

# Simulacione metode u pristupu projektovanju lasera od interesa u ekologiji

Milesa Srećković  
Elektrotehnički fakultet  
Beograd, Srbija  
[esreckov@etf.rs](mailto:esreckov@etf.rs)

Željka Tomić  
IRITEL AD, Tehnikum Taurunum VIŠSS  
Beograd, Srbija  
[zeljka@iritel.com](mailto:zeljka@iritel.com)

Nikola Slavković  
Visoka škola strukovnih studija za informacione  
i komunikacione tehnologije  
Beograd, Srbija  
[nikola.slavkovic@ict.edu.rs](mailto:nikola.slavkovic@ict.edu.rs)

Suzana Polić Radovanović  
Centralni institut za konzervaciju  
Beograd, Srbija  
[suzanapolicradovanovic@gmail.com](mailto:suzanapolicradovanovic@gmail.com)

Zoran Fidanovski  
RAF, Union univerzitet  
Beograd, Srbija  
[zfidanovski@raf.edu.rs](mailto:zfidanovski@raf.edu.rs)

Sanja Jevtić  
Arhi.pro doo  
Beograd, Srbija  
[jevtic.sanja@gmail.com](mailto:jevtic.sanja@gmail.com)

Biljana Djokić Milošević  
Azotara Petrohemija  
Pančevo, Srbija  
[djokic.bilja@gmail.com](mailto:djokic.bilja@gmail.com)

Aleksandar Bugarinović  
Telekom Srpske  
Bijeljina, Republika Srpska  
[bugar@teol.net](mailto:bugar@teol.net)

Dragan Knežević,  
Elektrotehnički fakultet  
Beograd, Srbija  
[dragankn@gmail.com](mailto:dragankn@gmail.com)

*Sadržaj* — Prema tipu primene lasera počinje se zadatak sa odabirom pogodnog kvantnog generatora, a zatim sledi koncepcija dizajna izabrane metode. Prema kompleksnosti sistema simulacije u procesu dizajniranja i procene uspešnosti, zamišljene koncepcije imaju veliku ulogu, pošto su cene razvoja sistema često u širokim granicama. U radu se razmatraju izabrani zahtevi i algoritmi, koji ih prate, kao delovi programskih paketa ili pojedinačno razvijenih sopstvenih rešenja. Izabrane su problematike iz dizajna sistema primene lasera kod interferometara, neki lidarski – ekološki problemi, i problematika kontrole požara, koja se ostvaruje primenom lidarskih sistema.

*Ključne reči*- Laser; lidar; interferometar; ekologija; požar

## I. UVOD

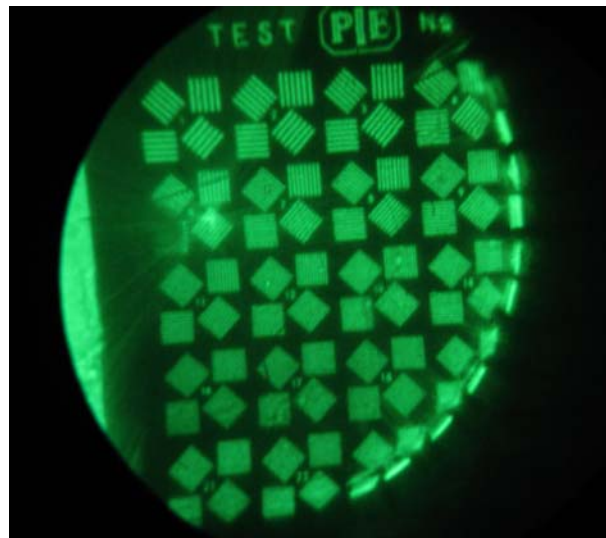
Konstrukcija lasera – kvantnog generatora prema tipu primene zahvata multidisciplinarna rešenja, koja se odlikuju vrlo preciznim dimenzijama i kvalitetom aktivnog materijala i rezonatora, i tehnološki dobro razvijenim površinama ogledala sa i po više od 20ak slojeva – tankih filmova. Teorije rezonatora počivaju na nekoliko prilaza, pokrivenih softverskom podrškom [1-4]. Realizacija lidara počiva na dizajnu optičkih sistema emitovanja i prijema, koji se rešava putem klasičnih teleskopa tipa Casaigraina, Newtona, itd [5-8]. Uz izabrani fizički proces za transformaciju i obradu podataka, problemi elektronike, automatike, upravljanja imaju svoje softverske podrške, zasnovane na teoriji i praksi.

U izabranim problematikama, gde se laser koristi kao izvor definisanog lidarskog tipa (lidar, dial, ladar, colidar), radi se o primenama, sa pretvaranjem izvornog u električne signale i određena obrada. Snimanje terena, atmosfere, biljnog pokrivača, kao izlaz daju format *slike*. U posmatranju paralelnih tehnika odabira se prema zahtevu, metoda, koja će garantovati rezoluciju i pouzdanost daljinske kontrole. U radu će se razmotriti: neka pitanja dizajniranja ogledala, koja mogu biti delovi rezonatora, interferometarski procesi i algoritmi modelovanja procesa koji se dešavaju u otvorenom prostoru uz podršku laserskih metoda. Diskutuje se i o komparativnim metodama, integraciji slika, termovizijskim i akustičkim metodama.

