

Quantum dots

Kolundžić Belina, Đurđa

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:495180>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-15**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

ZAVRŠNI RAD

Đurđa Kolundžić Belina



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Smjer: tehničko tehnološki

ZAVRŠNI RAD

QUANTUM DOTS

Mentor:
doc.dr.sc., Damir Modrić

Student:
Đurđa Kolundžić Belina

Zagreb, 2015

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Sigurnost podataka.....	2
2.1. Sigurnosne zaštite u tisku.....	4
2. QUANTUM DOTS	6
1.2. Quantum dots u elektronici.....	8
2.2. Značajke quantum dots u tehnologiji.....	9
3. QUANTUM DOTS U NANOGRAFIJI	12
1.3. Prednosti NanoInk.....	15
4. QUANTUM DOTS U BUDUĆNOSTI	17
5. ZAKLJUČAK	20
6. LITERATURA	21

SAŽETAK

Quantum dots ili nanokristali su poluvodići koji, pobuđeni UV svjetlom, pokazuju intenzivnu fluorescenciju. Ovisno o njihovoj veličini, emitiraju se kristali nano veličine prosječne dimenzije približne 10 nanometara. Energetski nivoi quantum dotsa su kvantizirani kao i kod atoma. Pri dodavanju energije elektronima elektron prelazi na viši energetski nivo, nakon čega se vraća na svoju početnu razinu i nastaje svjetlost.

Zbog pogodnih optičkih svojstava, quantum dots našle su svoju primjenu u tehnologiji (svjetlećim diodama), medicini, biološkim analizama (in vitro oslikavanje stanica), a u grafičkoj tehnologiji za potrebe sigurnosne zaštite u tisku.

U biomedicini imaju široku primjenu kao senzori i markeri koji se koriste u biološkim uvjetima, te za ciljano dostavljanje lijekova. Moguće ih je obložiti polimernom ovojnicom, funkcionalizirati željenim ligandima te na njih vezati lijekovite supstance.

Kao dio kompozicije boje za ink-jet otiskivanje koriste vrlo viskozne polimerne aditive te pri otiskivanju ispis i koncentracija quantum dotsa može biti slobodno kontrolirana .

Na temelju tih prednosti quantum dots, kao komponenta bojila, mogu se koristiti kao materijal koji emitira svjetlost slojeva različitih elektroničkih uređaja.

Ključne riječi: quantum dots, kvantne točke, kvantna svojstva, nanočestice, nanotehnologija

1. UVOD

Materijali za elektroničke sklopove su do danas uglavnom dosegli svoje fizikalne granice i daljnji razvoj u većini slučajeva nije moguć bez korištenja novih metoda i materijala.

Brojna istraživanja iz područja nanotehnologije usmjerena su na memorije u računalima koje bi pomoću kvantnih svojstava nanomaterijala i nanostrukture koristile manje i brže jedinice za pohranu podataka.

Takva kvantna računala, predviđa se, koristila bi memoriju od samo jednog atoma ili čak memoriju od jednog fotona. Današnje tehnike magnetskog snimanja podataka mogle bi biti zamijenjene s tehnikama elektrostatskog pohranjivanja.

Nanografski proces nova je tehnologija koja se svakim danom sve više razvija, a zbog svojih karakteristika uvode revoluciju u tiskarskoj industriji.

Nanotehnologija omogućava upotrebu pigmenata za obojenje u nano veličinama koji apsorbiraju mnogo više svjetla od do sada korištenih pigmenata, samim time opseg obojenja obuhvaća više boja nego u klasičnom offset tisku.

1.1 Sigurnost i zaštita

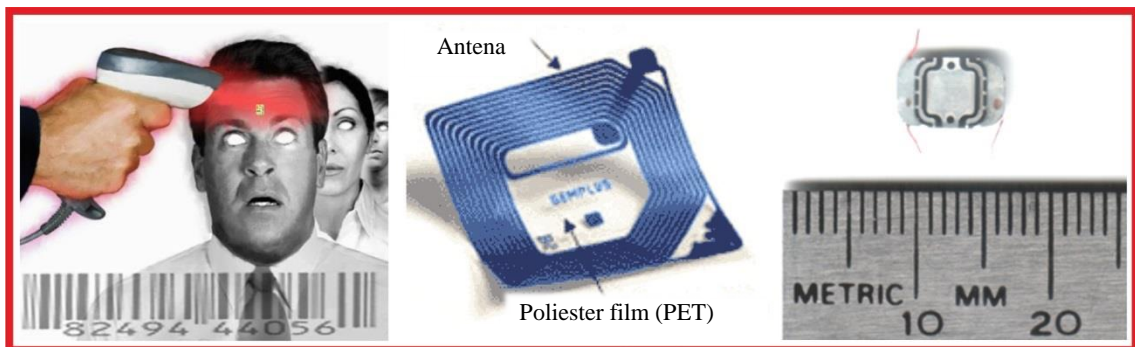
Potražnja za sigurnosnim tehnologijama posljednjih se godina jako povećala. Pokretač rasta tržišta raznovrsne sigurnosne opreme su informacijske tehnologije (IT) jer su rad i život bez računala u današnje vrijeme postali gotovo nezamislivi. Ubrzan rast kupovine putem interneta, povećanje bankarskih i drugih novčanih aktivnosti traže i rješenja za sprječavanje krađe identiteta.

Veliki svjetski problem koji svake godine dovodi do ekonomskog gubitka stotina milijardi eura su i krivotvorine. Najčešće se krivotvore odjeća, dokumenti i novac. Zbog velikih gubitaka tehnologije zaštite ustrajano traže rješenja kojima bi se smanjila nesigurnost potrošača i šteta.



Slika 1.: Milijarde eura štete: carinske i druge službe otkrivaju samo dio krivotvorina i uništavaju ih (preuzeto s <http://www.icmsworldwide.com>)

Istražuju se autentične stvari originala koje je vrlo teško kopirati, naljepnice za radiofrekvencijsku identifikaciju (RFID), čipovi za kvantnu kriptografiju itd. RFID čipovi (Slika 1) već se koriste u praćenju skupocjenih lijekova, sterilnih gaza za operacijske dvorane itd. Banke se svojim kanalima sigurnosti trude barem otežati posao kriminalcima dok digitalne kamere štite javna mjesta, a senzori upozoravaju na požare, provale i sl.



