

# Externí paměti počítačů

**Studijní materiál pro předmět Architektury počítačů**

Ing. Petr Olivka  
katedra informatiky FEI VŠB-TU Ostrava  
email: petr.olivka@vsb.cz

Ostrava, 2010

# 1 Externí paměti počítačů

## 1.1 Historie

### 1.1.1 Pevný disk

- 1953 - první pevný disk s názvem *RAMAC*
- 1973 - první uzavřená disková jednotka, přímo integrována i čtecí hlava  
- disky *Winchester*
- 1990 - Magnetorezistivní hlava
- 1997 - Giant Magnetorezistiv hlava

### 1.1.2 Disketová mechanika

- 1971 - první pružný disk
- 1976 - první disketová mechanika pro diskety o velikosti 5,25"
- 1983 - první 3,5" disketa, s kapacitou 875 KB

### 1.1.3 CD-ROM

- 1982 - specifikace standardu Red Book
- 1988 - první CD-R mechanika
- 1994 - standard Yellow Book (možnost ukládat počítačová data)
- 1996 - první CD-RW mechanika

### 1.1.4 DVD

- 1997 - první DVD přehrávače a disky

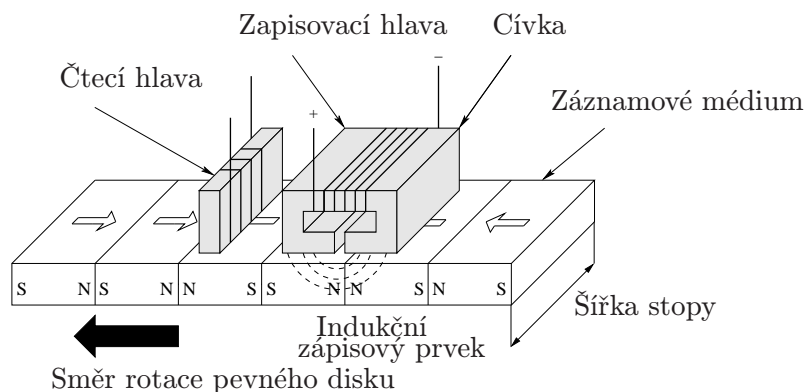
## 1.2 Typy pamětí

- Magnetické paměti
  - pevný disk
  - disketová mechanika
- Optické paměti
  - CD
  - DVD
- Magnetooptické paměti

## 2 Paměti magnetické

### 2.1 Princip ukládání dat

Vnější paměti nejčastěji pracují s magnetickým záznamem. Záznamové médium má tvar kruhové desky (disk, disketa) nebo dlouhé pásky (magnetická páska), je pokryto aktivní magnetickou vrstvou a pohybuje se konstantní rychlostí. V bodu dotyku s povrchem média nebo jen v nepatrné vzdálenosti od něj je štěrbinina (o šířce cca 1 mikrometr) magnetického obvodu. Ten tvoří jádro (přerušené právě touto štěrbinou), na němž je navlečená cívka. Magnetický tok, který prochází jádrem (při průchodu elektrického proudu cívkou) se v místě štěrbininy rozptýluje do nejbližšího okolí a uzavírá přes vzduchovou mezeru. Jeho rozptýlené siločáry zasahují i do aktivní vrstvy záznamového materiálu, kterou magnetizují. (obr.1)



Obrázek 1: Princip magnetického zápisu

Pokud se mění směr elektrického proudu v cívce, mění se směr magnetického toku jádrem i vzduchovou štěrbinou a tím i smysl magnetizace vrstvy. Když se vrstva pohybuje, vznikají v ní oblasti magnetované tím či oním směrem a mezi nimi místa magnetických změn. Těm říkáme místa *magnetických reverzací*. Právě jejich přítomnost na médiu představují zapsanou informaci. Při čtení se médium pod hlavičkou pohybuje stále stejným směrem. Magnetické reverzace nyní představují změny magnetického pole vyvolávané magnetickým médiem. Tyto změny způsobují vznik napěťových impulsů na svorkách cívky, které pak dále zpracovávají elektronické zesilovače.

