

S VII MEĐUNARODNI NAUČNI SKUP *Specijalna edukacija i rehabilitacija*

S THE 7TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
special education and rehabilitation
TODAY

DANAS



Audiovox d.o.o.

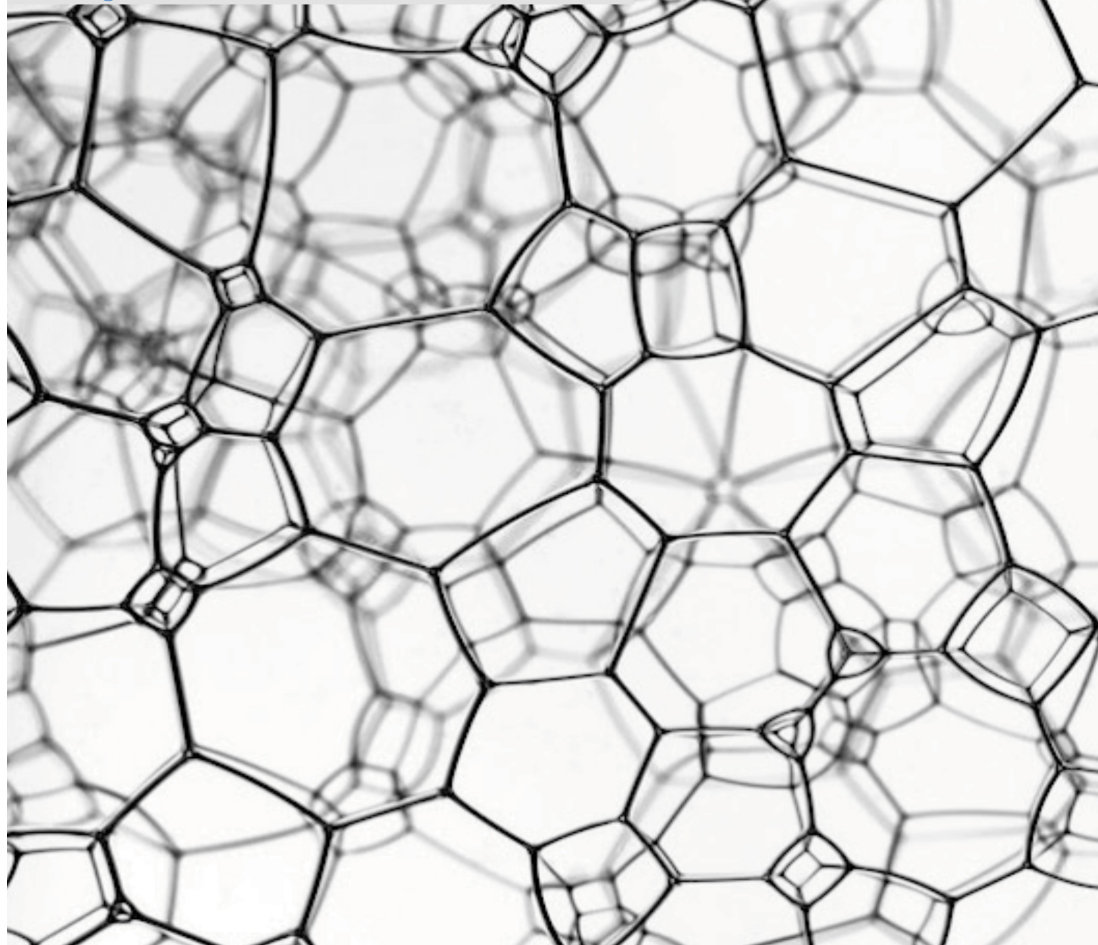
Beograd, Zeleni venac 6/1,
Tel: 011/2621-071, 2632-827

oticon
PEOPLE FIRST

SLUŠNI APARATI

GENERALNI SPONZOR SKUPA

ZBORNIK RADOVA PROCEEDING



UNIVERZITET U BEOGRADU - FAKULTET ZA SPECIJALNU EDUKACIJU I REHABILITACIJU
UNIVERSITY OF BELGRADE - FACULTY OF SPECIAL EDUCATION AND REHABILITATION

**BEOGRAD
BELGRADE 2013**

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET ZA SPECIJALNU EDUKACIJU I REHABILITACIJU

**VII međunarodni naučni skup
SPECIJALNA EDUKACIJA I REHABILITACIJA DANAS
Beograd, 27–29. septembar 2013.**

Zbornik radova

Beograd, 2013

SPECIJALNA EDUKACIJA I REHABILITACIJA DANAS

Zbornik radova

VII međunarodni naučni skup
Beograd, 27–29. 9. 2013.