## II. MERE ZA PROCENU VIDEOSEKVENCI

Senzori za praćenje i analizu scene se odlikuju raznim procesima transformacije, razvijenim tipovima, rezolucijom i izlazom. *Scena* označava prostor ograničen vidnim poljem optike senzora, (do beskonačnosti) i čine je objekti, pozadina i atmosfera. Za vizuelizaciju se koristi vidljivi, mikrotalasni, infracrveni (IC) deo spektra, ali i dalje se ide na proširenje opsega. Kvalitet, dizajn i pogodnost pri rukovanju su samo neki od parametara, koji utiču na izbor tipa, broja i složenosti sistema za obradu praćenih podataka. Savremeni trend je simultani monitoring okoline i multisenzorski pristup. Primenom metoda, sa opsezima elektromagnetskog spektra

dobija se velika količina informacija o predmetima i procesima. Povezivanje izvora informacija i centara obrade je poseban problem. Slike terena, vulkanske erupcije, požarni, akcidentni i procesi u okolini fabrika, dovode do potrebe uvođenja TV i TMV (termovizijske) kamere. Od interesa su mere za procenu uspešnosti sjedinjavanja slika. Pri izboru algoritama treba da budu zadovoljeni kriterijumi brzine algoritama i pouzdanost. Osnove formiranja TV i TMV slika, karakteristike mono i polihromatskih slika treba posmatrati uz pridružene histograme slika za računanje zajedničkih informacija. Među metodama za sjedinjavanje izvornih slika najjednostavnije je aritmetičko sjedinjavanje (usrednjavanje vrednosti nivoa sivog piksela). Tako dobijene slike imaju slab kontrast. Uz Gauss-Laplaceovu piramidu dekompozicije iz 80tih god., pojavile su se tehnike, koje vrše multirezolucionu dekompoziciju i konstrukciju sjedinjene slike na osnovu multirezonantne transformacije (Laplaceova, Ratio of Low Pass - ROLP, morfološka, gradijentna piramida, itd.) Neke od njih su računarski manje zahtevne. Metode se odnose na realne i sintetičke slike. (Lidarsko radarski zapisi, koplementarnost i rezolucija imaju svoje glavne crte obrade.) Ne postoji univerzalno primenljiv metod, ali se ipak ocenjuju odabir metode i potrebnih parametara za procese sjedinjavanja. Ni odabir metrike nema standardne procedure za objektivnu procenu. Često se radi na proceni rezultata sa određenim brojem posmatrača, ali je to subjektivna ocena. Za statistički relevantne rezultate, traži se veliki broj posmatrača kao reprezentativan uzorak, kontrolisani uslovi eksperimenta; problemi sa subjektivnošću produžavaju vreme za ocenu, cenu i vreme za izvršavanje. Automatska procena rezultata se smatra objektivnom. Metrika za nju se može primeniti na metod sjedinjavanja (analitički metodi) ili na rezultate (empirijski metodi). Radi se na zajedničkim informacijama između ulaznih i rezultatnih slika i o očuvanju ivica. Rezultati se ocenjuju poređenjem algoritama. Programski paket Matlab, pogodan za matrice i vektore, prilazi tako i slici. Definiše vrednosti pixel-a slike (nivo sivog) ili vrednosti glavnih komponenata RGB, sjajnosti i zasićenja. Za aplikacije, sa obradom u realnom vremenu, potrebni su programski paketi. Mere za procenu uspešnosti se mogu primeniti na sjedinjavanju sekvence slika, ali ne uzimaju u obzir vremensku stabilnost. Mi smo za odredjen broj problema koristili ImageJ softver [5, 8]. U razmatranju obrade podataka, vezanih sa slikama - prezentacijama određene metode zapisa, i odlučivanju o postupcima sjedinjavanja slika različite prirode (TV i TMV, itd.) razvijaju se algoritmi za razne svrhe. U mnogo situacija, gde se u postupku dobijanja slike koriste pojačavači slike različitih generacija, potrebno je uključiti i njihovu ulogu (transfer funkciju, itd.) i moguće aberacije, koje su uneli oni sami ili modularna optika na putu snopova. Na sl.2.1. je dat test razlaganja jednog test objekta sa oštećenom optikom, koja je transparentna za željeno zračenje.



