

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA
Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija

Seminarski rad iz kolegija
Sustavi za praćenje i vođenje procesa
Ak. god. 2005/06.

BLU-RAY

Bojan Stanković
0036383119

Zagreb, 2006.

Sadržaj

1.	UVOD	3
2.	OSNOVNI PARAMETRI.....	4
3.	IZVEDBE SKLOPA ZA ČITANJE (ENGL. PICK UP).....	6
4.	STRUKTURA DISKA	8
5.	ADRESIRANJE.....	9
6.	SNIMANJE PODATAKA	10
6.1	FIZIČKA IZVEDBA.....	10
6.2	PRINCIP SNIMANJA/REPRODUKCIJE	11
7.	MODULACIJA.....	12
8.	BLU-RAY VS. HD-DVD.....	14
9.	ZAKLJUČAK	15
10.	LITERATURA	16

1. Uvod

Kada je početkom 80-tih godina prošlog stoljeća po prvi puta predstavljen digitalni medij – CD (engl. Compact Disc). Predstavljalo je to veliki iskorak i na neki način obilježilo početak nove, digitalne ere.

Ono što je tada ponudio CD u odnosu na dotada klasične kasete i LP bio je „revolucionarna“ kvaliteta audio zapisa uz mnogo drugih mogućnosti koje su u prvom redu povećale komfor korištenja. Prošlo je dosta vremena od tada i CD se još uvijek zadržao i duboko ukorijenio u našu svakodnevicu. Upravo zbog njegove velike raširenosti i napretka tehnologije došlo se na ideju da se na disk, fizičkih dimenzija jednakih kao i CD osim glazbe zapiše i video zapis. Tako je 1996. godine nastao DVD (engl. Digital Versatile Disc). DVD je donio napredak u kvaliteti slike, dodatne interaktivne sadržaje, odnosno 5 do 10 puta veći kapacitet za zapis podataka u odnosu na CD.

Međutim, daljnjim razvojem tehnologije, te pojavom HDTV-a (High Definition Television) niti ono što je mogao ponuditi DVD nije bilo dovoljno za pohranu programa visoke kvalitete prosječnog trajanja od 2 sata. Tako je 2002. godine Blu-ray Disc Association (BDA) razvila i predstavila novi standard – Blu-ray disk (BD).

Glavna novost koju je uveo Blu-ray je korištenje plave laserske zrake za razliku od crvene, odnosno infracrvene koja se koristi kod DVD-a, odnosno CD-a. Upravo zbog korištenja zrake manje valne duljine bilo je moguće, uz niz drugih tehničkih rješenja, pohraniti na disk jednakih fizičkih dimenzija kao i DVD do 25 GB podataka u jednom sloju, dok je u dva sloja kapacitet do 50 GB. To je dovoljan prostor za snimanje više od 2 sata TV programa visoke kvalitete, što je i bio osnovan zahtjev koji je postavljen na novi standard.

Kao što je i DVD ponudio kompatibilnost sa CD formatom, tako je postavljen zahtjev da svi Blu-ray uređaji mogu reproducirati, odnosno snimati na DVD i CD.

Svi ti, kao i mnogo drugih zahtjevi i problemi koji su se pojavili u razvoju Blu-ray formata biti će detaljnije opisani u nastavku teksta ovog seminarskog rada.

2. Osnovni parametri

Blu-ray sustav ima tri osnovna parametra:

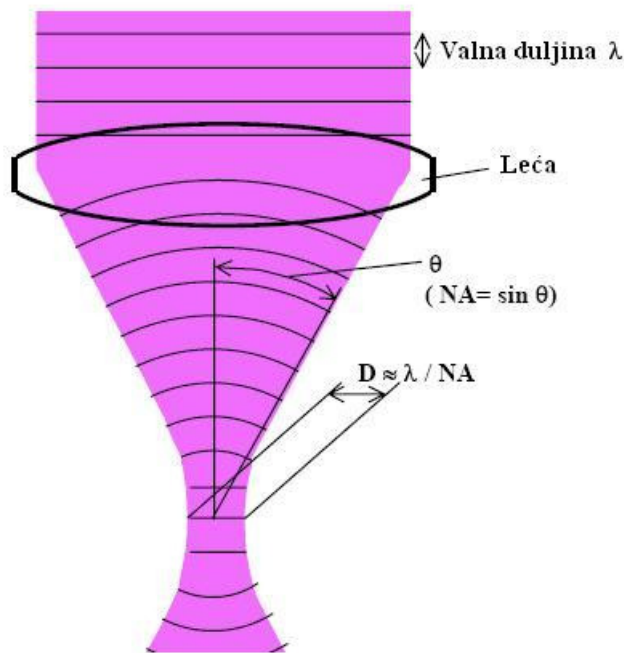
- Valna duljina lasera: 405 nm;
- Numerički otvor leće: 0.85;
- Debljina zaštitnog sloja: 0.1 mm.

Kapacitet podataka koji je moguće pohraniti na optički disk određen je valnom duljinom (λ) i numeričkim otvorom (engl. Numeric Aperture – NA). Ova ovisnost dana je slijedećom formulom:

$$\text{Kapacitet} \sim (NA/\lambda)^2$$

Kako je vidljivo iz formule, da bi se povećao kapacitet potrebno je povećati numerički otvor i smanjiti valnu duljinu.