Izdavač:

Univerzitet u Beogradu – Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju
11000 Beograd, Visokog Stevana 2
www.fasper.bg.ac.rs

Za izdavača:

prof. dr Jasmina Kovačević, dekan

Glavni i odgovorni urednik:

prof. dr Mile Vuković

Urednik:

prof. dr Vesna Žunić-Pavlović

Dizajn korica:

mr Boris Petrović, Zoran Jovanković

Štampa:

Planeta print, Beograd

Tiraž: 200

ISBN 978-86-6203-045-0

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF SPECIAL EDUCATION AND REHABILITATION

**The Seventh International Scientific Conference
SPECIAL EDUCATION AND REHABILITATION TODAY
Belgrade, September, 27–29, 2013**

Proceedings

Belgrade, 2013

SPECIAL EDUCATION AND REHABILITATION TODAY

Proceedings

The Seventh International Scientific Conference
Belgrade, 27–29. 9. 2013.

Publisher:

University of Belgrade – Faculty of Special Education and Rehabilitation
11000 Belgrade, Visokog Stevana 2
www.fasper.bg.ac.rs

for Publisher:

prof. dr Jasmina Kovačević, dekan

Editor-in-chief:

prof. dr Mile Vuković

Editor:

prof. dr Vesna Žunić-Pavlović

Cover design:

mr Boris Petrović, Zoran Jovanković

Printing:

Planeta print, Beograd

Circulation: 200

ISBN 978-86-6203-045-0

NANOTEHNOLOGIJE U FUNKCIJI ZAŠTITE VIDA

Da li je svetlost fototoksična i da li može da nanese „štetu“ našem oku? Brojna su istraživanja koja potkrepljuju tvrdnju da svetlost ima toksični potencijal i da može izazvati degenerativne promene i povrede, naročito mrežnjače, ali i ostalih tkiva oka. Kao razlog navodi se upravo apsorpcija fotona različitih talasnih dužina, kako u rožnjači i sočivu (UV-ultraljubičasto zračenje), tako i u retinalnom pigmentnom epitelu (delovi vidljivog spektra). Tri su osnovna mehanizma kojima svetlost može da ošteti oko: fototermalni, fotomehanički i fotohemijski. U okviru projekta „Funkcionalizacija nanomaterijala za dobijanje nove vrste kontaktnih sočiva i ranu detekciju dijabetesa“, na modulu za Biomedicinsko inženjerstvo Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, formiran je radni tim koji je realizovao početna istraživanja i razvoj gaspropusnih nanofotonskih kontaktnih sočiva na bazi silikon-akrilata i nanočestica-fulerena. Cilj istraživanja je bio da se, uključivanjem fullerena u matricu standardnog polimera, razvije novi materijal za proizvodnju gaspropusnih kontaktnih sočiva (RGP), koji bi poboljšao njegova optička svojstva pri transmisiji vidljive i „skoro vidljive“ svetlosti, povećao osetljivost na kontrast i percepciju boja, umanjio propustljivost UV i bliskog-UV spektra pa samim tim i fototoksične efekte svetlosti. Postupkom polimerizacije, u saradnji sa italijanskom kompanijom SOLEKO™, proizvedeni su prvi nanofotonski materijali za RGP kontaktna sočiva. Rezultati su pokazali da novodobijeni nanofotonski materijali blokiraju značajno više UV, ljubičaste i plave svetlosti nego što je to slučaj kod konvencionalnih RGP materijala i da se kao takvi mogu koristiti za proizvodnju optičkih pomagala (sočiva za naočare, kontaktna sočiva, intraokularna sočiva i dr.) koja bi štitila strukturu oka od degenerativnih promena (degeneracija makule, pterigijum, katarakta i dr.).