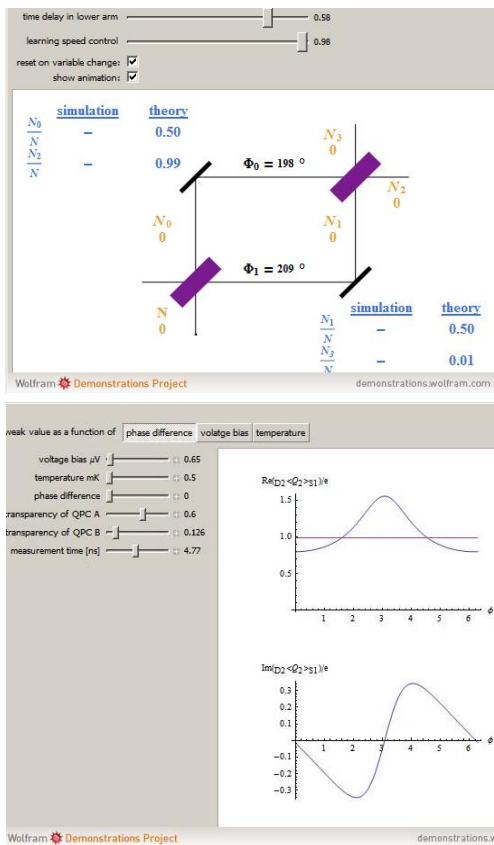
Slika 2.1. Test razlaganja jednog test objekta sa oštećenom optikom, koja je transparentna za željeno zračenje.

Važnost simulacionih procesa za interferometarske metode će se pokazati na, skoro četvrt veka starom, projektu za holografsko povećanje bezbednosti rada u rudniku. Radilo se o prvim pokušajima da se putem holografске interferometrije oceni kvantitativni pokazatelj masa stene u odnosu na zaostale napone, u vremenu 2 – 3 min. Upoređena sa testovima od minimum 4 h i cena ispitivanja je vezivana za odnose 20 - 30 puta manje [9]. Eksperimenti sa holografijom u realnom vremenu i podvrgavanjem stene planiranim napadnom polju sila na savijanje i opterećenja, praćeni su interferometarski zapisi i njihovi pomeraji. Slike su povezane sa teorijom elastičnosti sa parametrima u numeričkoj analizi stena. Metod i uređaji su i onda, a i danas upotrebljivi za pesak, želatin, keramiku, itd. Izvor je  $2W \text{ Ar}^+$  jon laser (cw) i termoplastičan zapis; rezultati su pokazali da su moduli elastičnosti stena manji, od onih određenih konvencionalnim metodama i služe i za opis defekata. Od 90 do 95% tačnosti se smatra zadovoljavajućim vrednostima. Među mnogobrojnim tipovima interferometara sa novim kvalitativnim zadacima i kvantitativnim mogućnostima postavljanjem laserskih snopova za izvore, pokazaće se neke mogućnosti simulacionih procesa na geometriji Mach-Zehndera u konfiguraciji na sl. 3.1 [10,11]. Pri prilazu interferometrima, misli se na baze, koje mogu da pokrivaju nekoliko kategorija razdaljina od laboratorijskog tipa do zvezdanih interferometara. Ova konfiguracija ima često ulogu za ocenu indeksa prelamanja  $n$  u jednoj od grana (i za merenje plazma fenomena). U glavnoj konfiguraciji su ogledala i razdelnici snopova. Promenom vreme na kašnjenja  $t_0(t_1)$  u gornjem (donjem) kraku interferometra menja se faza  $\Phi_0(\Phi_1)$  po  $\Phi_0=2\pi t_0(\Phi_1=2\pi t_1)$  (bezdimenz. jed.). Po klasičnoj elektrodinamičkoj teoriji snopovi interferišu i rezultatni signali se registruju sa karakterističnim  $\cos^2(\Phi_0-\Phi_1)/2$  i  $\sin^2(\Phi_0-\Phi_1)/2$ . Ove aplikacije su u vezi i konceptata čestica-talas i dilemama nerešenih do danas. Teoretske simulacije pokazuju da klasični procesi sa Einsteinovim kriterijumom lokalne kauzalnosti pružaju alternativnu interpretaciju rezultata obično pripisanim kvantnim efektima. Fotoni se smatraju prenosiocima poruka od izvora do detektora.

### III. SIMULACIJE INTERFEROMETARSKIH PROCESA

#### 1) – MACH ZEHNDER-OV INTERFEROMETAR

Interferometarske tehnike imaju svoj dalji razvoj u holografskim i tomografskim tehnikama. Holografска interferometrija se smatra standardnom tehnikom za ispitivanje stanja objekata i okoline (fluid u kome se objekt kreće ili se kreće sam fluid).



3.1)

### SI 3.1-3.2 GUI- Mogućnosti simulacionih procesa

Dolazi do promena pri sretanju drugih objekata (razdelnik i dr.) koji deluju na poruku. Ključna tačka algoritma je da se definiše da klasični dinamički sistem ima primitivnu mogućnost učenja. Simulacija kontroliše (upravlja) brzinom ili tačnošću procesa učenja u svakom od razdelnika. Od interesa bi bilo razmotriti odnos neuralne mreže i definisane strukture. Razvijena je simulacija i elektronskog Mach-Zehnder-ovog interferometra.

