

Magnetický záznam dat (1)

- Magnetický záznam dat je prováděn působením magnetického pole na magneticky vodivý materiál
- K vyjádření jakosti magnetického pole se používají dvě veličiny:
 - intenzita magnetického pole: H [A/m]
 - magnetická indukce: B [T]
- Magnetická indukce vzniká působením intenzity magnetického pole

12/11/2014

1

Magnetický záznam dat (2)

- Mezi veličinami H a B platí vztah:

$$B = \mu \cdot H$$

kde μ je veličina zvaná permeabilita [H/m]

- Pro μ platí:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

kde μ_0 je permeabilita vakua

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \approx 1,2566 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$$

μ_r je relativní (poměrná) permeabilita daného materiálu

12/11/2014

2

Magnetický záznam dat (3)

- Relativní permeabilita určuje, kolikrát je dané prostředí magneticky vodivější než vakuum a je bezrozměrná. Pro:
 - vakuum je $\mu_r = 1$
 - vzduch je $\mu_r \approx 1$
- Podle chování látek v magnetickém poli, tj. podle velikosti relativní permeability se látky dělí do tří skupin:
 - diamagnetické ($\mu_r < 1$): např. měď, zinek, zlato, stříbro

12/11/2014

3

Magnetický záznam dat (4)

- paramagnetické ($\mu_r > 1$): např. platina a hliník
- feromagnetické ($\mu_r \gg 1$): např. železo, nikl, kobalt, ferity
- Z hlediska magnetického záznamu mají největší význam látky feromagnetické, z nichž bývají vyrobeny záznamové vrstvy např.:
 - pružných disků
 - pevných disků
 - magnetofonových pásek

12/11/2014

4

Magnetický záznam dat (5)

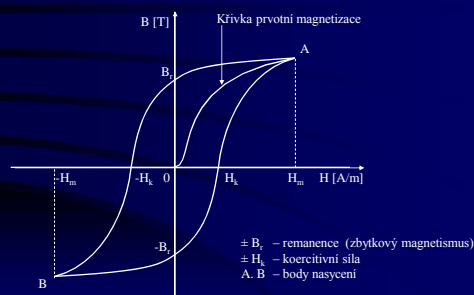
- Vznik hysterézní smyčky:
 - necht' feromagnetický materiál nemá žádnou magnetickou orientaci, tj. je ve stavu $H = 0$ A/m a $B = 0$ T
 - tento materiál vložíme do cívky a do jejího vinutí zavedeme elektrický proud
 - hodnotu proudu postupně zvyšujeme, čímž vzrůstá intenzita magnetického pole vytvářeného cívkou
 - tím rovněž vzrůstá ve feromagnetickém materiálu magnetická indukce ($B = \mu \cdot H$)

12/11/2014

5

Magnetický záznam dat (6)

- Hysterézní smyčka:



12/11/2014

6

Magnetický záznam dat (7)

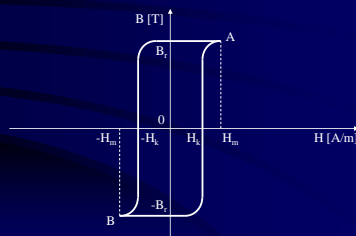
- Různé feromagnetické materiály mají různý tvar hysterézní smyčky
- Čím **větší je plocha** hysterézní smyčky, tím je materiál považován za **magneticky tvrdší**
- Naopak při **menší ploše** je materiál označován jako **magneticky měkčí**
- Materiály vhodné k výrobě médií pro magnetický záznam vyžadují, aby jejich hysterézní smyčka měla téměř pravoúhlý průběh

12/11/2014

7

Magnetický záznam dat (8)

- Hysterézní smyčka materiálu magnetického média:



12/11/2014

8

Magnetický záznam dat (9)

- Záznam na magnetické médium (pružný disk, pevný disk, magnetofonová páska) je prováděn záznamovou hlavou
- Záznamová může rovněž sloužit i jako hlava čtecí
- Záznamová hlava se skládá z:
 - **elektrického obvodu** – cívky
 - **magnetického obvodu** – feromagnetického jádra

12/11/2014

9

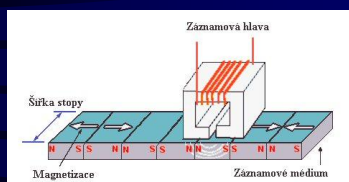
Magnetický záznam dat (10)