Slika 2.: RFID čip (preuzeto s <http://pravda.huu.cz>)

RFID je skraćena za identifikaciju pomoću radiofrekvencija. To je ustvari sićušni čip koji prima i odašilje radiosignale, a u najjednostavnijoj varijanti čak ne treba ni napajanje (struju dobiva preko radiosignala kojeg prima), a njegova proizvodnja je jako jeftina. Za nekoliko centi može se dobiti velik broj čipova. Osnovna namjena tog uređaja jest zamjena za štapićasti kod (bar-code).

Znanstvenici na „Institute of Technology“ (WIT) u Wyomingu 2014. godine šokirali su se pronalaskom da 1 od 3 Amerikanca nosi u sebi RFID mikročip, a da to ne zna.

Vodeći naučnik studije na WIT-u John Brugle, Ph.D. rekao je sljedeće:

"Odlučili smo se obaviti ovu studiju, zbog javnog interesa za usađivanje RFID-a i straha da bi to moglo biti uobičajeno. Ispada, naime, da to već jest uobičajeno. Otkrili smo da šokantno velik broj Amerikanaca nosi RFID-implantate u svom tijelu. Velika većina tih ljudi su potpuno nesvjesni da im je bio usađen čip. Nadam se da će ova studija uzrokovati da kao društvo zastanemo i istinski razmotrimo posljedice i djelovanje usađivanja RFID-a kod ljudi".

2.1. Sigurnosne zaštite u tisku

Sigurnost dokumenata, vrijednosnih papira, novčanica i sl. u samom je vrhu kako krivotvorina tako i potrebe za istraživanjima zaštite. Najznačajnije zaštite u području grafičke tehnologije su: zaštita u papiru (proizvođač papira), zaštita u tisku (apliciranje u tiskari) i zaštita u boji.

Zaštita u papiru aplicira se pomoću:

1. UV zrnca i/ili vlakanca
2. Vodenog znaka (vodeni žig)
3. Zaštitne hologramske niti

Zaštite u papiru moguće je izvesti jedino u samoj proizvodnji papira. Vodeni znak u papiru prvi put se koristio 1840. Godine, kod tiskanja prve poštanske marke.



Slika 3.: Detalj arka papira za izradu novčanica pod UV-svjetlom (preuzeto s www.mup.hr)

Zaštita u tisku aplicira se u samoj tiskari kao hologram.



Slika 4.: UV fluorescentna vlakna u papiru (preuzeto s www.poslovniforum.hr)

Zaštita u tiskarskoj boji izvodi se primjenom UV i Infracrvenih (CMYKIR) boja, te bojama na bazi vode koje sadrže nanočestice tj. quantum dots (NanoInk, QD-boje).

Zaštita se odnosi na boje koje su na otisku vidljive samo pod UV i IR svjetlom. Ni infracrveno ni ultraljubičasto nisu u čovjekovu vidnom polju, odnosno nisu u spektru vidljive svjetlosti, pa obe boje mogu imati istu namjenu i primjenu (skrivena informacija).

Separacija boja odvija se u grafičkoj pripremi i odnosi se na algoritam koji koristi kontinuirane transformacije.

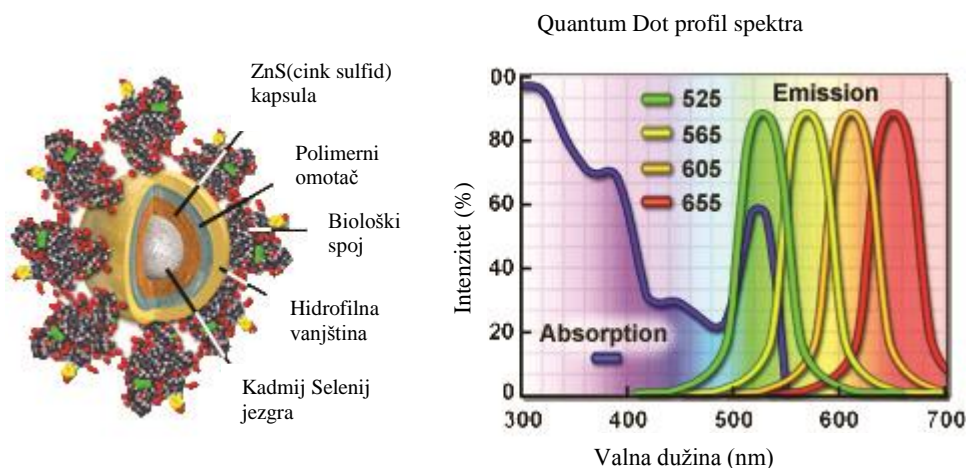
Quantum dots koriste se kao element sustava kriptozastite kod kodiranja. Primjenjuju se na raznim materijalima (papir, metal, keramika, drvo, tekstil, ...), a zbog jedinstvene karakteristike spektra QD, služe za zaštitu sigurnosnih papira i objekata s visokim stupnjem sigurnosti od zamjene ili krivotvorenja.

2. QUANTUM DOTS

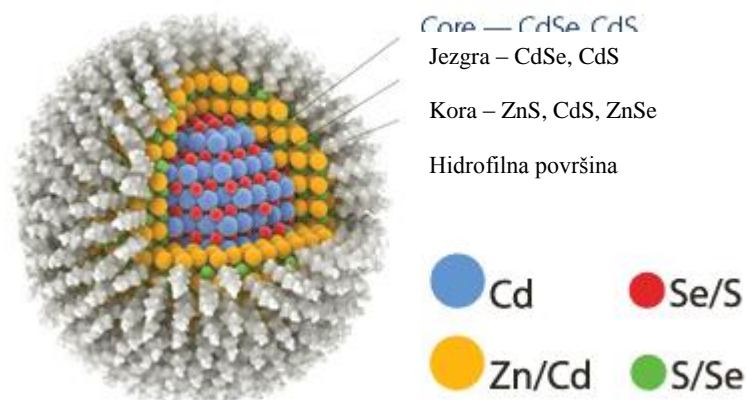
Quantum dots su nanokristali izrađeni od poluvodičkih materijala koji posjeduju jedinstvena optička svojstva. S obzirom na svoju ekstremno malu veličinu imaju mnogostruko veću gustoću u odnosu na druge veće strukture koje se koriste i zbog toga imaju superiorna transportna i optička svojstva.

