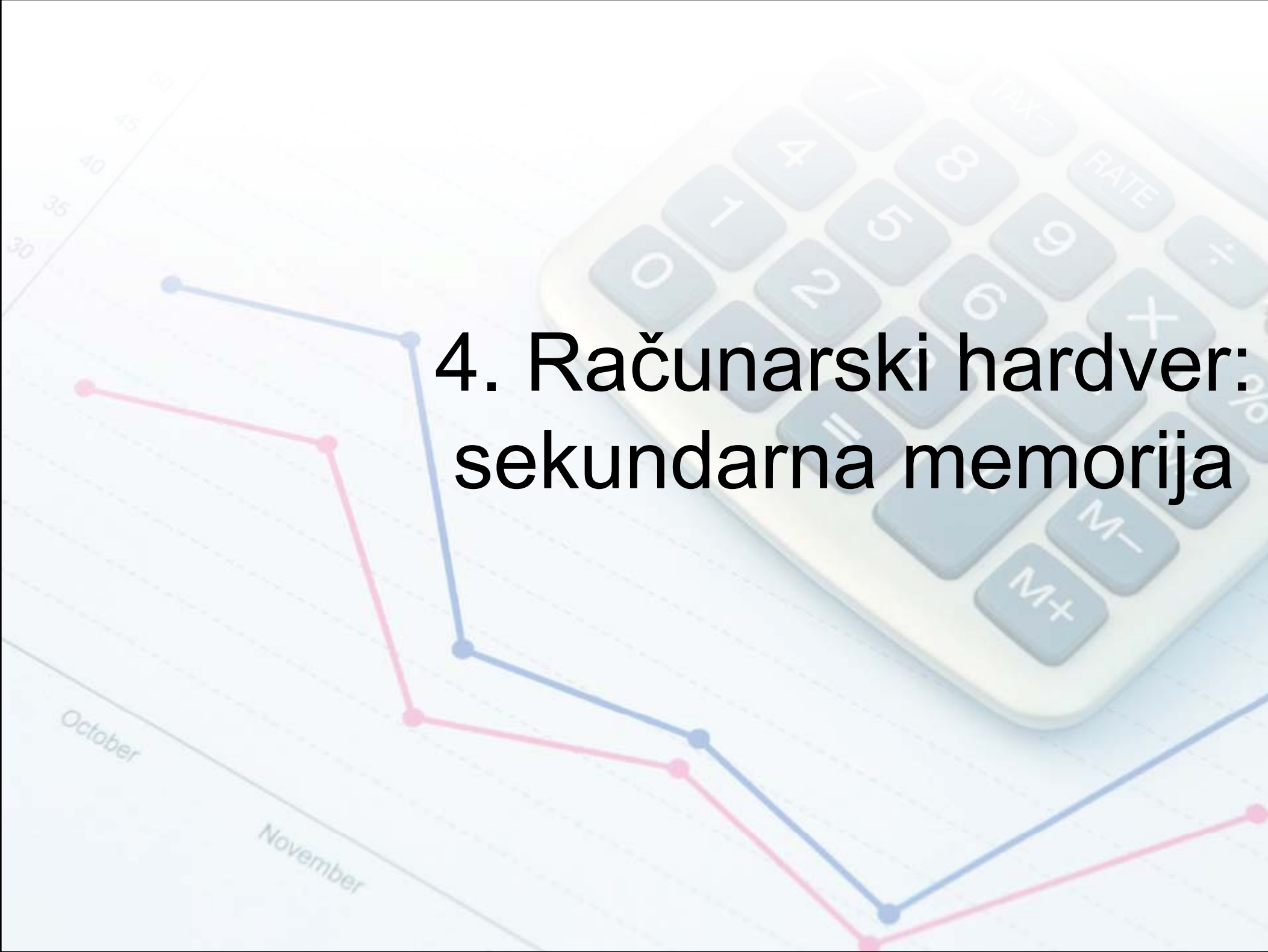


## 4. Računarski hardver: sekundarna memorija



# Sekundarna memorija

- **Spoljna memorija velikog kapaciteta koja se koristi za permanentno skladištenje podataka**
- **Vrste sekundarne memorije:**
  - Hard disk
  - Flopi disk
  - Optički diskovi
  - USB Flash memorije



# Primarna VS sekundarna memorija

- Sekundarna memorija je **značajno sporija** (više stotina hiljada puta).
- Vreme pristupa podacima kod sekundarne memorije je **vrlo promenljivo zavisno od stanja i lokacije** (npr. glava hard diska može biti blizu ili daleko od zahtevanih podataka).
- Često nije direktno adresabilna (nego zahteva rad u blokovima i/ili sekvencijalni pristup).
- **Ne gubi sadržaj po prestanku napajanja**
- Sekundarna memorija može da ima **daleko veći kapacitet**, što se koristi za simulaciju virtuelne (primarne) memorije.



# Hard disk

# Hard Disk Drive (HDD)

- Spoljašnja ili eksterna memorija
- Velikih kapaciteta, danas reda **500GB, 1TB, 2TB**
- Na hard disku se nalaze operativni sistem, svi korisnički programi (svi programi, podaci, muzika, filmovi...)
- Podaci organizovani u strukturu fajlova i foldera
- Broj obrataja hard diska
  - danas 7200 obr/min (rpm)
  - prethodno 5400 obr/min
- Upis i čitanje sadržaja sa hard diska (reda ms) mnogo sporiji od pristupa radnoj memoriji (reda ns)



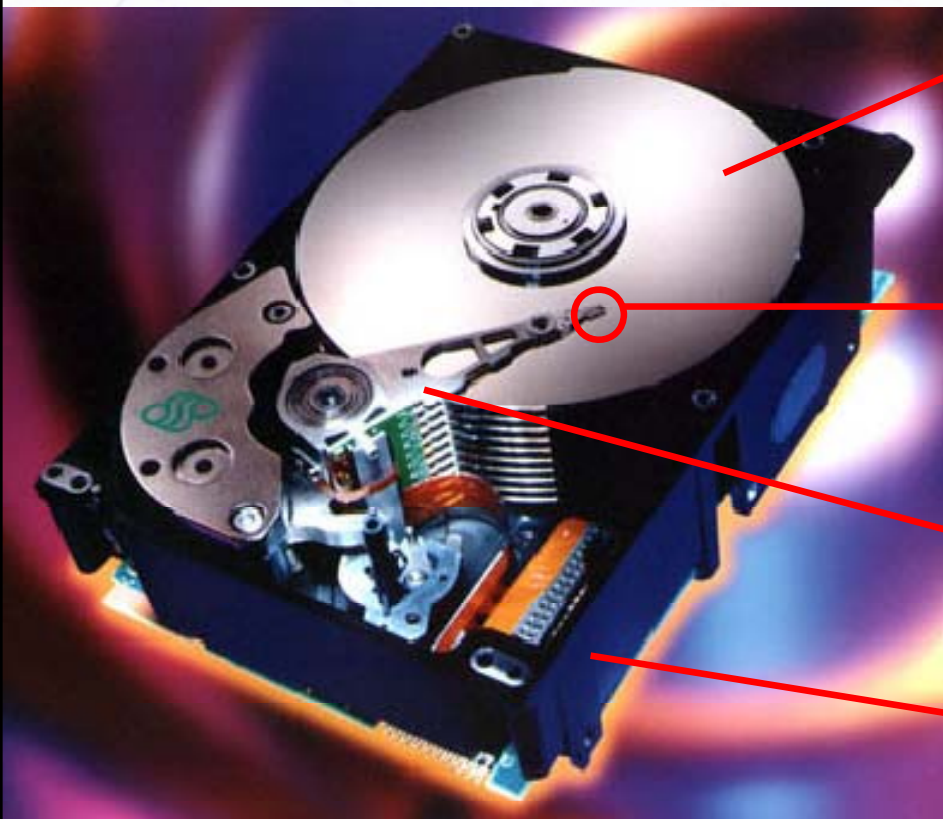
# Hard Disk Drive (HDD)

- **Više staklenih ili aluminijumskih ploča - diskova presvučenih oksidom gvožđa ili legurama na bazi kobalta u poslednje vreme - feritni materijal.**
- **Podaci se zapisuju na koncentričnim stazama – trakama, izdeljenim na regione (namagnetisavanjem)**
- **Promene smera namagnetisanja predstavljaju binarne cifre**
- **Na jednoj traci može biti zapisano nekoliko desetina hiljada bajtova a na licu diska ima više hiljada staza**
- **Diskovi se rotiraju oko vertikalne osovine (od oko 7200 rpm čak i do 15000 rpm)**
- **Podaci se čitaju pomoću elektromagnetnih R/W glava kojima upravlja jedan pristupni uređaj - ruka**