### 2.2 Pevný disk

Pevný disk je uzavřená jednotka v počítači, používaná pro trvalé ukládání dat (tzv. data zůstávají na disku zachována i po vypnutí napájení počítače). Pouzdro chrání disk před nečistotami a poškozením. Pevný disk obsahuje

pevné plotny diskového tvaru, které jsou většinou vyrobeny ze slitiny hliníku nebo skla. Plotny na rozdíl od disket nelze ohýbat, proto termín pevný disk. Ve většině případů platí, že plotny nelze vyjmout. Z těchto důvodů se někdy používá termín pevná disková mechanika (*fixed disk drive*) nebo *hard disk drive* HDD.

### Části pevného disku

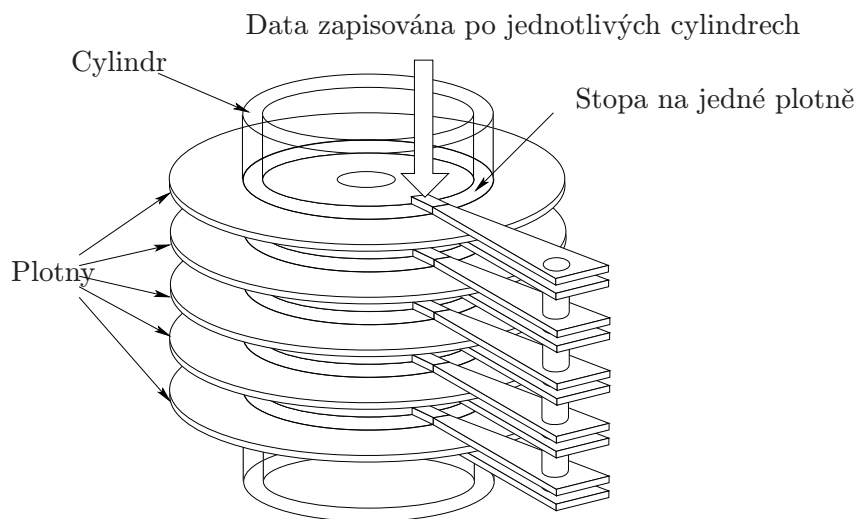
Většina disků se skládá z podobných součástí. Jsou jimi

- plotny disku
- hlavy pro čtení a zápis
- pohon hlav
- vzduchové filtry
- pohon ploten disku
- řídicí deska (deska s elektronikou)
- kabely a konektory

### Geometrie disku

Pod pojmem geometrie disku se skrývá uspořádání prostoru na disku, konkrétně počet hlav, cylindrů a stop. Data jsou na disk ukládána v bajtech. Bajty jsou uspořádány do skupin po 512, nebo-li sektorů. Sektor je nejmenší jednotka dat, kterou lze na disk zapsat nebo z disku přečíst. Sektory jsou seskupeny do stop. Stopy jsou uspořádány do skupin zvaných cylindry nebo válce. Předpokladem je, že disk má nejméně dva povrchy. Systém adresuje sektory na pevném disku pomocí prostorové matice cylindrů, hlav a sektorů.

- **Stopy** - každá strana každé plotny je rozdělena na soustředné stopy (kružnice). Jejich počet na pevném disku neustále narůstá (více než 16 000 stop). Protože povrchů i hlav je několik, je při jedné poloze hlav přístupná na každém povrchu jedna stopa, stačí elektronicky přepínat hlavy.
- **Cylindry** - pevné disky mají většinou více ploten (disků), umístěných nad sebou, otáčejících se stejnou rychlostí. Každá plotna má dvě strany (povrchy), na které je možno ukládat data. Diskové hlavy, vzhledem k tomu, že jsou pohybovány společným mechanismem, nemohou být vystavovány nezávisle. Souhrn stop v jedné poloze hlav se nazývá cylindr (válec). (obr.2)