Quantum dots mogu se, mijenjanjem veličine, podesiti da apsorbiraju različite valne duljine svjetlosti. Fluorescencija kompleksnog sastava opaža se kada je on izložen UV, ljubičastom, plavom ili zelenom svjetlu. Izrazita značajka je kombinacija originalne i boje koja je fluorescentno obasjana UV ili vidljivim izvorom svjetlosti.

Fluorescentni kod se također može pročitati i pomoću spektrometrijskog očitavanja što omogućuje dekodiranje informacije o osiguranom objektu.

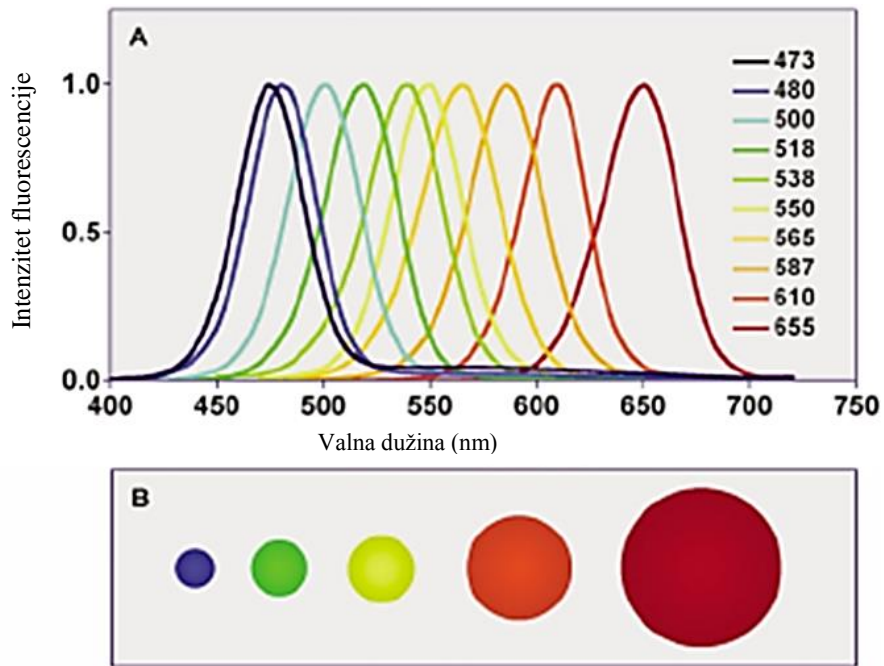


Slika 5.: Građa quantum dots i apsorpcija odnosno emisija svjetla (preuzto s www.en.rusnano.com)



Slika 6.: Kemijski sastav quantum dots (preuzeto s www.en.rusnano.com)

Osim vizualne kontrole, fluorescentni kod se može pročitati prijenosnim uređajem. Postoje varijante kombinacija jednostavnog koda zajedno s jeftinim i kompaktnim uređajem za određivanje koda, a pomoću spektrometrijskog očitavanja. Obilježavanje kompleksnog sastava omogućuje dekodiranje informacije o osiguranom objektu sredstva.



Slika 7.: Fluorescentna boja QD ovisi o njihovoj veličini (preuzeto s www.intechopen.com)

Fluorescentne nanočestice također nadmašuju sve poznate boje u fotostabilitetu što jamči očuvanje korisnih svojstava u bilo kojim dugoročnim uvjetima rada.

1.2. Quantum dots u elektronici

Istraživači su proučavali aplikacije za quantum dots u tranzistorima, solarnim ćelijama, LED diodama i laserima. Ta istraživanja dovela su do ideje da se quantum dots primjene i u medicini za medicinske slike odnosno u računalima. Prvi komercijalni proizvod koji koristi quantum dots je Sony XBR X900A televizor s ravnim ekranom proizveden 2013. godine.



Slika 8.: Sony XBR X900A (preuzeto s www.geekzenith.com)

Quantum dots (iznimno mali nanokristali) između ostalog, imaju mogućnost emitiranja svjetlosti na točno određenim valnim duljinama, što u osnovi znači kako se boje mogu efikasnije i točnije prikazati.

Tehnologija nanokristala počela se koristi i u nekim mobilnim uređajima, poput Amazonovog Kindle Fire HDX 7.



Slika 9.: Amazon Kindle Fire HDX 7 (preuzeto s www.pcadvisor.co.uk)

Tvrtka Sony koristi quantum dots kako bi poboljšala reprodukciju boja na svojim high-end Bravia televizorima. Quantum dots emitiraju specifične valne dužine svjetla, a precizne boje koje emitiraju mogu se ugađati promjenom njihovih veličina.

Tvrtka QD Vision koristi nanočestice kako bi poboljšala LED pozadinsko svjetlo na ekranima. Novi moderni televizori, iako koriste visoku tehnologiju, nisu u stanju proizvesti puni opseg boja. Problem leži u filterima; npr. crveni filter može propustiti neke djelove narančastog spektra, a kada se nečiste crvene i zelene boje mješaju, dolazi do efekta "ispranih boja".

"Svaka vlat trave ima boje koje ne možete vidjeti na svojim ekranima", kaže Seth Coe-Sullivan, šef tehnologije QD Visiona. Njegova tvrtka je iskoristila optička svojstva quantum dots kako bi omogućila LCD-ima prikaz istog opsega boja kao najbolji CRT ekrani, te ih jako približila skupim OLED ekranima.

Njihova tehnologija eliminira bijelo pozadinsko svjetlo (koristi konvencionalno plavo LED koje stvara čisto bijelo svjetlo), te stimulira dvije vrste quantum dots koje emitiraju čisto zeleno i crveno svjetlo. Takvim pristupom, valne dužine koje prolaze kroz crveni filter su čisto crveno svjetlo emitirano quantum dots.

Korejski proizvođač elektronike LG pokazao na najvećem svjetskom sajmu potrošačke elektronike (Consumer Electronics Show – CES) u Las Vegasu svoje nove televizore (UHDTVs), koji koriste tehnologiju quantum dots za bolju sliku u boji, a na tržištu se očekuju 2016. godine.