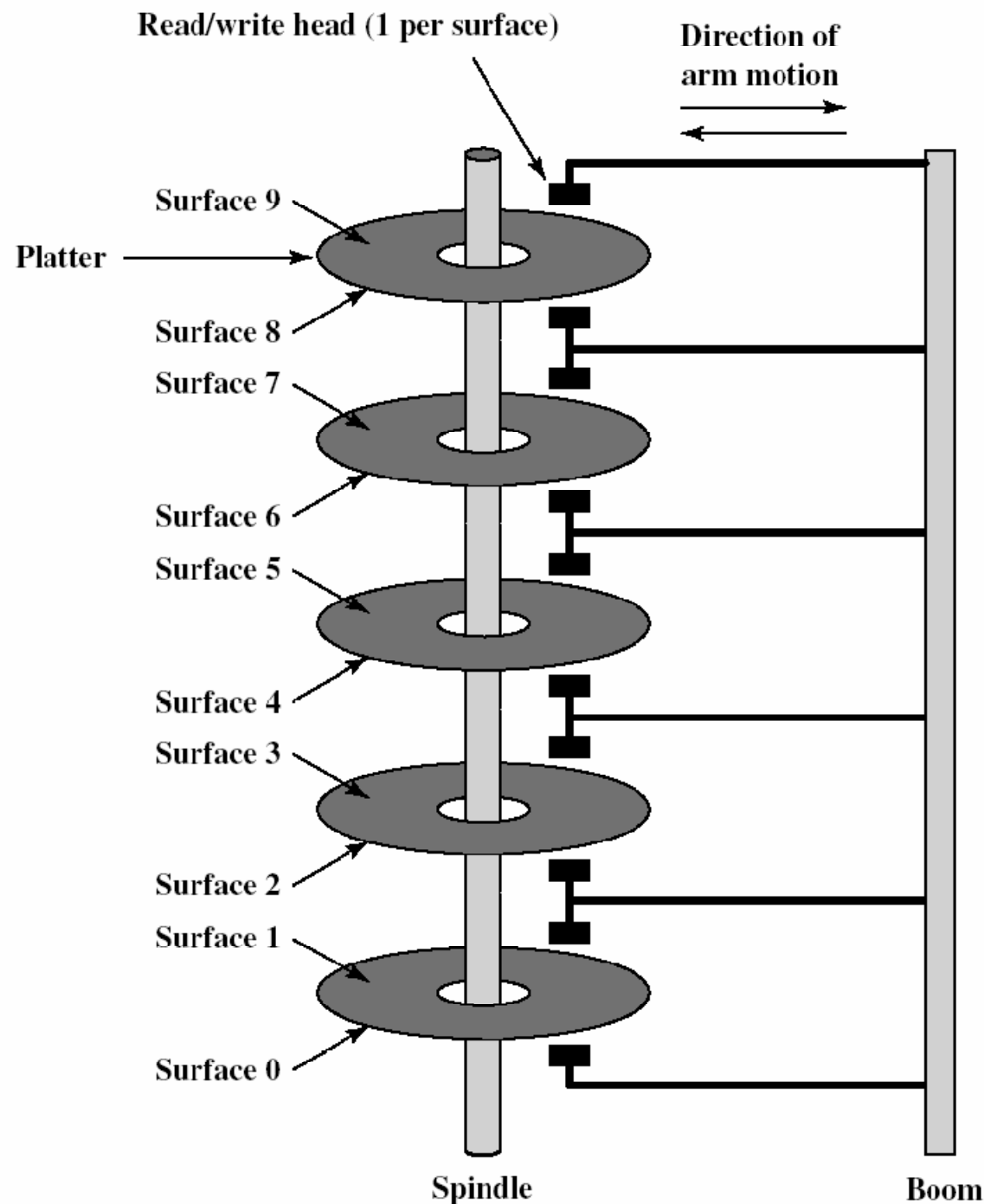
# Osnovni delovi HDDa



- Kao što se vidi HDD se sastoji od više **ploča** koje se nalaze na istoj osovini i **obruč velikom brzinom**
- Za upis/čitanje podataka služi nam tzv. **glava za čitanje/pisanje** (R/W head)
- Glave se nalaze na tzv. **ruci (arm)**
- Svi delovi HDD-a su spakovani u hermetički zatvoreno kućište iz koga je izvučen vazduh

# Osnovni delovi HDDa - šema

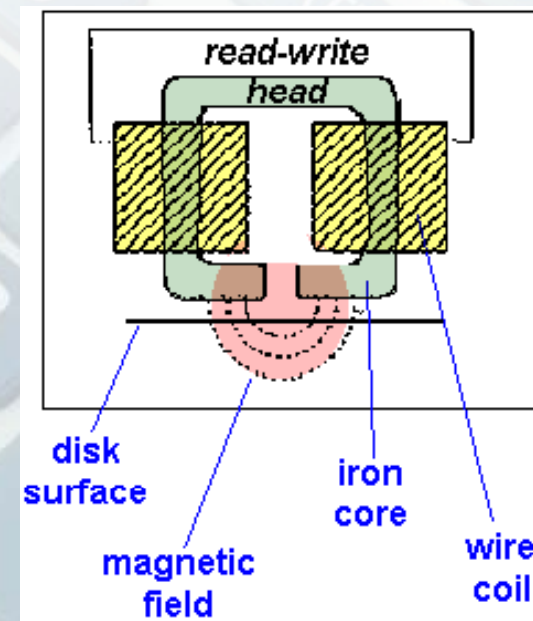
- Svaka ploča ima **gornju i donju površinu**
- Za svaku površinu postoji nezavisna glava za čitanje/pisanje





# Magnetni zapis

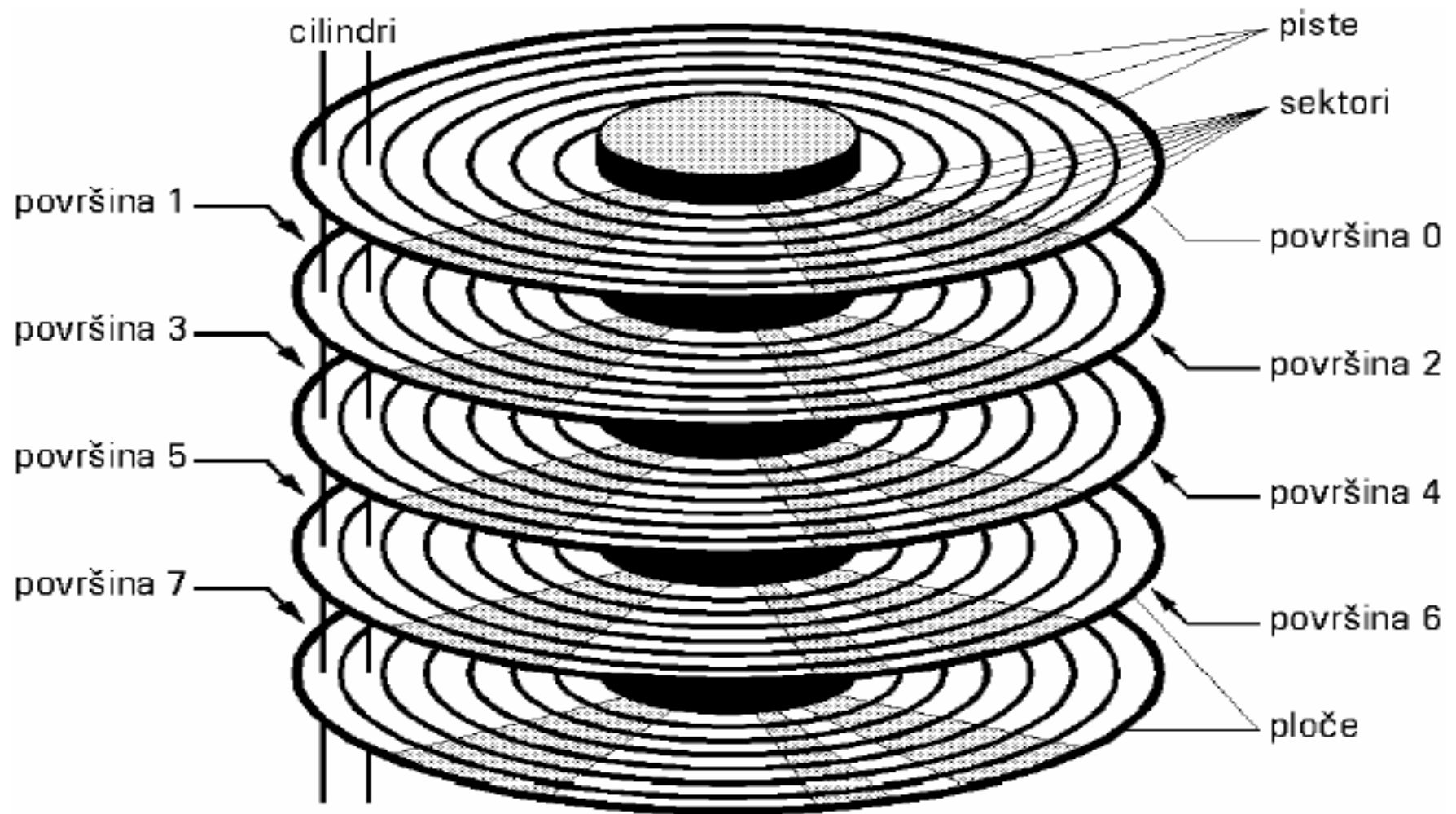
- **Magnetni zapis je jedna od najčešće korišćenih tehnologija kod masovnih memorija. Osnovni princip rada sastoji se u sledećem:**
  - **Elektromagnet na glavi može namagnetisati feritni materijal koji se pomera ispod njega (princip upisa).**
  - **Kada se namagnetisani materijal pomera ispod kalema glave, indukuje se napon u kalemu (princip čitanja).**
- **Glava za čitanje/upis je u osnovi elektromagnet sa jako fokusiranim magnetnim poljem.**



