

OCENA NELINEARNIH I LINEARNIH KONSTANTI MATERIJALA

EVALUATION OF NONLINEAR AND LINEAR CONSTANTS OF MATERIAL

Željka Tomić, *Iritel AD Beograd*

Milesa Srećković, *ETF, Beograd*

Veljko Zarubica, *Direkcija za mere i dragocene metale, Beograd*

Senka Ćuk, *Institut za fiziku, Zemun*

Biljana Đokić, *ETŠ "Rade Končar", Beograd*

Jelena Ilić, *Mašinski fakultet, Beograd,*

Stanko Ostojić, *Tehnološko metalurški fakultet, Beograd*

Milan Dukić, *Farmaceutski fakultet Beograd, USA*

M.Sredojević, *ETF, Osnovna škola „Starine Novaka“, Beograd*

Sadržaj - Razvoj kvantnih generatora i pojačavača, (u području od kontinualne do atto oblasti) doneo je nove zahteve postojećim i razvoj novih teorija. Eksperiment i teorija su stalno zamenjivali mesta. Rezultati određenog procesa, se ne mogu pratiti on line i uključuju se i rezonantni efekti, da bi se indirektno izmerila pojedina veličina optičke, termodinamičke, akustičke ili druge prirode. Interakcija sa materijalom, traži poznavanje i novih konstanti nelinearne prirode, koje uključuju zavisnost od intenziteta zračenja. Šeme merenja nelinearnih delova indeksa prelamanja, koeficijenta refleksije i drugih optičkih konstanti zahtevaju složene aparature. Zato se planiranje novih eksperimenata i podešavanje angularnih položaja snopova, koji stupaju u interakciju, moraju simulirati i unapred predviđati mogući položaji. Iako su cene optike, koja služi kao eksperimentalna baza sada prihvatljivije, traženje materijala pogodnih za određene namene mora da uključi specifične tehnološke procese. U ovom radu se koriste teorije, koje polazeći od linearnih konstanti materijala, ocenjuju nelinearne i disperzivne doprinose i koriste vezu optičkih veličina sa veličinama drugih oblasti.

Abstract - The development of quantum generators and amplifiers (from continuous to atto range) has brought new demands for the existing theories as well as the development of new ones. Experiment and theory have been switching places continuously. The results of certain process can not be monitored on line and resonant effects are included in order to indirectly measure optical, thermodynamic, acoustic or any other value (quantity). Interaction with material is demanding the knowledge of new nonlinear constants which include dependence on beam intensity. Schemes for measurement of nonlinear parts of refraction index, reflection coefficient and other optical constants demand complicated devices. Therefore, the planning of new experiments and adjustment of beams which interact must be simulated and possible positions must be predicted in advance. Although the prices of optics which serves as experimental base are now more acceptable, searching for materials that are suitable for certain purposes must include specific technological processes. The theories starting from linear material constants, which estimate nonlinear and dispersive contributions as well as relationship between optical quantities and quantities from other fields are analyzed in this paper.

Uvod

Klasične teorije, kojima se optičke konstante uvode kao realne veličine ili u kompleksnom zapisu, su povezane sa funkcijama odziva materijala ϵ , μ , σ , odnosno dielektričnom permitivnosti, magnetnom permeabilnosti, specifičnom električnom provodnosti [1-5]. Zavisno od materijala, različito se ponašaju u vezi optičkih frekvencija i šire po elektromagnetnom spektru. Kako je povezanost osobina materijala kompleksna oblast, pored mnogo linearnih zakona, u kojima se ne vidi zavisnost od intenziteta nekog zračenja, ili drugih fizičkih veličina, električno polje, magnetno polje, svetlosni fluks, stvarnost sa primenama kvantnih generatora, dovela su do razvoja mnogo novih

oblasti, gde se radi o velikim intenzitetima laserskih snopova. Oni su tražili razvijanje novih teorija, fenomenološke prirode ili povezivanje u postojeće "klasičnije". Rešenja su nađena u smislu objašnjenja "klasičnih" zakona zaustavljanjem uvedenih razvoja kod prvog člana polinoma po električnom polju. Viši članovi reda su "po definiciji" postali vrednosti, koje se ne smeju zanemarivati [6].