- Feromagnetické jádro obsahuje štěrbinu (o šířce cca 1 mikron), která umožňuje uzavírání indukčních čar přes magnetické médium, které se nachází v těsné blízkosti hlavy
- V médiu takto vzniká magnetická indukce, která se poté, kdy přestaneme na materiál působit magnetickým polem, ustálí na hodnotě remanence a v médiu tak vznikají tzv. **elementární magnety**

12/11/2014

10

Magnetický záznam dat (11)



- Čtení je prováděno čtecí hlavou (konstruována stejně jako záznamová hlava), která se pohybuje nad médiem obsahujícím elementární magnety

12/11/2014

11

Magnetický záznam dat (12)

- Jejich magnetický tok se uzavírá přes feromagnetické jádro hlavy a v cívce vzniká indukované napětí, pomocí něhož se rozlišují jednotlivé zaznamenané bity
- Platí:

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

kde Φ značí magnetický tok [Wb]
 S značí plochu [m²]

12/11/2014

12

Modulace dat (1)

- Data se na magnetická média ukládají pomocí změn magnetického toku
- Tato změna může nastat z kladného toku na záporný nebo naopak ze záporného na kladný
- Každá takováto změna se při čtení projeví jako **impuls (P)**
- K reprezentaci dat na magnetickém médiu se tedy používá přítomnosti nebo nepřítomnosti impulsu (**mezer – N**)

12/11/2014

13

Modulace dat (2)

- Teoretická úvaha:
 - bit 1 zaznamenat (zakódovat) jako **impuls**
 - bit 0 zaznamenat (zakódovat) jako **mezeru**
- Takto realizované kódování by v praxi nikdy nefungovalo
- V okamžiku, kdy by následovala delší posloupnost nul, která by byla zaznamenána jako dlouhá posloupnost mezer bez jakýchkoliv impulsů, by došlo ke ztrátě synchronizace pevného disku s řadičem

12/11/2014

14

Modulace dat (3)

- Nebylo by tedy možné přesně určit, kolik mezer (nul) bylo přečteno
- Impulsy pomáhají vzájemně synchronizovat čtená data a řadič disku
- Data musí být na disk zaznamenávána tak, aby nikdy nedošlo k dlouhé posloupnosti mezer
- Na magnetické médium se však vejde větší počet mezer a impulsů, je-li počet impulsů menší

12/11/2014

15

Modulace dat (4)

- Je tedy nutné zvolit vhodný kompromis, aby při čtení dat nedošlo ke ztrátě synchronizace a zároveň, aby vlivem přehnaně velkého počtu impulsů nedocházelo k plýtvání médii a tím k jeho menší kapacitě

12/11/2014

16

FM modulace

- V případě použití modulace **FM** (**F**requency **M**odulation) se jednotlivé bity zakódují následovně:

Bit	Zakódování
0	PN
1	PP

- Příklad:
 - bitový vzorek: **101101101**
 - zakódovaný bitový vzorek: **PPPNPPPPNPPPPNPP**
- FM vykazuje příliš velký počet impulsů

12/11/2014

17

MFM modulace (1)

- **MFM** (**M**odified **F**requency **M**odulation) redukuje počet impulsů
- MFM modulace se používala u prvních pevných disků a dodnes se používá při záznamu na pružné disky
- Jednotlivé bity se zakódují následovně:

Bit	Zakódování
0	PN jestliže je v řetězci 00 NN jestliže je v řetězci 10
1	NP

12/11/2014

18

MFM modulace (2)

- Příklad: je dán bitový vzorek: 101100

Vzorek	Zakódování v MFM	Počet impulsů	Zakódování v FM	Počet impulsů
101100	NPNNNPNNPN	4	PPNPNNPN	9

- Celkový počet impulsů je menší než u FM modulace
- Počet po sobě následujících mezer je max. 3
- Díky těmto vlastnostem je MFM modulace asi o 20% úspornější než FM modulace

12/11/2014

19

RLL modulace (1)

- Modulace 2,7 RLL (Run Length Limited) používá následující kódovací schéma:

Vzorek	Zakódování v RLL	Počet impulsů	Zakódování v MFM	Počet impulsů
00	PNNN	1	PNPN	2
01	NPNN	1	PNPN	2
100	NNPNN	1	NPNNPN	2
101	PNNPNN	2	NPNNPN	2
1100	NNNNPNN	1	NPNNPNPN	3
1101	NNPNPNN	2	NPNNPNPN	3
111	NNNPNN	1	NPNNPN	3

