ZAŠTITA OČIJU OD SVETLOSNOG BLESKA NUKLEARNE EKSPLOZIJE

Opisana su sredstva za zaštitu očiju od svetlosnog bleska visokog intenziteta i kratkog trajanja, zasnovana na olovo-lantan-cirkonijum-titanatnoj keramici-PLZT i fotohromnim materijalima krizenu i koronenu. Prikazana je tehnologija dobijanja tih sredstava, kao i rezultati ispitivanja njihovih osnovnih funkcionalnih karakteristika.

Uvod

Razvoj taktičkog nuklearnog oružja i sve šira primena lasera u vojne, pa i civilne svrhe čini rešavanje problema zaštite očiju od svetlosnog zračenja tih izvora veoma aktuelnim.

Oštećenje oka izloženog svetlosnom zračenju velikog intenziteta može se manifestovati kao privremeno slepilo, trajno oštećenje pojedinih delova oka ili kao trajni gubitak vida. Stepen oštećenja oka izazvan svetlosnim bleskom nuklearne eksplozije (NE) zavisi od veličine svetlosnog impulsa koji je u funkciji snage nuklearnog oružja, vrste eksplozije, konfiguracije terena, rastojanja od centra eksplozije, atmosferskih uslova, doba dana u trenutku eksplozije i drugog.

Stepen oštećenja oka izazvan laserskim zračenjem zavisi od intenziteta udarnog laserskog zračenja, trajanja impulsa, vremenskog intervala između impulsa, talasne dužine zračenja, gustine energije laserskog snopa i, ako je zračenje reflektovano, od karaktera refleksionih površina.

Kratkotrajni zaslepljujući svetlosni blesak jedan je od efekata NE. Neposredno posle svetlosnog bleska, u centru eksplozije stvara se usijana svetle-

ća oblast — vatrena lopta, čija je temperatura nekoliko miliona stepeni. Obe pojave pripadaju tzv. termičkom dejstvu NE, kojim se oslobađa od 30 do 40% ukupne energije NE. Termičko zračenje sadrži, pored vidljivog, i ultraljubičasto (UV) i infracrveno (IC) zračenje.

Trajanje prve faze trenutnog dejstva — svetlosnog bleska, meri se hiljaditim delovima sekunde, a sam početak mikrosekundama. Značajna karakteristika te faze jeste velika brzina odvijanja pojave, koja znatno prevazilazi brzine treptajnog refleksa oka. Zbog toga mogu nastati trajna oštećenja vida ili privremeno slepilo kao funkcionalno oštećenje.

Druga faza svetlosnog zračenja traje znatno duže, i direktno je proporcionalna snazi eksplozije (svetlost vatrene lopte pri nuklearnim eksplozijama jačine 3, 10, 30 i 100 kT traje 1,4; 2,2; 3,1 i 4,6 sekundi). Intenzitet te svetlosti prevazilazi intenzitet svetlosti Sunca. U toj fazi se emituje oko 99% toplotne energije nuklearne eksplozije.

Zaštita očiju jedan je od glavnih činilaca koji utiče na borbenu sposobnost pojedinih specijalnosti pripadnika oružanih snaga.

Zaštita očiju od svetlosnog bleska NE

Svetlosno zračenje NE ima znatno veći radijus opasnog dejstva od ostalih efekata (udarnog, toplotnog i radijacionog). Ta razlika je naročito izražena noću. U tabeli 1 prikazana su upoređenja rastojanja na kojima kod nezaštićenog ljudstva nastaje privremeno slepilo s rastojanjima ostalih efekata, izraženim u metrima.

Tabela 1

Jačina NE (kT)	Svetlosni blesak		Toplotno dejstvo	Udarno dejstvo	Primarno radijaciono dejstvo
	danju	noću			
10	7000	14000	3000	1800	1350
30	10500	21000	3800	3000	1650
100	16000	32000	6300	4200	1950

Prikazana rastojanja odnose se na minimalne efekte: pri toplotnom dejstvu — opekotine prvog stepena; pri udarnom dejstvu — laki gubici (nadpritisak od 0,18 do 0,25 bar), a pri radijaciji — ozračenje početnim zračenjem do 1 Gy. Pri tome, treba uzimati u obzir činjenicu da se udarno, pa i toplotno dejstvo može izbeći brzim zaklanjanjem, koje je u borbenim uslovima ostvarljivo. Svetlosni blesak, međutim, nije moguće izbeći, jer zatvaranje očnih kapaka traje oko 0,15 s, što je oko 300 puta sporije od svetlosnog bleska. Prema tome, prirodnim mehanizmom ne može se sprečiti prodor svetlosnog, UV i IC zračenja u unutrašnjost oka.