Korištenjem GaN laserske diode postignuta je najmanja valna duljina od svih dioda. Određeno je da valna duljina ne bi trebala biti manja od 400 nm, jer se ispod te vrijednosti javljaju problemi sa optičkim karakteristikama plastike koja naglo gubi karakteristike. Numerički otvor definira se kao stupanj konvergencije svjetlosne zrake koju leća može postići. Slika 1. prikazuje značenje numeričkog otvora.



Slika 1. Uz objašnjenje numeričkog otvora

Kao što se na slici može vidjeti numerički otvor (NA) jednak je sinus kuta θ . Teoretski najveća vrijednost može biti 1. Zbog pojave odstupanja koje nastaje zbog titranja diska oko optičke osi leće prilikom vrtanje, odabrana je vrijednost 0.85.

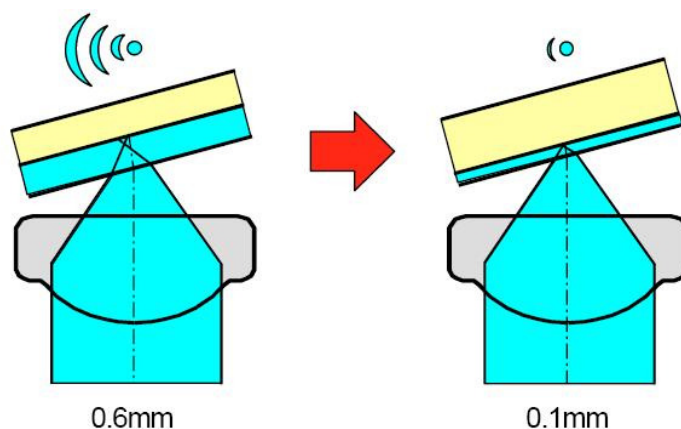
Na slici je također naznačena veličina žarišne točke D.

Da bi se postigao zadovoljavajući kapacitet osim povećanja numeričkog otvora i smanjenja valne duljine bilo je potrebno optimizirati debljinu zaštitnog sloja. S jedne strane smanjenjem debljine zaštitnog sloja može se lakše postići povećanje kapaciteta, međutim upravo je zaštitni sloj zaslužan za neosjetljivost optičkih diskova na prašinu. Jasno je samo po sebi da se smanjenjem debljine tog sloja povećava osjetljivost na prašinu, a samim time i povećavaju greške prilikom čitanja medija. Jedno rješenje ovog problema je u korištenju sklopova za korekciju pogrešaka. Ipak, kako je najmanja jedinica za kalkulaciju pogrešaka jedan byte, može se dogoditi da greška od jednog bita bude pretvorena u grešku od jednog byte-a. S druge strane se smanjenjem debljine zaštitnog sloja smanjuje osjetljivost sustava na promjenu kuta upadne zrake na površinu diska, a zbog nesavršeno ravne površine diska ili zbog drhtanja diska za vrijeme rotacije.

Zbog cijene i složenosti proizvodnje odabrana je debljina zaštitnog sloja od 0.1 mm.

Slika 2 prikazuje razliku u pogrešci koja nastaje zbog drhtanja diska za slučaj DVD i Blu-ray diska.

U tablici 1 dane su usporedne karakteristike BD, DVD i CD standarda.



Slika 2. Pogreška zbog drhtanja diska

	Blu-ray	DVD	CD
Valna duljina (nm)	405	650	780
Numerički otvor	0.85	0.6	0.45
Debljina zaštitnog sloja (mm)	0.1	0.6	1.2
Kapacitet (GB)	24.3	4.7	0.7

Tablica 1. Usporedne karakteristike BD, DVD i CD formata

3. Izvedbe sklopa za čitanje (engl. pick up)

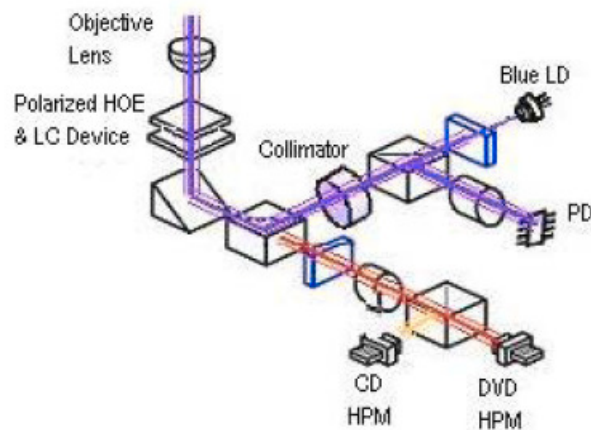
Zbog postojanja razlike u debljini zaštitnih slojeva između BD-a, DVD-a i CD-a i različitih valnih duljina, CD i DVD diskove je nemoguće reproducirati u uređajima isključivo za reprodukciju BD-a. Kako postoji zahtjev prema kojemu svi novi uređaji za reprodukciju Blu-ray diskova moraju biti kompatibilni sa starijim formatima, bilo je potrebno razviti kompatibilan sustav, koje će to i omogućiti.