3.2)

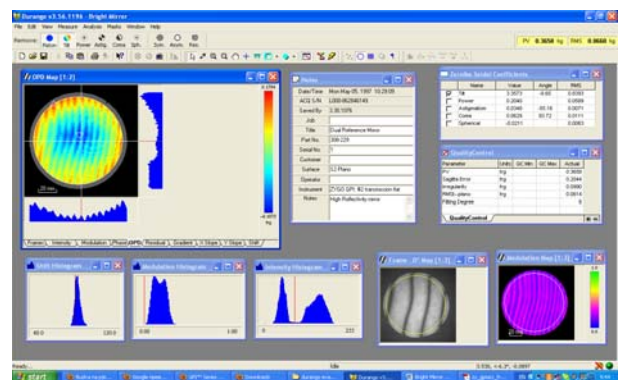
## 2) LASERSKI INTERFEROMETRI FISEAUOVOG TIPA

Laserski interferometri su pouzdana metrološka podrška za kontrolu optičkih komponenata i sistema u svakodnevnom životu. Primenjuju se za kontrolu optičkih komponenata, gde je potrebna precizna tehnološka izrada. Među njima su: interferometri Fiseauovog tipa, sa optimizovanom dinamikom, koji mogu da rade u prisutnosti turbulencija i ekstremnih vibracija. Služe za kontrolu preciznih oblika površina, kvaliteta, proizvodnju i primene za ravne, sferne i asferne površine. Radi se i sa sistemima sa velikom aperturom. *Beam ekspanderi* sa velikom aperturom su opcione ekstenzije. Koriste se kod lasera velike snage, a i u metrologiji uopšte kod izvora. Obezbeđuju vizuelnu kontrolu putem interferencionih figura za merenje kvaliteta i kod dinamičkih sistema za okolinu sa vibracijama. UV i IC interferometri (van vidljive oblasti) rade sa talasnim dužinama oko 248 nm i do 10,6 $\mu$ m. Mnogo komponenti za optičku metrologiju se kontroliše do optimalnih performansi- transmisiona i refraktivna optika, optomehaničkim delovima za fokusiranje, raznim radijusima krivine i modifikacijama; sa vizuelnim ili automatizovanim metodama [11]. Rađena je simulacija za interferometre

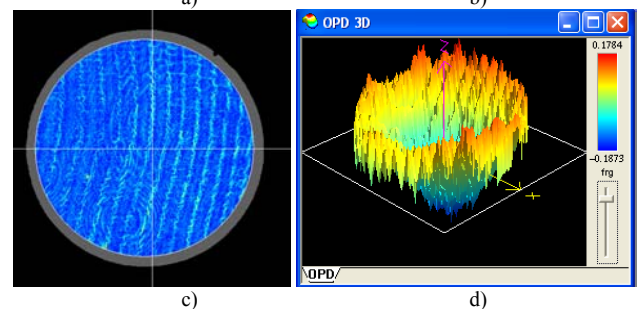
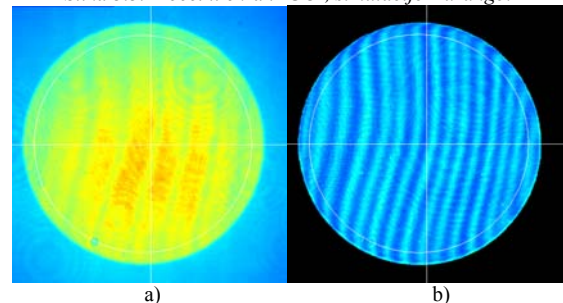
Fiseauovog tipa u pogramu *Durango*. Odabran je zadatak sa *Bright Mirror* u ispitivanju ravnine i kvaliteta površine; osnovni testovi za konfiguraciju. Testiraju se ravna ogledala, prozori, prizme, itd.

Za test aperture objekta veće od aperture interferometra vrši se nekoliko subaperturnih testova. Radne instrukcije su jednostavne; kraće putanje kroz vazduh redukuju efekte vazdušnih struja. Specijalni attenuator poboljšava vidljivost. Kod interferometara ne-Fiseauovog tipa prvo se radi kalibracioni interferogram ravnog predmeta i oduzme od realnog. Prikaz jedne simulacije je na sl. 3.3.

**OPD Arithmetic.** *Durango OPD Arithmetic feature* podržava aritmetičke operacije, višestruke interferograme, i bavi se administracijom dokumenta za komponente. Uključene su operacije usrednjavanja, oduzimanja. Simulacija obuhvataju razne modove: intenzivni, modulacioni, fazni, OPD, rezidualni, gradijentni, X,Y slope, shift modovi, talasni frontovi, kao bitmapa ili objekt, sl. 3.4.a-d.



Slika 3.3. Početni ekran -GUI, simulacije Durango.



Slika 3.4. a) Intensity mod, b) Modulation mod, c) Gradient mod, d) 3D prozor sa talasnim frontom ili bitmapom površine kao 3D objekt.