Veliki intenzitet i radijus dejstva svetlosnog bleska NE može dovesti ne samo do onesposobljavanja nezaštićenog ljudstva nego i do velikih gubitaka materijalno-tehničkih sredstava (MTS). Vozači borbenih i neborbenih vozila, piloti, kormilari plovnih objekata i drugi zaslepljeni gube mogućnost upravljanja, što može usloviti oštećenje ili gubitak sredstava.

Pojačanju efekta svetlosnog impulsa znatno doprinosi i refleksija svetlosti od okoline (sneg, kamen, zidovi zgrada i sl.). Ljudstvo koje koristi optičke instrumente, izlaže se dodatnoj opasnosti zbog osobine optike da koncentriše svetlosno zračenje na malu površinu, proporcionalno kvadratu uveličavanja instrumenta.

Pripadnici oružanih snaga određenih specijalnosti, čije je obavljanje zadataka uslovljeno neprekidnim osmatranjem, moraju imati stalnu zaštitu. To su, pre svega, lica koja upravljaju dinamičkim sistemima (piloti, vozači, manipulatori), čija bi i kratkotrajna nesposobnost mogla da dovede do teških materijalnih i drugih posledica. Kvalitet zaštite, koji se u tom slučaju izražava brzinom reakcije na svetlosni blesak, zaštitnom moći za vreme bleska i brzinom regeneracije zaštitnog sredstva nakon prestanka delovanja zračenja, mora biti veći nego kod ostalih specijalnosti, čiji pripadnici obavljaju svoje dužnosti na mestu, i gde se dozvoljava prekid praćenja situacije (vidnost) za relativno duži period. Zbog toga je bilo potrebno da se izrade najmanje dva tipa zaštitnih sredstava, što je i sa stanovišta ekonomičnosti veoma značajno, s obzirom na znatne razlike u njihovoj ceni.

Sredstva za zaštitu očiju od svetlosnog bleska NE

Na osnovu potreba i postojećih sredstava za zaštitu očiju od svetlosnog bleska NE, razvijena su sredstva na bazi olovo-lantan-cirkonijum-titanatne keramike (PLZT), zasnovana na elektro-optičkom principu. Aktiviraju se velikom brzinom (od 50 do 100 μ s) i u otvorenom položaju propuštaju od 15 do 20%, a u zatvorenom manje od 0,1% svetlosti. To su uređaji indirektnog dejstva, kod kojih se svetlosna energija, koja dolazi na svetlosno osetljivu fotodiodu, pretvara u električni signal, koji se dovodi u diskriminator. Diskrimina-

tor zadržava i gasi lažne signale, a propušta one koji su pobuđeni svetlosnim zračenjem NE. Propušteni signali se pojačavaju i aktiviraju sistem za optičko zatvaranje zaštitnog sredstva, koji je sastavljen od dva polarizaciona svetlosna filtra — polarizatora i analizatora. Između njih je smešten sloj specijalnog keramičkog elementa — PLZT keramike. Vreme regeneracije tih sredstava iznosi manje od 10 ms.

Druga grupa sredstava za zaštitu očiju od svetlosnog bleska NE bazirana je na dinamičkim fotohromnim filterima (na bazi krizena i koronena), koji se aktiviraju direktnim osvetljavanjem, odnosno aktivira ih UV svetlost [1, 2].