Trvrtka LG Electronics razvila je tehnologiju kojom se omogućava kompatibilnost sa starim formatima. Kako bi se ostvarila kompatibilnost potrebno je postići slijedeće: potrebno je sačuvati dovoljan razmak između leća, kompenzirati sferna odstupanja, te kontrolirati numerički otvor za svaki format. Sustav koji je tvrtka razvila sastoji se od leće sa numeričkim otvorom 0.85, te sa tzv. HOE (engl. Holographic Optical Element) elementom. Koristi se poseban materijal koji se nalazi između dvaju supstrata. Materijal ima jednak indeks loma kao i okolni materijal za jedan smjer polarizacije, ali ima drugi indeks loma za okomiti smjer polarizacije u odnosu na onaj prvi. HOE je napravljen tako da ne utječe na valnu duljinu plavog vala (405 nm), već samo na valne duljine 650 nm (DVD) i 780 nm (CD) onda kada je njihov smjer polarizacije okomit na smjer polarizacije plavog vala. Da bi se ovo postiglo mora postojati fazni pomak između valova od 650 nm i 780 nm, a zbog razlike indeksa loma središnjeg i okolnog materijala u HOE-u.

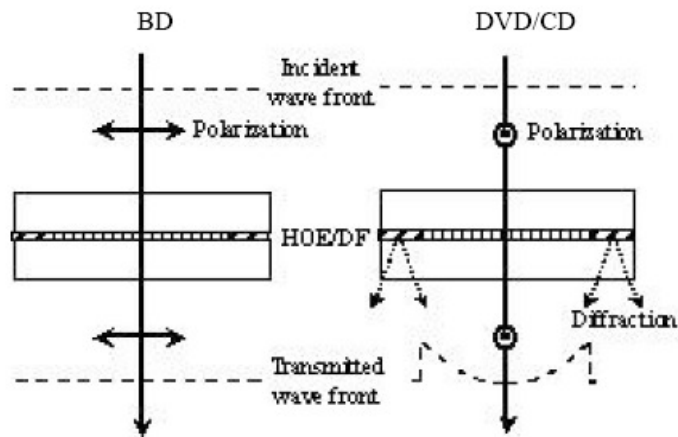
Za kontrolu numeričkog otvora DVD-a i CD-a koristi se filter koji se može postaviti na HOE kako bi spriječio utjecaj lomljene zrake izvan efektivnog područja rada.

Za dobivanje leće sa numeričkim otvorom od 0.85 upotrebljavaju se dvije leće sa manjim otvorom, koje su postavljene jedna preko druge.

Slika 3 prikazuje pick up, a slika 4 prikazuje način rada HOE uređaja.



Slika 3. Izgled pick up sklopa



Slika 4. Načelo rada HOE elementa

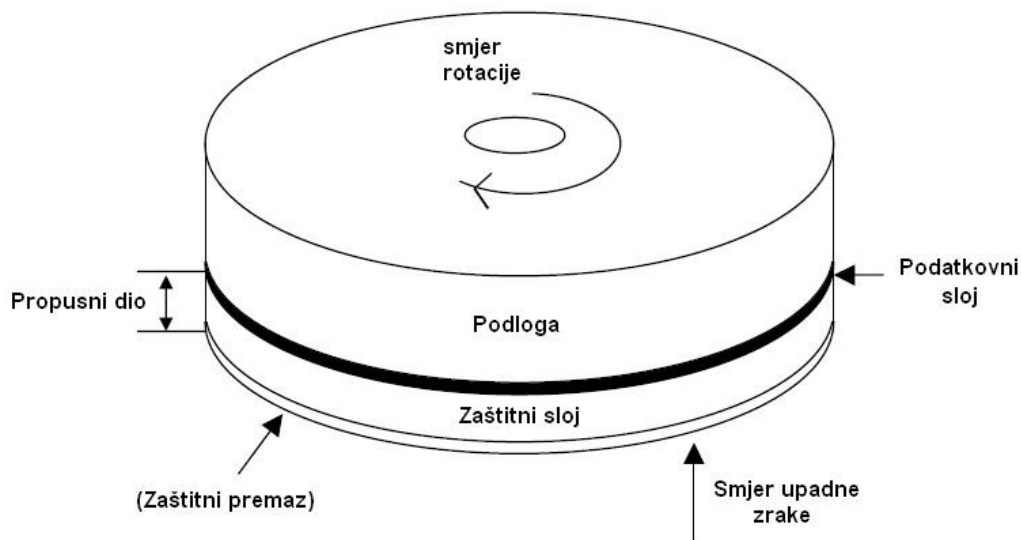
Kako bi se postigla kompatibilnost i sa CD-om, razvijena je optička glava koja je kompatibilna sa 3 valne duljine. Koristi se hibridna laserska dioda i leće koje odgovaraju trima valnim duljinama. Na taj način se postiže zajednička optička putanja za sve tri valne duljine i samim time pojednostavnjuje cijela struktura čitača. Za dobivanje hibridne laserske diode crveni laser (150 mW) i infracrveni laser (200 mW) se precizno montiraju na plavi laser (120 mW), koja ima dobru toplinsku vodljivost, pa ujedno služi kao hladilo za druge dvije. Za vrijeme rada uređaja radi samo jedna od ove tri diode, ovisno koji je medij prisutan u čitaču. Vjeruje se da će ova optička glava za čitanje i snimanje svih triju standarda imati ključnu ulogu u ekspanziji tržišta hibridnih uređaja.