# Format zapisa

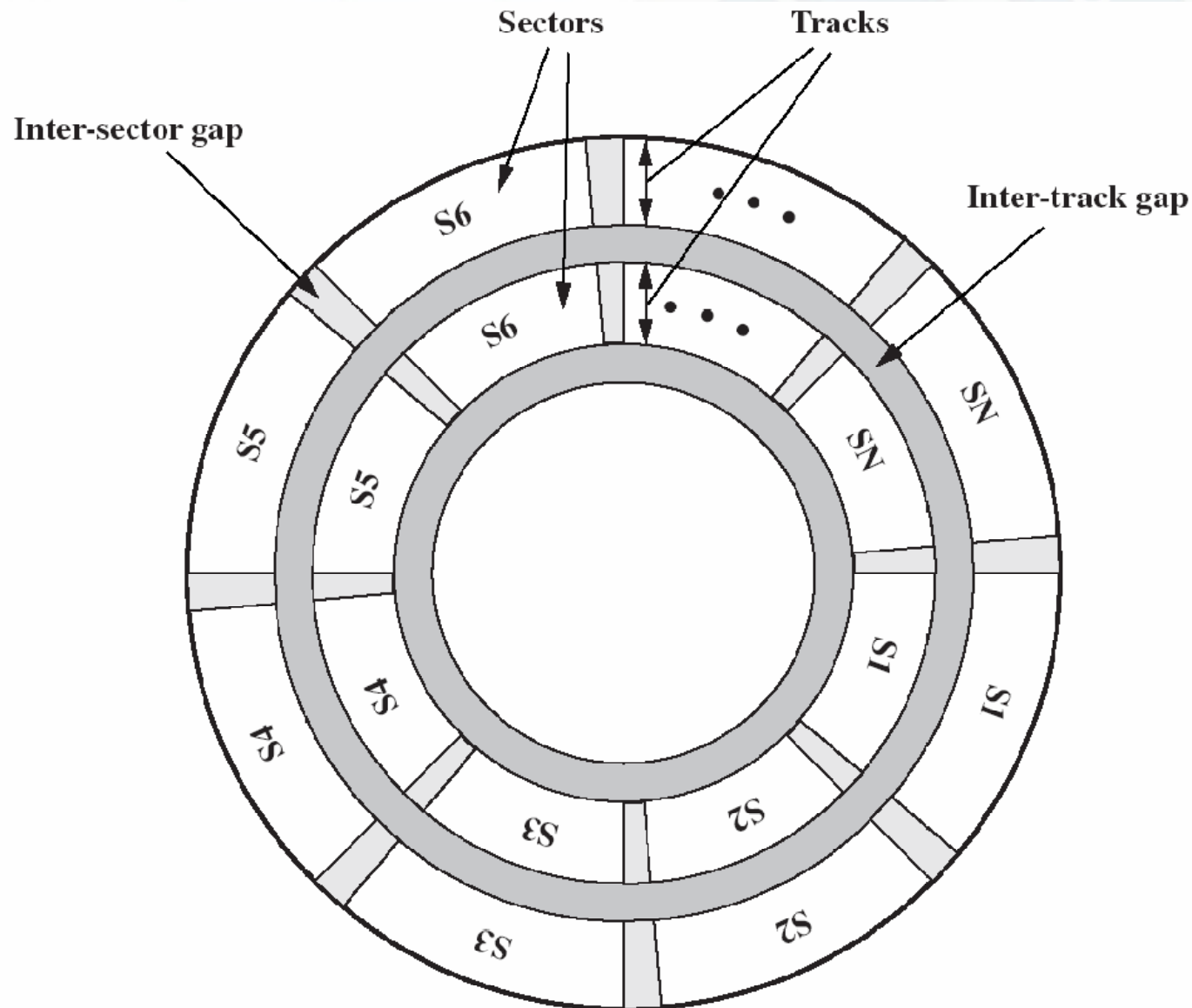
- Ploča hard diska je podeljena na koncentrične prstenove – **staze, trake (tracks) ili piste i sektore (sectors)**. Skup svih pisti koje se nalaze na istom rastojanju od osovine naziva se **cilindar**.
- Svaki sektor sadrži identifikaciono polje (ID) i kod za detekciju greške (Cyclic Redundancy Check - CRC).
- Između sektora kao i između staza postoje praznine (**gap**) koje su neophodne za njihovo razdvajanje kao i da omoguće da se jedan sektor menja a da ne postoji uticaj na susedne sektore. Ovakvo uređenje podataka zove se **format**. Ukupan broj bitova koji se može zapisati na medijumu se zove **neformatirani kapacitet**.
- Iznos koji ostaje aktuelnim podacima (oduzimaju se gapovi, ID polja i CRC-ovi) predstavlja formatirani kapacitet. Formatirani kapacitet je broj koji je interesantan krajnjem korisniku, pošto je to iznos korisničkih podataka koji se mogu čuvati.

# Cilindri, površine, sektori,...





# Pamćenje podataka na jednoj ploči

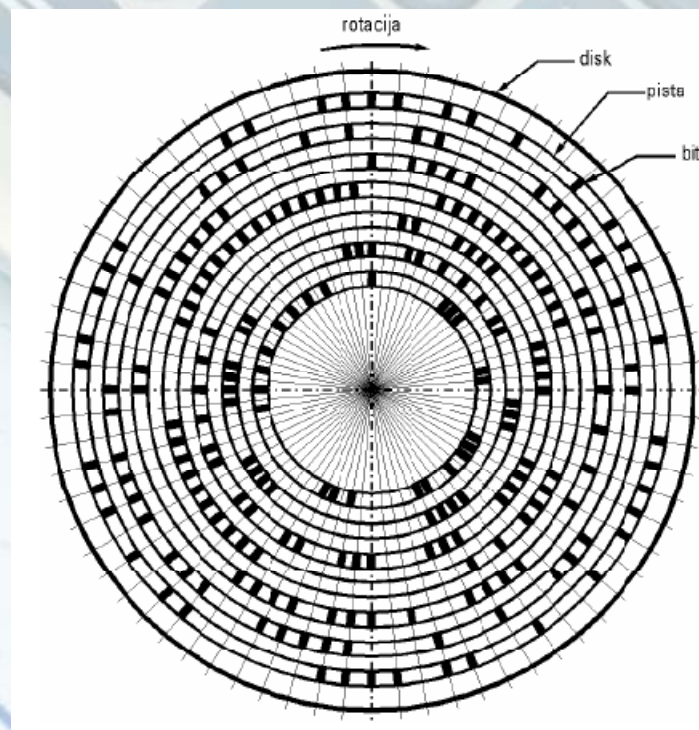


# Funkcionisanje HDDa

- Dužina svake piste je **manja što je ona bliža centru diska, a veća što je dalje od centra.**
- Kod najvećeg broja sistema, disk se **obrtne oko svoje osovine konstantnom (ugaonom) brzinom.**