Razlog za korištenje tehnologije kvantne točke, umjesto LCD ili LED ekrana, je u njihovom dizajnu koji sprječava zaustavljanje viška svjetla u unutarnjem filteru, tako da može proizvesti robusnije boje bez interferencija.

Svaki nanokristal boju će emitirati ovisno o veličini. Budući da boja ovisi o njegovom obliku, nikad, ali baš nikad neće prikazati neku drugu boju.

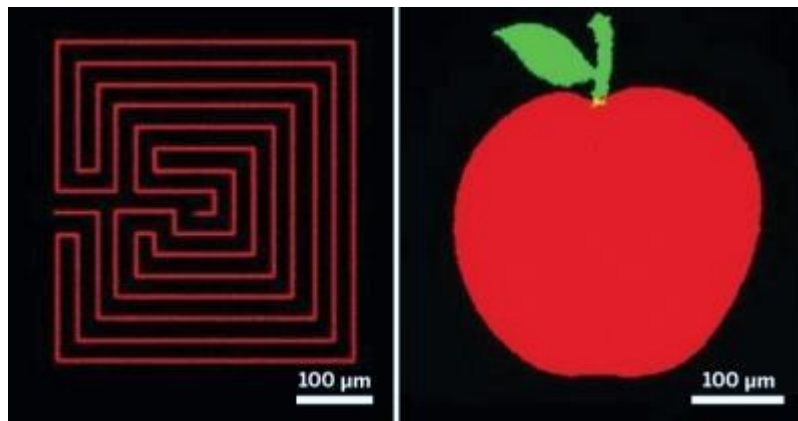
"Te 4,2 nm velike kvantne točkice će davati istu nijansu crvene sutra i za 20 godina, jer to nije toniranje bijelog izvora svjetla – kvantne točke proizvode samo određenu valnu duljinu crvene svjetlosti kada su aktivirane", piše Gizmodo.

Posebni film napravljen od nanokristala koje emitiraju crveno ili zeleno svjetlo dodaje se ispred pozadinskog osvjetljenja ekrana, tako da kada plavo svjetlo prođe kroz njih, oni kombinirano proizvode bijelo svjetlo, koje ulazi u interakciju s ostatkom kvantnih točkica za dobivanje prikaza u boji.

"Stvaranje svjetla preko kvantne točke sužava valne duljine crvene i zelene svjetlosti, što znači da LCD filter hvata manje svjetla. To znači bolji prikaz boja i svjetlije boje", piše Murphy.

Tehnologija kante točke je daleko jeftinija od ostalih kvalitetnih tehnologija prikaza, kao što je ona organskih svjetlećih dioda (OLED).

Nova istraživanja znanstvenika spominju metode kojima bi, uz visoke rezolucije ispisivali quantum dots, koje bi u takvom obliku izgrađivale svjetlosne diode. Uz daljnji razvoj ta bi tehnika mogla koristiti za ispis piksela bogatih boja na mobitelima i drugim elektroničkim računalima male snage zaslona. Quantum dots inženjerima su privlačne za izradu zaslona jer mogu fino podesiti svjetlost na poluvodiče. Emitiranje nanokristala kontroliraju njihovim dimenzijama. (Chemical & Engineering News ISSN 0009-2347 Copyright , American Chemical Society, siječanj 2015).

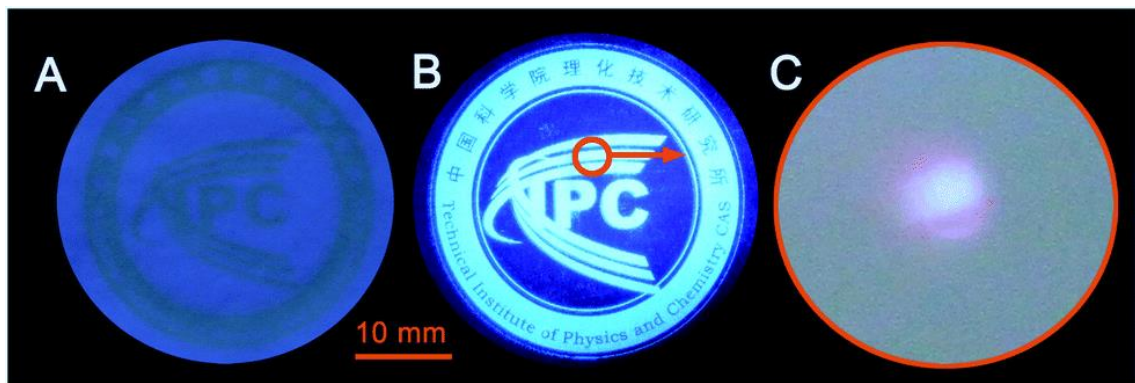


Slika 10. : Nova metoda tiska kojom je stvoren otisak visoke razlučivosti (lijevo) i oblika od (desno) crvenih i zelenih kvantnih točkica. (preuzeto s <http://cen.acs.org>)

2.2. Značajke quantum dots u tehnologiji

1. Neorganska priroda nanočestica pruža izvanrednu fotostabilnost na fotokemijsku destrukciju.
2. Fluorescentno čitljiva svojstva quantum dots mogu se očitati uređajima za očitavanje svjetlosti.
3. Kodne oznake za označavanje raznih objekata mogu se stvoriti u više od milijun kombinacija.
4. Moguće je stvoriti oznake koje se mogu identificirati samo nakon posebnog procesa razvijanja
5. Mogu se relizirati bilo koje oznake fluorescentne boje s valnom duljinom emisije u UV području, u vidljivom području pa i u bliskom infracrvenom području.