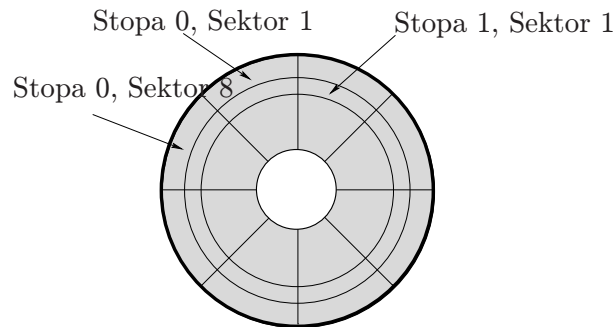
Obrázek 2: Cylindry

Počet stop na jednom povrchu je samozřejmě totožný s počtem cylindrů. Z tohoto důvodu většina výrobců neuvádí počet stop, ale počet cylindrů.

- **Sektory** - z hlediska efektivní správy má jedna stopa příliš velkou jednotku pro ukládání dat. Lze do ní uložit až 100kB či více bytů dat. Z tohoto důvodu se stopa rozděluje na několik očíslovaných částí, které nazýváme sektory. Můžeme si sektory představit jako výseče na plotně (obr.3). U pevných disků může být počet sektorů 900 i více. Sektor je nejmenší adresovatelná jednotka na disku. Její velikost určí řadič při formátování disku. Sektory vytvořené standardním formátováním mají velikost 512B. Sektory, na rozdíl od hlav nebo cylindrů, číslujeme od jedničky.

Na začátku sektoru v úvodní části je hlavička, identifikující začátek sektoru a obsahující jeho číslo. Konec sektoru je tvořen tzv. zakončením sektoru, využívané pro ukládání kontrolního součtu. Kontrolní součet sloužící ke kontrole integrity uložených dat. Při formátování se vytváří před a za každým sektorem speciální identifikační oblast, kterou používá řadič pro číslování sektorů a pro určení začátku a konce každého sektoru. Jednotlivé sektory se oddělují mezisektorovými mezerami, do kterých není možné uložit data.

Proces čtení sektoru se skládá ze dvou kroků. Nejprve se čtecí a zápisová hlava musí přemístit nad požadovanou stopu. Potom se čeká, až se disk natočí tak, že požadovaný sektor je pod hlavou, a pak probíhá čtení. Přemístění hlavy obvykle zabere nejvíce času. Nejrychleji

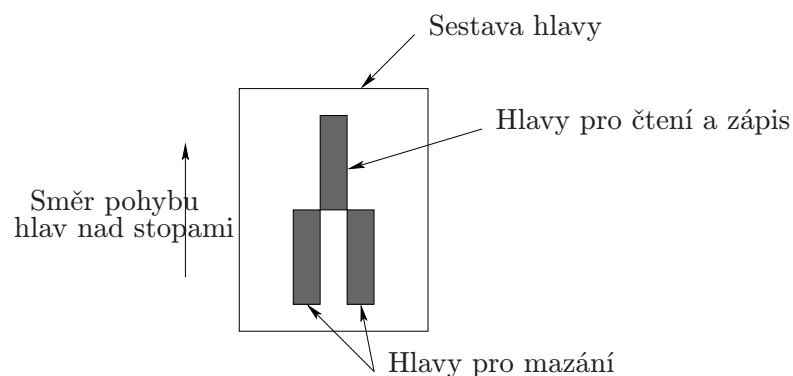


Obrázek 3: Stopy a sektory

se tedy čtou soubory, jejichž sektory jsou všechny na stejné stopě a stopy jsou umístěny nad sebou, tedy v jednom cylindru.

### 2.3 Disketové mechaniky

Provoz disketové mechaniky je poměrně jednoduchý. Disketa se otáčí rychlostí 300ot/min. Nad otáčejícím se povrchem diskety se pohybují hlavy po maximální dráze 2,54cm. Hlavy se pohybují směrem dovnitř, ke středu diskety, nebo směrem ven, k vnějšímu obvodu diskety. Během tohoto pohybu mohou hlavy zapsat 80 stop. Stopy jsou zapisovány na obě strany diskety. Z tohoto důvodu jsou stopy někdy nazývány cylindry. Jeden cylindr se skládá ze stop nacházejících se v daném okamžiku pod hlavami, a to na horním i spodním povrchu diskety. Záznam dat je prováděn metodou *tunelového mazání*. Metoda spočívá v zapsání určité šířky stopy s následným smazáním okraje (té samé stopy), z důvodu problému interference se sousedními stopami. Standardní šířka stopy je 115 $\mu$ m.