4. Struktura diska

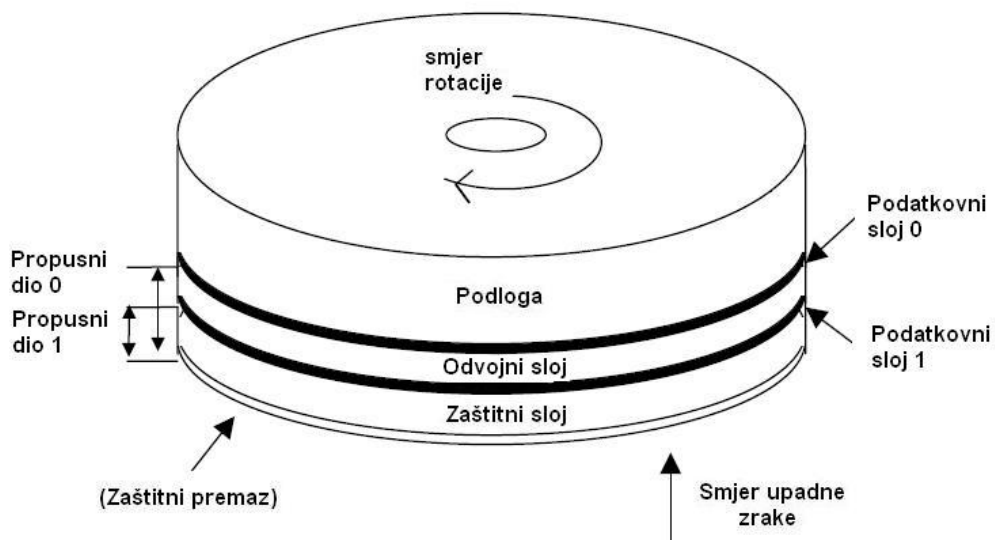
Po strukturi diska osnovna podjela je na jednoslojne i dvoslojne. Iako postoje i diskovi koji imaju do 8 slojeva oni ovdje neće biti razmatrani, budući da još nisu službeno odobreni za uporabu.

Jednoslojni disk može pohraniti do 25 GB podataka, dok dvoslojni može do 50 GB.

Na slikama 5 i 6 prikazani su presjeci jednoslojnog i dvoslojnog diska.



Slika 5. Presjek jednoslojnog diska



Slika 6. Presjek dvoslojnog diska

Kao što se na slici 5 može vidjeti, jednoslojni disk sastoji se od 1.1 mm debele polikarbonatne podloge, nakon nje nalazi se sloj na kojem se zapisuju podaci, te 0.1 mm debeli zaštitni sloj. Sloj između sloja za podatke i površine diska iz smjera upadnog zračenja je u potpunosti propustan za svjetlost valne duljine 405 nm.

Moguće je nanijeti i dodatni zaštitni premaz preko zaštitnog sloja, za dodatno povećanje otpornosti na mehanička oštećenja. Ovaj sloj je posebno značajan jer su prve verzije BD-RE diskova bile u zaštitnom kućištu, a s aspekta troškova proizvodnje bolje je da diskovi budu bez kućišta. Zaključeno je da je najbolji kandidat za ovaj sloj UV-obnovljivi koloidalno-silikatni sloj debljine 2 μm .

Struktura dvoslojnog diska je slična jednoslojnom, s razlikom da se između podloge i zaštitnog sloja nalaze dva podatkovna sloja, između kojih se nalazi 25 μm debeli sloj za odvajanje. Debljina zaštitnog sloja ovdje je nešto manja - 75 μm , kako bi ukupna debljina diska ostala 1.2 mm, usprkos dodatnom sloju za odvajanje. Podatkovni sloj je fazno promjenjiv.

5. Adresiranje

Blu-ray disk sačinjava koncentrično spiralna staza od centra prema kraju diska. Kako je ova staza neprekidna od početka do kraja potrebno je osigurati metodu adresiranja kojom bi se mogao utvrditi točan položaj pojedinog podatka, te olakšati čitanje/snimanje podataka na disku. Format adresiranja koji se upotrebljava kod Blu-ray standarda je tzv „vobl“ (engl. wobble).

Za razliku od CD-a i DVD-a koji imaju poseban sektor podataka (engl. pit) na početku na kojem su zabilježene sve adrese pojedinih podataka na disku, Blu-ray disk nema taj sektor. Razlog tome je što bi se uvođenjem takvog sektora morala značajno povećati gustoća zapisa, te bi imao veliki utjecaj na snimanje na drugim slojevima. Modulacijska tehnika koja se koristi je kombinacija MSK (Minimum Shift Keying) i STW (Saw Tooth Wobble). Veličina bloka podataka je 64 KB. Osnovna duljina vobla je 5.14 μm . Bitovi „0“ i „1“ su predstavljeni kao mjesto gdje se sinusoidalni signal modulira MSK postupkom. Ovako dobiveni signal je zbog velike gustoće zapisa podatak podložan raznim smetnjama. Zbog toga upotrebljava se signal, nazvan STW, kojim se dodaju drugi harmonici na sinusoidalni signal vobla. U ovom slučaju „0 i „1“ adresnih podataka odgovaraju polaritetu dodanog drugog harmonika. Kako je STW signal raspodijeljen drugačije od MSK, te kako se detektira integriranjem, tako je otporan na smetnje.