Ključne reči: nanotehnologije, fulereni, kontaktna sočiva, zaštita vida, degenerativne promene oka

UVOD

Po podacima Svetske zdravstvene organizacije (WHO), kao uzrok nastanka slabovidosti i slepila katarakta se navodi u 48% slučajeva, glaukom u 8%, senilna degeneracija makule u 5% i dijabetična retinopatija u 1% slučajeva.

Da li je svetlost fototoksična i da li može da nanese „štetu“ našem oku?

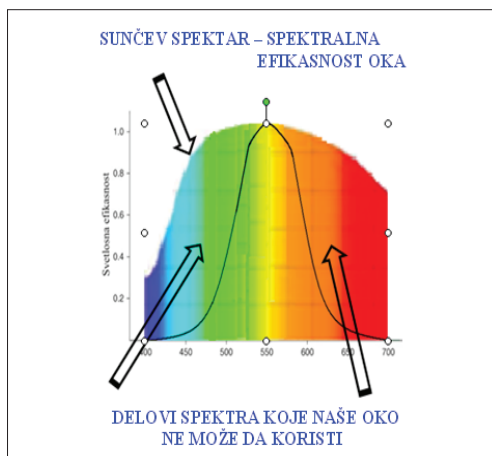
Kad kažemo svetlost najčešće mislimo na vidljivi deo elektromagnetnog zračenja koje nas okružuje, a koja dobijamo od sunca, zvezda ili veštačkih izvora svetlosti. To je onaj deo energije, talasnih dužina od 400 do 680 nanometara (nm), koju mrežnjača našeg oka pretvara u vizuelnu percepciju odnosno ono što nazivamo vidom. Postoji i deo spektra koji nazivamo „crna svetlost“, a koju čine elektromagnetni talasi koje ne vidimo: *ultraljubičasto (ultravioletno) zračenje (UV)*, u opsegu talasnih dužina od 100 do 400 nm i *infracrveno zračenje (IC)* od 680 do 10.000 nm i više.

Na Slici 1 dat je dijagram apsorpcije oka, odnosno njenih pojedinih struktura. Rožnjača apsorbuje sve talase ispod 290 nm, a očno sočivo zračenje između 300 i 400 nm, što ih zajedno čini prirodnim filterima i zaštitnicima naše mrežnjače od UV zračenja (Youssef et al. 2010).



Slika 1 – Apsorpcija oka

Sve što od svetlosnih fotona ne bude „zaustavljeno“ prethodnim tkivima oka, doći će do naše mrežnjače – znači vidljivi deo spektra i kompletno IC zračenje. Ako uporedimo dijagram sunčevog zračenja sa dijagramom spektralne efikasnosti našeg oka, dobićemo dve zone svetlosne energije, koju dobijamo od Sunca (levo i desno od dijagrama spektralne efikasnosti), koje naše oko ne koristi za vizuelnu percepciju (Slika 2).



Slika 2 – Stepen efikasnosti oka

Ovo praktično znači da značajna količina energije vidljivog dela spektra prolazi kroz strukture oka, dolazi do naše mrežnjače, a da je fotoreceptori (čepići i štapići) ne pretvaraju u vizuelni signal. Po zakonu održanju energije ti fotoni se ne mogu izgubiti već samo pretvoriti u druge vidove energije. Priroda se pobrinula da tu funkciju obavlja retinalni pigmentni epitel (RPE), koji apsorbuje deo „neiskorišćene“ energije vidljivog spektra, ali na žalost često po cenu rizika za „zdravlje“ mrežnjače. Zato ovaj deo nazivamo regionom rizika za mrežnjaču.

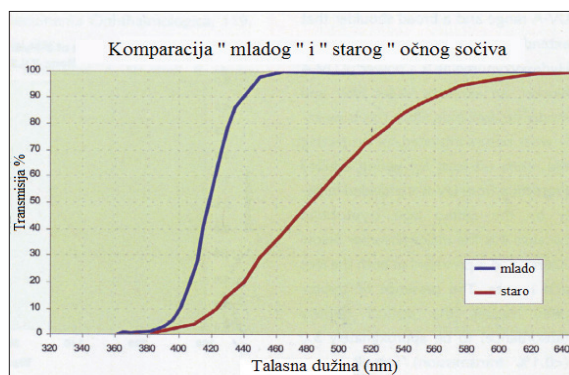
Brojna su istraživanja koja potkrepljuju tvrdnju da svetlost ima toksični potencijal i da može izazvati degenerativne promene i povrede, naročito mrežnjače, ali i ostalih tkiva oka (degeneracija makule, pterigijum, katarakta i dr.). Kao razlog navodi se upravo apsorpcija fotona različitih talasnih dužina, kako u rožnjači i sočivu (UV), tako i u RPE-u (delovi vidljivog spektra). Energija fotona je određena relacijom $E = hc / \lambda$, što znači da je ona obrnuto proporcionalna talasnoj dužini svetlosti. Što je kraća talasna dužina veća je kinetička energija molekula, pa i njihov fototoksični potencijal. Tri su osnovna mehanizma kojima svetlost može da oštetiti oko: fototermalni, fotomehanički i fotohemijski.