Obrázek 4: Sestava hlavy disketové mechaniky

Rozhraní používané všemi typy mechanik se nazývá *Shugart Associates*

SA-400, založené na čipu NEC 765 nebo čípech kompatibilních.

### Části disketové mechaniky

- hlavy pro čtení a zápis (obr.4).
- pohon hlav a mechaniky
- řídicí deska
- řadič
- konektory

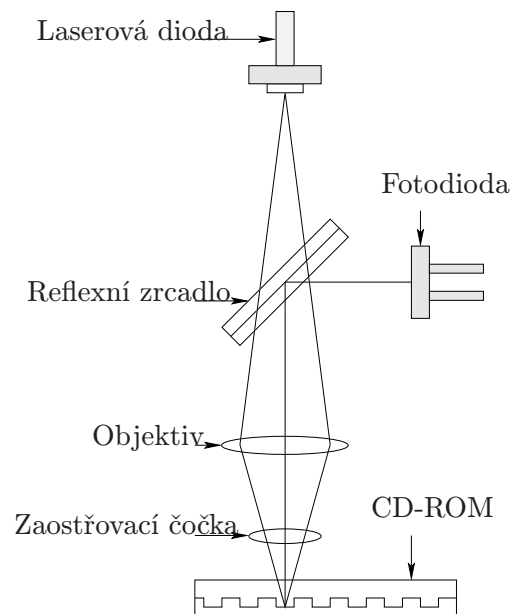
### Typy disketových mechanik

- mechanika 3,5" o kapacitě 720KB (*DD - double density*)
- mechanika 3,5" o kapacitě 1,44MB (*HD - high density*)
- mechanika 3,5" o kapacitě 2,88MB (*ED - extra high density*)

## 3 Paměti optické

### 3.1 Princip ukládání dat

Nejrozšířenějšími optickými paměťmi jsou dnes CD-ROM. Jako materiál je používán polykarbonát, do kterého jsou lisováním podle matrice data zapsána. Strana se záznamem je pokryta reflexní vrstvou a opatřena ochranným lakem, na kterém je také natištěn popis CD. Záznam se provádí v podobě prohlubní a ostrůvků, **pitů** a **polí**. Jedničky v datech jsou na optickém médiu zapsány jako přechody mezi pitem a polem, příp. naopak. Datové nuly se nezapisují. Přechody jsou obdobou magnetických **reverzací** známých z magnetických médií. Při čtení dopadá laserový paprsek nejprve na ten povrch disku, na kterém nejsou vylišovány pity. Prochází celou tloušťkou průhledného polykarbonátu, odráží se od vnitřní strany vrchní roviny kotoučku pokryté reflexní kovovou vrstvou a znovu prochází celou jeho tloušťkou ke čtecímu senzoru. Prochází tedy celé médium dvakrát. Pokud se v místě odrazu svazku od horního povrchu nachází pit, dojde k částečnému rozptýlení odrazu, a to vyvolá na čtecím senzoru jinou odezvu, než v případě odrazu čistého. Celou cestu paprsku znázorňuje obrázek (obr.5). Optické paměti CD-WORM (*Write Once Read Many times*), nebo-li CD-R, byly velkým technologickým krokem vpřed. Na ty může zapisovat uživatel, ale jen jednou, jak je patrné z názvu. Dopadne-li na nějaký materiál silný laserový záření ve formě silně zaostřeného paprsku a absorbuje-li se alespoň část jeho energie, dochází k intenzivnímu lokálnímu ohřátí a tím i ke změně vlastností materiálu. Jako nejvhodnější se ukázalo vypálení otvoru v