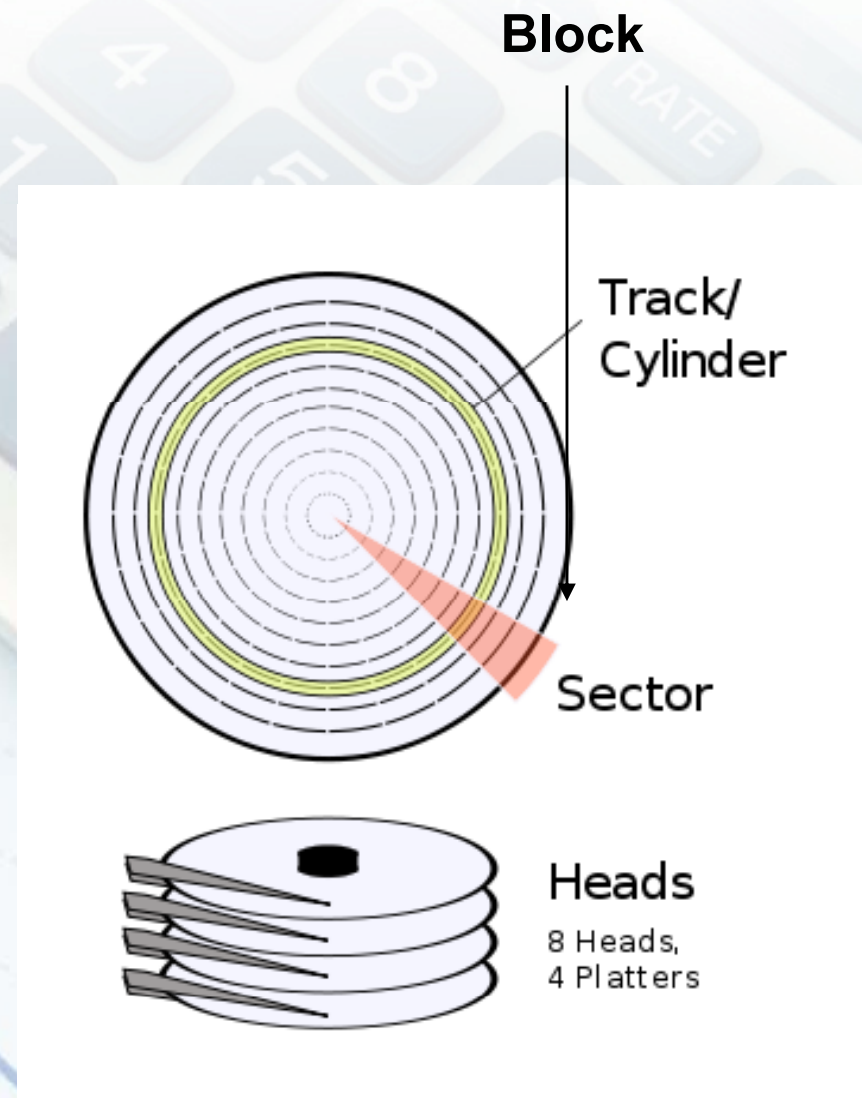
**Brzina prenosa podataka je konstantna, na svakoj pisti se smešta isti broj bitova, gustina zapisa je najveća na pistama bliže centru.**

Kod nekih sistema **brzina diskova varira sa ciljem da se sačuva ista gustina zapisa po pisti**, pa se na taj način povećava ukupni kapacitet tj. veći broj podataka se smešta na pistama udaljenijim od centra. Ovakvo rešenje je mnogo složenije.



# CHS

- **Cylinder, Head, Sector**
- Hard disk je podeljen u blokove (**block**)
- Blok je ujedno i najmanja količina podataka koju je moguće preneti sa ili na disk (najčešće je 512B)
- Svaki blok specificira se sa tri broja: **broj cilindra (cylinder)**, **broj glave (head)** i **broj sektora (sector)**.
- Prilikom čitanja, najpre se ruka postavi da čita odgovarajući cilindar, a zatim se, u trenutku kada odgovarajući sektor prodje pored glava, izvrši čitanje sa odgovarajuće glave



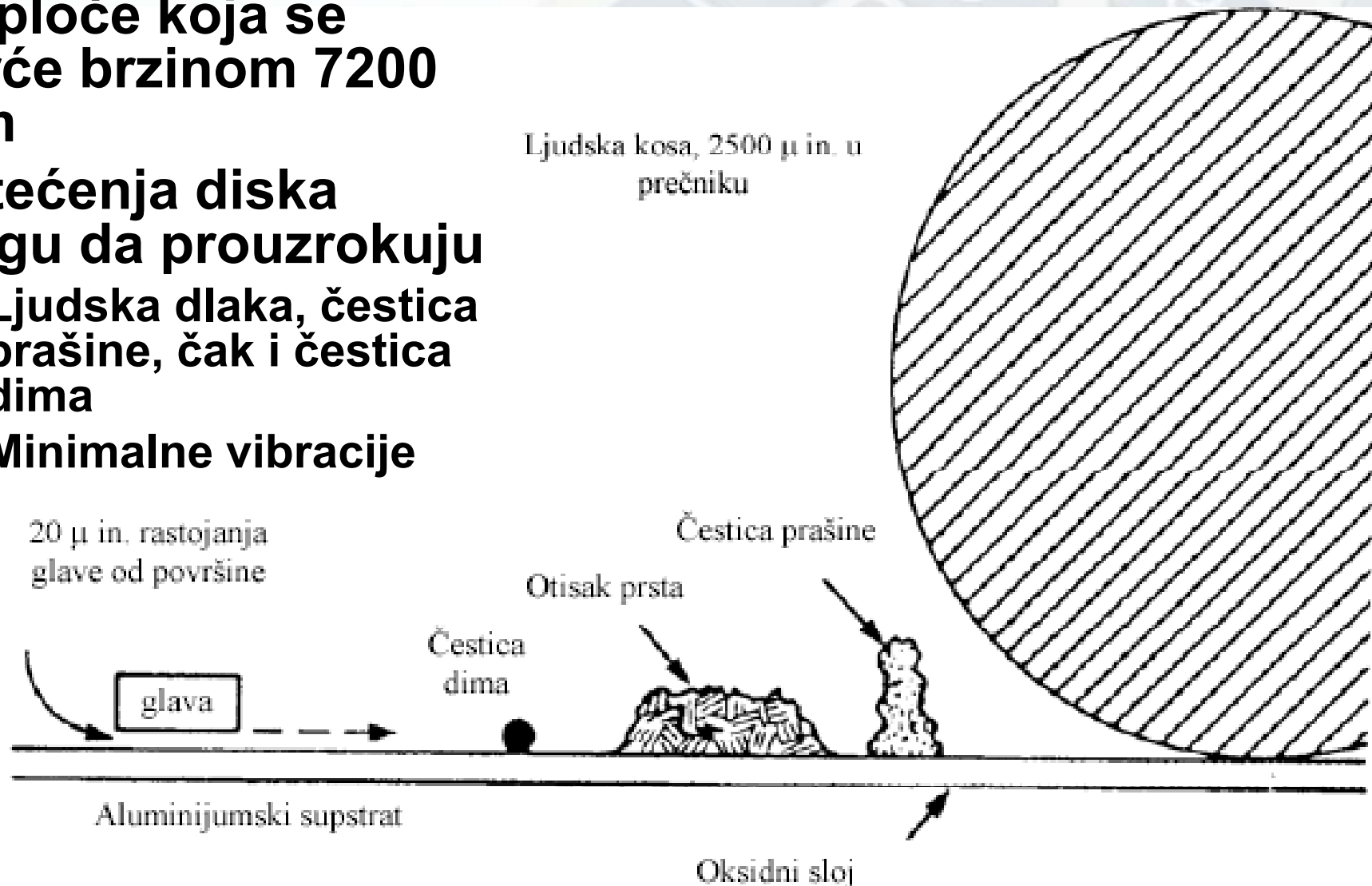


# Vreme pristupa HDDu

- **Seek time** (vreme pristupa) – vreme koje je potrebno da ruka postavi glave za čitanje iznad odgovarajućeg cilindra
- **Kašnjenje zbog rotacije (rotational delay)** – srednje vreme koje protekne od kako se glave postave iznad cilindra do kad prođe odgovarajući sektor – uvek manje od perioda rotacije ploča
- **Vreme prenosa podataka (data transfer time)** – vreme potrebno za transfer podataka
- **Srednje vreme pristupa (total average access time)** – ukupno vreme pristupa HDDu (zbir gore navedenih vremena)

