

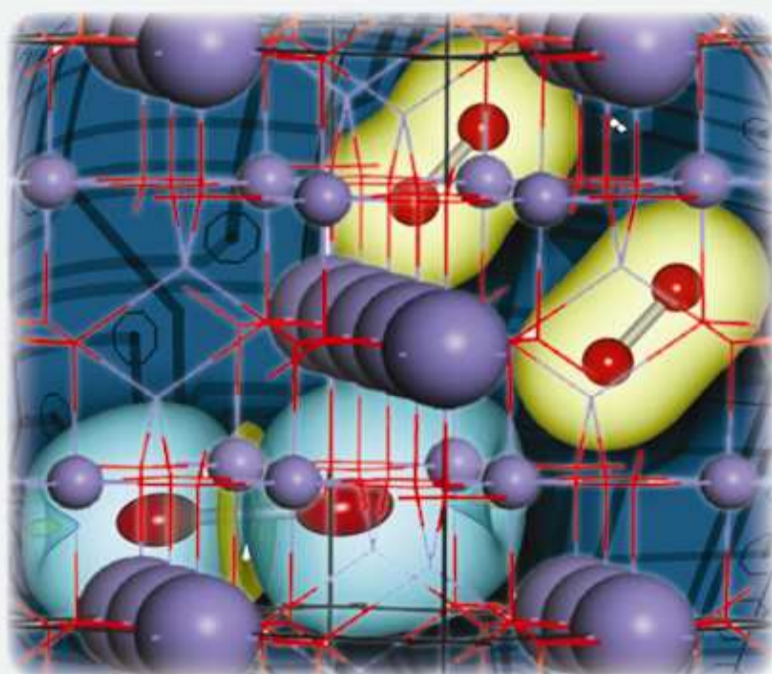
# NANOTECHNOLOGIE V ELEKTRONICE SPINTRONIKA

M. Křelina

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

## Úvod

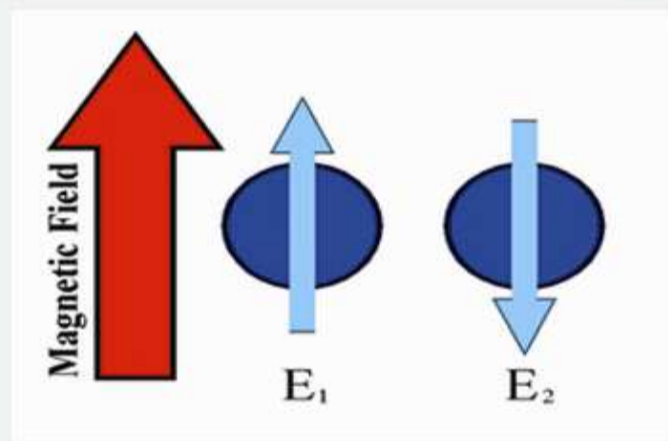
Cílem posteru je seznámit čtenáře s pojmy jako je spin elektronu, spintronika, včetně vysvětlení fyzikální podstaty a seznámení s aplikací a vývojem v oblasti spintroniky včetně České republiky.



## Co je spintronika a spin?

Dnešní klasická elektronika funguje na principu přenosu náboje elektronem, čehož využíváme k přenosu informací. Ve spintronice rovněž využíváme elektronu, akorát kromě přenosu náboje využíváme jedné z kvantových vlastností elektronu – spinu. Obecně se používá termín, že spin je orientován nahoru nebo dolů vůči nějaké reference, například magnetické pole. Tato orientace je způsobena vlastním otáčivým momentem elektronu. Ve skutečnosti se elektron neotáčí, ale jakoby se v něm něco „vrtělo“, což podporuje teorii, že i elektron se skládá z menších částic.

Spin je znám vědcům už po celé dvacáté století. Prvnímu významnému použití se spin dočkal až v roce 1997 v hlavách harddisků aplikací jevu gigantické magnetoresistance (GMR – Giant Magnetoresistance, objeveno v 1988). V současnosti je trend výzkumu využití spintroniky v oblasti polovodičů.