Obrázek 5: Princip optického záznamu

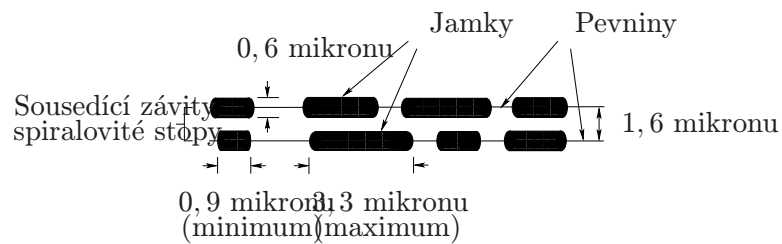
kovové vrstvě nebo lokální deformace vrstvy. Princip čtení je v obou těchto případech podobný čtení CD-ROM, pity zde nejsou do základního materiálu vylišovány, ale jsou vytvořeny na speciální kovové vrstvě. Záznam se provádí vypálením pitů do speciální záznamové vrstvy. Záznamový režim používá výrazně vyšší výkon laserové diody než při čtení. Ve vrstvě přitom dochází k nevratným změnám, při kterých se v daném místě změni některý charakteristický optický parametr (např. koeficient reflexe). Ve čtecím režimu ke změnám ve vrstvě nedochází. Jen odraz je ve vypáleném místě jiný, čtecí senzor indikuje tuto skutečnost jako pit.

Ještě vyšší stupeň představují prepisovatelné optické disky CD-RW, které jsou založeny na fyzikálních principech lokální změny krystalické struktury, nebo lokální přeměny amorfni látky na krystalickou. Obě tyto změny jsou vratné, což právě zajišťuje prepisovatelnost.

### Jamky a pevniny

- **CD-ROM** - čtení informací z disku je založeno na rozdílném odrážení laserového paprsku od jamek (pitů) a pevnin (land). Jedno datové CD médium obsahuje kolem dvou biliónů pitů. Jamky na CD disku mají hloubku  $0,125 \mu\text{m}$  a šířku  $0,6 \mu\text{m}$ . Jamky i pevniny jsou proměnné v délce, a to v rozmezí přibližně od  $0,9 \mu\text{m}$  do  $3,3 \mu\text{m}$  (obr.6). Výška jamek nad pevninami je odvozena od vlnové délky laserového světla, používaného pro čtení dat.





Obrázek 6: Jamky a pevniny u CD médií

- **DVD** - záznam je stejně jako u CD disků tvořen stopou s jamkami a pevninami. Liší se pouze v rozměrech, které jsou menší z důvodu dosažení větší kapacity (tab. 1).

	<b>DVD</b>	<b>CD</b>
Délka jamky	0,4 - 1,9 $\mu\text{m}$	0,9 - 3,3 $\mu\text{m}$
Hloubka jamky	0,105 $\mu\text{m}$	0,125 $\mu\text{m}$
Šířka jamky	0,4 $\mu\text{m}$	0,6 $\mu\text{m}$
Vzdálenost sousedních stop	0,74 $\mu\text{m}$	1,6 $\mu\text{m}$
Plocha média pro záznam dat	8,759 $\text{mm}^2$	8,605 $\text{mm}^2$
Kapacita	4,7 - 17GB	650 - 700MB

Tabulka 1: Rozdíly mezi CD a DVD

### Stopy a sektory

- **CD-ROM** - data jsou na povrchu disku zaznamenávána do stopy, mající tvar spirály (obr.7). Jednotlivé závity spirály jsou od sebe vzdáleny 1,6  $\mu\text{m}$  (viz obr.6). Jedno CD se záznamovou šíří 3,3 cm a kapacitou 74 minut (700MB) obsahuje 22188 závitů, celková délka stopy je 5,77km.

Stopa je dále rozdělena na sektory, které se čtou rychlostí 75 sektorů za sekundu (při rychlosti 1x). Sektory se dělí na 98 rámců informací, z nichž každý obsahuje 33 bytů (24 bytů pro data, 1 byte obsahuje subkód, 8 bytů pro kontrolní kód a opravu chyb). Kapacita jednoho sektoru je 3234 bytů.