Nedostatak mnogo eksperimentalnih mogućnosti usled kratkoće trajanja impulsa [7, 8] traži razvijanje veza kojima se bar približno može oceniti neki doprinos [9].

Šeme merenja nelinearnih optičkih koeficijenata refleksije zahtevaju kompleksnu i brzu elektroniku i dva kvantna generatora. Jedan od njih služi za proizvodnje, indukovanje

nelinearnih procesa, a drugi slabog intenziteta za dobijanje mernih signala, koji prate dinamiku procesa u vremenu.

Interesantne su veze indeksa prelamanja, dielektrične konstante, gustine i izvoda pri konstantnom pritisku i temperaturi (n , ϵ , ρ , $\delta\epsilon/\delta\rho$). Brzina zvuka i procesi prostiranja zvuka kroz materijal su povezani sa termalnim osobinama materijala (specifična toplota, linearni termalni koeficijent) i sa indeksom prelamanja materijala [10]. Ove se veličine mogu ocenjivati i po Rayleighevom rasejanju, ali je Brillouinovo (stimulisano) mnogo sigurnije.

Brillouinovo rasejanje, koje daje u prvom redu pomeraje frekvencija, služi za dobijanje optičko-elastičnih konstanti materijala. Veza mehaničkih, termodinamičkih i optičkih osobina, je na razne načine povezana sa ostalim fizičkim i hemijskim veličinama materijala [11].

U ovom radu će se analizirati pitanja vezana za raznorodne optičke veličine, pokazati dobijanje nekih konstanti nelinearne prirode i razmotriti uloga virtuelnih instrumenata.

Spektrofotometrijski sistem kao virtuelni instrument

Uloga spektrofotometrije je značajna za ocenu transmisionih i refleksionih osobina materijala. Uspostavljanje potrebne, korektno metrološke hijerarhije, uz ocenu nesigurnosti sa savremenim interpretacijama je predmet delatnosti mnogih optičkih laboratorija [12].

Automatizacija spektrofotometrijskog sistema je ostvarena putem kontrolera, kojima se upravlja radom pokretnih delova sistema i programabilnih instrumenata (digitalnih voltmetara) za merenje izlaznog signala, koji su povezani na PC preko standardnog GPIB, odnosno RS232 interfejsa. Softver virtuelnog instrumenta je urađen primenom LabView programskog paketa.

Rad spektrofotometrijskog (radiometrijskog) sistema, bez obzira na to u kojoj konfiguraciji, zasniva se na principu spektralnih poređenja, gde se objektu, čiji se parametri mere (izvor, detektor ili filter) pridružuju vrednosti na osnovu poređenja sa odgovarajućim etalonom ili referentnim uzorkom. Usvajanjem ovakve metodologije merenja, postignuto je da sistem funkcioniše na isti ili sličan način za sva merenja, koja se sa njim vrše. Zato se za upravljanje sistemom može koristiti isti softver virtuelnog instrumenta, uz manje izmene, koje se vrše promenom parametara u okviru "interaktivnog korisničkog interfejsa". Realizacijom virtuelnog instrumenta omogućeno je i maksimalno korišćenje postojećih resursa u pogledu izbora hardvera, gde se misli na izbor instrumenta za merenje izlaznog električnog signala. Ova karakteristika virtuelnog instrumenta posebno dolazi do izražaja, ako se zna da se u laboratoriji za fotometriju i radiometriju vrše veoma različita merenja, za koja se koriste isti raspoloživi instrumenti. Softver spektrofotometrijskog sistema je tako urađen da u njemu postoje ugrađeni podprogrami za svaki od instrumenata, čiji se izbor vrši preko interaktivnog korisničkog interfejsa.

Virtuelni spektrofotometrijski sistem objedinjuje veći broj funkcija, koje se mogu podeliti u četiri grupe.