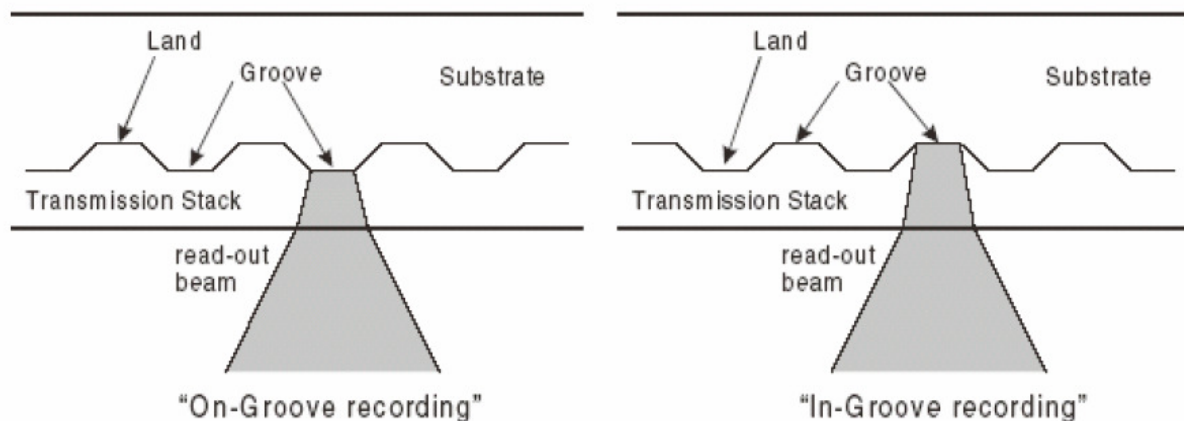
Kombinacijom ovih dviju metoda postignuto je da je adresiranje kod Blu-ray-a otporno na smetnje, preslušavanja, pomak vobla i sl.

6. Snimanje podataka

Postoji mnogo studija u vezi načina zapisivanja podataka na medij. Za razliku od DVD-a kod kojeg postoji nekoliko različitih formata, kod Blu-ray diskova je postignut dogovor o korištenju jednog fizičkog formata. Također je odlučeno da će se prvo uvesti prebrisivi mediji (BD-RE), a zatim mediji za jednostruko snimanje (BD-R), te na kraju BD-ROM.

6.1 Fizička izvedba

Fizičku strukturu diska sačinjavaju staze (engl. tracks). Format staze je snimanje urezivanjem (engl. groove-recording), podaci se zapisuju u utor (engl. in groove) ili na utor (engl. on groove), kao što je prikazano na slici 7.



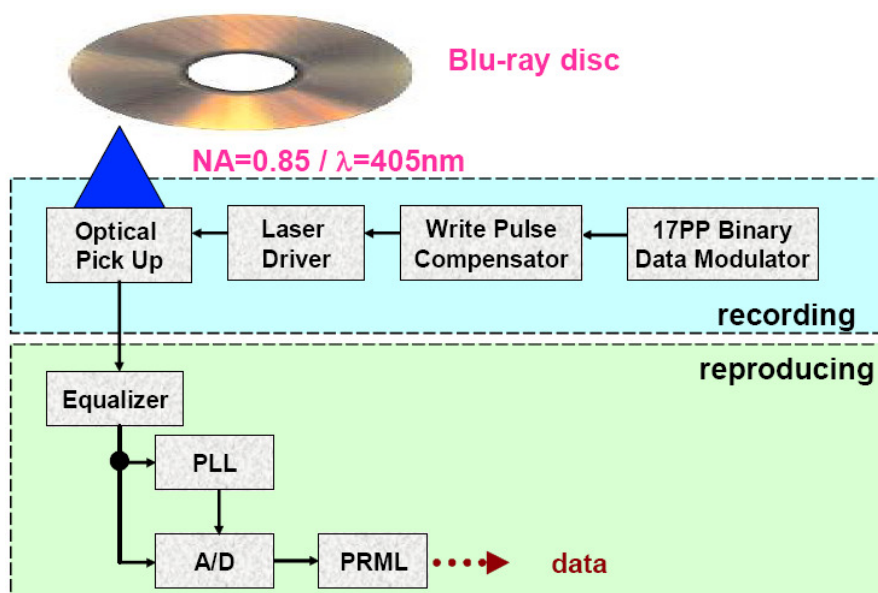
Slika 7. On-groove i in groove snimanje

Utor (engl. groove) se definira kao dio diska na kojeg se snima pomoću laserske zrake. Između dvaju susjednih utora nalazi se udubljenje (engl. land) koji sprječava prijelaz topline prilikom snimanja na susjedne uture i na taj način slabljenje kvalitete snimke zbog utjecaja na podatke u susjednom utoru. Razmak između dvaju utora je $0.32 \mu\text{m}$. Kod dvoslojnih diskova za snimanje, potrebno je da podatkovni sloj 1 (vidi sliku 6) ima propusnost za lasersku zraku 50% ili više, bez obzira da li je na njemu zapis ili nije. Ovo je potrebno zbog osiguravanja dovoljne propusnosti tog sloja kako bi se moglo čitati, odnosno pisati na podatkovni sloj 0.