Olovo — lantan — cirkonijum — titanatna (PLZT) keramika

Čvrst rastvor sastava $Pb_{0,905}La_{0,095}(Zr_{0,65}Ti_{0,35})_{0,9725}O_3 + 3at\% PbO$ priprema se na dva načina — homogenizacijom oksida i koprecipitacijom, kako je prikazano na sl. 1. Osnovu postupka čini dvostepeno sinterovanje. Prvi stepen (faza I) čini sinterovanje pod pritiskom u vakuumu, a drugi (faza II) sinterovanje pod pritiskom (vruće presovanje na vazduhu). Poseban značaj ima operacija poliranja, s obzirom na to da je važno da se dobiju što transparentniji uzorci za ugradnju u elektrooptički preklopnik — attenuator svetlosnog bleska.

PLZT

USLOVI SINTEZE:

A. — oksidni

homogenizacija
oksida: PbO , ZrO_3 ,
 TiO_2 i La_2O_3

B. — koprecipitacija

kosuspenzija PbO
u rastopu Zr i Ti
alkoksida

zagrevanje oksidne
smese — kalcinacija
 $t = 900^\circ C$

obaranje Ti i Zr jona
uz dodatak vodenog
rastvora La -acetata

mlevenje

zagrevanje —
kalcinacija
 $t = 500^\circ C$

zagrevanje
 $t = 900^\circ C$

mlevenje

hladno presovanje
 $p = 100MPa$

dvostepeno
sinterovanje

sinterovanje u
 O_2
 $t = 1150^\circ C$ I FAZA

sinterovanje pod pritiskom
(vruće presovanje)
u vazduhu II FAZA

sečenje INGOTA
na $d = 350-500\mu m$

brušenje

poliranje

izlazna kontrola i
izrada atesta kvaliteta
PLZT pločice

Koncepcija i izrada elektrooptičkog preklopnika

Osnovu elektrooptičkog preklopnika — svetlosnog attenuatora, čine PLZT keramički elemenat, kao optički deo attenuatora, prikazan na sl. 2, i elek-

Sl. 2 — PLZT keramički element

tronski kontroler, kao elektronski deo attenuatora. Konfiguracija PLZT svetlosnog attenuatora i PLZT elektrooptičkog preklopnika prikazana je na sl. 3.

Sl. 1 — Šema dobijanja PLZT keramike

Na poliranu PLZT pločicu, debljine do 50 μm , nanete su interdigitalne elektrode od zlata postupkom vakuum-ske metalizacije ili hemijskim deponovanjem metala u gravirane kanale na keramici. PLZT pločica sa elektrodama

električnog napona na elektrodama koje su na PLZT keramici, kao i prostornog napona polarizacije u samoj keramici. Time se omogućava maksimalna brzina promene anizotropije indeksa prelamanja. Električno kolo je reali-

Sl. 3 — Konfiguracija i princip rada PLZT elektrooptičkog preklopnika

1 — nepolarizovan svetlosni izvor, 2 i 6 — polarizator, 3 — električni vektor upadne linearne polarizovane svetlosti, 4 — optičke ose, 5 — električni vektor linearne polarizovane svetlosti, 7 — kontrolno kolo, 8 — PLZT keramika

postavlja se između ukrštenih polarizatora, sa kojima je ostvaren kontakt preko silikonskog gela. Podešavanje polarizatora posebno je osetljiva operacija zbog izbegavanja kosog upada svetlosti. Polarizatori su lepkom zalepljeni tako da je jedan zalepljen za infracrveni staklički filter, a drugi za borosilikatno staklo, koje čini ultraljubičasti filter [3, 4, 5]. Takvom koncepcijom optičkog dela svetlosnog atenuatora obezbeđena je atenuacija svetlosnog fluksa u ultraljubičastom i infracrvenom delu elektromagnetnog spektra svetlosnog zračenja.

Elektronski deo atenuatora je koncipiran tako da omogućava pražnjenje

zovano korišćenjem SCR elemenata, preko tri nivoa upravljanja. Time je obezbeđena potrebna brzina prekidanja elektronskog kola, odnosno dovoljno brz prelazak elektrooptičkog preklopnika iz »otvorenog« u »zatvoreno« stanje. Elektronsko kolo je urađeno u dve varijante, i to sa i bez kontrolisanog pražnjenja [6].