Prvu grupu čine funkcije, kojima se preko interaktivnog korisničkog interfejsa vrši izbor parametara bitnih za način rada (izbor rada sa ili bez kompenzacionog detektora, izbor automatske ili manuelne izmene objekta merenja, izbor načina i zadavanje parametara za skeniranje spektra).

Dругу grupu čine funkcije za izračunavanje ulaznih upravljačkih podataka, odnosno formiranje matrice talasnih dužina na osnovu zadatih ulaznih parametara (početna i krajnja talasna dužina, širina koraka skeniranja). Na osnovu ovih podataka, kao i kalibracije monohromatora po talasnoj dužini, koja se unosi kroz interaktivnu komunikaciju sa uređajem, u sledećem koraku se vrši izračunavanje broja koraka step motora, koji pokreću difrakcione rešetke. Na osnovu podataka o zauzetoj talasnoj dužini vrši se i izbor odgovarajućeg filtra za eliminisanje viših harmonika talasne dužine.

Treću grupu predstavljaju upravljačke funkcije, kojima se šalju komande pokretnim delovima sistema i ujedno vrši kontrola njihovog rada, odnosno proverava njihovog statusa, čime se onemogućava izvršavanje narednih funkcija, dok je neki od delova sistema još u pokretu. Ovo se obavlja u okviru posebnog podprograma, koji je jedinstven za sve pokretne delove sistema.

U okviru četvrte grupe, nalaze se funkcije za upravljanje radom programabilnih mernih instrumenata (digitalnih voltmetara), za akviziciju, obradu i prezentaciju rezultata merenja. Ovo podrazumeva merenje struje mraka (Dunkel Ströme, tamna struja) pri zatvorenom "shutter-u", kao i simultano merenje signala sa pomoćnog i glavnog detektora. Postoji mogućnost zadavanja kašnjenja, koje bira korisnik, a koje omogućava da merno pojačavački deo sistema zauzme odgovarajući opseg i stabilizuje pokazivanje. Korisniku je omogućeno da zadaje broj očitavanja instrumenta, pošto je svako očitavanje, srednja vrednost iz zadatog broja pojedinačnih očitavanja instrumenta. Sistem vrši obradu rezultata merenja u smislu unošenja korekcija i određivanja odnosa merenih signala (kod sistema spektralnih poređenja) i prikazuje rezultate u vidu matrice sa digitalnim iskazivanjem i u vidu grafika po talasnim dužinama. Svi rezultati merenja se pored iskazivanja na prednjem panelu virtuelnog instrumenta (interaktivni korisnički interfejs), smeštaju i u poseban fajl u Excel-u, gde je omogućena njihova dalja analiza.

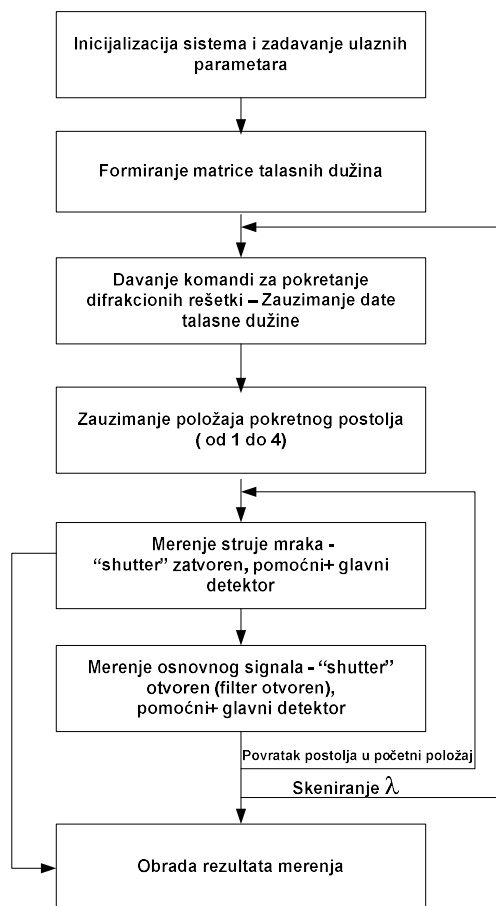
Izgled algoritma po kome program radi, u vidu uprošćenog blok dijagrama prikazan je na sl. 1. Hijerarhijskom i modularnom organizacijom virtuelnog spektrofotometra obezbeđen je koncept modularnog programiranja. Funkcionisanjem svake od hardverskih komponenti sistema upravlja se preko zasebnog podprograma, koji je baziran na konceptu virtuelnog instrumenta, a koji u sebi sadrži funkcionalne celine, realizovane u vidu podprograma po istom principu. Osim hardverskih komponenti sistema i zasebne funkcionalne celine (računske i druge) realizovane su u vidu zasebnih podprograma. Modularnom strukturom programa omogućeno je jednostavno praćenje rada zasebnih delova sistema i njihova optimizacija, tako da se ne remeti rad sistema u celini.