12/11/2014

20

RLL modulace (2)

- Jednotlivé vzorky a jejich zakódování jsou voleny tak, aby mezi dvěma impulsy byly minimálně 2 a maximálně 7 mezer
- Toto kódování je asi o 50% úspornější než MFM kódování a bylo používáno u starších pevných disků
- Moderní pevné disky používají většinou nějakou modifikaci 2,7 RLL kódování, označovanou např. ARLL, ERL, EPRML apod., která poskytuje ještě větší úsporu

12/11/2014

21

Pružné disky (1)

- Pružný disk (FD – Floppy Disk, disketa) je přenosné médium pro uchování dat
- Pružný disk je tvořen plastovým kotoučem, na jehož povrchu je vrstva oxidu železa
- Celý kotouč je uzavřen v obdélníkovém pouzdře, vystlaném hebkým materiálem, které jej chrání před nečistotou, mechanickým poškozením a ve kterém se kotouč při práci otáčí

12/11/2014

22

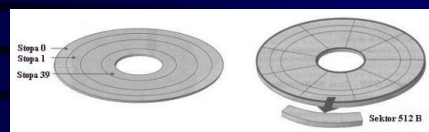
Pružné disky (2)

- V obalu je vyříznutý tzv. čtecí otvor, kterým přistupuje čtecí a zapisovací hlava k médiu
- Záznam dat na médium je prováděn magneticky
- Jednotlivá data jsou zapisována do soustředných kružnic, tzv. stop (tracks), na obě strany diskety
- Každá stopa je rozdělena ještě na tzv. sektory (sectors), jež tvoří nejmenší úsek média, na který je možné zapisovat

12/11/2014

23

Pružné disky (3)



- Vlastní zápis na pružný disk bývá prováděn s kódováním MFM

12/11/2014

24

Pružné disky (4)

- Parametry pružných disků:

Velikost	Hustota	Stopy	Sektory	Strany	Kapacita sektoru	Kapacita diskety
5 1/4"	DD	0 – 39	1 – 9	0 – 1	512 B	360 kB
5 1/4"	HD	0 – 79	1 – 15	0 – 1	512 B	1,2 MB
3 1/2"	DD	0 – 79	1 – 9	0 – 1	512 B	720 kB
3 1/2"	HD	0 – 79	1 – 18	0 – 1	512 B	1,44 MB

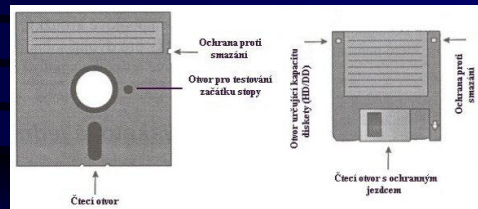
- Tpi** (tracks per inch), jednotka která udává počet stop na jeden palec. Diskety:
 - 5 1/4" HD mají hustotu záznamu 96 tpi
 - 3 1/2" HD mají hustotu záznamu 135 tpi

12/11/2014

25

Pružné disky (5)

- Pružný disk 5 1/4" a 3 1/2":



12/11/2014

26

Mechaniky pružných disků (1)

- Mechanika pružných disků (FDD – Floppy Disk Drive)** je zařízení pro čtení a zapisování na pružné disky



Mechanika FD 3 1/2" HD

12/11/2014

27

Mechaniky pružných disků (2)

- Kromě mechanik pro pružné disky je také možné se setkat i s mechanikami pro jiné typy disků (ZIP, LS120, JAZZ apod.), které poskytují vyšší rychlost a větší kapacitu
- Mechaniky pružných disků jsou připojeny k **řadiči pružných disků (FDD controller)**, který řídí jejich činnost

12/11/2014

28

Mechaniky pružných disků (3)

- Řadič pružných disků bývá integrován:
 - společně s řadičem pevných disků a popř. I/O kartou na samostatné desce, která je potom zapojena do některého ze slotů rozšiřující sběrnice
 - přímo na základní desce počítače
- Standardní řadič podporuje připojení max. 2 mechanik pružných disků
- Připojení disketových mechanik k řadiči je provedeno pomocí kabelu se 34 vodiči

12/11/2014

29

Mechaniky pružných disků (4)