Osnovne karakteristike funkcionisanja elektrooptičkog preklopnika kao prekidača — atenuatora svetlosnog fluksa, odnosno sredstva za zaštitu od jakih svetlosnih izvora, čine optička gustina u otvorenom i zatvorenom stanju i brzina preklapanja iz otvorenog u zatvoreno stanje. Ove karakteristike se

mere pomoću mernog sistema prikazanog na sl. 4.

Kao izvor svetlosti korišćen je konstantni izvor bele svetlosti za statička merenja i ksenonska bleskalica za dinamička merenja. Sva merenja su obavljena u režimu rada fotodiodnog pojačavača, u kojem se intenzitet propuštene svetlosti može limitirati na vrednost izlaznog signala fotopojčivača. Intenzitet svetlosnog izvora I_0 podešen je na vrednost koja omogućava da merni sistem registruje intenzitet propuštenog svetla u rasponu od 0 do $3 \times 10^{-3} I_0$, či-

Sl. 4 — Merni sistem za određivanje funkcionalnih karakteristika PLZT keramičkog elementa

me se postiže rezolucija 10^{-4} ili optička gustina $OD=4$. U toku merenja napon na elektrooptičkom preklopniku podešen je na maksimalnu propusnost.

Na optičku gustinu u otvorenom stanju, odnosno propusnost, utiče, pre svega, aktivni keramički element. Sva-ka od komponenata utiče sopstvenom propusnom karakteristikom na ukupnu integralnu vrednost optičke gustine. Najveći uticaj ima PLZT keramika, či-ja je transparentnost (s refleksionim

gubicima) prikazana dijagramima na sl. 5 i 6. Pri tome, vidljivo je da PLZT keramika ima najveću optičku propus-

Sl. 5 — Optička propusnost PLZT keramike 1 — oksidni postupak, 2 — koprecipitacija

nost u spektralnom području od 0,4 do 0,7 μm , u kojem je i najosetljivije ljudsko oko.

Rezultati merenja optičke gustine u otvorenom stanju (OD_0), optičke gustine u zatvorenom stanju (OD_z) i vremena preklapanja prikazani su u tabeli 2.

OD_z^S — optička gustina u zatvorenom stanju pri statičkim uslovima merenja. Optička gustina je odnos upadne i propuštene svetlosti kroz elektrooptički preklopnik (EOP);

OD_z^D — optička gustina u zatvorenom stanju pri dinamičkim uslovima merenja. Vrednost je određena iz dijagrama vremenske zavisnosti propuštene svetlosti, počev od trenutka aktiviranja preklopnika;

(1) — vreme preklapanja. Izračunava se kao vreme za koje op-

Tabela 2

Rezultati merenja OD_0 , OD_z^s i vremena preklapanja

EOP	OD_0	OD_z^s	OD_z^D	Vreme preklapanja ⁽¹⁾ (μs)	Ukupno vreme preklapanja ⁽²⁾ (μs)
EOP-1	0,76	4,5	3,1	40	86
EOP-2	0,83	4,3	3,2	45	92
EOP-3	0,71	4,5	3,15	40	88
EOP-4	0,75	4,3	3,3	50	94
EOP-5	0,78	4,4	3,2	32	52
EOP-6	0,79	4,6	3,1	35	63
EOP-7	0,79	4,3	3,1	38	50
EOP-8	0,76	4,1	3,1	32	56
EOP-9	0,83	4,6	3,3	36	54
EOP-10	0,81	4,5	3,2	38	58

Sl. 6 — Transparentnost PLZT keramike sa refleksionim gubicima

tička gustina preklopnika postigne vrednost $OD=2,25$;

- (2) — ukupno vreme preklapanja. Izračunava se kao vreme za koje optička gustina preklopnika postigne vrednost $OD=3,0$.

Preklopnici sa oznakom od EOP-1 do 4 izrađeni su bez, a od EOP-5 do 10 s električnim kolom koje ima konstantnu struju pražnjenja.

Na sl. 7 prikazan je dijagram »zatvaranja« preklopnika do optičke gustine $OD=2,25$ i $OD=3$. U prvom slučaju faktor slabljenja je 500 u odnosu na upadni svetlosni fluks, a transparentnija je 0,75%. Pri $OD=3$ faktor slabljenja upadnog svetlosnog fluksa je 1000, a transparentnija u odnosu na upadni svetlosni fluks je 0,1%. Pri tome, ekstinkcija je od 10.000 do 30.000 puta (vrednosti se izračunavaju iz OD_z^s).