Fotohemijaska oštećenja su najčešća i nastaju kao posledica dužeg vremena izlaganja svetlu nižih talasnih dužina (više energije) kao što su UV zračenje ili „plavi“ deo vidljivog spektra (od 400 do 500nm). Pod pojmom „plava“ najčešće podrazumevamo ljubičastu i plavu svetlost. Naši domovi i kancelarije često su osvetljeni hladnim belim fluorescentnim cevima koje

emituju snažan snop svetla u opsegu plave. Sve više vremena provodimo ispred video displejnih terminala, računara i drugih uređaja, koji takođe emituju plavu svetlost. Posebnu opasnost predstavljaju tzv. „crne svetiljke“ koje emituju UV-A zračenje i vrlo malo vidljive svetlosti. To su one lampe čiju svetlost „ne vidimo“, a koristimo za sterilizaciju prostora ili medicinskog pribora, za polimerizaciji zubnih plombi, za očitavanje vodenih žigova na kreditnim karticama, vozačkim dozvolama i pasošima, za razne vidove senzorne stimulacije i treniranja vida i dr.

Očno sočivo mladih ljudi, a posebno dece, nije dovoljno razvijeno i njegova transmisija plavog svetla je značajna. Posle 20-e godine života očno sočivo počinje postepeno da se isušuje (gubi vodu), da dobija blago žutu boju i tako postaje neka vrsta žutog filtera (Slika 3), koji štiti mrežnjaču od UV radijacije, ali istovremeno i od plavog svetla (van de Kraats & van Norren, 2007).

Ranije se mislilo da je UV-B jedina talasna dužina odgovorna za kataraktu. Međutim, većina sada veruje da i plava svetlost, kumulativno apsorbovana tokom života, doprinosi bržem nastanku promena u strukturi sočiva i napredovanju staračke katarakte. Štiteći mrežnjaču od UV radijacije i plave svetlosti sočivo postaje zamućeno. Zato je sve više istraživača koji misle da i mrežnjaču i sočivo treba štititi tokom života, ne samo od UV radijacije već i od plavog svetla, kako bi se odložio početak njihovog starenja. Tačno je da rožnjača i sočivo predstavljaju prirodne filtere, ali su i brojni medicinski dokazi da, često, pod dejstvom svetlosti našeg modernog okruženja, to nije dovoljno, a oštećenja nastaju kada prirodni regulatori bivaju „nadjačani“ (Dong et al., 2007).

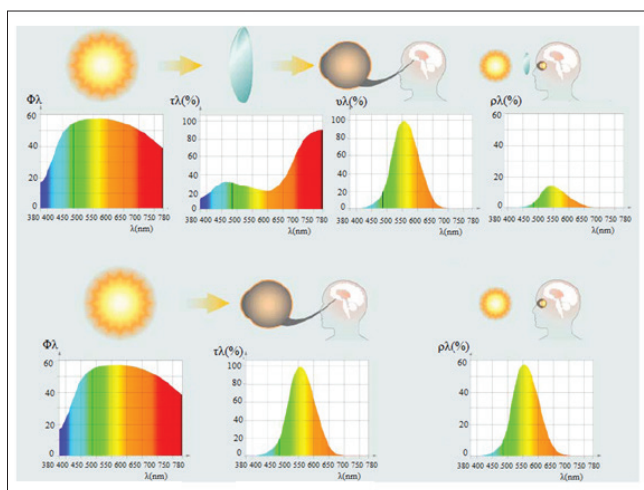


Slika 3 – Transmitivnost „mladog“ i „starog“ sočiva

Cilj istraživanja

Osnovna namena kontaktnog sočiva je da koriguje određenu refraktivnu anomaliju oka, tj. da promeni dioptrijsku moć njegovog optičkog sistema. Pod uslovom da je kontaktno sočivo proizvedeno u potrebnoj optičkoj snazi, da je dobro fitovano, faktori koji utiču na kvalitet vida su oni koji su vezani za činjenicu da vidljiva svetlost, na svom putu do „perceptivne oblasti“ oka – makule, mora da prođe kroz materijal kontaktnog sočiva.