Indeks prelamanja, Sellmeier-ova formula i polarizljivost

Ocena realne komponente indeksa prelamanja je predmet mnogobrojne literature. Fitovanjem se može doći do koeficijenata određenih disperzionih relacija, koeficijenata A, B, C, i D, sa aproksimacijom u obliku varijacija relacije Sellmeiera [1, 13]:

$$n^2 = A + \frac{B}{\lambda^2 - C} - D\lambda \quad (1)$$

Ovakve relacije mogu da posluže u nalaženju drugih parametara ispitivanih materijala, koji imaju određeni fizički smisao. Tako se nalaženjem nule drugog izvoda indeksa prelamanja po talasnoj dužini dobija talasna dužina nulte disperzije λ_{nd} pogodna u prenosu signala optičkim putem.



Sl. 1. Algoritam virtuelnog instrumenta.

Transformacijom relacije (1), putem metode najmanjeg zbira kvadrata odstupanja, dolazi se do (2)

$$n^2 = 1 + \frac{A_1 \lambda^2}{\lambda^2 - B_1} \quad (2)$$

Zatim, jednostavnim transformacijama ($S_0 = A_1/B_1$ i

$\lambda_0 = \sqrt{B_1}$) dobija se i (3):

$$n^2 = 1 + \frac{S_0}{\frac{1}{\lambda_0^2} - \frac{1}{\lambda^2}} \quad (3)$$

gde je λ_0 talasna dužina glavnog oscilatora u materijalu, a S_0 "sila":-jačina tog oscilatora.

Parametri u jed. (2) daju teoretsku vrednost indeksa prelamanja za beskonačno veliku talasnu dužinu

$$n_\infty = \sqrt{1 + A_1} \quad (4)$$

Odavde sledi mogućnost proračuna vrednosti električne polarizabilnosti kao:

$$\alpha = \frac{3}{4\pi} \frac{n_\infty^2 - 1}{n_\infty^2 + 2} V_m \quad (5)$$

Obično je V_m molarna zapremina izražena u $\text{Å}^3, 1\text{Å} = 10^{-1} \text{nm}$

Proračuni vrednosti neke od ovih veličina za dva materijala su dati u Tab. 1. Molarna refrakcija, za različite talasne dužine je i pre pojave lasera služila za ocenu hemijske formule nadgrađenih jedinjenja na osnovu indeksa prelamanja i predpostavljenih veza. Korišćenjem linija raznih tipova lasera dobija se finija kategorija vrednosti za polarizljivosti odnosno molarne refrakcije i "čistije" razlike molarnih refrakcija.

Tab. 1. Optičke veličine za različite materijale

Materijal	Polari-zacija	λ_{nd} (μm)	λ_0 (nm)	S_0 ($1/\mu\text{m}^2$)	α (V_m)
Langasit	o	1,86	141	124	0,108
	e	1,86	140	127	0,109
YLSB	o	1,63	137	119	0,102
	e	2,79	121	136	0,096

o- redovan indeks prelamanja
e- neredovan indeks prelamanja

Ocena nelinearnog dela indeksa prelamanja

Za materijale i intenzivne laserske snopove se primenjuje aproksimacija [6a, 6b, 11]

$$n = n_0 + n_2 E^2$$

$$n = n_0 + n_2 I,$$

gde je E električno polje pridruženo laserskom snopu ili snopu nekoherentnog zračenja.