IV. PRIMENE TEHNIKA LIDARA U EKOLOGIJI I ZA KONTROLISANJE TERENA, HIDROSFERE I ATMOSFERE

*Lidarsko određivanje veličine i vrste čestice putem rasejanja.*

Teorije rasejanja su jednim delom posvećene intenzitetu u odnosu na centre rasejanja (čestice, kapljice, višeslojne strukture, itd.), talasne dužine upadne svetlosti i indeksa prelamanja. To je bio predmet klasičnih teorija rasejanja svetlosti, gde je posebna uloga pripala rasejanju bele svetlosti na konkretnoj geometriji. Inverzan problem određivanja dimenzija čestica na osnovu podataka rasejanja obuhvata formalizam sa talasnim jednačinama, specijalnim funkcijama, matrični zapis, (16 komponenti), za opis centra rasejanja. U odnosu na druge metode određivanja veličina čestica u laboratoriji (optička i elektronska mikroskopija, sedimentacija, filtracija, difuzija) ima uvek prednosti, jer se *sistem posmatra* bez značajnih perturbacija. Ova *klasičnija* konstatacija se u odnosu na savremene metode sa prostiranjem intenzivnih laserskih snopova i njihovih uključenja u ispitivanje sadržaja atmosfere mora korigovati. Najviše se tretira veliki broj centara rasejanja i tek je sa metodama brojanja fotona postala stvarnost da *mora* da se prati i statistika sa malim brojem centara rasejanja.

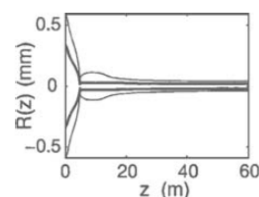
Klasičnim tretmanom rasejanja sa velikim brojem čestica smanjena je uloga sekundarnih šema za kalibraciju. U slučaju velikog broja, raspodele po veličinama, se vezuju za automatska brza merenja i rešenja, pa se prati i dinamika procesa. Raznolikost modela sistema omogućuje primenljivost za razvoj i testiranje različitih laboratorija i analitičkih tehnika. Klasična prepreka [12] za analize veličina sfernih koloidnih čestica sa kompleksnošću numeričkog proračuna funkcija rasejanja je već odavno prevaziđena savremenim računarima. Jedinstvenost partikularnih rešenja, angularni dijagrami i veze sa indeksom prelamanja uz polidisperznost ansambla, koji rasejava predstavlja ozbiljan problem. Prilazi sa metodama homodina i heterodina (izbijanje fotona) i merenja širine linije rasejanja uz primenu teorije kumulana (momenta i drugog statističkog aparata) je znatno uprostilo merenja i interpretaciju [13]. Današnji interesi su okrenuti ne samo sfernim česticama, već i više slojnim, anizotropnim i drugim geometrijskim oblicima. Rasejanje bele svetlosti, uključenje polarizacije, teorija HOTS, Zold (zeroth logarithmic normal distribution), teorije boje uz angularne zavisnosti rasejanja, dali su mnogo podataka

*Nelinearni procesi kao osnova za rad lidara*

Laserski snopovi sa intenzitetima  $10^{13}$  -  $10^{14}$  W/cm<sup>2</sup> izazivaju jonizaciju i vode do procesa višefotonske jonizacije i generacije plazme sa koncentracijama elektrona  $10^{16}$  -  $10^{17}$  cm<sup>-3</sup>. Efekti Kerrovog samofokusiranja i defokusiranja plazme mogu da spreče laserske snopove velikih intenziteta da propa giraju na velikim rastojanjima. Ovi efekti se mogu kompenzovati i dovesti do kvazisolitonskih propagacija. Efekti sa uravnotežavanjem drugih nelinearnih procesa dovode do filamentacija [14-17] Interesantno je da su ta otkrića bila vezana za oštećenja ogledala pri kratkim impulsima. Zato se opet definišu kritične snage numeričkim simulacijama filamentacije, sl.4.1.

TABELA I. ZAHTEVI ZA CALIPSO LASER

|                                      |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Energija 1064 nm-osnovna frekvencija | 110mJ                     |
| Energija 532 nm-2.arm.               | 100-125mJ                 |
| Širina impulsa i repeticije          | >15ns, <50ns; 20Hz        |
| Kvalitet snopa                       | <10 mm mrad (obe λ)       |
| Širina lin. 1064 i 532nm             | <70 pm; <35 pm            |
| Polarizacija 532nm                   | >100:1 linearno           |
| Kolinarnost snopa                    | Izlazna divergencija <10% |
| Jiter snopa                          | Izlazna divergencija <10% |
| Vreme života, hlađenje konduktivno   | 2x10 <sup>9</sup> impulsa |
| Snaga                                | 102W                      |



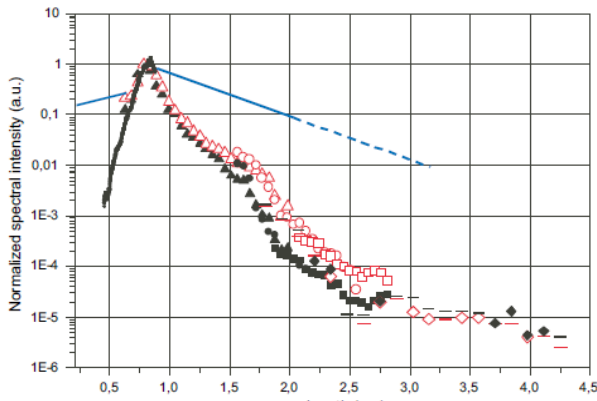
Sika.4.1. Numerička simulacija kolapsa, samofokusiranja Kerrovog tipa, 100 μm prečnik snopa

Generacija viših harmonika i mešanja frekvencija dovode do poklapanja sa apsorpcionim trakama mnogih gasova u atmosferi (CH<sub>4</sub>), zapaljiva organska jedinjenja, aromatika, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i O<sub>3</sub>. To vodi do novih mogućnosti lidara. TW laseri i njihova nelinearna propagacija su doveli do efekata proširenja koherentne emisije svetlosti (laser sa belom svetlošću) koji su doveli do *Teramobile* projekata sa karakteristikama, Tab. 4.II, sl. 4.2, 4.3.