6.2 Princip snimanja/reprodukcije

Podaci koji se snimaju moduliraju se ili kodiraju u 1-7PP NRZI signal. Ovaj signal se dalje šalje u impulsni kompenzator gdje se modulira u više impulsi. Podešavanjem rastućeg brida prvog impulsa i padajućeg brida završnog impulsa može se kontrolirati količina toplinske energije u ovisnosti o duljini traga. Na ovaj se način omogućava precizno pozicioniranje rubova traga. Impulsni valni oblik se šalje do pogonskog sklopa lasera, koji podešava snagu laserske zrake za snimanje traga/razmaka na disk.

Kod čitanja podataka, pročitani signal se vodi kroz izjednačivač do petlje fazne sinkronizacije (PLL). Izlazni signal izjednačivača se također odvodi do analogno-digitalnog pretvarača (A/D), kako bi se pretvorio u digitalan signal koristeći kontrolni signal PLL-a. Nakon A/D pretvorbe signal se propušta kroz PRLM kanal kako bi se ispravile greške. Izlaz je NRZI signal koji se još demodulira pomoću 1-7PP koda. Na slici 8 prikazan je blok dijagram principa snimanja/reprodukcije Blu-ray diska.



Slika 8. Blok dijagram uređaja za snimanje/reprodukciju

Formiranje traga na fazno promjenjivom mediju je prikazano na slici 9.

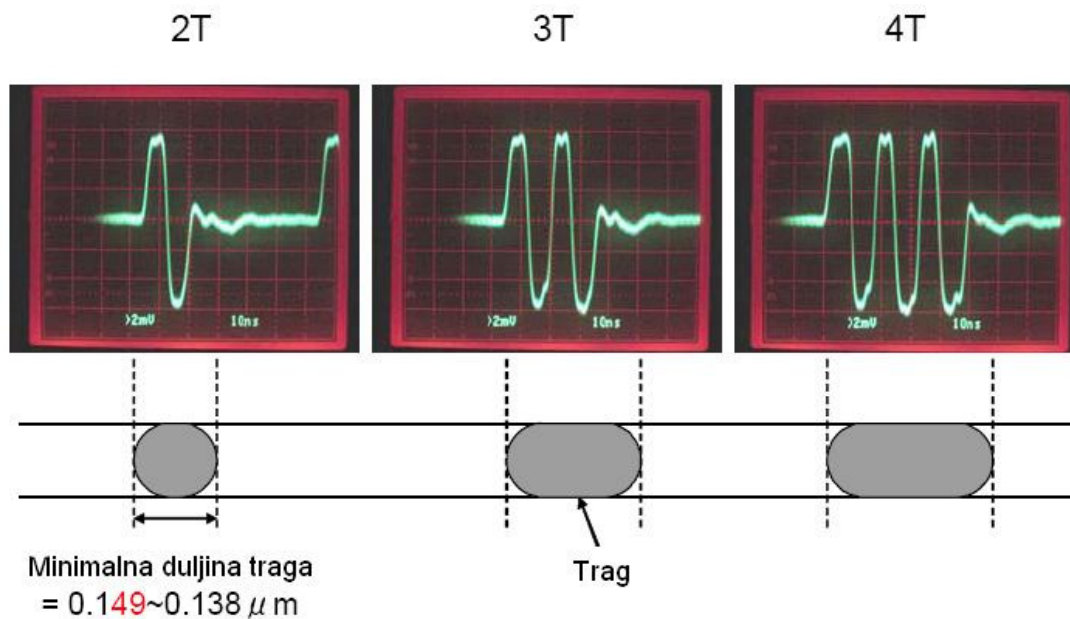
Kako se medij zrači sa nizom optičkih impulsa duljine 2T, 3T i 4T tako nastaju tragovi odgovarajuće duljine. Tipično amorfni tragovi nastaju na i oko područja djelovanja laserske zrake.

Na mjestu gdje laserska zraka zrači medij sa većom snagom dolazi do zagrijavanja i spajaju se dva sloja bakra (Cu) i silicija (Si) tvoreći jedan CuSi sloj koji ima manju reflektivnost. Područje između tragova ostaje nepromijenjeno kako je intenzitet laserske zrake na tom mjestu manji.

Prilikom čitanja diska uporabom lasera čitaju se razlike u fizičkim svojstvima materijala na mjestu gdje je trag, odnosno razmak. Na mjestu traga je manja reflektivnost nego na mjestu razmaka, te se na taj način stvara binarni podatak u ovisnosti o stupnju refleksije.

Kod snimanja na BD-RE medije, amorfni tragovi snimljeni uporabom srednje snage (engl. erasing power) se brišu uporabom srednje snage kako bi postali razmaci (kristal).