- Tento kabel může mít až 5 konektorů:
 - 1 pro připojení k řadiči
 - 2 pro připojení mechaniky 5 1/4":
 - 1 pro případ zapojení jako první mechaniky (v MS-DOSu a MS-Windows A:)
 - 1 pro případ zapojení jako druhé mechaniky (v MS-DOSu a MS-Windows B:)
 - 2 pro připojení mechaniky 3 1/2" (analogicky jako u mechanik 5 1/4"):
 - 1 pro případ zapojení jako první mechaniky (A:)
 - 1 pro případ zapojení jako druhé mechaniky (B:)

12/11/2014

30

Mechaniky pružných disků (5)

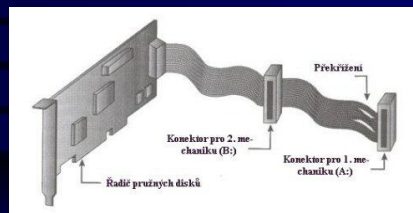
- Propojení řadiče s 2. disketovou mechanikou je provedeno přímo (1:1), tj. kontakt 1 je na řadiči spojen s kontaktem 1 mechaniky, kontakt 2 s kontaktem 2 atd.
- Propojení první mechaniky již není (1:1), ale propojující kabel je překřížen
- Podle tohoto překřížení je tedy rozlišeno, která mechanika je první a která je druhá

12/11/2014

31

Mechaniky pružných disků (6)

- Zapojení mechanik pružných disků:



12/11/2014

32

Mechaniky pružných disků (7)

- Čtení z (popř. zápis na) pružného disku v mechanice probíhá ve třech krocích:
 - vystavení čtecích (zapisovacích) hlav na požadovanou stopu pomocí krokového motoru
 - pootočení diskety na příslušný sektor
 - zápis (čtení) sektoru

12/11/2014

33

Pevné disky (1)

- Pevný disk (Hard Disk, Winchester disk, HDD – Hard Disk Drive) je médium pro uchování dat s vysokou kapacitou záznamu
- Jedná se o uzavřenou nepřenosnou jednotku

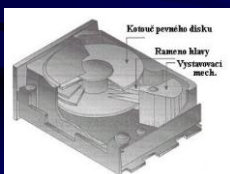


12/11/2014

34

Pevné disky (2)

- Uvnitř této jednotky se nachází několik nad sebou umístěných rotujících kotoučů (disků)
- Tyto disky se otáčejí po celou dobu, kdy je pevný disk připojen ke zdroji elektrického napájení



12/11/2014

35

Pevné disky (3)

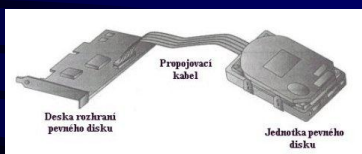
- Díky tomuto otáčení se v okolí disků vytváří tenká vzduchová vrstva, na níž se pohybují čtecí/zapisovací hlavy
- Vzdálenost hlav od disku je asi 0,3 až 0,6 mikronu
- Podsystem pevného disku se skládá z:
 - diskových jednotek
 - desky rozhraní pevných disků
 - příslušných kabelů propojujících diskové jednotky s deskou rozhraní

12/11/2014

36

Pevné disky (4)

- Podsystem pevného disku:



12/11/2014

37

Parametry pevných disků (1)

- **Kapacita:**
 - množství informací, které lze na pevný disk uložit
 - např.: 10 MB – 6 TB
- **Přístupová doba:**
 - doba, která je nutná k vystavení čtecích/zapisovacích hlav na požadovaný cylinder
 - např.: 3,0 – 65 ms
- **Přenosová rychlost:**
 - počet bytů, které je možné z disku přenést za jednu sekundu
 - např.: 700 kB/s – řádově stovky MB/s

12/11/2014

38

Parametry pevných disků (2)

- **Počet otáček:**
 - počet otáček kotoučů pevného disku za jednu minutu
 - např.: 3600, 5400, 7200, 10000, 15000 otáček/min
- **Kapacita cache paměti:**
 - kapacita vyrovnávací cache paměti pevného disku
 - cache paměť pevného disku je realizována jako paměť typu DRAM
 - např.: 0 – 64 MB

12/11/2014

39

Parametry pevných disků (3)

- **Velikost:**
 - průměr disků použitých ke konstrukci pevného disku
 - např.: 2", 3 1/2", 5 1/4"
- **Počet cylindrů:**
 - počet stop (cylindrů) na každém disku (řádově stovky až tisíce)
- **Počet hlav:**
 - odpovídá počtu povrchů, na které se provádí záznam
 - např.: 2 – 16 hlav