Sl. 7 — Dijagram faktora slabljenja upadnog svetlosnog fluksa

Poređenjem dobijenih rezultata s objavljenim podacima [7] koji se odnose na najsavremenija svetska rešenja, može se konstatovati da izrađeni elektrooptički preklopnici imaju veoma dobre funkcionalne karakteristike. Preklopnik brzo reaguje u odnosu na upadni svetlosni fluks (ispod 100 μs) i ima veliki faktor slabljenja (iznad 1000), odnosno visoku ekstinkciju (od 10.000 do 30.000 puta).

Dinamički fotohromni filteri na bazi krizena i koronena

Izrada fotohromnog dinamičkog filtera (DFF)

Fotohromni dinamički filteri dobijeni su polimerizacijom epoksi-smole visoke čistoće, s odgovarajućim fotohromnim jedinjenjima (krizen i koronen) [8]. Krizen i koronen imaju dobru ap-

sorpciju vidljivog dela spektra svetlosnog zračenja, s maksimumom apsorpcionih krivih u pobuđenom stanju na $0,5 \mu\text{m}$ (krizen) i $0,6 \mu\text{m}$ (koronen).

Epoksi-smola visoke čistoće odlikuje se visokom optičkom propustljivošću u bliskom ultraljubičastom delu spektra (na $0,3 \mu\text{m}$ ima transparentnost oko 60%) i visokom propustljivošću u vidljivom delu spektra (u dijapazonu talasnih dužina od $0,4 \mu\text{m}$ do $0,7 \mu\text{m}$ ima transparentnost veću od 80%).

Kompaktni dinamički filter je tro-slojan. Jedan sloj čini filter sa krizenom, drugi filter sa koronenom, a treći sloj je pasivni širokopojasni infracrveni komercijalni filter. Redosled filtera uslovljen je apsorpcionim karakteristikama fotohromnih jedinjenja, odnosno širokopojasnog IC filtera.

Određivanje funkcionalnih karakteristika dinamičkih fotohromnih filtera

Aparatura za određivanje optičke gustine u zatvorenom stanju (OD_z) i vremena regeneracije (τ_R) prikazane su na slikama 8 i 9.

Sl. 8 — Aparatura za određivanje optičke gustine u zatvorenom stanju OD_z i vremena aktiviranja — τ_A

Obe aparature imaju generator električnog i svetlosnog impulsa, fotodiodu, osciloskop i pisac za registrovanje rezultata merenja.

Određivanja su obavljana na sledeći način:

— pražnjenjem kondenzatorske baterije (generator impulsa) kroz ksenonsku bleskalicu generiše se svetlosni impuls, koji se propušta kroz standardni neutralni filter (položaj I), odnosno fotohromni filter (položaj II), a zatim dovodi na fotodiodu, polarisanu do napona 30 V;

Sl. 9 — Aparatura za određivanje vremena regeneracije — τ_R

— naponski signal sa fotodiode registruje se digitalnim osciloskopom i trajno beleži pisacem (dobija se kriva $U_d = f(t)$).

Kako postoji linearna zavisnost napona fotodiode od transparentnosti filtera, optička gustina u zatvorenom stanju se dobija iz odnosa površina pod krivom $U_d = f(t)$ za fotohromni filter (II) i za standardni filter definisane transparentnosti (I).

Brzina (vreme) aktiviranja (τ_A) određuje se analizom prvog dela krive, odnosno određivanjem tačke u kojoj se kriva $U_d = f(t)$ za fotohromni filter odvaja od krive dobijene za standardni filter.

Vreme oporavka (regeneracije) određuje se tako što se kroz dinamički filter propušta snop zraka iz He—Ne lasera, snage 2 mW, koji pada na fotodiodu i daje signal konstantnog napona. Pražnjenjem bleskalice naglo se menja transparentnost dinamičkog filtera, što smanjuje signal dobijen iz

He—Ne lasera, koji se asimptotski približava početnoj vrednosti. Vreme vraćanja nivoa signala He—Ne lasera na početnu vrednost signala sa fotodiode uzeto je za vreme regeneracije filtera.

