

ZAŠTITA OD LASERSKOG ZRAČENJA

Dejan PANTELIĆ, Branka MURIĆ i Darko VASILJEVIĆ

Institut za fiziku, Beograd, Srbija, pantelic@ipb.ac.rs

SADRŽAJ

Dat je prikaz uticaja laserskog zracenja na čovekov organizam, sa posebnim akcentom na oko kao najosetljiviji deo. Ukazano je na sve parametre o kojima treba voditi računa prilikom određivanja stepena zaštite od laserske svetlosti. U tome smislu je neophodno poznavanje važećih standarda u ovoj oblasti. Opisan je novi materijal, čije su osobine takve da efikasno štiti oko od laserskog snopa, zahvaljujući formiranju mikrosočiva i karbonizaciji.

1. Uvod

Biološki efekti svetlosti su odavno poznati. Kao najpoznatiji primer pomenimo uticaj sunčeve svetlosti na kožu, koji dovodi do pigmentacije, stvaranja vitamina A, ali i do formiranja tumora. Ljudsko oko je posebno ugroženo, jer u sebi sadrži fotoosetljivi sloj (retina), na kome se svetlost fokusira. S obzirom da su ćelije retine modifikovane nervne ćelije, one nemaju moć regeneracije – jednom uništene, nikada se više ne mogu obnoviti. Prirodni svetlosni izvori su najčešće dovoljno slabi i u normalnim okolnostima retko izazivaju bilo kakve neželjene efekte. Sa pojavom lasera, kao svetlosnih izvora veoma usmerenog zračenja, stvari su se značajno izmenile. Upad laserske svetlosti u oko dovodi do fokusiranja zračenja u tačku mikronskih dimenzija i postizanja velike gustine energije. Kakvi su ukupni efekti zavisi od upadne energije i talasne dužine svetlosti, kao i od toga da li je u pitanju laserski impuls ili kontinuirani snop. Oslobođena energija može biti tako velika da ošteti tkiva, a u slučaju oka oštećenja mogu biti nepovratna. Sveobuhvatnost primene lasera dovela je do neophodnosti proučavanja bioloskih efekata svetlosti i pronalaženje tehnika za sigurnu upotrebu laserskih uređaja.

2. Klasifikacija laserskih izvora na osnovu njihovog dejstva na čoveka

Delovanje laserskog zračenja zavisi od vrste tkiva ali i od načina dovodjenja laserskog zračenja, talasne dužine svetlosti kao i od energije i snage. Na veoma malim fluencama efekti su najčešće zanemarljivi, a ponekad mogu imati i terapeutsko dejstvo. U tom pogledu postoji direktni, netermalni, efekat svetlosti na unutarćelijske procese. Sa povećanjem energije i snage svetlost biva prevedena u toplotu, koja dovodi do povećanja temperature tkiva i može uzrokovati koagulaciju belančevina i razaranje.

Biomedicinski efekti laserske svetlosti se mogu namerno koristiti u terapijske svrhe (laserska litotripsija [1], laserska fotodinamička terapija [2], laserski skalpel [3], lasersko uklanjanje karijesa [4]). U ovom slučaju, zračenje se dovodi u kontrolisanim uslovima, pa su efekti predvidivi i mogu se dozirati.

Sa druge strane, efekti laserskog zračenja kod slučajnog izlaganja se ne mogu tačno odrediti, ali je moguća njihova procena. Da bi se unapred znalo kakvi se efekti mogu očekivati, laserski uređaji su klasifikovani po nivou zdravstvenog rizika (tabela 1). Klasifikacija je data u standardu Medjunarodne elektrotehničke komisije (International Electrotechnical Commission - IEC) [5].

Tabela 1. Klasifikacija laserskih uredjaja po stepenu rizika

Klasa	Bezbedno	Nebezbedno
1	Produženo posmatranje direktnog laserskog snopa	
1M	Posmatranje laserskog snopa golim okom	Posmatranje kroz optički instrument
2	Slučajni upad direktnog laserskog snopa, čak i kroz optički instrument	Namerno posmatranje laserskog snopa (duže od 0.25 s)
2M	Slučajni upad direktnog laserskog snopa	Namerno posmatranje laserskog snopa (duže od 0.25 s) ili slučajni upad snopa kroz optički instrumenta
3R	Kao kod klasa 2 i 1 ali zavisno od talasne dužine	Kao klase 2 i 1 ali zavisno od talasne dužine. Nešto povećan rizik kod dužeg izlaganja
3B	Posmatranje difuzno rasejanog zračenja i izlaganje kože	Slučajno izlaganje oka direktnom laserskom snopu
4	Izvan određene zone	Slučajno izlaganje oka ili kože direktnom ili difuznom zračenju.