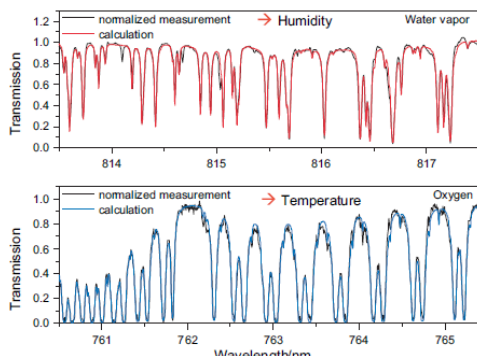
Lidar na bazi diferencijalne apsorpcije (DIAL) zasnovan je na više izvora monohromatskog zračenja, više tipova impulsnih lasera ili na laserima sa podešavanjem frekvencije. Tu su najpoznatiji CO<sub>2</sub>, sa podešavanjem (9-11,4 μm) i dye laser. Poznate su uloge DIALa u daljinskom praćenju tragova atmosferskih gasova, određivanju terena, geološkog sadržaja (ispitivanje prirodnog pokrivača, biljnog sadržaja, itd.). Radi se u monostatičnom i bistatičnom režimu: (1) lidar sa određivanjem rastojanja, koji koristi atmosferske aerosole (distribuirani reflektori) (2) lidar sa dugom putanjom (sa topografskim metama).

TABELA II. TERAMOBILE LIDAR

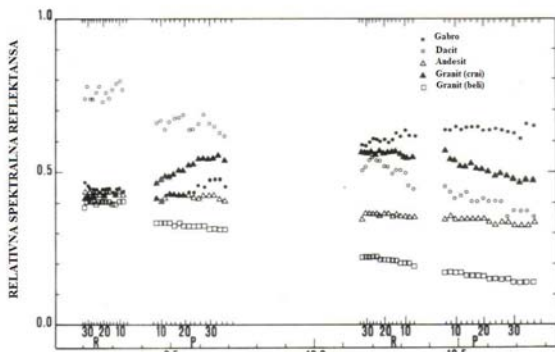
|                               |                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Energija                      | 330mJ                                |
| Energija u maksimumu          | 5,5 TW                               |
| Širina impulsa                | 60fs FWHM                            |
| Teleskop predajni             | 50mm ulaz, 150mm izlaz, žiža 10m→∞   |
| Teleskop prijemni, ogledala 2 | Dia 400mm, vertikalno I horizontalno |
| Širina linije 1064nm          | <70 pm                               |



Slika 4.2. Superkontinualni spektar u laboratoriji i atmosferi na visini 4,5km plavo. Propagacija na velikom rastojanju: konverziju bele u IC (2 μm)više od 2 reda



Slika 4.3 HITRAN fitom spektra pokazuje da nema zasićenja zbog nelinearnosti i simultano visoku preciznost temperature i vlažnosti iz lidarskih merenja.



Slika 4.4 Refleksije silikatnih stena.

Iako je vrsta primenjivija u istraživanju atmosfere, mnogi eksperimenti su sa lidarima sa dugom putanjom za merenje sadržaja atmosferskih gasova duž pravca (stuba) merenja. Rana istraživanja koherentnih sistema su vršena sa lidarima ovog tipa. Lidari sa velikim dometom, koji funkcionišu sa letelica imaju najveći praktični potencijal. U najjednostavnijim verzijama koriste se dve  $\lambda$  u kojima se razlikuju po refrakciji posmatrani objekti i na osnovu njih se oni razlikuju. Sistemi sa kontinualnim podešavanjem pružaju mnogo sigurnija merenja sa većim brojem mogućih pouzdanih rezultata. Tu se površina tla ozračava sa bar dve  $\lambda$ , od kojih je jedna rezonantna, a druga ne, za atmosferski gas od interesa u šemi DIALa. Gasna koncentracija  $C$  usrednjena duž putanje merenja se računa iz

jednačine, gde  $on$  i  $off$  označavaju rezonantnu i nerezonantnu  $\lambda$ , redom,  $\alpha$  su odgovarajuće apsorpcije tipa [7, 18, 19].

$$C = \frac{1}{2R(\alpha^{on} - \alpha^{off})} \left[ \ln(P^{off}/P^{on}) + \ln(\rho^{on}/\rho^{off}) + \ln(\eta^{on}/\eta^{off}) \right]$$

Glavne karakteristike lidara, u Tab. II, sa harmonikom Nd<sup>3+</sup>: YAG lasera. Koriste se i drugi harmonici. Interesantno je da je na ovom sistemu bazirano i nekoliko laserskih uređaja za otklanjanje patine na keramičkim materijalima, i arheološkim spomenicima, na predmetima kulturne baštine. Na sl. 4.4. je dato merenje koeficijenta refleksije za razne stene, koje mogu da budu od interesa za daljinska prepoznavanja [18,19].