Integralna optička gustina u otvorenom stanju (neaktivirano) OD_o iznosi:

$$OD_o = \log_{10} (1/T_{EF}),$$

gde je:

$$T_{EF} = \frac{\int_{0,4 \mu m}^{0,7 \mu m} T(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{0,4 \mu m}^{0,7 \mu m} V(\lambda) d(\lambda)}$$

Funkcija $V(\lambda)$ standardizovana je osetljivost ljudskog oka, čije su vrednosti uzete iz literature. Numeričke vrednosti $T(\lambda)$ uzete su sa krive na dijagramu (sl. 10), odnosno:

$$T_{EF} = 53,2\%,$$

$$OD_o = 0,27.$$

Dinamički filter u zatvorenom stanju (aktivirano) OD_z ima sledeću integralnu gustinu [9, 10]:

$$OD_z = 0,30 OD_{UV} + 0,70 OD_{PD},$$

$$OD_{PD} = -\log_{10} T_{PD},$$

gde je:

$$T_{PD} = \frac{\int_0^{t_1} J_{DF} dt}{\int_0^{t_2} J_{NF} dt} \cdot T_{NF},$$

$J_{DF}(t)$ — intenzitet svetlosnog impulsa kroz dinamički filter,

$J_{NF}(t)$ — intenzitet svetlosnog impulsa kroz neutralni filter,

t — vremenski interval trajanja svetlosnog bleska,

T_{NF} — transparentcija neutralnog filtera,

T_{PD} — transparentcija dinamičkog filtera u propusnom dijapazonu fotodiode (0,4 do 1,1 μm),

OD_{PD} — optička gustina dinamičkog filtera u propusnom dijapazonu fotodiode,

OD_{UV} — optička gustina dinamičkog filtera u ultraljubičastom području (od 0,28 do 0,4 μm).

Koeficijenti 0,30 i 0,70 usvojeni su na osnovu dobijenih rezultata, tako da ultraljubičasti deo spektra u svetlosnom impulsu nosi 30% ukupne gustine energije.

Transparentcija dinamičkog fotohromnog filtera u osnovnom stanju (pre dejstva svetlosnog bleska) prikazana je na sl. 10. Maksimum transparentcije DFF u neaktiviranom stanju je 0,56 μm , što se podudara s maksimumom na krivoj spektralne osetljivosti oka.

Optička gustina u zatvorenom stanju prikazana je na slici 11, vreme re-

Sl. 10 — Transparentcija dinamičkog fotohromnog filtera u osnovnom stanju

generacije na slici 12, a brzina (vreme) aktiviranja na slici 13.

Vreme aktiviranja dinamičkog fotohromnog filtera manje je od 70 μ s. Najveća brzina aktiviranja postiže se na sobnoj temperaturi, i iznosi 45 μ s.

Sl. 11 — Određivanje optičke gustine u zatvorenom stanju

Sl. 12 — Određivanje vremena regeneracije

Vreme regeneracije pokazuje sličnu temperaturnu zavisnost kao i vreme aktiviranja. Na sobnoj i povišenoj temperaturi vreme regeneracije iznosi 2 s, a na sniženoj temperaturi se povećava za oko 30%.

Gustina energije zračenja iznosila je 350 mJ/cm², a vreme trajanja impulsa 7,9 ms.

Sl. 13 — Određivanje brzine aktiviranja

Zaključak

Opisan je problem zaštite očiju od svetlosnog bleska nuklearne eksplozije, kao i sredstva za zaštitu koja su kod nas razvijena, a bazirana su na PLZT keramici, i sredstva čiju osnovu čine organski fotohromni materijali krizen i koronen.

Sintetizovana je kvadratna optički transparentna PLZT keramika postupkom dvostepenog sinterovanja u kiseoniku i pod pritiskom na vazduhu. Optička propusnost sintetizovane keramike iznosi oko 60% za područje talasnih dužina iznad 0,5 μ m. S antirefleksionim slojem transparentnost PLZT keramike se povećava na 80%.

