] M. Srećković, A. Bugarinović, N. Ratković Kovačević, Ž. Tomić, S. Ostojić, A. Kovačević, Laser Additive Manufacturing techniques, Conference Programme & Book of Abstracts, International Conference on Structural Integrity and Reliability of Advanced Materials obtained through Additive Manufacturing – SIRAMM23, Timisoara, Romania & Online, 8<sup>th</sup>–11<sup>th</sup> March 2023, pp.141-142.
- [2] M. Srećković, B. Kaluderović, A. Bugarinović, M. Janjićević, Interakcija i dijagnostika tekstilnih i ugljeničnih materijala putem lasera, Interaction and diagnosis of textile and carbon materials by laser, DC Grafički centar, Beograd, 2015.
- [3] Z. Latinović, Optimization of laser parameters in interactions with biomaterials, PhD Thesis, University of Belgrade, Faculty of Electrical Engineering, Belgrade, 2014.
- [4] Z. Latinovic, M. Srećkovic, M. Janicijevic, J. Ilic and J. Radovanovic, Numerical modelling of thermal effects on biological tissue during laser-material interaction, Royal Swedish Academy of Sciences, Physica Scripta, Vol.2014 No.T162, 2014.
- [5] D. Ratovoson, F. Jourdana, V. Huon, A study of heat distribution in human skin: use of Infrared Thermography, EPJ Web of Conferences 6, 21008 (2010).
- [6] R. A. Greenwell, R. S. Addleman, B. A. Crawford, et. al., A Survey of Fiber Optic Sensor Technology for Nuclear Waste Tank Applications, Fiber and Integrated Optics, Vol.11, No.2, 1992, pp.141-150.
- [7] R. Sekulić, M. Srećković, M. Živanov, S. Pantelić, S. Travica, S. Milić, M. Slankamenac, Some Dispersion relations and Propagation Parameters, Proceedings of 12<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics, Novi Sad, Energetska elektronika, EE, CD-ROM paper No.T1-2.6, Nov. 5-7., 2003, p.6.
- [8] R. Sekulić, N. Slavković, M. Srećković, M. Kovačević, M. Stamenović, The Influence of Gamma Radiation on Polarization of Fibers applied in Telecommunications, Nuclear Technology & Radiation Protection, Vol. XXVII, No.2, 2012, pp.171-177.
- [9] M. Srećković, S. Pantelić, N. Ivanović, A. Janićević, R. Sekulić, V. Arsoski, M. Kovačević, M. Vukčević, N. Slavković, Uticaj nuklearnog zračenja i čestica na propagaciju laserskih snopova, Zbornik radova XXII Simpozijuma jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, 2003, pp.78-82.
- [10] A. Bugarinović, Ž. Tomić, S. Jevtić, A. Kovačević, S. Pelemiš, Z. Nedić, D. Družijanić, Različiti režimi rada kvantnih generatora kao instrument za modifikacije u stomatologiji, Zbornik radova IX međunarodne konferencije IcETran i LXVI konferencije ETRAN, Novi Pazar, 6-9. jun 2022., SSFO2.3, 2022, pp.867-870.
- [11] V. Mirjanić, M. Srećković, Đ. Mirjanić, A. Bugarinović, D. Družijanić, V. V. Mitić, Chosen applications and approaches to modeling lasers in dentistry, Modern Physics Letters B, Vol.35, Iss.25, 2021, 2150329, pp.1-23.
- [12] M. Srećković, A. Bugarinović, M. Dinulović, V. Popov, S. Bojanić, S. Babić, R. Gospavić, D. Nikolić, M. Davidović, Laser Material Interaction and Modelling of Interest in Medicine, Biology and Aerospace, Proceedings of the International Conference on Lasers 2001, Tucson, Arizona, December 3-7, Eds. V. J. Corcoran, T. A. Corcoran, SoQuE, STS Press, Mc Lean, 2002, pp.201-208.
- [13] N. Kim, J. Choi, J. Yi, S. Choi, S. Park, Y. Chang, J. B. Seo, An Engineering View on Megatrends in Radiology: Digitization to Quantitative Tools of Medicine, Korean J Radiol 2013;14(2):139-153.
- [14] A. Al Ghaithi, S. Al Maskari. Artificial intelligence application in bone fracture detection. J Musculoskelet Surg Res 2021;5:4-9.
- [15] S. Benjamins, P. Dhunoo, B. Meskó, The state of artificial intelligence-based FDA-approved medical devices and algorithms: an online database, Digital Medicine (2020) 3:118.
- [16] K. Jain, V. Shah, Artificial Intelligence for Precision Medicine and Better Healthcare, Primary Health Care: Open Access 2020, Vol.10, Iss.4, p.349.
- [17] M. Srećković, S. Polić, A. Bugarinović, V. Svoboda, Laser i problemi konzervacije kulturne baštine, Laser and problems of cultural heritage conservation, Centralni institut za konzervaciju i Centar za talente Beograd II, Beograd, 2016.
- [18] M. Srećković, S. Pantelić, M. Živanović, S. Travica, R. Sekulić, Z. Stanković, G. Nišević, S. Stanković, M. Slankamenac, The influence of X radiation and high energy electrons on propagation properties of optical fibers, Energetska elektronika, CD i Abstrakti, Novi Sad, 5-7. nov. 2003.
- [19] M. Srećković, Ž. Tomić, S. Ostojić, J. Ilić, N. Budaleski, R. Sekulić, V. Mlinar, Application of Laser Beam Diffraction and Scattering Methods in the Measurement of Shape and Determination of Material Parameters, Laser in Engineering, Vol.17, No.3-4, 5. nov. 2007, pp.179-196.
- [20] M. Srećković, Ž. Tomić, S. Ostojić, R. Sekulić, A. Kovačević, N. Slavković, V. Mlinar, D. Djukin, Some Aspects of Laser Technique in Contemporary Technologies, Scientific Bulletin, Politechnical, DIN Timisoara, Vol.49, No.1 (63) 2004, pp.6077-6084.
- [21] M. Vujović, Radijaciona stabilnost polimernih i kompozitnih materijala za primene u upravljanju radioaktivnim otpadom, Ph.D. teza, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2022.

#### ABSTRACT

There are problems that need to be solved for several different branches of medicine (physical therapy, dermatology, medicine in general, including dentistry, ophthalmology and otorhinolaryngology, etc.). If the advantage of various beam techniques is used, the same needs naturally appear in the sphere of industry, heritology, and forensics. In order to obtain target information on the time intervals of therapy, diagnostics and modulation, it must be taken into account that each treatment of individuals is a case for itself, related to the general premises of appropriate dosimetry. That is why in the software there is a large number of tasks for the operation and inclusion of all parameters related to a particular case and for intrusions into the often self-standardized protocols, which are found in the instructions for the acquisition of new systems, related to Elion techniques. In another way, there is a trend to use, unitedly, generally the same solutions with modifications in specific application.

In the paper, a special accent is devoted to coherent electromagnetic radiation, tasks related to the approach to individual cases, technical support of a software and hardware nature, and selected results of individual interactions or cases of received modulation in a broader sense are given. The necessary theoretical approach was observed and selected, as a basis for evaluating objective conditions, which can have a positive / negative effect on a given treatment or diagnosis.

#### **Selected applications of beam techniques as technical support in diagnostics, material modification and characterization**

Aleksandar Bugarinović, Mileša Srećković, Dražen Jovanović, Miodrag Malović, Zoran Karastojković, Predrag Drobnjak, Vladan Mirjanić, Đorđe Mirjanić