U literaturi [12] je nađena relacija, koja povezuje n_2 sa indeksom prelamanja za NaD liniju i disperziju v_d .

$$n_2 = \frac{68 * (n_d - 1) * (n_d^2 + 2)^2 * 10^{-13}}{v_d * \sqrt{1.517 + \frac{v_d * (n_d - 1) * (n_d^2 + 2)}{6 * n_d}}} \quad (6)$$

U literaturi postoje i različite vrednosti nelinearnih doprinosa indeksa prelamanja. Iz teoretskih i eksperimentalnih analiza Tab.2., su za vrednosti nelinearnih doprinosa indeksa prelamanja n_2 date procene za niz materijala. Za nađenu zavisnost nelinearnih doprinosa n_2 u funkciji n_d i disperzije je napisan program u softverskom okruženju VB6 sa mogućnošću zadavanja vrednosti indeksa prelamanja za NaD liniju i disperziju. Vrednosti iz literature su poređene sa rezultatima programa. Važnost programa je samo u svrhe interfejsa sa složenijim proračunima, rezonatora, stanja modova, interferometrijskih zadataka, koeficijenta pojačanja, parametarskih generatora, propagacije snopa kroz fibre i sl. [14].

U Tab.3. su data poređenja rezultata za nelinearni indeks prelamanja laserskih stakala sa rezultatima dobijenih prethodnim programom.

Iz Tab.3. se vidi da se rezultati, za indeks prelamanja na TD 0,5876, dobijeni pomoću našeg programa slažu sa literaturom (uz zaokruživanje) izuzev za slučajeve fosfatnog stakala OPS-3106 i staklo Q-88 gde su razlike za 3,74% i 1,857%.

Tab. 2. Nelinearni indeksi prelamanja i disperzija laserskih stakala (n_d – indeks prelamanja na TD 0,5876, v_d - koeficijent disperzije; n_2 -nelinearni indeks prelamanja)

Osnova ili tip stakla	n_d	v_d	$n_2 \times 10^{-13}$ CGS jed.	
			Eksperiment	Račun
Silikatna				
GLS-1	1,594	58	1,16±0,1	1,408
			1,3± 0,2	
			1,5± 0,3	
			1,8±0,3	
GLS-6	1,549	52	1,17±0,1	1,733
			1,9±0,2	
			1,5±0,15	
			1,45±0,3	
ED-2	1,567	54	1,41±0,14	1,729
LSG-91H	1,561	56,6	1,43	1,583
Fosfatna				
GLC-22	1,596	58,7	1,07±0,1	1,66
			1,5± 0,2	
			2,4± 0,3	
OPS-3106	1,53	70	1,0	1,09
Q-88	1,536	64,8	1,15	1,223

Tab. 3. Poređenje rezultata za nelinearni indeks prelamanja laserskih snopova

n_2	
Rezultati iz lit	Naši rezultati
1,408	1,407705
1,733	1,733386
1,729	1,728956
1,583	1,583680
1,66	1,660928
1,09	1,050679
1,36	1,362562
1154	1,154083
1,27	1,271404
1,154	1,154083
0,999	0,999092
1,223	1,200702
0,75	0,749733
0,335	0,334532

Uslovne podele parametara materijala

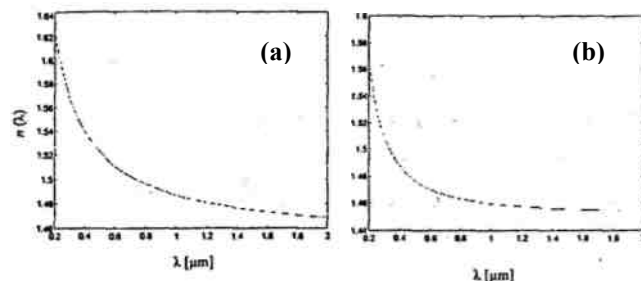
Parametre možemo podeliti u grupe prema odnosu sa optičkim konstantama: **primarne**: ρ - gustina, n_D - indeks prelamanja za N_D liniju, ϵ - dielektrična permitivnost; **relativne**: c - specifična toplota, λ - termalna provodnost; i **sekundarne**: module elastičnosti E i Y, μ -Poissonov odnos, H- mikročvrstoća.