Izrađen je elektrooptički preklopnik na bazi PLZT keramike sastava 9,5/65/35. Optički deo preklopnika je aktivni keramički element s interdigitalnim elektrodama, polarizatorom i analizatorom. Elektronski deo preklopnika čini elektronski kontroler na bazi električnog kola sa i bez konstantnog strujnog pražnjenja.

Određene su vrednosti za optičku gustinu u otvorenom i zatvorenom stanju i brzina preklapanja elektrooptičkog preklopnika. Optička gustina u otvorenom stanju (prosečna vrednost) iznosi 0,78, a transparentcija je od 16 do 18%. Optička gustina u zatvorenom stanju pri statičkim uslovima merenja iznosi 4,4, a pri dinamičkim uslovima 3,2 (srednje vrednosti). Faktor slabljenja upadnog svetlosnog fluksa je oko 1000 pri dinamičkim merenjima, a pri statičkim uslovima više od 10000.

Prosečna brzina preklapanja do OD_z je 90 μs za standardno kolo, a za kolo sa konstantnim strujnim pražnjenjem iznosi 58 μs .

Izrađeni su dinamički fotohromni filteri polimerizacijom epoksi-smole visoke čistoće s organskim fotohromnim jedinjenjima krizenom i koronenom.

Za sredstva čiju osnovu čine dinamički fotohromni filteri određene su

vrednosti optičkih gustina u otvorenom — neaktiviranom (OD_o) i zatvorenom — aktiviranom (OD_z) stanju, kao i vreme aktiviranja i regeneracije.

Transparentcija dinamičkog fotohromnog filtera u neaktiviranom stanju u odnosu na krivu osetljivosti oka iznosi 53% ($OD_r=0,27$). Transparentcija dinamičkog filtera u aktiviranom stanju pri dejstvu svetlosnog impulsa ksenonske lampe gustine energije 350 mJ/cm² i trajanja impulsa 7,9 ms iznosi oko 0,6% ($OD_z=2,26$), a vreme aktiviranja na sobnoj temperaturi je 50 μs . Vreme regeneracije iznosi od 2 do 3 s zavisno od temperature.

Na osnovu karakteristika, dinamički fotohromni filteri, kao i sredstva zasnovana na PLZT keramici, mogu se uspešno koristiti za zaštitu očiju od svetlosnog bleska visokog intenziteta i kratkog trajanja.

Literatura:

- [1] Baračevskij, V. A.: Fotohromism i ego primenienie, Hemija, Moskva, 1977.
- [2] Dawson, R. M., Winsor, M.: Applied Optics, 8, 1045, 1969.
- [3] Kosec M., Kolar D. m, Stojanović B.: PLZT keramika sa kvadratnim elektrooptičkim efektom, DR 84, Ljubljana, 1984.
- [4] Stojanović B., Kosec M., Pirs J.: Application of PLZT ceramics for electrooptical shutters, Parbudice, 1988.
- [5] Stojanović B., Pirs J., Kosec M.: PLZT elektrooptički preklopnik i mogućnost njegove primene, SD 86, Otočac, 1986.
- [6] Stojanović B., Kolar D., Kosec M.: Uticaj postupka pripreme na optičku propusnost PLZT keramike, Materijali 89, Zlatibor, 1989.
- [7] Lui S., Pai S., Kyonka J.: Ferroelectrics, 22, 689, 1978.
- [8] Stojanović, B., Šutulović, Lj.: Dinamički fotohromni filtri — uticaj temperature, vremena i vlage na faktor slabljenja svetlosnog bleska, ETAN 89, Novi Sad, Zbornik radova.
- [9] Stojanović, B., Šutulović, Lj., Antanasijević, R.: Uticaj koncentracije fotohromnih jedinjenja na optičku gustinu dinamičkog filtra, ETAN 88, Sarajevo, Zbornik radova.
- [10] Šutulović Lj., Stojanović B., Antanasijević R.: Određivanje funkcionalnih karakteristika dinamičkih fotohromnih filtera kompaktnog i razdvojenog tipa, ETAN 89, Novi Sad, Zbornik radova.