Koji deo vidljivog dela spektra će formirati našu vizuelnu percepciju zavisi od spektralne efikasnosti optičkog sistema oka. Poznato je da je naše oko, u uslovima fotopskog (dnevnog) vida, najosetljivije na zeleno-žutu svetlost (555nm), a u skotopskim (noćnim) uslovima na plavo-zelenu (507nm). To je ono što nam je „priroda dala“ i što definiše naš vid „golim okom“. Ako ispred oka, ili u oko, stavimo optičko pomagalo (kontaktno sočivo, sočivo za naočare ili intraokularno sočivo), kvalitet našeg vida će biti značajno uslovljen i spektralnom transmitivnosti materijala tog pomagala (Slika 4).



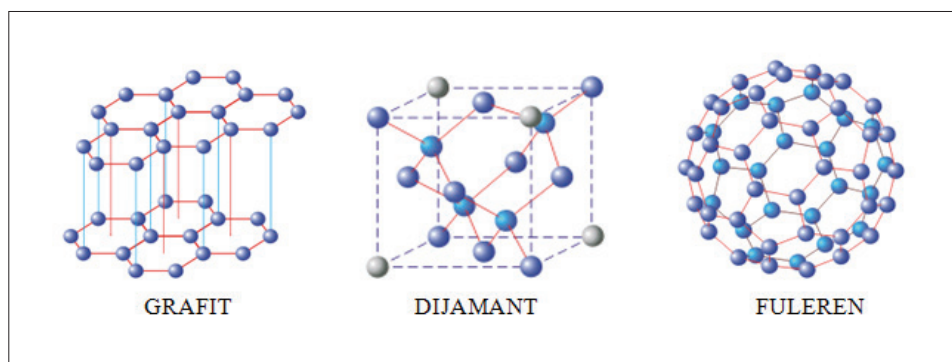
Slika 4 – Vizuelna percepcija sa i bez sočiva

Brojni su radovi u kojima su prezentovani rezultati istraživanja i eksperimenata u domenu uključivanja fulerena u strukturu polimera, a koji potvrđuju sposobnost fulerena da menjaju njihova optička, fotonička (apsorpciju, transmisiju) i fizičko-hemijska svojstva.

Cilj istraživanja je bio da se, uključivanjem fulerena u matricu nekog standardnog polimera, razvije novi materijal za proizvodnju gaspropusnih (RGP) kontaktnih sočiva, koji bi poboljšao njegova optička svojstva pri transmisiji vidljive i „skoro vidljive“ svetlosti, povećao osetljivost na kontrast i percepciju boja, umanjio propustljivost UV i plavog dela spektra a samim tim i efekat fototoksičnosti.

Šta su fulereni?

Pored dijamanta i grafitu, fuleren predstavlja treću alotropsku modifikaciju ugljenika. Najpoznatiji među njima je *fuleren* C_{60} – sferni molekul, prečnika jednog ili nekoliko nanometara (nm), u kome su svih 60 ugljenikovih atoma raspoređeni u obliku fudbalske lopte (Slika 5). Fulerene su otkrili 1985. godine, Harold W. Kroto, Robert F. Curl i Richard E. Smalley, koji su 1996. godine dobili Nobelovu nagradu za to otkriće (Koruga sa sar., 1993).



Slika 5 – Alotropne modifikacije ugljenika: grafit, dijamant i fuleren

Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije odobrilo je 2011. godine, Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, koordinaciju četvorogodišnjeg Projekta br. III 45009, na temu „Funkcionalizacija nanomaterijala za dobijanje nove vrste kontaktnih sočiva i ranu detekciju dijabetesa“. Na modulu za Biomedicinsko inženjerstvo, u okviru Nanolab-a, pod rukovodstvom prof. dr Đure Koruge, formiran je radni tim koji je realizovao početna istraživanja i razvoj gaspropusnih nanofotonskih kontaktnih sočiva na bazi silikon-akrilata i fulerena.