Kada je u pitanju oko, mnogo preciznije je moguće odrediti rizik na osnovu grafika prikazanih na slici 1. Na njima je dato kako maksimalno dozvoljeno izlaganje oka (Maximum Permissible Exposure - MPE) zavisi od vremena izlaganja (ekspozicije) i talasne dužine laserske svetlosti. Napomenimo da se ovde gustina energije meri u nivou rožnjače ljudskog oka. Kao što se vidi sa grafika 1b) postoje talasne dužine (posebno se ističe oblast oko 1500 nm) na kojima je moguća znatno veća ekspozicija oka bez štetnih posledica. Laseri koji rade o ovakvim opsezima često se nazivaju bezbednim za ljudsko oko (eye-safe).

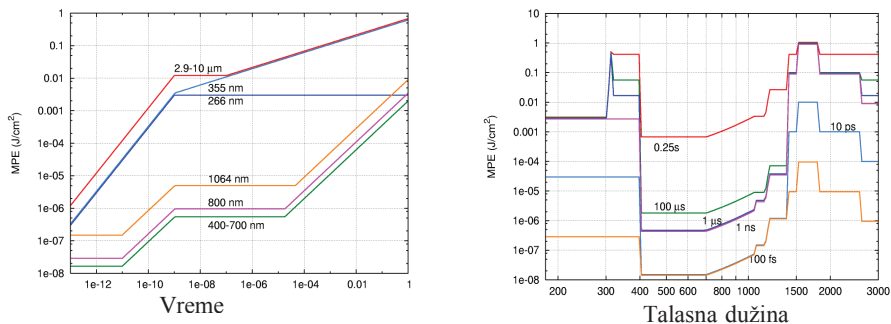
3. Zaštita oka od laserskog zračenja

Zaštita se svodi na smanjivanje intenziteta laserskog zračenja do bezopasnog nivoa. U tom pogledu koriste se različite mere: od zabrane pristupa, upozoravajuće svetlosne i zvučne signalizacije, panoa koji blokiraju laserski snop, zamki za lasersko zračenje, pa do upotrebe ličnih zaštitnih sredstava – pre svega posebnih naočara sa zaštitnim filterima.

Naočare predstavljaju efikasnu metodu zaštite ali se mora voditi računa o nekoliko faktora. Kakva je talasna dužina zračenja, kolika je očekivana gustina energije u rizičnoj zoni, da li se zahteva atenuacija zračenja donivoa na kome se ono više ne vidi ili do nivoa koji je bezopasan za oko ali dovoljan za podešavanje laserskog sistema. Takodje, mora se obezbediti dobra vidljivost u delu spektra van oblasti talasnih dužina lasera (radi lakog kretanja i manipulacije).

I ova oblast je regulisana odgovarajućim standardima Evropskog komiteta za standardizaciju (ECN). Postoje dva standarda: jedan koji reguliše opštu materiju zaštite od lasera [6] i drugi koji definiše uslove zaštite kod podešavanja lasera i laserskih sistema [7].

4. Novi materijal za zaštitu od laserskog zračenja



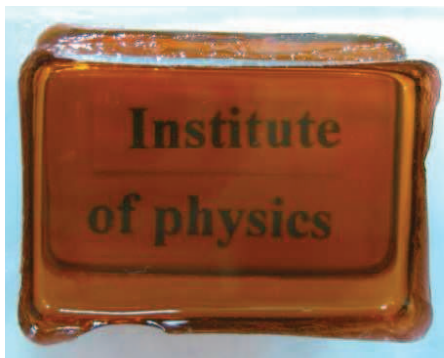
Slika 1. Maksimalno dozvoljeno izlaganje (MPE), mereno na rožnjači oka, u funkciji vremena izlaganja laserskom zračenju (sa talasnom dužinom kao parametrom) i talasne dužine (sa vremenom izlaganja kao parametrom).

Najveći broj savremenih zaštitnih naočara koristi plastične apsorpcione filtere. Zaštita se zasniva na apsorpciji u filteru i prevodjenju svetlosne energije u toplotnu. S obzirom da oslobodjena toplota može biti veoma značajna, postoji mogućnost topljenja plastike, naročito u slučaju upada direktnog snopa svetlosti. Topljenje je nekontrolisano i dovodi do razaranja materijala i prolaska svetlosti.