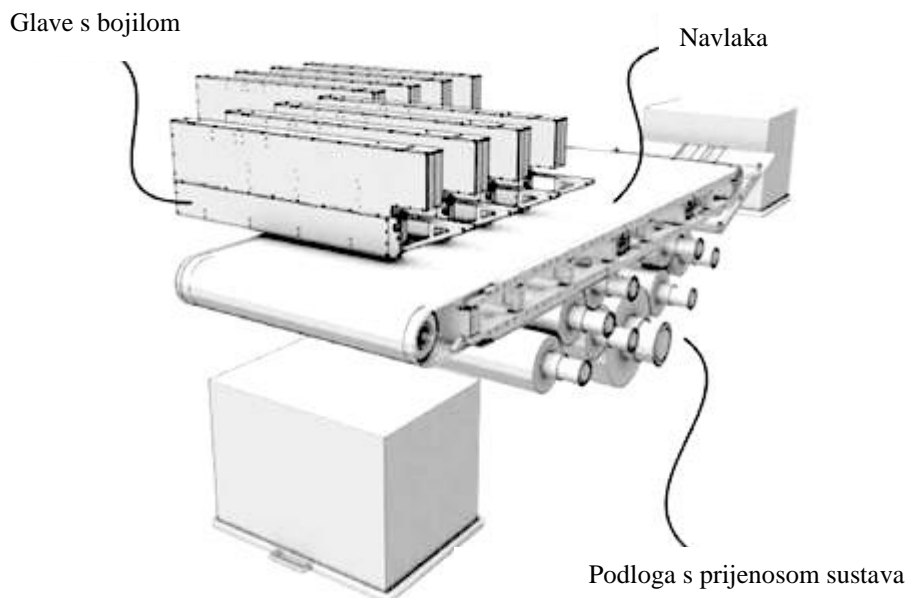
Boja oznaka ovisi o veličini QD koje su korištene. Svojim karakteristikama Quantum dots tehnologija zaštite otvara značajan potencijal primjene u ink-jet tisku sigurnosnih dokumenata i oznaka.



Slika 11.: Ink-jet papir foto kvalitete s otisnutim logotipom s Quantum dots promatran pod ambijentalnim svjetlom (lijevo) i UV svjetlosti (desno) (preuzeto s www.pubs.rsc.org)

3. QUANTUM DOTS U NANOGRAFIJI

Nanografija (Nanographic printing) je tehnika tiska koja koristi bojilo NanoInk na bazi vode. Koriste pigmente veličine nekoliko nanometara te imaju i odlična svojstva apsorpcije i emisije svjetlosti. Nanographic printing tehnikom se istodobno otiskuju sve četiri boje. Prema izjavama proizvođača, ovom se tintom mogu dobiti vrlo oštri, sitni rasteri. Izuzetno vjerne boje otiska omogućene su korištenjem većeg CMYK raspona boja nego što je to bilo moguće korištenjem dosadašnjih tehnologija tiska. Uz debljinu boje od samo pola mikrometra, ovim se postupkom dobiva znatno tanji sloj boje nego kod offseta što opet rezultira manjom cijenom otiska. Tome doprinosi i činjenica da za prijenos tiska nije potreban dodatni medij za prijenos, kao na primjer ploče kod offseta, niti dodatno tretiranje površine na koju se otisak prenosi.

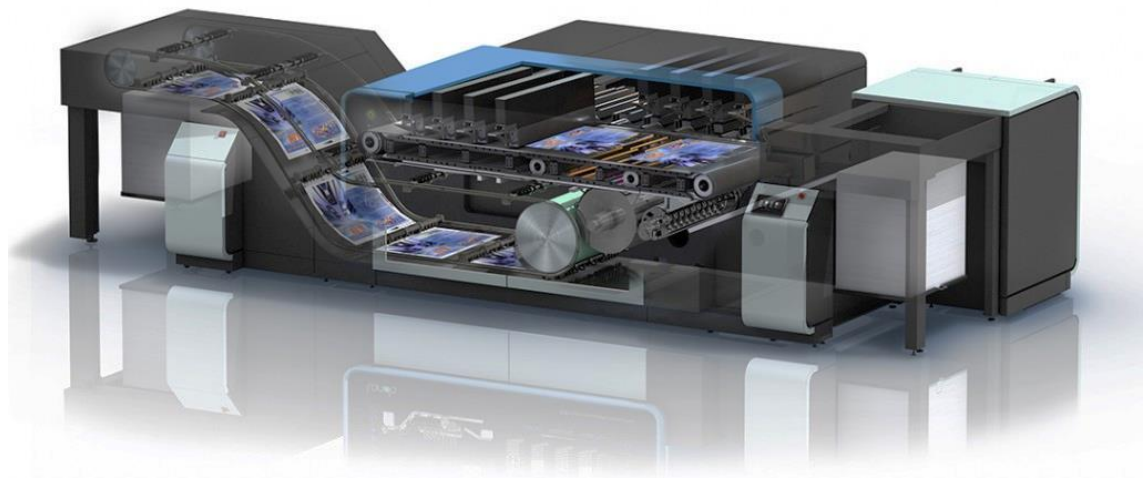


Slika 12.: Shematski prikaz nanografskog procesa tiska (preuzeto iz <http://www.landanano.com/>)

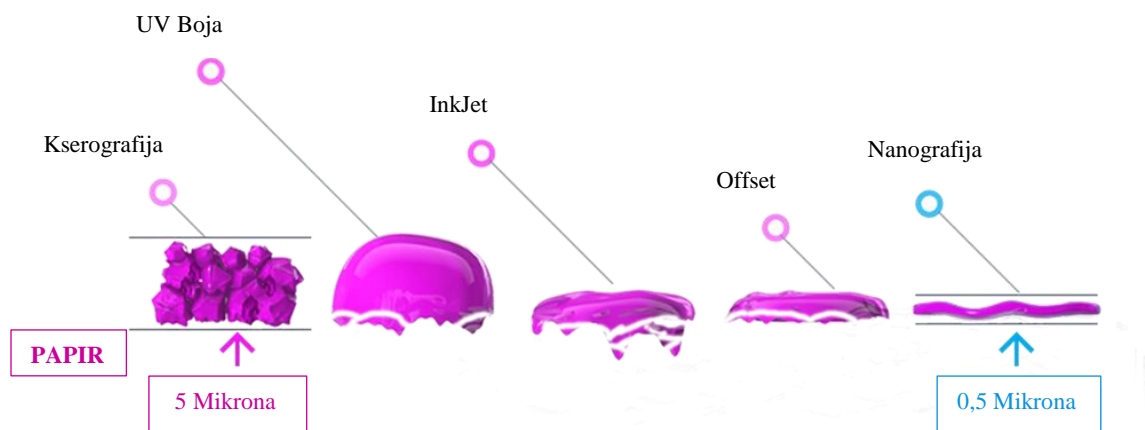
Postupak tiska relativno je jednostavan. Korištenjem i do osam boja, negativ se Inkjet Ejektorima (koji su vrlo slični glavama) nanosi na grijani gumeni valjak. Kako tinte sadrže vrlo malo vode, ona odmah isparava u doticaju sa ugrijanim valjkom te ostaje samo 500 nanometara debeo film koji se, bez ikakvih ostataka, prenosi direktno na papir. Kako se ne zagrijava papir nego samo valjak, papir može odmah dalje u obradu. Polimerni film prilikom prenošenja samo neznatno ulazi u strukturu medija na koji se

prenosi jer praktički ne sadrži vlagu. Usprkos tome drži se, slično kao naljepnica, na gotovo svakoj podlozi. Tako je moguć tisak kako na papir, tako i na površine bez apsorpcijskih svojstava. Moguć je dakle otisak na jeftinije materijale, bez gubitka kvalitete otiska.