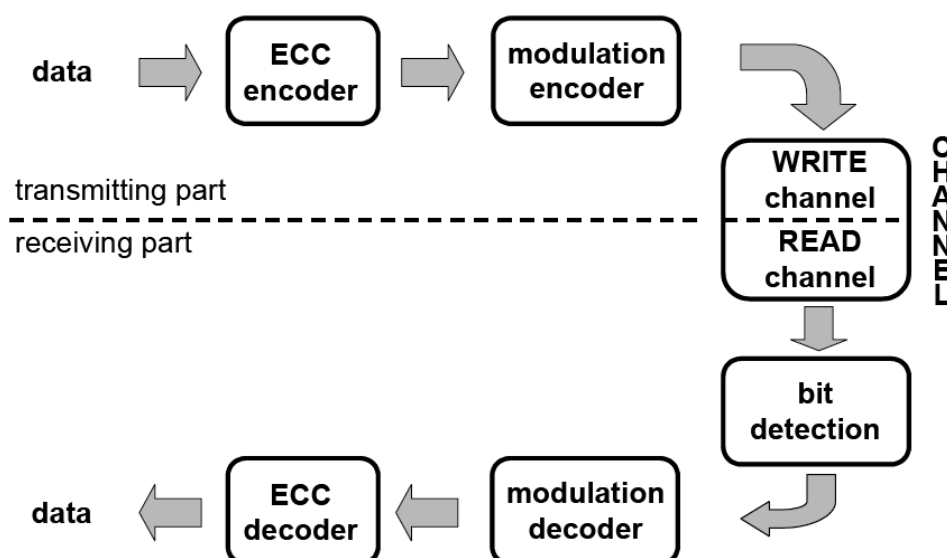
Dakle, osnovna razlika kod snimanja BD-R i BD-RE medija je u snazi uporabljene laserske zrake, te u samom mediju.



Slika 9. Nastanak tragova u ovisnosti o broju impulsa

7. Modulacija

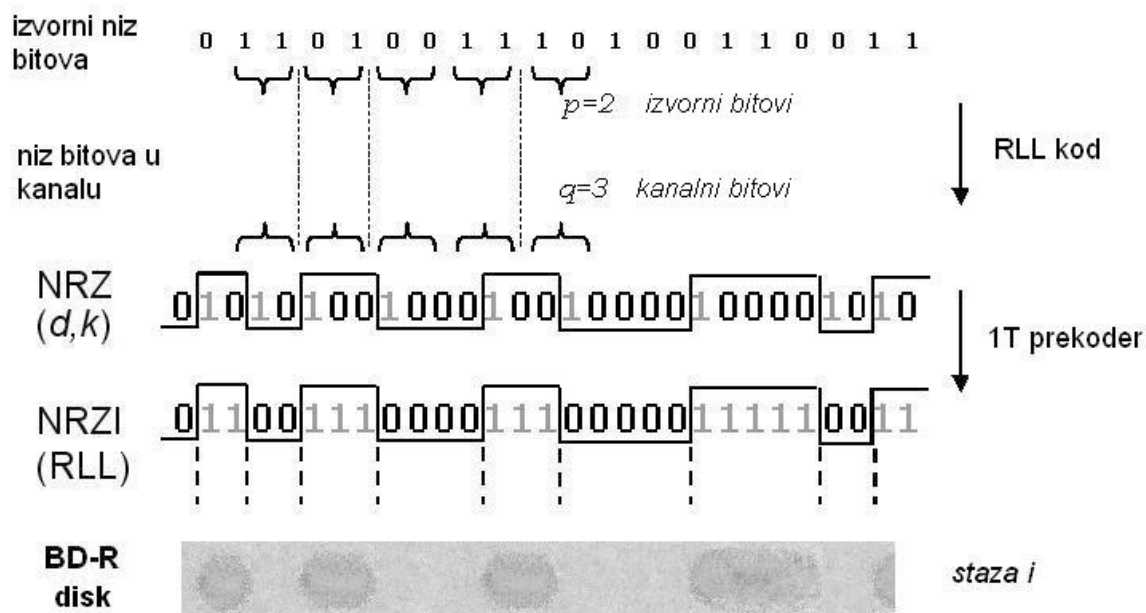
Modulacija je jedan od ključnih elemenata pohrane podataka na digitalne optičke medije poput CD-a, DVD-a ili BD-a. Moguće je izdvojiti dva dijela digitalnog sustava: prijenosni dio, uključujući kanal za pisanje i prijemni dio, uključujući kanal za čitanje. Kako bi se postigao visok stupanj pouzdanosti podaci se kodiraju prije pohrane. Najčešće se koristi kod za kodiranje pogrešaka (ECC) i modulacijski kod (MC). Na strani prijenosa su ECC i MC koderi. Na strani prijemnika nalazi se optička glava koja čita podatke sa diska, zatim modul za detekciju bitova, te MC koder i na kraju ECC koder. Principijelna blok shema kanala prikazana je na slici 10.



Slika 10. Blok shema kanala

ECC koder dodaje paritetne bitove, te na taj način povećava redundanciju zapisa. Tako je omogućeno dobivanje izvornog zapisa i u slučaju kada je došlo do pogreške kod čitanja medija.

Kod optičkih medija, najčešće se koristi NRZI modulacijski postupak. Kao što je već ranije rečeno, bitovi „0“ i „1“ predstavljeni su razmakom, odnosno tragom (područjem veće, odnosno manje reflektivnosti). NRZI niz bitova se može podijeliti na podnizove, gdje se svaki podniz sastoji od nekog broja uzastopnih bitova istog tipa. Broj bitova u nizu se naziva duljina niza. Potrebno je osigurati da duljina tog niza bitova bude optimalna. To znači da ne smije biti niti prekratka, niti preduga. Ovo se postiže uporabom RLL koda, koji je određen sa dva parametra: d i k . Minimalna duljina niza je $d+1$, a maksimalna $k+1$. Kod NRZ zapisa niz bitova duljine $m+1$ je zapisan kao bit „1“ nakon kojeg slijedi m bitova „0“. Pretvorba NRZ zapisa u NRZI zapis, potrebna za pohranu na optički medij, se izvodi pomoću 1T prekodera. To je integrator modulo 2, kojim se bitovi „0“ iza vodećeg bita „1“ pretvaraju u bitove „1“. Postupak modulacije je prikazan na slici 11.