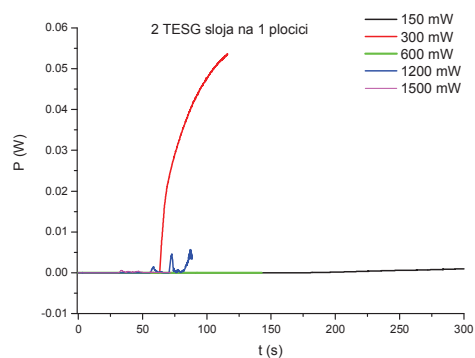
Mi smo razvili novi tip materijala (slika 2a) kod kojeg je proces topljenja u dobroj meri kontrolisan i dovodi do formiranja malog rasipnog sočiva na površini filtera. Materijal za ovakvu vrstu zaštite je veoma jeftin i sastoji se od želatina u koji je dodata odgovarajuća organska boja, kao i plastifikator. Boja obezbeđuje dobru apsorpciju laserskog zračenja, a plastifikator omogućava kontrolisano topljenje i formiranje mikrosočiva.

Filter za zaštitu se sastoji od dva sloja između kojih je transparentni sloj plastike (slika 2a). Kod upada direktnog laserskog snopa, prvi sloj se topi uz formiranje malog rasipnog sočiva. Zbog toga se snop širi tako da je na drugom apsorpcionom sloju gustina energije mnogo manja, a topljenje sloja mnogo sporije. Time se produžava vreme tokom koga je intenzitet propuštene svetlosti u bezbednim okvirima.

Pri veoma velikim snagama svetlosti zaštitni sloj nakon izvesnog vremena počinje da se karbonizuje, stvarajući veoma tamnu oblast koja slabo propušta svetlost. Time se dodatno štiti oko od prodora svetlosti kroz zaštitni filter. Na slici 2b je prikazan grafik intenziteta propuštenog direktnog laserskog snopa u funkciji vremena. Vidi se da je zaštita adekvatna tokom prvih 50 sekundi, čak i od laserskog snopa snage 1.5 W - u standardima [6] i [7] zahteva se 10 sekundi efikasne zaštite.



a)



b)

Slika 2. a) Izgled zaštitnog sloja, b) Propuštena snaga laserskog zračenja u funkciji vremena

5. Zaključak

U radu smo ukazali na značaj bioloških efekata laserskog zračenja kao i na naophodnost zaštite pri upotrebi velikog broja laserskih uređjaja. Pokazali smo da je važno pridržavati se važećih međunarodnih standarda, jer u protivnom posledice mogu biti veoma ozbiljne. Razvili smo novi tip materijala koji se ne zasniva samo na apsorpciji svetlosti, već i na njenom rasipanju i smanjivanju gustine energije koje stiže do oka.

Izražavamo zahvalnost Ministarstvu za prosvetu i nauku koje je finansiralo ova istraživanja kroz projekte ON171038 I III45016.

6. LITERATURA

- [1] M. Sofer, J. D. Watterson, T. A. Wollin, L. Nott, H. Razvi and J. D. Denstedt. Holmium: YAG Laser Lithotripsy for Upper Urinary Tract Calculi in 598 Patients. *The Journal of Urology*. 167 (2002) 31-34.
- [2] M. Alexiades-Armenakas. Laser-mediated photodynamic therapy. *Clinics in Dermatology*. 24 (2006) 16 – 25.
- [3] S. Amini-Nik, D. Kraemer, M. L. Cowan, K. Gunaratne, P. Nadesan, B. A. Alman, R. J. D. Miller. Ultrafast Mid-IR Laser Scalpel: Protein Signals of the Fundamental Limits to Minimally Invasive Surgery. *PLOS One*. 5 (2010) e13053.
- [4] J. Hadley, D. A. Young, L. R. Eversole, and J. A. Gornbein. A Laser-Powered Hydrokinetic System for Caries Removal and Cavity Preparation. *J Am Dent Assoc*. 131 (2000) 777-785.
- [5] IEC/EN 60825-1:2001. Safety of laser products Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide.
- [6] EN 207:2009. Personal eye-protection equipment - Filters and eye-protectors against laser radiation (laser eye-protectors).
- [7] EN 208:2009. Personal eye-protection - Eye-protectors for adjustment work on lasers and laser systems (laser adjustment eye-protectors).

ABSTRACT

LASER RADIATION PROTECTION

Dejan PANTELIĆ, Branka MURIĆ and Darko VASILJEVIĆ

Institut za fiziku, Beograd, Srbija, pantelic@ipb.ac.rs

We have presented the effects of laser radiation on human organism, with special emphasize on eye as the most sensitive organ. It was pointed-out that there are many parameters that should be taken into account when determining the level of protection from laser light. In that respect it is important to be aware of international standards that regulate this area. In addition, we have described a new material which efficiently protects human eye, by formation of microlens and carbonization.