# Fizička oštećenja

- Glava se nalazi na rastojanju 20 mikrometara (1 inč=2.54cm) od ploče koja se obrće brzinom 7200 rpm
- Oštećenja diska mogu da prouzrokuju
  - Ljudska dlaka, čestica prašine, čak i čestica dima
  - Minimalne vibracije

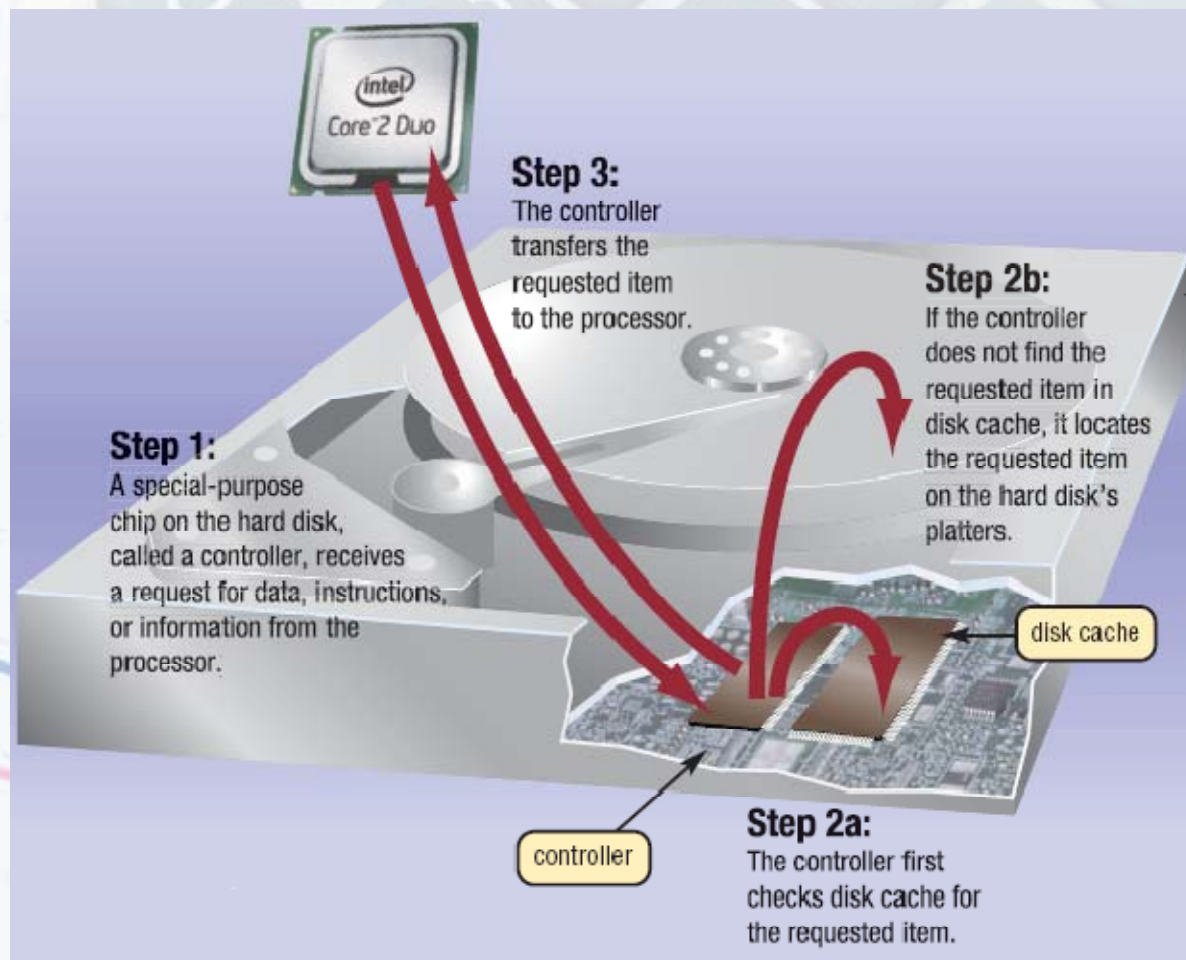


# Keš diska - bafer

- **Memorijski čip koji služi za smeštanje često korišćenih podataka**

**PRVI ZAHTEV ZA  
PODACIMA – ide ka  
cache-u diska**

**DRUGI ZAHTEV ZA  
PODACIMA – ide ka disku**





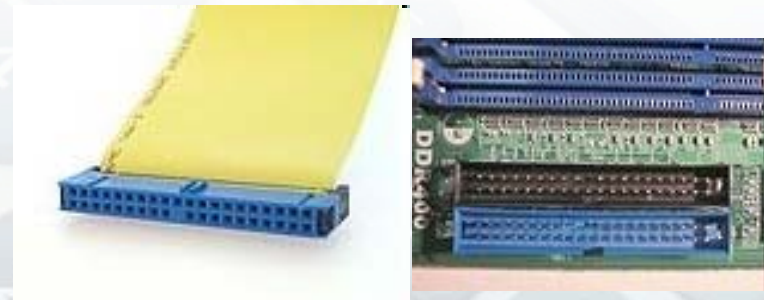
# Interfejsi (magistrale, portovi)

- **Hard disk komunicira sa pločom (southbridge) a samim tim i sa procesorom preko jednog od sledećih interfejsa**
  - **ATA (IDE)**
  - **SATA, SATA II, SATA III**
  - **SCSI (scuzzy)**
    - Podržava do 16 različitih uređaja. Koristi se za veoma brze uređaje i najčešće za servere, radne stanice, itd..
- **Interfejs je direktno povezan sa HDD kontrolerom (uređaj koji obavlja transfer podatak na i sa HDDa)**
- **U novije vreme postoje eksterni hard diskovi koji se vezuju na USB ili IEEE 1394 (firewire) port.**

# [S]ATA interfejs

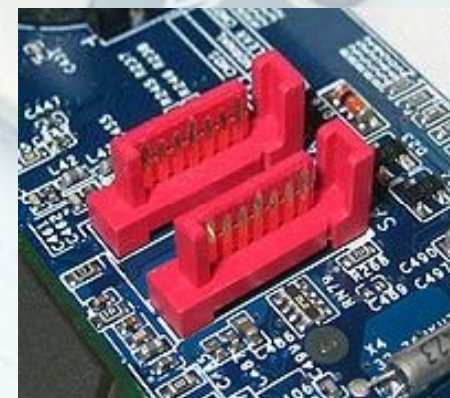
- **ATA (Advanced Technology Attachment)**

- Stariji interfejs (nov naziv : PATA)
- Omogućava vezivanje 2 uređaja (master i slave)
- Maksimalna brzina transfera 133MB/s



- **SATA (Serial ATA)**

- Brzine transfera 150-600 MB/s
- Kablovi su 8pinski za razliku od SATA gde su 40pinski
- SATA podržava hot-swap – mogućnost priključenja i isključenja uređaja u toku rada





# SSD (Solid State Drive)

- Najnovija tehnologija – Poluprovodničke memorije se koriste umesto magnetnih medijuma
- **ROM (FLASH) diskovi**
  - Sastavljeni su od većeg broja čipova baziranih na FLASH memoriji
  - Ovi uređaji imaju slične brzine čitanja i upisivanja kao klasični hard diskovi
  - Nemaju pokretne delove pa samim tim ne postoji seek time i mnogo su manje osetljivi na vibracije
- **Diskovi bazirani na RAM (DRAM) memoriji**
  - Koristi se RAM memorija za smeštanje podataka
  - Neuporedivo veća brzina upisa i čitanja
  - Potreba za eksternim napajanjem i eksternim medijumom za skladištenje podataka kad nema napajanja