Iz eksperimentalnih rezultata i empirijskih relacija moguće je dobiti zavisnost indeksa prelamanja od talasne dužine.

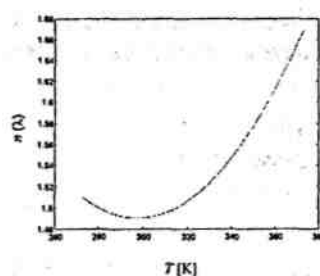
Veze: ρ - n, ρ - ϵ , ϵ -n, c - ρ , viskoznost(η)- električna provodnost (σ), mikrotvrdoća (H)- η , H- površinski napon(γ), H-specifična zapremina (V_s), i veza permitivnost –električna provodnost, dielektrični gubici su sprovedene kroz kratke eksplicitne praktične formule [1], iako smo svesni postojanja vrlo kompleksnih relacija.

$n(\lambda)$ i $n(T)$ za nelinearni kristal KDP

Zavisnost indeksa prelamanja $n(\lambda)$ za nelinearni kristal KDP za redovan i neredovan zrak na sobnoj temperaturi (sl.2a, 3a), i termalna zavisnost $n(T)$ (sl. 3.) je analizirana primenom MATLABa za nelinearni kristal KDP, zavisnost je najbliža $1/\lambda^2$ [1]



Sl.2. Indeks prelamanja $n(\lambda)$ za redovan (a) i neredovan(b) zreak za KDP



Sl.3. Termalna zavisnost indeksa prelamanja

Paketi programa koji koriste optičke konstante

Postoji dosta razvijenih softvera za podršku interakcije lasera i materijala u raznim oblastima, koji su kreirani upotrebom različitih programskih alata. **Durango** je jedan od softvera, koji se koristi u interferometriji za akviziciju podataka, analizu, evaluaciju, razmenu, importovanje-eksportovanje i simulaciju. Koristi poznate algoritme i daje potpuni pristup izvornim mernim podacima i medurezultatima. To je brz, fleksibilan softver, širokog opsega mogućnosti, dosta nezavistan od hardvera, relativno lak za upotrebu. LASCAD predstavlja softver za računanje, toplotnih efekata u laserskim kristalima i izobličenja oblika snopa. Razvijen je i zbog istraživanja dizajna mikročipa i snažnijih lasera na čvrstom telu. Diodno pumpani laseri na čvrstom telu omogućuju visoke snage pumpe. Zagrevanje laserskih kristala putem pumpe i emisije, prouzrokuju velika optička izobličenja. Za preciznu simulaciju, potrebno je uzeti parametre materijala, geometriju rezonatora i razmenu toplote.

Pri proračunima treba voditi računa o velikim temperaturnim gradijentima. Zbog raspodele temperature u aktivnim materijalima dolazi do promena indeksa prelamanja, specifičnog radialnog profila i aktivni materijal ponaša kao sočivo (žižnom daljinom od nekoliko cm). Uračunavanjem promene otpornosti sočiva sa postavljenim uslovima, potrebno je optimizirati dizajn laserskih rezonatora. Laserski rezonatori se prave na ekranu sa insertovanjem uz pomoć miša i pozicioniranjem na optičke elemente (sočiva, ogledala). Korisnik zadaje ulaznu snagu, talasnu dužinu i intenzitet raspodele snopa pumpe, i parametre materijala (toplotna provodnost, temperaturna provodnost, toplotno širenje i nivo primesa kristala). LASCAD je softver za