12/11/2014

40

Parametry pevných disků (4)

- **Počet sektorů:**
 - počet sektorů na každé stopě
 - kapacita jednoho sektoru je standardně 512 B (starší HDD) nebo 4096 B (novější HDD)
 - např. 8 – řádově stovky sektorů na stopu
- **Mechanismus vystavení hlav:**
 - mechanismus, pomocí kterého se vystavují čtecí (zapisovací) hlavy na patřičný cylinder
 - může být realizován pomocí:
 - krokového motoru – u starších pevných disků
 - elektromagnetu – u novějších (moderních) pevných disků

12/11/2014

41

Parametry pevných disků (5)

- **Typ rozhraní:**
 - určuje, jaký typ rozhraní musí být v počítači osazen, aby bylo možné tento pevný disk připojit
 - např.: ST506, ESDI, IDE, ATA (EIDE), SCSI, SATA
- **Podpora S.M.A.R.T.:**
 - podpora pro technologii **S.M.A.R.T.** (**S**elf **M**onitoring **A**nalysis **A**nd **R**eporting **T**echnology)
 - pracuje tak, že disk sám sleduje určité své parametry a vlastnosti, jejichž změna může indikovat blížící se poruchu

12/11/2014

42

Parametry pevných disků (6)

- umožňuje uživatele informovat o běžně nepozorovatelných problémech při práci pevného disku, např.:
 - chybné čtení (chybný zápis) sektoru
 - kolísání rychlosti otáček
 - teplota uvnitř pevného disku
 - počet realokovaných (vadných) sektorů)
 - doba provozu disku
 - počet zapnutí pevného disku
- uživatel je tímto upozorňován, že by měl provést zálohu dat (výměnu pevného disku) ještě dříve, než dojde k havárii disku a tím i ztrátě dat

12/11/2014

43

Parametry pevných disků (7)

- **Typ hlav:**
 - typ čtecích (zapisovacích) hlav, které jsou použity při konstrukci pevného disku
 - např.:
 - **Ferrite Heads:**
 - používány u prvních HDD (s kapacitou do 50 MB)
 - **MIG – Metal In Gap:**
 - podobné jako ferrite heads
 - díky vylepšené konstrukci dovolovaly kapacity do 100 MB
 - **TFI – Thin Film Inductance:**
 - využívají technologii nanášení tenkých vrstev
 - umožňují odstranit poměrně velké jádro cívky a nahradit jej malou destičkou na níž je nanesena feromagnetická slitina

12/11/2014

44

Parametry pevných disků (8)

- používány pro zápis i čtení u disků s kapacitou do 1 GB
- dodnes používány pro zápis (pro čtení je použit magnetorezistivní senzor)
- **AMR – Anisotropic Magnetoresistive:**
 - pro zápis využívají TFI hlavu a pro čtení AMR senzor
 - používány u disků s kapacitou do 30 GB
- **GMR – Giant Magnetoresistive:**
 - pro zápis využívají TFI hlavu a pro čtení GMR senzor
 - používány u disků s kapacitou nad 30 GB
- **Metoda kódování dat:**
 - způsob, kterým jsou data při zápisu na disk kódována
 - např.: MFM, RLL, ARLL, ERL, EPRML

12/11/2014

45

Parametry pevných disků (9)

- **ZBR:**
 - metoda, která dovoluje zapisovat na stopy, jež jsou vzdálenější od středu pevného disku (jsou větší), vyšší počet sektorů



12/11/2014

46

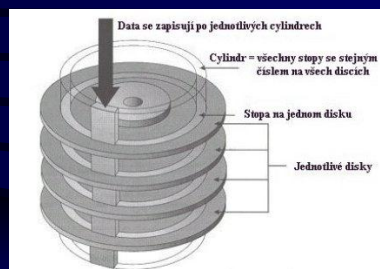
Geometrie pevných disků (1)

- Jednotlivé disky (kotouče), ze kterých se celý pevný disk skládá, jsou podobně jako u pružného disku rozděleny do soustředných kružnic nazývaných **stopy (tracks)**
- Každá stopa je rozdělena do **sektorů (sectors)**
- Množina všech stop na všech discích se stejným číslem se u pevných disků označuje jako **válec (cylinder)**