# Prednosti i nedostaci SSDova

- **Prednosti**

- Nepostojanje mehaničkih delova – veća otpornost na vibracije, udarce, itd.
- Veća brzina pristupa podacima (ne postoji seek time, mala latencija kod RAM drajevova)
- Ne proizvode buku tokom rada
- Pouzdaniji su od klasičnih diskova i imaju veći vek trajanja

- **Nedostaci**

- Cena - 10x su skuplji po GB od klasičnih diskova
- Manjeg su kapaciteta od klasičnih diskova
- Ukoliko se često pristupa istoj (ili bliskim) lokacijama, znatno se smanjuje vek trajanja (svaka ćelija ima limitiran maksimalni broj upisa i čitanja). Zato se koristi tehnika razbacivanja podataka (wear leveling)

# Današnji hard diskovi

- **Western Digital Caviar Black 2TB**

- Kapacitet  $2\text{TB} = 2 \times 10^{12} \text{ B}$
- Interfejs : SATA III
- Keš (bafer) : 64MB
- Brzina rotacije : 7200rpm
- Prosečno vreme pristupa : 4.2ms
- Masa 0.69kg
- Dimenzije 147 x 101.6 x 25.4 mm
- Garancija 5 god.
- Okvirna cena : 13000 din



# Današnji hard diskovi

- **WD My Passport Essential Edition 250GB**
  - Mobilni hard disk koji se napaja preko USB porta
  - Kapacitet 250GB
  - Interfejs USB 2.0
  - Broj obrtaja : 5200 rpm
  - Okvirna cena : 9000 din





# Optički diskovi

# Optičke memorije

- **Plastični diskovi premazani slojem aluminijuma sa kojih se podaci čitaju (upisuju) pomoću lasera**
- **Vrste optičkih memorija**
  - CD (CD-ROM, CD-R, CD-RW)
  - DVD (DVD-ROM, DVD-R, DVD-RW, DVD-RAM)
  - HDDVD, Blu-Ray



# CD (Compact Disc)

- **Tipovi CD diskova**

- **Audio disk** – kompakt disk koji je prvi ušao u upotrebu a koji služi za reprodukciju muzike;
- **CD-ROM** – disk koji se može samo čitati a sličan je audio disku, razlikuju se samo po načinu organizacije podataka;
- **CD-R (CD-Recordable)** – disk koji se nabavlja prazan na koji se CD-rezačem mogu samo jednom zapisati podaci;
- **CD-RW (CD-Re Writable)** – disk kod koga se više puta može zapisati na istu površinu.

- **Kapacitet CD-a je od 650MB-807MB (185MB-210MB za mini CD od 80mm).** Brzina prenosa podataka, pored ostalog zavisi i od elektromotora modela CD-uređaja, a kreće se od 2X do 52X, gde X odgovara minimalnoj brzini prenosa podataka od 150KB/s.

- **Na CD medijumima se distribuiraju programi, enciklopedije, igre i drugi multimedijalni sadržaji, a CD-uređaji mogu da čitaju i audio-diskove.**



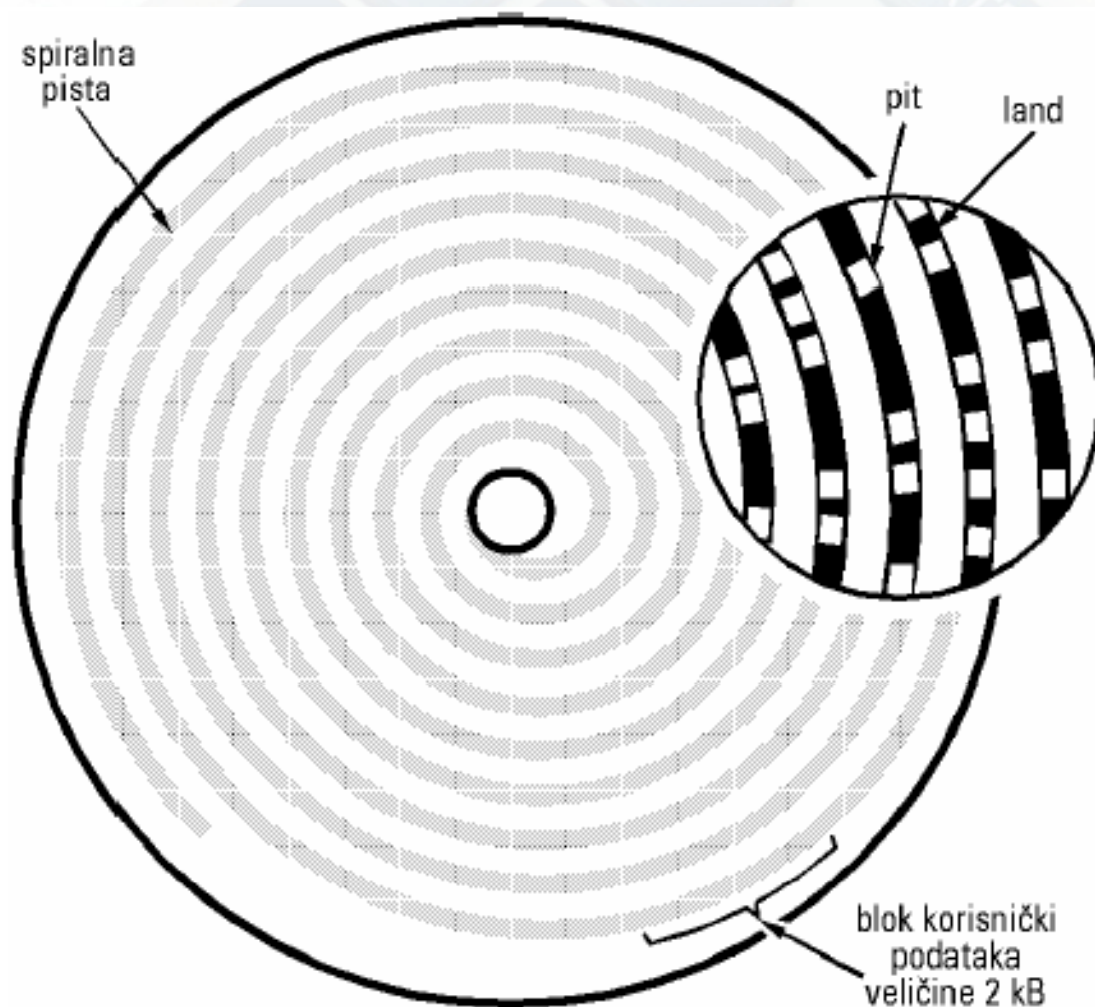
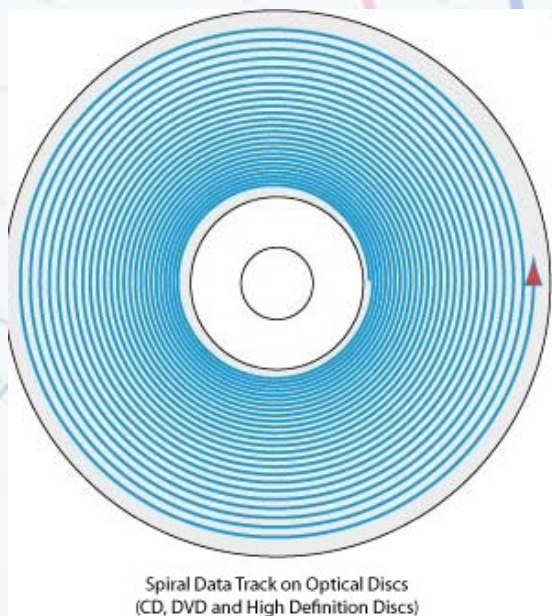
# CD (Compact Disc)

- **Istorijat**

- Philips i Sony su 1978 udružili snage da bi proizvele Audio CD
- Proizvod se pojavio 1982 godine zajedno sa standardom (The Redbook-po koricama knjige)
- Propisani prečnik diskova od 120mm (4.72 inča) sa 15mm otvorom u centru i debljina diska od 1.2mm su bili odabrani tako da na jedan disk može da stane Betovenova Deveta simfonija.
- CD urađen po Redbook standardu se naziva CD/DA (Compact Disc Digital Audio).
- Nastavkom saradnje između Sonyja i Philipsa, 1985 godine predstavljene su nove preporuke koje se ticu formata CD-a (The Yellowbook, 1984)