- **DVD** - stopa ve formě spirály, má celkovou délku 11,84km. Závity jsou od sebe vzdáleny 0,74 $\mu\text{m}$ , výsledná hustota stop je 1351 závitů na milimetr. Celkem je v jedné záznamové vrstvě 49324 závitů.

Stopa je tvořena sektory, z nichž každý obsahuje 2048 bytů dat. Při zápisu jsou nejprve data zformátována do datových rámců o velikosti 2064 bytů. Z toho je 2048 bytů pro data, 4 byty obsahují identifikační

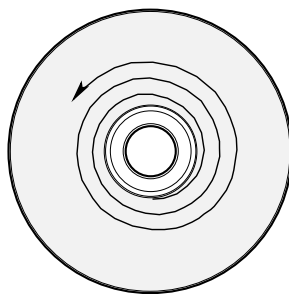
informace, 2 byty obsahují informace pro detekci chyb v identifikačních informacích (*ID Error Detection - IED*), 6 bytů dat pro ochranu autorských práv, a 4 byty obsahují kód pro detekci a opravu chyb pro celý rámeček.

### 3.2 CD ROM

CD-ROM (*Compact Disc Read Only Memory*) se označují optická média pro ukládání dat, umožňující jejich následné čtení, ale také mechaniky, sloužící k práci s těmito médii. Další formáty jsou CD-R (*CD - Recordable*) a CD-RW (*CD - ReWritable*). Přístup k datům, uloženým na CD-ROM, je rychlejší než přístup k datům, uloženým na disketách, je však podstatně delší než u současných nových disků.

Na rozdíl od magnetických nosičů, nemají optická zařízení mechanickou čtecí a záznamovou hlavu. Čtení zaznamenaných dat probíhá způsobem, kdy laser v přehrávači CD snímá z povrchu disku zaznamenaný vzor. Laser je umístěn rovnoběžně s povrchem disku, paprsek je na disk odražen zrcadlem přes dvě čočky. Fotodetektor pak měří intenzitu odraženého světla. Laser nemůže poškodit nosič a na něm uložená data, i pokud dojde k havárii mechanismu. Při čtení se paprsek odráží od lesklého povrchu disku CD-ROM a nijak ho nepoškodí. Mechanismus laseru je od disku asi jeden milimetr. Protože se nejedná o mechanický princip, lze paprsek laseru velmi úzce zaostřit na malé plochy disku CD-ROM.

Dalším rozdílem mezi pevným diskem a CD diskem je stopa, která má na



Obrázek 7: Spirálovitá stopa

CD médiu podobu spirály (obr.7). Z tohoto důvodu musí přehrávač měnit rychlost otáčení disku, aby zajistil stálou rychlost rotace (konstantní lineární rychlost - CLV - *Constant Linear Velocity*). Mechanika CD-ROM začíná číst disk směrem od vnitřních stop k vnějším. Mechanika se základní rychlostí (1x), se při čtení otáčí rychlostí 540ot/min, zatímco na okraji už jen rychlostí 212ot/min. Tímto způsobem se docílí konstantní rychlosti čtení.

Čtení dat z CD média probíhá za pomoci laserové diody, která emituje infračervený laserový paprsek směrem k pohyblivému zrcátku. Na stopu, z

které mají být čtena data, přesune servomotor zrcátko na základě příkazů z mikroprocesoru. Po dopadu paprsku na jamky a pevniny se světlo láme a odráží zpátky, kde je dále zaostřováno čočkou, nacházející se pod médiem. Od čočky světlo prochází pohyblivým zrcátkem, které je směřováno na optický hranol. Ten odražené světlo směřuje na další čočku. Poslední čočkou celé soustavy dopadá světlo na fotocitlivý senzor, jenž převádí světelné impulsy na elektrické. Samotné elektrické impulsy jsou dekodovány mikroprocesorem a předány do počítače ve formě dat.