12/11/2014

47

Geometrie pevných disků (2)



12/11/2014

48

Geometrie pevných disků (3)

- Geometrie disku udává hodnoty následujících parametrů:
 - počet čtecích/zapisovacích hlav:
 - shodný s počtem aktivních ploch, na které se provádí záznam
 - počet stop:
 - počet stop na každé aktivní ploše disku
 - stopy disku bývají číslovány od nuly, přičemž číslo nula je číslo vnější stopy disku

12/11/2014

49

Geometrie pevných disků (4)

- počet cylindrů:
 - shodný s počtem stop
 - číslování cylindrů je shodné s číslováním stop
- přistávací zóna (landing zone):
 - číslo stopy (cylindru), která slouží jako přistávací zóna pro čtecí/zapisovací hlavy
- počet sektorů:
 - počet sektorů, na které je rozdělena každá stopa
 - může být variabilní (v případě použití techniky ZBR)

12/11/2014

50

Činnost pevného disku (1)

- Zápis (čtení) na (z) pevný(ého) disk probíhá podobně jako u pružného disku na magneticou vrstvu ve třech krocích:
 - vystavení zapisovacích (čtecích) hlav na příslušný cylindr
 - pootočení disků na patřičný sektor
 - zápis (načtení) dat



12/11/2014

51

Činnost pevného disku (2)

- Fyzické uložení dat na pevný disk bývá prováděno pomocí:
 - vertikálního mapování (vertical mapping):
 - data jsou zapsána (čtena) postupně do (z) jednotlivých stop stejného cylindru
 - poté je proveden přechod na následující cylindr



Osa otáčení HDD

12/11/2014

52

Činnost pevného disku (3)

- horizontálního mapování (horizontal mapping):
 - data jsou zapsána (čtena) postupně do (z) jednotlivých stop stejného povrchu
 - poté je proveden přechod na následující povrch
 - méně používané



Osa otáčení HDD

12/11/2014

53

Činnost pevného disku (4)

- kombinace vertikálního a horizontálního mapování (vertical/horizontal mapping):
 - uvnitř zón je použito horizontálního mapování
 - mezi zónami je použito vertikálního mapování



Osa otáčení HDD

12/11/2014

54

Činnost pevného disku (5)

- Na základě parametrů HDD lze určit jeho maximální přenosovou rychlost:

$$v_{\max} = (P_{\text{sec}} \cdot K_{\text{sec}} \cdot P_{\text{ot}}) / (60 \cdot 2^{20}) \quad [\text{MB/s}]$$

– kde

- P_{sec} značí počet sektorů na jednu stopu
 - P_{ot} značí počet otáček HDD za minutu
 - K_{sec} je kapacita jednoho sektoru (512 B, 4096 B)
- Poznámka: u disků s technikou ZBR je nutné použít počet sektorů v krajní vnější zóně

12/11/2014

55

Možnosti zvyšování kapacity pevných disků (1)

- Kapacitu pevných disků lze zvýšit:
 - **zvětšením rozměrů disku**: nevhodné řešení
 - **zvětšením počtu povrchů**: omezené možnosti
 - **volbou kódování**: menší počet impulsů (a větší počet mezer) dovoluje uložit více informací
 - **použitím ZBR**: technika dovolující uložit na různé stopy různý počet sektorů (na krajní stopy vyšší počet)

12/11/2014

56

Možnosti zvyšování kapacity pevných disků (2)

– **zvýšením hustoty záznamu**:

- vyžaduje zmenšení rozměrů elementárního magnetu
- vede k nutnosti snížení intenzity magnetického pole vytvářeného zapisovací hlavou (v opačném případě by při záznamu docházelo k destrukci okolních informací)
- zmenšení rozměrů elementárního magnetu způsobí i menší hodnotu jeho výsledného magnetického toku
- vyžaduje vyšší citlivost čtecí hlavy
- původní (TFI) hlava svou citlivostí nedostačuje
- v současné době se používají tzv. **magnetorezistivní hlavy (MR heads)**
- dalšího zvýšení hustoty záznamu lze dosáhnout pomocí kolmého magnetického zápisu

12/11/2014

57

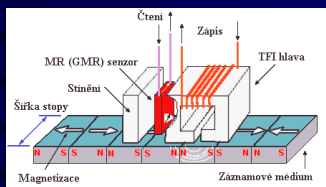
Magnetorezistivní hlavy (1)