METOD ISTRAŽIVANJA

Polimerizacija je obavljena u laboratorijama italijanske kompanije SOLEKO™ uključivanjem molekula fulerena C_{60} i njegovih modifikovanih formi (derivata) u matičnu strukturu osnovnog Soleko RGP materijala SP-40. Tako su dobijena tri nova nanofotonska materijala označeni sa A, B i C respektivno.

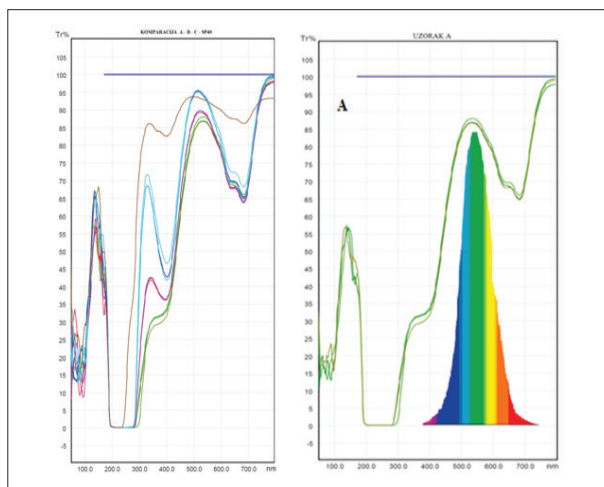
Istraživanje je sprovedeno tako što je rađena uporedna analiza rezultata za bazni materijal SP-40 i tri novodobijena nanofotonska materijala A, B i C, na po tri uzorka za svaki materijal posebno.

Za karakterizaciju nanofotonskih gaspropusnih materijala korišćene su klasične spektroskopske metode (UV-VIS i NIR), kao i najsavremenije nanotehnološke: mikroskopija atomskih sila (AFM), mikroskopija magnetnih sila (MFM), opto-magnetna spektroskopija (OMS) kao i FTIR spektroskopske metode.

Ispitivanja su pokazala da su optičke i mehaničke karakteristike nanofotonskih materijala, kao što su: indeks prelamanja, propustljivost za kiseonik i tvrdoća, zadovoljavajuće i na nivou karakteristika baznog materijala, a da su značajno poboljšane osobine: transmitivnost talasnih dužina vidljivog spektra u skladu sa spektralnom efikasnošću oka, zaštita od ultraljubičastog zračenja, zaštita od plavog dela vidljivog spektra, kvašljivost i kvalitet obrađenih površina-hrapavost.

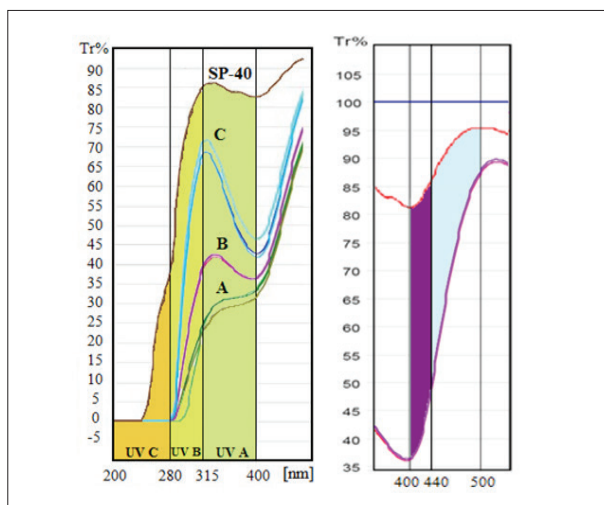
REZULTATI

Na Slici 6 levo dat je dijagram transmitivnosti za bazni materijal i tri novodobijena nanofotonska materijala, za svaki po tri uzorka. Za ovaj rad od interesa je da uporedimo dijagram transmitivnosti, recimo za materijal A, sa diagramom spektralne efikasnosti oka (Slika 6 desno). Uočava se značajno veća podudarnost nego što je to slučaj kod baznog materijala. Slično je i sa materijalima B i C. Ovo znači da će nanofotonska kontaktna sočiva apsorbovati (filtrirati) upravo one delove vidljivog dela spektra koje fotoreceptori oka ne bi koristili za vizuelnu percepciju i tako sprečiti eventualne posledica fototoksičnosti.