### **Části mechaniky CD-ROM**

- laserová (optická) hlava
- fotodetektor
- servomechanismus
- ovládací čip
- vyrovnávací paměť
- elektronika pro dekodování signálu a řízení procesů

### **3.3 DVD**

O DVD (Digital Versatile Disc - univerzální digitální disk) médiu se dá říci, že je vysokokapacitním CD. Díky kompatibilitě lze v mechanikách DVD-ROM číst i všechna média CD-ROM. Proti klasickým CD má DVD zvýšenou kapacitu, danou především zvýšením frekvence světelného paprsku, jiné ostření i způsob kódování dat. Aby bylo možné na disk o rozměrech klasického CD média nahrát větší množství dat, používá se laser ve viditelném spektru. Jeho barva je červená o vlnové délce 650nm.

Mechaniky DVD však mohou mít problémy i s kompatibilitou, především při čtení médií typu CD-R a CD-RW. Příčinou je použité barvivo v záznamové vrstvě. Odrazivost barviv silně závisí na vlnové délce laserového světla, použitého pro čtení. Při použití světla o vlnové délce 780nm, které se používá u standardních mechanik CD-RW, je odrazivost vysoká. Světlo o vlnové délce 650nm, používané u DVD mechanik, má odrazivost výrazně nižší. Řešením je použití dvou různých diod, každé o vyzářovaném světle jiné vlnové délky.

Kapacita DVD se pohybuje od 4,7GB u jednostranných jednovrstvých médií do 17,1GB u dvouvrstvých oboustranných médií.

### **Typy mechanik umožňujících zápis**

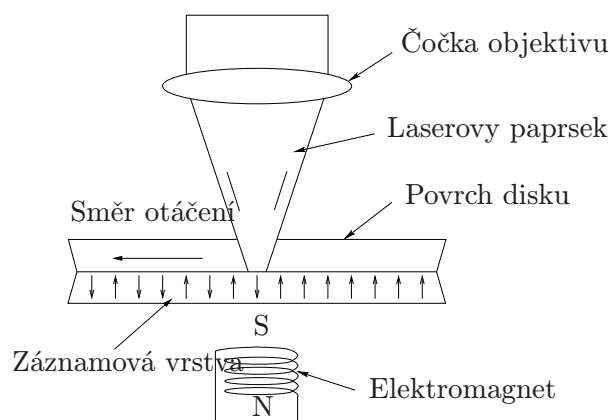
- mechaniky DVD-RAM

- mechaniky DVD-R
- mechaniky DVD-RW
- mechaniky DVD+RW

## 4 Paměti magneto-optické

### 4.1 Princip ukládání dat

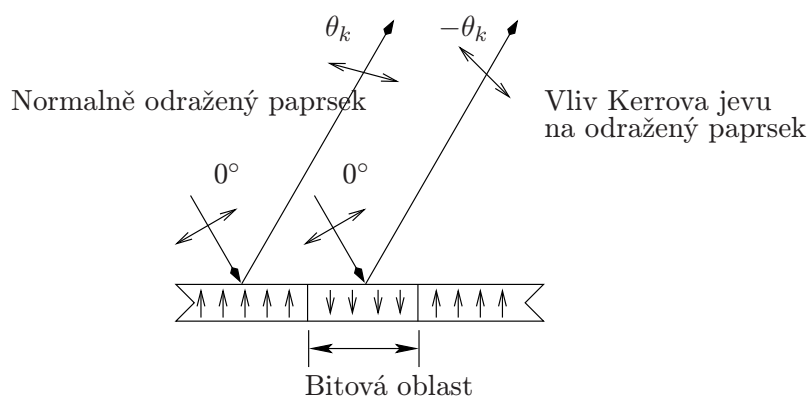
Magnetooptický disk MO-CD kombinuje oba principy - magnetický i optický. V této souvislosti se často používá označení *termomagnetooptický* disk. Využívá se totiž lokální změny magnetické orientace, vznikající za současného působení tepla a elektromagnetického pole. I tento proces je vratný.