#### Lidari, požari i simulacije.

Radovi iz literature za potrebe opisa sistema i procesa od interesa za vulkanske erupcije, požare itd. pripadaju zajedničkim zadacima aktivnosti nacionalnih ili multinacionalnih ciljeva u analizi ekoloških problematika. Jedna od njih je proučavanje požara u sklopu terena, sl.4.5. (GESTOSA). Procenjeni su parametri požara, koji je razmatran u tri karakteristične oblasti. Praćena su vremena za pojave i pravac vetra na bazi 3D sistema Navier-Stokes-ovih jednačina. Za simulaciju se unose parametri eksperimentalnog požara, karakteristike setup-a lidarskog tipa, Tab.III, lidarski signali, itd. [20]. Izabrana je pravougaona oblast monitoringa. Front vatre se kretao pravo linijski konstantnom brzinom. Vatra je inicirana u definisanoj geometriji. Podela površine na adekvatan broj karakterističnih delova zavisi od izabrane problematike (često je 3). Simulacija se vrši putem jednačina, vezanih za teoriju fluida i prostiranja vatre. Potrebno je odrediti konstante za dati eksperiment. Predviđa se pravac vetra, položaj fronta požara, položaj struja, front i pravac kretanja, a oblasti I - III su vezane za površinu obuhvaćenu vatrom. Definisani su eksperimentalni i opšti parametri (trajanje, površina, zapaljiv materijal). Od interesa je sastav dima, koji se daljinski kontroliše na osnovu raznih spektralnih osobina, dimenzija čestica, itd. Prati se maksimum količine dima. (U sondiranju atmosphere i akustičke metode se koriste paralelno sa optičkim.) Model propagacije je sugerisao eksperimentalne činjenice da je brzina gorenja neuniformna, i da prolazi kroz maksimume između ignicije i gašenja. Lidarska merenja su bila urađena u fazi ekstenzivnog gorenja (oblast II), izračunavanja su vršena za vremenski interval u tom delu. Relevantni parametri vatre su incijalno oslobađanje toplote, brzina i temperature, dobijeni na bazi aproksimativnih termodinamičkih izračunavanja. Dobijena je razvijena toplota i granične vrednosti:  $u_{jet} = 17$  ms/s i  $T_{jet} = 1170$  K. Vrednost Froudeovog broja  $Fr = 3,5$ . Iz metroloških podataka  $u_{wind} = 4$  m/s. Za vreme eksperimenta oblak dima je pomeran ka jugoistoku sa vetrom srednje jačine. Lidar je bio smešten 2,4 km jugozapadno od vatre. Skenirano je sa elevacijom nula; azimutalno je mereno u pravcu kazaljke na satu i suprotno. Svaki položaj snopa ( $n_s=128$  lidarskih signala) je akumulacija sa repeticijom 12Hz, (10,7s za akumulaciju). Pravci laserskih snopova su prikazani pravim linijama. Veliki pikovi amplituda na nekim zapisima su odgovarali rasejanju sa okolnog bregovitog terena. Lidarski podaci prate meteorološke podatke (oblačnost, granice oblaka) na osnovu procesa rasejanja unazad, a koriste se i paralelne druge tehnike za kontrolu.

TABELA III. KARAKTERISTIKE POSTAVKE LIDARA

|   |   |
|---|---|
| Bljeskalicom pumpan, hladen vodom, Q switch Nd <sup>3+</sup> :YAG                         | Koristi se harmonik sa procesom nelinearnog kristala, 532nm |
| Brzina repeticije i širina impulsa  | 12Hz, 10ns  |
| Divergencija snopa  | <0,5mr  |
| Maksimalna energija impulsa; Efikasnost transmitera                                       | 20mJ; 0,9   |
| Prijemnik Cassegrain tip teleskopa,   | dijametar sočiva 30cm, fokalna dužina 156.2cm               |
| Efektivna površina i efikasnost   | 0,0678m <sup>2</sup> 0,64                                   |
| Pun ugao vidljivosti  | 0,9mr   |
| FEU-83 fotomultiplikator sa Peltier hlađenjem, I <sub>namna</sub>                         | 4·10 <sup>-7</sup>  |
| Odziv fotokatode i pojačanje  | 0,7mA W <sup>-1</sup> , ~10 <sup>5</sup>                    |
| Sistem za akviziciju podataka IBM komp. PC i ISA ADC kartica Rastojanje ;dužine detekcije | 1-30km;6m   |

## V. ZAKLJUČAK

Primena lasera u sistemima lidara i interferometara u ekologiji i akcidentnim situacijama, je problematika, koja se stalno razvija uključujući tehnologiju, dizajn sistema, ali i nove nelinearne efekte, koji su se primenama *propagacije na velikom rastojanju* pokazali od koristi za dijagnostiku, a ne samo kao *egzotični* fenomeni, gde dolazi do frakcija snopova u filamente. Softverska podrška je u svim fazama primena ove vrste.