- Magnetorezistivní hlavy se skládají ze dvou částí:
 - **TFI hlava**: slouží pouze pro zápis dat
 - **magnetorezistivní senzor**: slouží ke čtení dat
- Magnetorezistivní senzor je vyroben ze slitin, které pokud jsou vystaveny působení magnetického pole, mění svůj elektrický odpor

12/11/2014

58

Magnetorezistivní hlavy (2)



- Výhodou tohoto řešení je, že magnetorezistivní senzor vykazuje při čtení mnohem větší citlivost než dříve používaná TFI hlava

12/11/2014

59

Magnetorezistivní hlavy (3)

- Podle typu magnetorezistivního senzoru je možné tento typ hlav dále rozdělit na:
 - **AMR hlavy**:
 - anisotropní magnetorezistivní hlavy
 - max. hustota záznamu cca 3 Gb/in²
 - **GMR hlavy**:
 - giant magnetorezistivní hlavy
 - max. hustota záznamu cca 10 Gb/in² až stovky Gb/in²
- Pozn.: TFI hlava dovoluje max. hustotu záznamu do 1 Gb/in²

12/11/2014

60

AMR hlavy

- AMR senzor bývá nejčastěji vyroben ze slitiny Ni a Fe
- V této slitině se vodivé elektrony pohybují s menší volností (dochází k častějším kolizím s atomy), když jejich pohyb je rovnoběžný s magnetickou orientací materiálu, tzv. **magnetorezistivní efekt**
- Jestliže se elektrony v materiálu pohybují s menší volností, potom je elektrický odpor tohoto materiálu větší

12/11/2014

61

GMR hlavy (1)

- Giant magnetorezistivní senzor využívá giant magnetorezistivního jevu
- GMR senzor je vyroben ze čtyřech vrstev (tzv. filmů):
 - citlivá vrstva (**sensing layer**): slitina Ni a Fe
 - vodivý oddělovač (**conducting spacer**): Cu
 - pevná vrstva (**pinned layer**): Co
 - výměnná vrstva (**exchange layer**): antiferomagnetický materiál

12/11/2014

62

GMR hlavy (2)

- První tři vrstvy jsou velmi tenké, takže dovolují, aby se vodivé elektrony pohybovaly z citlivé vrstvy přes vodivý oddělovač do pevné vrstvy a nazpět
- Magnetická orientace pevné vrstvy je držena přílehlou výměnnou vrstvou, zatímco magnetická orientace citlivé vrstvy se mění podle působení magnetického pole elementárního magnetu

12/11/2014

63

GMR hlavy (3)

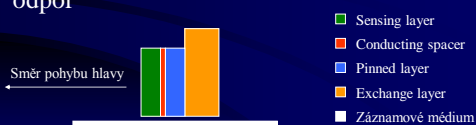
- Změna magnetické orientace citlivé vrstvy způsobuje změnu elektrického odporu celého magnetorezistivního senzoru (vyjma výměnné vrstvy)
- GMR senzory využívají kvantové povahy elektronů, které mají dva směry spinu
- Vodivé elektrony, jejichž směr spinu je shodný s magnetickou orientací materiálu, se pohybují volně a způsobují tak malý odpor celého senzoru

12/11/2014

64

GMR hlavy (4)

- Naopak u vodivých elektronů, jejichž spin je opačný vzhledem k magnetické orientaci materiálu, dochází k častějším kolizím s atomy vrstev, ze kterých je senzor vyroben, což způsobuje jeho větší elektrický odpor



12/11/2014

65

Kolmý zápis (1)

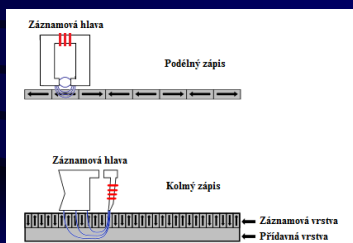
- Nahrazuje dříve používanou technologii **podélného zápisu (longitudinal recording)**
- Při použití **kolmého zápisu (perpendicular recording)** dochází ke kolmému natočení magnetických dipólů
- Jejich magnetický tok se uzavírá přes předávnou vrstvu, která je umístěna pod vrstvou záznamovou
- Umožňuje hustotu záznamu až 900 Gb/in²

12/11/2014

66

Kolmý zápis (2)

- Srovnání podélného a kolmého zápisu:



12/11/2014

67