Slika 6 – Transmisija

Posebno su interesantni kratki talasi (UV i plavi deo spektra), kao potencijalno najštetniji po zdravlje našeg oka. Dijagram na Slici 7 levo pokazuje da su nanofotonski materijali značajno bolji blokatori UV spektra od baznog materijala SP-40 i da je materijal A „najbolji“ među njima, a dijagram na Slici 7 desno da ovi materijali blokiraju oko 60% ljubičastog i oko 20% plavog dela spektra.



Slika 7 – UV i PLAVI deo spektra

ZAKLJUČAK

Uključivanjem različitih fullerena u polimernu strukturu baznog materijala SP-40, dobili smo nanofotonske materijale koji propuštaju baš onaj deo elektromagnetnih talasa vidljivog spektra, koje naše oko koristiti za vizuelnu percepciju, a blokiraju delove koji mogu da budu štetni. Istovremeno su i odlični UV blokatori, filtriraju značajnu količinu ljubičastog svetla, ali i propuštaju dovoljnu količinu „plavih“ fotona, značajnih za skotopski vid. Kako se sa nošenja kontaktnih sočiva najčešće počinje u mladosti, može se očekivati da će nanofotonska sočiva nosiocima obezbediti bolji vid i značajnu zaštitu od fototoksičnih uticaja svetla, pa i manje problema sa posledicama (katarakta, staračka degeneracija makule i dr.) i time umanjiti uticaj ovih oboljenja na pojavu slabovidosti i slepila.

LITERATURA

- Dong, A., Shen, J., Krause, M., Hackett, S. F., & Campochiaro P. A. (2007). Increased expression of glial cell line-derived neurotrophic factor protects against oxidative damage-induced retinal degeneration. *Journal of Neurochemistry*, 103 (3), 1041-1052.
- Van de Kraats, J., & van Norren, D. (2007), *Optical density of the young and aging human ocular media in the visible and the UV*. *Journal of the Optical Society of America*, 24 (7), 1842-1857.
- Koruga, Đ., Hameroff, S., Withers, J., Loutfy, R., & Sundareshan, M. (1993). *Fullerene C60: history, physic, nanobiology, nanotechnology*. Amsterdam: Elsevier.
- Youssef, P. N., Sheibani, N., & Albert, D. M. (2010). Retinal light toxicity. *Eye*, 25 (1), 1-14.

Dragomir Stamenković
Gordana Pavlović

USING NANOTECHNOLOGIES IN EYE/VISION PROTECTION

How toxic is the light for human eye? The results of many researches confirm that the light can have acute (photo-trauma) and chronically (degeneration) toxic potential on all parts of the human eye, especially the retina. The reason for this is absorption of light photons of different wavelength by eye tissues: cornea, crystalline lens (UV light), retinal pigment epithelium (visible light). There are three different mechanisms for light's harmful

effect on eye: photo-thermal, photo-mechanical and photo-chemical. The team of researchers from the Faculty for Mechanical Engineering at the University of Belgrade, department for Biomedical Engineering is working within the project „Functionalization of nanomaterials for obtaining new types of contact lenses, and early detection of diabetes” for developing nano-photonic rigid gas-permeable (RGP) contact lenses which are based on fulleren incorporated silicone-acrylic. The aim of the research was to develop new material for RGP contact lens manufacturing that will contain fulleren within it's polymer matrix with the goal to improve material's optical properties in transmitting visible and almost visible light (that way increasing contrast and color sensitivity) and UV light blocking (prevention of photo-toxic effect). The first nano-photonic material for RGP contact lenses was polymerised in SOLEKO, Italy. The results of the research have shown that comparing to conventional RGP material, new nano-photonic material has increased UV, violet and blue light blocking properties, therefore can be viable option as a material for producing medical optical devices (medical, contact and intra-ocular lenses) with potential benefit in preventing age related macular degeneration, cataract and keratitis.

Key words: nanotechnology, fulleren, RGP contact lenses, degeneration of the eye