računanje 3D raspodele temperature, deformacije i napona laserskog kristala pomoću metoda konačnih elemenata MKE (FEM). Rezultati su prikazani na ekranu kao 3D slika u boji. Programski paket prikazuje i talasni front i modnu strukturu. Računanja su bazirana na ABCD matricnom pristupu i sadrže paraboliku aproksimaciju za toplotnu razmenu i podešavanje pojačanja. Preklapanje računanja raspodele pojačanja sa modnom raspodelom određuje snagu konverzije i efikasnost lasera. U okviru LASCAD-a dostupna je baza podataka poznatih laserskih materijala. Trenutno u bazi podataka na raspolaganju su Nd^{3+} , Er^{3+} , Y, Ho^{3+} kao primese u YAG materijalima. U datu bazu podataka potrebno je uneti optičke i druge podatke za druge tipove lasera. Softver poredi osobine različitih kristala pomoću jednostavne selekcije pri ulazu u bazu podataka sa stvarnim osobinama. Rad se zasniva na objedinjenim algoritmima metode propagacije snopa. Oni će odrediti oblik neGaussovih laserskih modova preciznije i simuliraće osobine vektora, u talasnoj predstavi. Radi se i na uključenju lasera i pojačavača u plavoj, zelenoj i crvenoj oblasti spektra. Softverski paket LASCAD obezbeđuje interfejs sa kodom, u programskom paketu ZEMAX. Novine se odnose na numeričko računanje gustine raspodele apsorbovane snage pumpe u slučaju brzih dinamičkih režima. Za interfejs sa ray tracing kodom dostupne su ranije verzije TracePro. FRESNEL predstavlja jednu od ranijih verzija specijalizovanog softvera, koji se koristi sa simulaciju propagacije laserskog snopa kroz različite sredine, a razvijen je upotrebom Delphy softverskog alata.

Savremeniji alati za izradu specijalnih simulacija i vizualizacija pojava su 3D Max, C#, Visual C++. Postoje i jednostavnije verzije, koje mogu da daju zadovoljavajuće rezultate zavisno od složenosti zadatka.

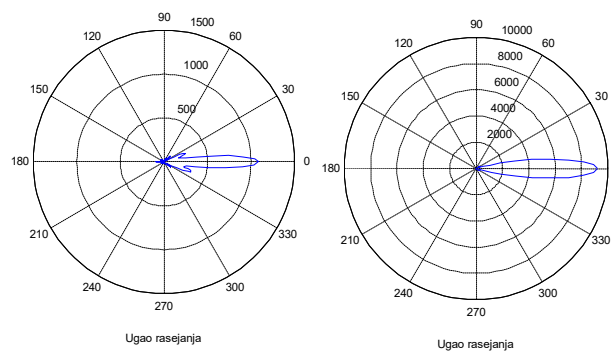
Za specifične primene moraju se razvijati sopstvena namenska rešenja. Često se na tržištu mogu naći gotovi programi, koji su namenjeni za širu upotrebu, a korisnicima je potreban samo jedan deo njihovih mogućnosti. Zato se razvijaju sopstvena rešenja i interfejsi programi, kojima će se povezati sa drugim programskim rešenjima. Tu nastupaju analize o odnosu cena, utrošenom vremenu, kvalitetu, mogućnost interakcije sa drugim programima, proširenja od strane korisnika se dopunjavanjem baze podataka, itd.

Programi rade pod Operativnim sistemima Microsoft Windows XP/2000/NT/98 i podržavaju mnoge tipove interferometara. Modularnog su tipa i podržavaju se mnogi načini zapisa.

Angularna raspodela i veličina čestica definisanih indeksa prelamanja

Razmotrena je uglovna raspodela prema Lorentz-Mie-ovoj teoriji uz pretpostavku sfernog oblika čestica. Izabrane su supstance, koje ulaze u sastav aerosola. Prema relevantnim parametrima [15, 16] uzimane su karakteristične dimenzije generatora čestica. Rezultati simulacije za kapljicu dioktil ftalata (DOP) sa vodom karakterističnu dimenzije na sl.4.