Slika 11. RLL d=1 kodiranje za snimanje na BD disk

U tablici 2 dani su bitniji parametri Blu-ray standarda.

Kapacitet	25 GB (jedan sloj)
Valna duljina lasera	405 nm
Numerički otvor leće	0.85
Brzina prijenosa podataka	36 Mbps (1x)
Maksimalna rezolucija	1920×1080
Promjer diska	120 mm
Debljina diska	1.2 mm
Metoda snimanja	Promjena faze
Modulacija signala	1-7PP
Staza	„Groove recording“
Metoda adresiranja	„Wobble“
Video podaci	MPEG-2 video
Audio podaci	AC3, MPEG-1, Layer2, ostali
Metoda AV multipleksiranja	MPEG-2 Transport Stream

Tablica 2. Parametri Blu-ray formata

8. Blu-ray vs. HD-DVD

Paralelno sa predstavljanjem Blu-ray standarda predstavljen je i HD-DVD standard od strane tvrtki NEC i Toshiba, koje su razvile današnji DVD-R i DVD-RW standard. Glavni razlog za ovakvu inicijativu leži u činjenici da je Blu-ray potpuno novi standard sa velikim razlikama u odnosu na prijašnje, dok je HD-DVD neka vrsta nadogradnje na već postojeći. Zbog toga bi proizvodnja HD-DVD uređaja bila znatno jeftinija uz minimalna potrebna ulaganja u proizvodni proces. To bi značilo da će HD-DVD biti pristupačniji krajnjem korisniku, barem u početnoj fazi.

Unatoč ovoj inherentnoj prednosti, dugoročno gledano HD-DVD ima nekoliko značajnih nedostataka u odnosu na Blu-ray. Iako oba formata koriste plavi laser, zbog numeričkog otvora kao i kod klasičnog DVD-a (0.65) i debljine zaštitnog sloja od 0.6 mm, na HD-DVD medij nije moguće pohraniti više od 15 GB podataka u jednom sloju, odnosno 30 GB u dva sloja. Ako se uzme u obzir činjenica da HDTV sve više zauzima tržište, vrlo uskoro HD-DVD više ne bi bio u mogućnosti zadovoljiti potrebe koje HDTV nosi sa sobom.

Još jedna prednost Blu-ray formata očituje se u činjenici da Blu-ray disk asocijaciju sačinjavaju gotovo svi vodeći svjetski proizvođači potrošačke elektronike.

Sa gledišta vodećih svjetskih filmskih izdavačkih kuća za sada je situacija 4 prema 3.

9. Zaključak

Blu-ray format obećava puno, ali istovremeno zahtjeva nemala ulaganja kako u proizvodnju, tako i u marketing. Budući da je od izlaska prve verzije prošlo 4 godine dosta se toga napravilo na usavršavanju.

Prva verzija diska bez zaštitnog kućišta, BD-RE V2.0, zatim BD-R V1.0 i BD-ROM V1.0 izašle su 2004. godine.

Snimanje podataka biti će moguće brzinama do 4x (144 Mbps), a teoretski maksimum je 12x na vanjskom dijelu diska, što odgovara brzini pristupa podacima tvrdih diskova.

Format BD-ROM predstavljen je kao BD-MV V1.0 (Blu-ray Disc Movie), a slijedeća verzija BD-MV V2.0 omogućila je integrirani pristup Internetu putem uređaja za reprodukciju/snimanje, te dodati jedan napredni video kodek pored MPEG-2.

Očekuje se da će se u budućnosti povećati brzina prijenosa podataka, kapacitet i da će se pojaviti hibridni diskovi koje će objedinjavati više formata na jednom disku.

Dakle, može se zaključiti da Blu-ray ima dobre izgleda za dugoročno osvajanje tržišta.

10.Literatura

- [1] [4_keytechnologies-12835.pdf](#), kolovoz 2004
<http://www.blu-raydisc.com/Section-13470/Section-13628/Index.html>
- [2] [general_bluraydiscformat-12834.pdf](#), kolovoz 2004
<http://www.blu-raydisc.com/Section-13470/Section-13628/Index.html>
- [3] [BD-R_Physical_3rd_edition_0602f1-13322.pdf](#), veljača 2006
<http://www.blu-raydisc.com/Section-13470/Section-13628/Index.html>
- [4] [BD-REwhitepaper20060227clean-13321.pdf](#), veljača 2006
<http://www.blu-raydisc.com/Section-13470/Section-13628/Index.html>
- [5] [BD-ROMwhitepaper20051123clean22-13264.pdf](#), studeni 2005
<http://www.blu-raydisc.com/Section-13470/Section-13628/Index.html>
- [6] [Blu-rayHD-DVD.pdf](#), prosinac 2004
<http://www.dravisgroup.com>