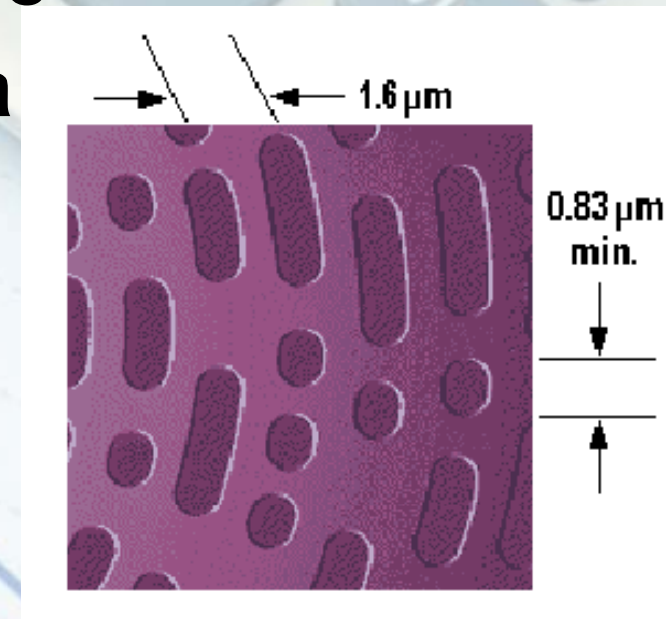
# Zapis podataka na CDu

**Zvučni ili računarski podaci smeštaju se spiralno na traci počevši od unutrašnjeg poluprečnika od 25 mm (posle uvodnog područja-sadržaj diska) do maksimalnog poluprečnika od 58 mm, gde počinje izvodno područje (bez podataka).**



# Zapis podataka na CD-ROMu (CDu)

- Svi podaci su zapisani na jednoj spiralnoj pisti (traci) dužine 5.38km, koja polazi od unutrašnjeg a završava se na spoljašnjem krugu.
- Podaci su predstavljeni pomoću **brazdi (pits)** i ravnih **površina (lands)**
- CD se sastoji od 3 sloja : sloja čiste plastične mase, sloja aluminijuma i sloja laka (plastike) koji štiti od ogrebotina i prašine
- U procesu izrade CD-ROMa, na plastičnu osnovu unosi se spirala sastavljena od brazdi i ravnih površina. Zatim se nanosi reflektujući sloj aluminijuma a zatim zaštitni sloj.

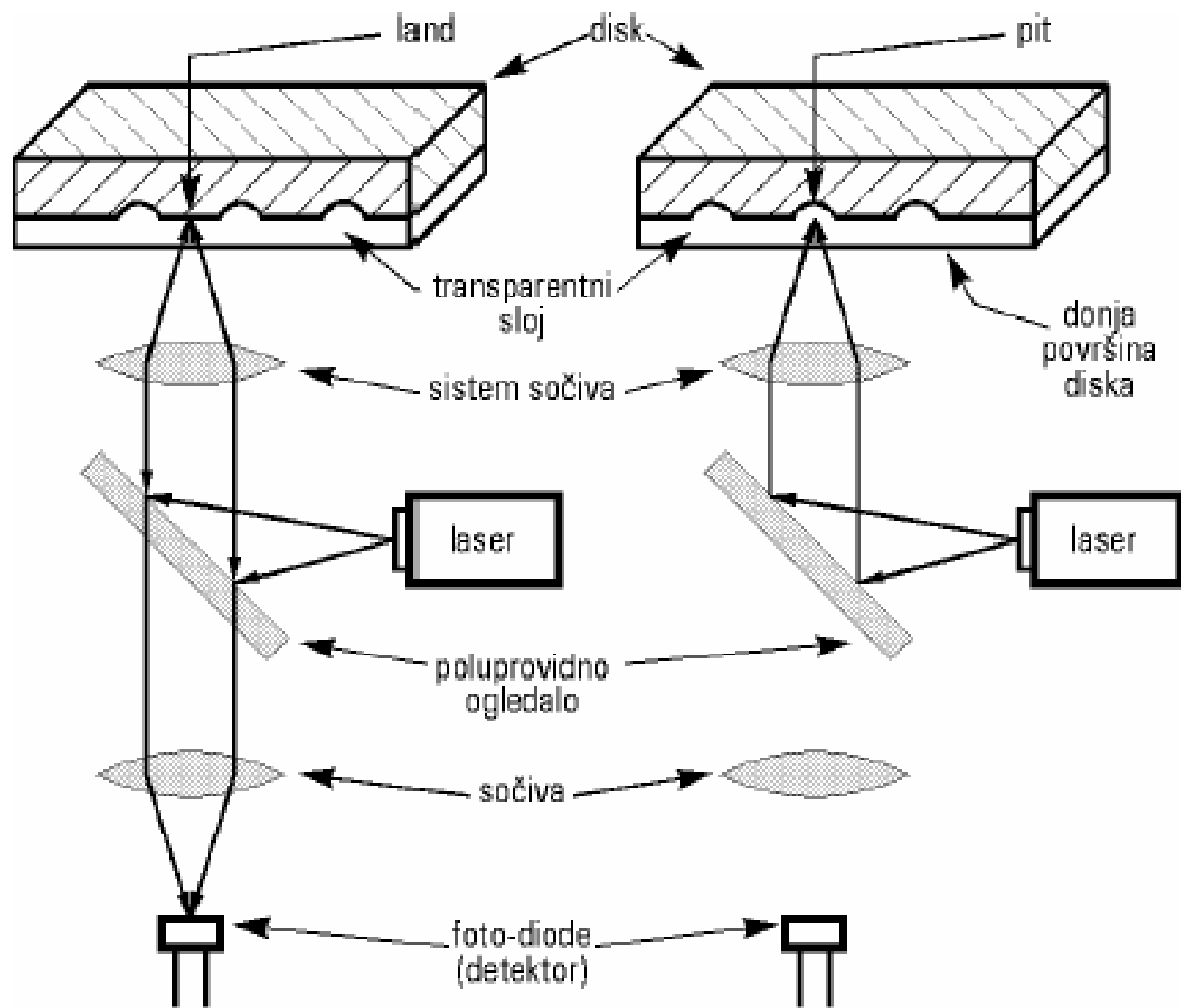




# Princip rada CD-ROM uređaja

- CD-ROM uređaj za čitanje podatke sa diska (sa spiralne trake, staze) koristi **laser slabe snage**. On generiše svetlosni zrak koji prolazi kroz providan plastičan sloj (lak) i udara u metalni sloj.
- Reflektovana svetlost prolazi kroz prizmu i ulazi u fotosenzor.
- **Razlika u intenzitetu svetlosti odbijene sa brazde (pit) i intenzitetu svetlosti odbijene sa ravne površine (land) se meri u fotoelektričnim ćelijama senzora i pretvara u električne impulse.**
- Rezultat je da se nizovi brazdi i ravne međupovrši ("izbočine") interpretiraju kao nizovi **nula i jedinica**.

# Princip rada CD-ROM uređaja



Princip rada CD ROM-a; (a) refleksija sa ravne površine (*land*); (b) refleksija sa rupe (*pit*).

# Princip rada CD-ROM uređaja





# Tehnike i brzine zapisa

- Kod CD ROM-ova se čitanje informacija vrši **po jedinstvenoj spirali**. Kao rezultat, sektori (blokovi) kod CD-ROM-a su iste dužine (2KB) nezavisno od toga gde su fizički na disku locirani.
- Pošto se blokovi citaju brzinom od oko 75 blokova po sekundi brzina prenosa je 153600 bajta po sekundi ili tačno 150KB/s, što je označeno kao referentna, **jednostruka brzina 1X**.
- Npr. moderni 40X disk ima konstantnu brzinu rotacije (CAV) od 8900rpm i postiže **brzine čitanja od oko 6MB/s ( $150\text{KB/s} \cdot 40$ ) na spoljnim**, odnosno **oko 2.6MB/s na unutrašnjim trakama**, a **srednja brzina iznosi oko 4.5MB/s**.