Sama tehnika tiska je vrlo slična principu ofseta, bitna je razlika u tome što umjesto klasičnog gumenog cilindra koristi zagrijanu pomičnu traku na koju se apliciraju nanočestice tiskarske boje.



Slika 13.: Tiskarski stroj na bazi nanografije (preuzeto iz <http://www.landano.com/>)



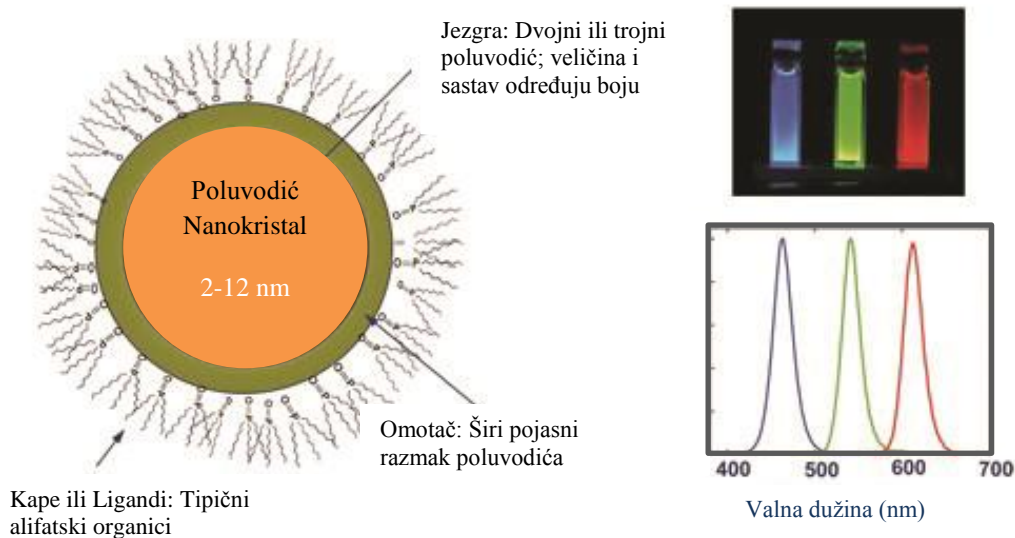
Slika 14.: Usporedba otiska drugih bojila u odnosu na NanoInk otisak (preuzeto iz www.landano.com)

Bojila sastavljena od emisionih nanočestica (quantum dots) mogu biti razvijena i konstruirana da budu optički aktivna (emisija i apsorpcija) na precizno određenim valnim duljinama.

Koloidne suspendije s QD na bazi vode mogu osigurati nove tehnologije u sigurnosnom tisku, pomoću toplinske ink jet (TIJ) metode tiska.

Mješavine bojila koje sadrže QD mogu također biti razvijene kako bi osigurale bogat i složen optički spektar boja u sigurnosnom tisku koji bi otežao krivotvorenje.

Quantum dots po svojim relevantnim svojstvima u obliku tipičnog sastava jezgre (npr. CdSe / ZnS) imaju jedinstvena optička i elektronička svojstva temeljena na kvantnoj mehanici, a to su smanjenje (ograničavanje) dimenzija sustava.



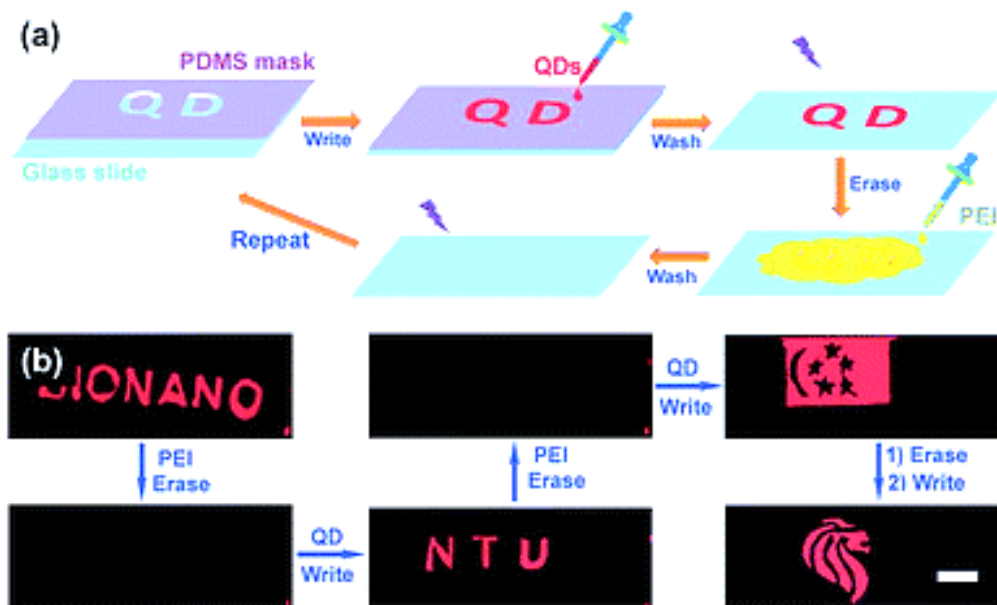
Slika 15.: Jezgra, poluvodič, emisija na valnim dužinama (preuzeto s <http://qd.liganid.com>)

Nanoink bojila (QD-bojila) omogućuju nove metode ispisa zahvaljujući sposobnosti emisije i apsorpcije nanočestica na valnim duljinama koje su zavisne o veličini QD.

Stabilnost QD-bojila jako ovisi o suradnji nanočestica i otapala u bojilu. Zato se za optimalnu disperziju nanočestica i kvalitetan otisak, ograničava viskoznost bojila.