## ZAHVALNICA

Istraživanja u ovom radu su podržana od strane Ministarstva kulture i informisanja u okviru Projekata 633-00-373 i Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije projekti br: TR 34028, III45007 i III44003.

## LITERATURA

- [1] A.E. Siegman, Lasers, New York, Univ.Sc.Books, 1986.
- [2] A.V.Kudryashov, H. Weber, Laser Resonators, SPIE, Belington 1999.
- [3] *LASCAD Software* [www.pro-lite.uk.com](http://www.pro-lite.uk.com)
- [4] M. Srećković, Ž. Tomić, Z. Fidanovski, S. Polić Radovanović, et al., "Analitički i numerički prilaz optičkim sistemima za koherentno i nekoherentno zračenje", INFOTEH-JAHORINA Vol. 10, Ref. B-II-13, p. 186-190, March 2011.
- [5] M. Born, E. Wolf, Principles of Optics, Cambridge, Univ. Press, 2005.
- [6] M. Srećković, Ž. Tomić, D. Družijanić, i dr."Savremeni prilazi i formalizmi interakcije koherentnih snopova sa materijalom", INFOTEH-JAHORINA Vol. 8, Ref. E-I-14, p. 411-415, March 2009.
- [7] M.Srećković, M.Pavlović, Z.Vejnović, S.Ostojić, Lidari, Ladari, Colidari, Diali, Beograd, Foto Futura, 2010.
- [8] M. Srećković, Ž. Tomić, S. Bojanić, i dr. "Contemporary problems of transmission and interaction of quantum generators with material", INFOTEH-JAHORINA vol. 11, pp. 458-463, March 2012.
- [9] D.W. Park, "Three-dimensional numerical modeling of coal mining", BER report , no. 487-236. i no. 475-236. 1990.
- [10] a)Y. Aharonov, D. Z. Albert, and L. Vaidman, "How the Result of a Measurement of a Component of the Spin of a Spin-1/2 Particle Can Turn Out to Be 100", Phys. Rev. Lett., vol. 60, p.1351, 1988. b)V. Shpitalnik, Y. Gefen, A. Romito, "Tomography of Many-Body Weak Values: Mach-Zehnder Interferometry", arXiv: 0805.2737. c) <http://demonstrations.Wofram.com/EventByEventSimulationOfTheMachZehnderInterferometer/>; (d) T. L. Dimitrova and A. Weis, "The wave-particle duality of light: A demonstration experiment," Am. Journ. Phys. vol. 76(2), 2008.; (e) H. De Raedt, K. De Raedt, and K. Michielsen, "Event-Based Simulation of Single-Photon Beam Splitters and Mach-Zehnder Interferometers," Europhys. Lett., vol. 69, pp. 861-867, 2005.; (f) P. Grangier, G. Roger, and A. Aspect, Europhys. Lett. Vol.1(173), 1986.
- [11] a) <http://alexandria.tue.nl/repository/books/446520.pdf>, b) [www.diffraction.com/Buccini.php](http://www.diffraction.com/Buccini.php)
- [12] M. Kerker, The Scattering of Light and Other Electromagnetic Radiation, New York, Academic Press, 1969.
- [13] Photon correlation and beating, eds. H.Z. Cummins, E.R. Pike, Moskva Mir, 1981.
- [14] <http://www.cfa.harvard.edu/hitran/>
- [15] F.A. Theopold, et al., pp. 428-429, DIAL revisited
- [16] <http://www.uhu.es/cideu/Boletin/Boletin10/BolInf10CIDEU53-61.pdf>
- [17] M. Srećković, S.Ostojić, et al. "Transmission in theory and practice, the estimation of nonlinear and ultrafast phenomena", Atti f.Ronchi, vol.LXV pp. No. 2010,
- [18] P.Vujković Cvijin, Doktorska teza, Elektrotehn.fakultet, Beograd, 1986.
- [19] P.Vujković Cvijin, M. Srećković et al. "Reflectance spectra of terrestrial material at CO<sub>2</sub> laser wavelengths: effects on DIAL and geological remote sensing", Appl. Opt., vol. 26, pp. 4323-4329, 1987.
- [20] A. Utkin, A. Fernandes, F.Simoes, et al., Feasibility off forest fire smoke detection using lidar, IAWF 2003, 10.1071/WF02048, 1049-800103020159, 2003.

## ABSTRACT

The task of the laser application start with selection of adequate quantum generator, and the second step is the design of a chosen method. The wide cost range of the system development and simulation complexity in the designing process, result in the overall evaluation of conception efficiency. The chosen demands and according algorithms as well as software packages, or own software solutions are presented in this paper. Design problems of laser systems in interferometers, some lidar-ecology applications, and the fire detection and monitoring accomplished by lidar systems, are analysed, too.

## SIMULATION METHODS APPROACH TO DESIGNING LASERS OF INTEREST IN ECOLOGY

Milesa Srećković, Sanja Jevtić, Željka Tomić, Biljana Đokić Milošević, Nikola Slavković, Aleksandar Bugarinović, Suzana Polić Radovanović, Dragan Knežević, Zoran Fidanovski