Obrázek 8: Záznam dat u magnetooptických disků

Informace se na MO disk zaznamenává magneticky při současném ozáření daného místa výkonným laserovým svazkem. Základem MO disku je magnetická vrstva, jejíž Curieův bod leží v okolí  $180^\circ$ . Curieův bod je teplota, při které látka přechází z chování feromagnetického na chování paramagnetické. Magnetický stav látky paramagnetické se dá změnit podstatně slabším magnetickým polem než stav látky feromagnetické. Tohoto faktu se využívá při záznamu. Laserový paprsek se zaostří do stopy o průměru menším než jeden mikrometr a laserová dioda se přepne do výkonového režimu. Dopadem svazku se osvětlené místo ohřeje na teplotu přesahující Curieovu a magnetické pole záznamové hlavy přemagnetuje ohřátou oblast do příslušného směru. Přestane-li laserový paprsek na dané místo působit, dojde rychle k ochlazení a tím i k přechodu magnetické vrstvy do stavu feromagnetického. Vnější magnetické pole záznamové hlavy však již k přemagnetování nestačí, je příliš slabé. Celou situaci ukazuje obrázek 8.

Čtení dat (obr.10) je založeno na tzv. Kerrově jevu (obr. 9). Spočívá v tom, že rovina polarizovaného světla odraženého od magnetického povrchu se otočí ve směru hodinových ručiček, nebo proti jejich směru v závislosti na magnetické orientaci povrchu. Rychlost čtení je obdobná jako u magnetických disků.



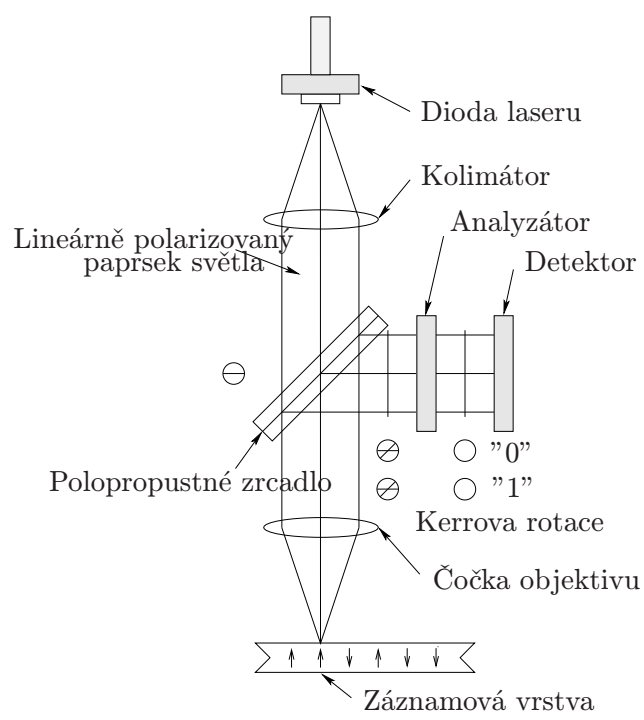
Obrázek 9: Kerrův efekt

## 4.2 Magnetooptické disky

Existují dvě standardní velikosti médií pro magnetooptický záznam, a sice 3,5" a 5,25". Disky o velikosti 3,5 palce mají maximální kapacitu 1,3GB, na větší 5,25 palcové média lze uložit až 5,2GB dat. U starších verzí médií bylo možno data ukládat pouze jednorázově, nebylo možno disk přemazat (WORM - *Write Once Read Many*). MO mechaniky jsou zkonstruovány tak, že médium není v mechanice zabudováno pevně. Před použitím se do mechaniky vkládá podobně jako disketa. Magnetické prvky čtecí a zápisové hlavy jsou umístěny z jedné strany disku a laserové prvky jsou umístěny na straně druhé. Proto mechanika dokáže zapisovat pouze na jednu stranu média a pro uložení dat na druhou stranu je potřeba médium z mechaniky vyndat a otočit. Magnetooptické disky jsou uzavřeny do plastických pouzder, která je chrání před mechanickým poškozením. Za normálních teplot je magnetický povrch magnetooptického disku velmi stabilní a umožňuje archivaci dat až po dobu 30 let.

### Geometrie disku

Záznam magnetooptického disku je podobně jako u CD médií tvořen spirálou. Disk se otáčí konstantní rychlostí. Stopa je rozdělena na 25 sektorů po 512B nebo 1024B.



Obrázek 10: Čtení dat u magnetooptických disků