# CD-R (CD-Recordable)

- Pojavio se krajem 1980-tih godina
- Za razliku od CD-ROMa, na CD-R se u procesu proizvodnje **ne upisuju podaci**. Umesto plastične mase koristi se organski fotosenzitivni sloj između plastike i metala.
- Podaci se kasnije upisuju i to je moguće uraditi samo jednom (**WORM – Write Once Read Many**)
- Disk ima spiralnu stazu koja se unapred oblikuje za vreme proizvodnje, na koju se kasnije upisuju podaci
- CD-R ima isti oblik i iste fizičke karakteristike kao CD-ROM. Na diskove se podaci upisuju počevši od unutrašnjosti, pa prema njihovoj periferiji
- **Prilikom upisivanja podataka, laserom se greju odredjeni delovi spiralne staze i usled povišene temperature ovi delovi prestaju da reflektuju svetlost**
- Umesto brazdi i ravnina sada imamo delove spirale koji različito reflektuju svetlost. I pored toga, ovi diskovi su kompatibilni sa CD-ROM čitačima

# CD-R (CD-Recordable)

- **CD-R dozvoljava više sesija upisivanja na različita područja na disku.**
  - Ovaj princip upisa se naziva **multisession**
  - Posle upisa svake sesije moguće je zatvaranje diska
  - Kada se disk zatvori, nema više naknadnih upisa
- **Brzine upisivanja : 4x, 8x, 12x, ... , 40x. Manja brzina obično znači bolji kvalitet upisivanja**
- **Vek trajanja CD-Ra i CD-ROMa**
  - Gornja granica – 20god
  - Realno trajanje – 3 do 5 godina
  - Usled nepravilnog rukovanja, ovaj period se dodatno skraćuje

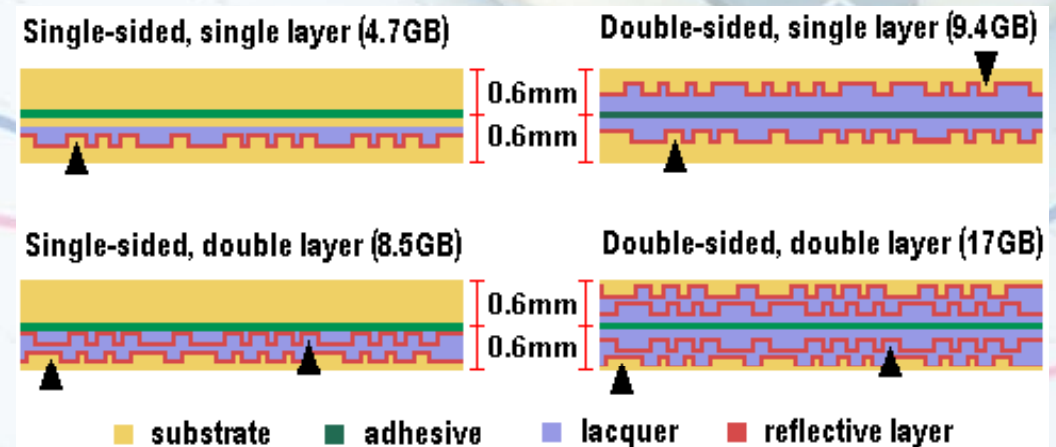
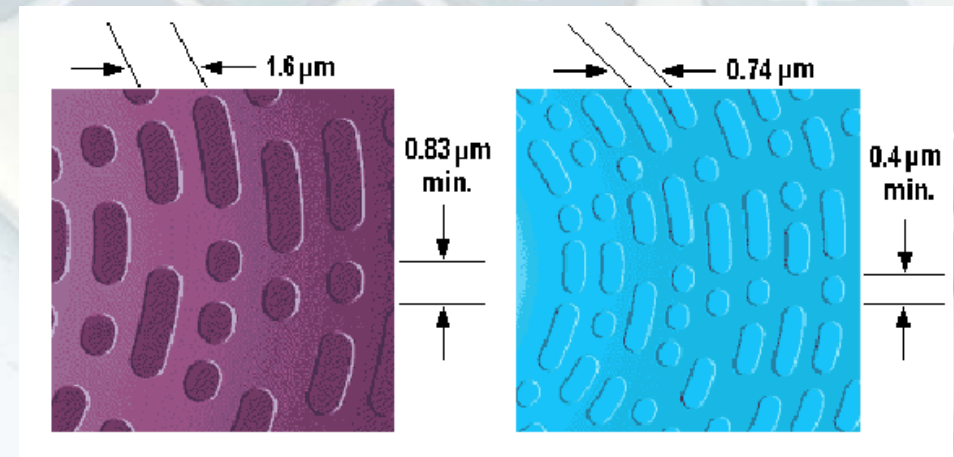


# CD-RW (CD-ReWritable)

- **CD-RW omogućava više od jednog upisivanja**
- Umesto fotosenzitivnog sloja sada imamo novu supstancu (legura srebra, indijuma, antimona i telura)
  - Ova supstanca ima osobinu da ukoliko se zagreje na određenu temperaturu i nakon toga brzo ohladi, prelazi u čvrsto stanje u kome odlično reflektuje svetlost
  - Ako se zagreje na nešto višu temperaturu i ohladi, prelazi u amorfno stanje u kome ne reflektuje svetlost
  - Ove osobine se koriste za upis podataka na disk i brisanje sa diska
  - **Prilikom brisanja, briše se kompletan sadržaj diska**
- Ova tehnologija omogućava teorijski i do 1000 upisivanja
- Brzina upisa podataka je manja nego kod CD-R diskova (4x, 8x, 16x)

# DVD (Digital Versatile/Video Disk)

- Kapacitet DVD diskova (4.7GB-17GB)
- Za razliku od CD diskova, trake su smeštene bliže jedna drugoj (spiralna je gušće pakovana), dozvoljavajući stoga više traka po disku. Smanjena je i širina brazde.
- Smanjeno rastojanje i veličina brazdi same po sebi daju četverostruko povećanje kapaciteta DVD-a u odnosu na CD.
- Omogućen je zapis u **dva nivoa**. Na ovaj način kapacitet jednostranog DVD diska je 8.5GB
- Takođe prave se i dvostrani medijumi čiji su kapaciteti (9.4GB i 17GB)



# DVD (Digital Versatile/Video Disk)

- Takodje postoje DVD-ROM, DVD-R, DVD-RW medijumi kao kod CDa
- Postoji i DVD-RAM medijum koji omogućava pisanje i brisanje kao na hard disku. Ovi medijumi su skupi i prevaziđeni
- DVD diskovi se okreću sporije od CDova.  
**Pritom je 1X brzina kod DVD diskova 1250 KB/s, što je više od 8 puta brže nego kod CDova.**



# HDDVD i Blu-Ray

- Optički diskovi velikih kapaciteta (**25GB jednostrani, 50GB dvostrani medijum, 100-128GB jun 2010. BDXL**)
- Razvijani nezavisno od strane Toshiba (HDDVD) sa jedne i Sonyja i Pioneer (Blu-Ray) sa druge strane. U tom “ratu” formata, pobedio je Blu-Ray. HDDVD je izbačen iz upotrebe
- Koristi laser mnogo manje talasne dužine čime je omogućeno mnogo gušće pakovanje podataka nego kod DVD diskova
- Prvobitna namena: **snimanje HD filmova**



# CD/DVD/Blu-Ray uredjaji

- Kompatibilni sa prednodnim generacijama medijuma (npr. DVD recorder može da čita CD (CD-R, CD-RW), da upisuje na CD, čita DVD i da upisuje na DVD)
- Vezuju se najčešće na **IDE (ATA) port** ili na **SATA (SATA II) port** na matičnoj ploči
- Postoje i eksterni USB, odnosno eSATA uredjaji
- Za svaki uredjaj se definiše maksimalna brzina kojom može da čita, odnosno upisuje određeni medijum



# Neki današnji optički uređaji

- **Pioneer BDR-2205**

- Brzina čitanja CD 40x
- Brzina čitanja DVD 16x
- Brzina rezanja CD 40x
- Brzina rezanja DVD 16x
- DVD+ : Da
- DVD- : Da
- BD čitanje i rezanje max 12x
- Buffer : 4MB
- Cena : 200\$





# Fleš memorije

- **Flash memory – tip EEPROM memorije**
  - Manje vreme upisa
  - Mnogo veći kapacitet (do 256Gb)
- Koriste se intenzivno kao portable memorije (izbacile diskete iz upotrebe, često kao zamena za hard disk)
- **Brzina transfera – upis do 12MB/s, ispis do 30MB/s.**
- Vrlo niska cena (“fleška” od 1GB košta manje od 500din)