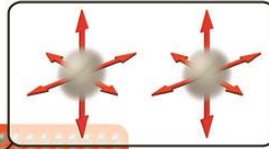
1.3. Prednosti NanoInk (QD-bojila)

1. Povoljan utjecaj na okoliš (iz bojila su uklonjeni teški metali kao npr. Cd, Pb, Hg...)
2. Dulji vijek trajanja bojila
3. Široka paleta boja
4. Niska cijena
5. Poboljšana su optička svojstva
6. Boje su na bazi vode
7. Poboljšana je stabilnost otisaka
8. Veća fleksibilnost otapala
9. Produžen je vijek trajanja otisaka



Slika 16.: Shema dobivanja otiska iz QD-bojila na bazi vode (preuzeto s www.pubs.rsc.org)

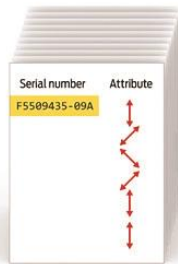
1. KORAK: Banka unosi 100 kvantnih čestica u novčanicu. Svaki djelić ima razna svojstva, uključujući polarizaciju koja može biti mjerena duž bilo koje od 3 osi



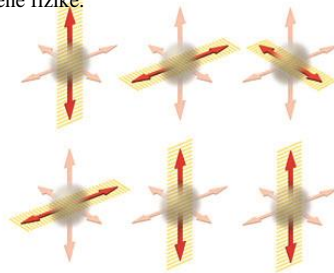
2. KORAK: Serijski broj je generiran na novčanici. Broj je vezan za postavke polarizacije postavljene na 100 djelova



3. KORAK: Za provjeru novčanice, banka gleda serijski broj u bazi podataka i dobiva ispis za svako mjerenje polarizacije, provedeno za svaki djelić



4. KORAK: Banka mjeri prolaz polarizacije za svaki od 100 djelova ostavljajući ostale djelove novčanice neoštećene. Pokušaj falsificiranja novčanice trebao bi mjeriti sve puteve za svaku od 100 čestica, što je nemoguće po zakonima kvantene fizike.



5. KORAK: Mjerenja polarizacije podudaraju se s postavkama u bazi podataka. Banka daje suglasnost da je novčanica ispravna.



Slika 17.: Nanoprint tehnologija za sigurnosni tisak na novčanici (preuzeto s www.spectrum.ieee.org)

4. QUANTUM DOTS U BUDUĆNOSTI

Do sada proizvedeni tranzistori, diode, zasloni, kompjuteri, televizori itd. zasigurno će u skorijoj budućnosti postati zastarjela tehnologija.

Nanočestice su posebno zanimljive i u području medicine (biomedicinska istraživanja, dijagnoze, terapije). Područje koje se najviše istražuje je reparacija tkiva, hrskavice ili kosti, kože, pa čak i organa.

Posebno je važna primjena nanoznanosti u donošenju lijekova u određeno mjesto u tijelu. Naime kod vrlo agresivnih lijekova, poput kemoterapije, uništavaju se i zdrave i bolesne stanice. Nanočestice bi omogućile unos lijeka samo na bolesne stanice dok se zdrave stanice ne bi dirale.

Posebna boljka svake nove tehnologije je njena primjena u naoružanju. Pentagon izdvaja 300 milijuna dolara godišnje za nanotehnološka istraživanja. NASA za te namjene izdvaja 42 milijuna dolara godišnje. Na Sveučilištu West Michigan stvoren je rani sustav za uzbuđivanje za RBK oružja (raketni napadi). Na University of Texas razvijeni su mišići od nanocjevčica koji su brži i jači od prirodnih te se mogu koristiti za umjetne udove vezane za projekt super-vojnika.

Utjecaj nanomaterijala na zdravlje i okolinu još nije dobro istražen. Tri tehnologije: quantum dots, jednostavne ugljične nanocijevi i Bucky loptice, manje su opasne za okolinu nego nekadašnji industrijski procesi (obrada nafte). Preostale dvije tehnologije kako je do danas istraženo donose rizik mjerljiv s proizvodnjom vina ili aspirina.

Kemičari s MIT-a dizajnirali su spektrometar koristeći quantum dots. Takvi spektromeri bi se upravo mogli koristiti za dijagnozu raznih bolesti, pogotovo kožnih oboljenja ili za otkrivanje zagađivača u okolišu.

Novi spektrometar sadrži tanku mrežu koja se sastoji od 195 odjeljaka s tintama različitih boja i implementira se iznad CCD senzora. Kad svjetlost pogodi neki odjeljak i putuje njime, senzor bilježi promjene.