Razmotreni su slučajevi kapljica DOP u smeši sa vodom za karakterističnu dimenziju $0,8\mu m$, u slučaju većeg i manjeg udela vode u kapljici. [6b] Pošto je DOP manje gustine od vode pretpostavlja se da je voda u centru, a DOP oмотаč. Razmatrane su i višeslojne kapljice [15]. Za sve slučajeve dominantno je rasejanje unapred. Uočava se porast intenziteta rasejane svetlosti u slučaju, kada je dimenzija čestice približno jednaka celobrojnom umnošku upadne talasne dužine.



Sl 4. a) Kapljice DOP u prisustvu veće količine vode u kapljici $a_{tot}=0,8\mu m$, $a_{vode}=0,5\mu m$, $\lambda=488nm$; b) Homogena kapljica DOP $a_{tot}=0,8\mu m$, $\lambda=488nm$

Zaključak

U radu su razmatrane izabrane veze optičkih konstanti sa drugim karakteristikama materijala linearne i nelinearne prirode. Kako je razvijeno mnogo korisničkih programa za dizajniranje kvantnih generatora i pojačavača i kako metode tehničke kontrole sve više naginju optičkim tehnikama, to razmatranje i poznavanje optičkih procesa i konstanti dobija sve veći značaj. Rezultati za nelinearni indeks prelamanja laserskih stakala dobijeni pomoću našeg programa se uglavnom slažu sa literaturom (zaokruživanje je vezano za tehnike merenja). Angularne raspodele karakterističnih veličina čestica (kapljice DOP sa vodom) definisanih indeksa prelamanja dominira rasejanje unapred i uočava se porast intenziteta rasejane svetlosti kada je dimenzija čestice srazmerna celobrojnom umnošku upadne λ .

LITERATURA

- [1] M.Srećković, S.Ristić, R.Sekulić, J.Ilić, S.Ostojić, N.Ivanović, et.al., Proc. Lasers2001, pp.217-224, 2002
- [2] M.Srećković, A.Marinović, et.al. Proc.Lasers 2001, pp.367-374, 2002.
- [3] M.E.Born, E. Wolf, *Principles of optics*, Pergamon Press, Oksford, 1986.
- [4] W. Vogel, *Glaschemie*, Veb Deutscher Verlag fur Grundstoffindustrie, Zagreb, 1985.
- [5] W.A.Weyl, E.Ch.Marboe, *Constitution of glasses*, Interscience Publishers, New York London, (IIB), 1967.
- [6] a) N.Blombergen, *Non linear optics*, Mir, Moskva, 1966. b) G.C.Baldwin, *Contemp.nonlinear optics*, AP, Boston, 1992.
- [7] Ž.Tomić, M. Srećković, A. Bugarinović, J. Mirčevski: Zb.rad. Infoteh, Vol. 6, Ref. E-VI-7, pp.569-573, 2007.
- [8] S.A.Ahmanov, V.A. Vyslouh, A.S.Chirkin, *Optika femtosekundnyh lazernyh impulsov*, Nauka Moskva, 1988.
- [9] F.Zernike, J.Midwinter, *Applied nonlinear optics*, J.Wiley&Sons, New York, 1973; b) Y. Shen, *Principles of nonlinear optics*, J.Wiley Sons, New Yor, 1984.
- [10] M.Srećković, N.Ivanović, O.Žižić, S.Bojanić, Journ. Electron. Mat., Vol.32, pp.208-214, 2003.
- [11] M.Srećković, Journ. eng. phys. XXIII, pp. 19-33, 1981.
- [12] A.A.Mak, L.N.Sopms, V.A.Fromntel, V.E.Yašin, *Lasери na neodimovom stekle*, Nauka, Moskva, 1990.
- [12] V.Škerović, P.Vukadin, V.Zarbica, *47 ETRAN*, 2003.
- [13] W. Sellmeier, *Ann. Phys. Chem.*, 143, 271, 1871.
- [14] B.Đokić, *Magistarska teza*, ETF Boograd, 2005.
- [15] M.Srećković, et.al. *Kongr. metrologa*, pp.327-335, 2007
- [16] J. Ilić, *Doktorska teza*, ETF, Beograd, 2003