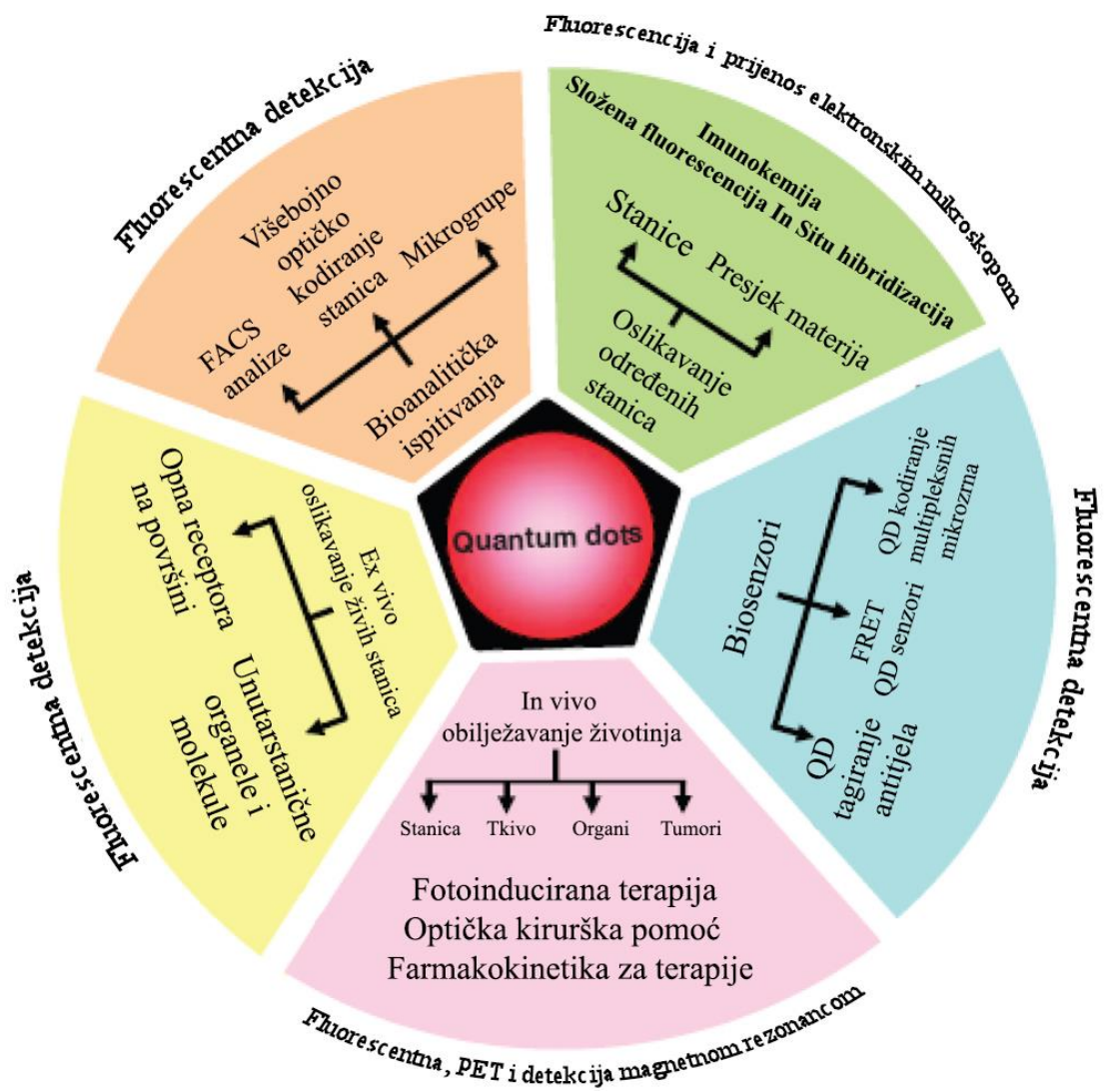
Posebni algoritam potom prikuplja promjene iz svih odjeljaka te računa intenzitet i valnu duljinu izvorne zrake svjetlosti. Ovaj spektrogram može poslužiti u različite svrhe. Osim male veličine, prednost je i mala cijena potrošnog materijala za razliku od većih laboratorijskih spektrometara.

Quantum dots u području nanografije odnosno grafičke tehnologije već su donjele neke revolucionarne promjene. Ultra male čestice unutar pigmenata bojila omogućile su digitalni tisak na znatno većim brzinama nego do sada.

Nanografski proces primjenjiv je na svim vrstama papira, te mnogim neupojnim podlogama kao što su plastični filmovi ili folije što ga čini pogodnim za tisak na ambalažu.

Kada je riječ o postizanju savršenog otiska, znanstvenici su uglavnom suzdržani jer definicija "savršenog otiska" nije sasvim jasna odnosno nije poznato kojeg nivoa kvalitete se zapravo teži.

"Nanografija priprema revoluciju i želi preuzeti vodstvo u području ispisa od 5000 do 30000 stranica. Klasične tehnike digitalnog tiska nisu dorasle cijenom ni brzinom offset strojevima u ovom segmentu tiska. Nanografija to mijenja". (Print magazin hr. Ožujak 9, 2014.)



Slika 18.: Lepeza primjena quantum dots u životu i tehnologiji (preuzeto s www.mdpi.com)

5. ZAKLJUČAK

Nanoznanost i nanotehnologija se zasnivaju na impresivnim i neočekivanim svojstvima struktura nano dimenzija, te posebnim svojstvima koje te strukture iskazuju na makrorazini. Bavi se sintetiziranjem materijala na potpuno novoj razini.

Manipulacija materijom na atomskom nivou je neizbježna posljedica stalnog napretka znanosti i tehnologije. Mogućnosti upravljanja svojstvima materija ne samo da su se udvostručile, već eksponencijalno rastu i svako novo istraživanje u području nanotehnologije donosi velike rezultate.

Fotoluminescentne quantum dots formulirane u ink-jet formulaciju uspješno se koriste za ispis digitalnih znakova i slika koje su nevidljive na ambijentalnom svjetlu, ali su vidljive u različitim bojama kada se gledaju pod UV svjetlom. Boja ovisi o veličini QD koje su korištene.

Nanografija otvara značajan potencijal primjene u ink-jet tisku sigurnosnih dokumenata i oznaka u jednoj boji ili u punoj boji znakova i slika, oglašavanju, ali također i u novim fleksibilnim fotoluminescentnim zaslonima.

6. LITERATURA

1. <http://www.landano.com>, Nanotechnology & Nanography, 2.srpanj 2015.
2. Hilton, B., Choi, CJ, Chen, S, "The ethics of counterfeiting in the fashion industry: Quality, credence and profit issues." *Journal of Business Ethics*, 2004. 55: p. 344-354.
3. Wong, K., P Hui, and A Chan, "Cryptography and authentication in RFID passive tags for apparel products." *Computers in Industry*, 2006. 57(4): p. 342-349
4. <http://nanotech-dubna.com/category/production/quantum-dots>: " ", 25. Srpanj 2015.
5. <http://nanotech-dubna.com/category/production/quantum-dots>: "Fluorescence Detection, 25.srpanj 2015.
6. Small, A.C. *Novel Hybrid Materials and Their Applications*. PhD Thesis, Victoria University of Wellington, 2008, 1-248.
7. *Printing of Security Documents and Labels*“, Chemistry in New Zealand, 2010.
8. Lindsay, S.M.: "Introduction to Nanoscience", Oxford University Press, New York, USA, 2010.
9. Paar, V.: "Fizika 4", Školska knjiga, Zagreb, 2001.
10. Bumbak M., Ćorić Z.: *Stručni članak*: 343.98(497.5). travanj 2013.
11. www.nseresearch.org/2009/.../_Stasiak.ppt: "ColoradoThermal Inkjet Printing of Quantum Dot Inks for Overt and Covert Security Printing", 3. Rujan 2015.