Obr. 1 Orientace spinu elektronu

## Fyzikální princip spinu

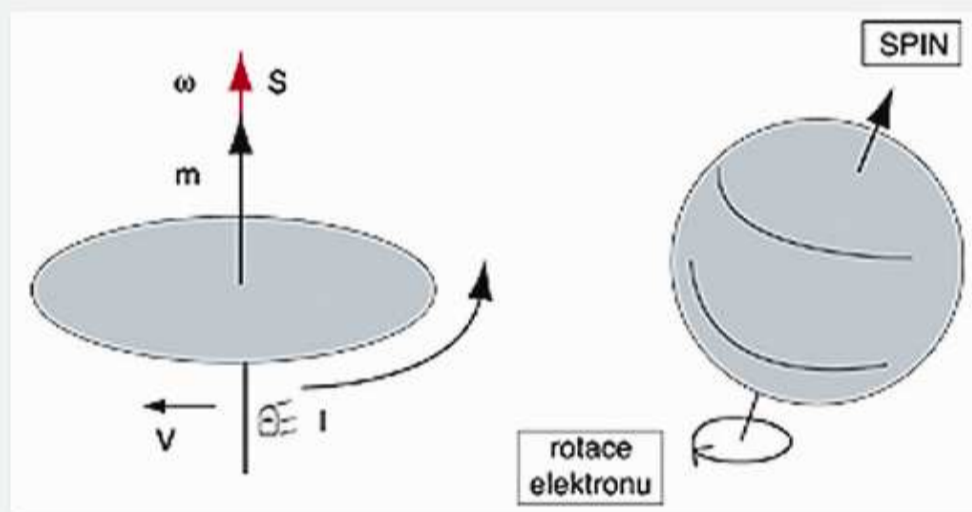
Elektron si můžeme představit jako miniaturní kouli otáčející se kolem své vlastní osy. Na povrchu takové koule je rozložen náboj  $q$ . Definujeme-li proud

$$I = \frac{dq}{dt}$$

a představíme-li si, že náboj  $q$  obíhá elektron, tak vznikne magnetické pole, jemuž přísluší spinový magnetický moment

$$m = v_0 \cdot I \cdot S$$

Vezmeme-li dále v úvahu, že plocha  $S$  je vektorová veličina,  $v$  je postupná rychlost elektronu, proud  $I$  má vždy opačný smysl než pohyb elektronu, je směr vektoru  $m$  totožný se smyslem osy rotace  $\omega$  elektronu a v soulase s pravidlem pravé ruky musí být orientován shodně se spinem – pouze nahoru nebo.



Obr. 2 K definici magnetického momentu elektronu  $m$

Takovéto chování v soulasu s Maxwellovými rovnicemi charakterizuje magnetické vlastnosti. Z toho nám vyplývá, že spin si můžeme představit jako tyčový magnet s orientací pólů  $S$  a  $J$ , respektive nahoru a dolů obr. 1.

## Aplikace spinů

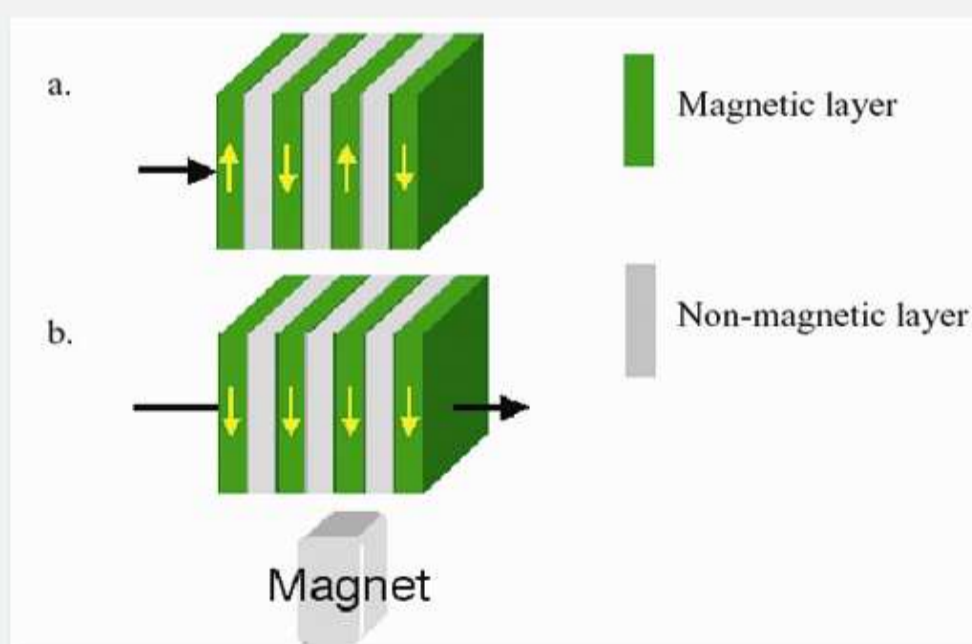
Aplikaci spinů můžeme rozdělit na 3 skupiny dle aplikace:

- 1) Využití spinu v prvcích na bázi kovu
- 2) Využití v magnetických polovodičových prvcích - aktuálně ve výzkumu a vývoji
- 3) Využití v zařízeních, která by pracovala s jednotlivými spiny elektronů - tato možnost je zatím pouze teoretická a mohla by vést ke konstrukci spinového kvantového počítače.

### Využití spinu v prvcích na bázi kovu<sup>[2]</sup>

#### Gigantická magnetoresistence

Efekt gigantické magnetoresistance aplikovaný v harddiscích umožňuje několikanásobně zvýšit kapacitu. Ta je závislá na rozlišovací schopnosti čidla na čtecí hlavě, která se pohybuje nad médiem v magnetickém poli a zaznamenává změnu odporu (magnetoresistance), které můžeme zvýšit pomocí tzv. spinovým ventilům.



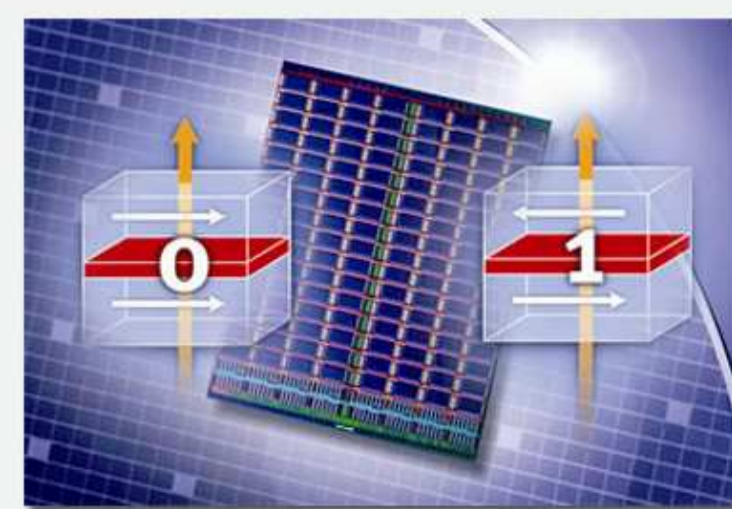
Obr. 3 Vlevo: Proud neprotéká, vpravo: Proud protéká

Vrstva nemagnetického kovu je vložena mezi dvě vodivé feromagnetické vrstvy (viz obr. 3). Zatímco magnetizace horní vrstvy je neměnná, dolní vrstva se orientuje podle směru magnetizace čteného záznamu. Jsou-li orientace obou feromagnetických vrstev stejné, jednotkou protéká proud elektronů se souhlasnou orientací spinu. Naopak, jsou-li obě orientace opačné, cesta elektronům obou polarizací je uzavřena.

### Magnetické paměti typu MRAM

Přední výhodou MRAM je, že neztratí informace po odpojení od energetického zdroje, dále menší energetická náročnost a vysoká rychlost.

U paměti MRAM se počítá s využitím sendvičové struktury dvou kovových feromagnetických vrstev, oddělených tenkou izolační mezivrstvou. Ta nutí elektrony k dalšímu v klasickém světě neobvyklému výkonu, totiž kvantovému tunelování.



Obr. 4 Paměť typu MRAM

### Reference:

- [1] Prof. Ing. J. Kodeš, DrSc; Spintronika – perspektiva elektroniky v 21. století; <http://www.stech.cz/articles.asp?id=624&idk=97>; 10.5.2008
- [2] P. Cejnar; Spintronika pod lupou; <http://www.scienceworld.cz/sw.nsf/0/ABF36775AA596864C1256EA100353BCC?OpenDocument&cast=1>; 10.5.2008
- [3] Ing. L. Smrčka, DrSc., Ing. P. Svoboda, CSC.; Spintronika dnes a zítra; <http://www.fzu.cz/~nanoteam/what/Smrcka-TT-2005-2.pdf>; 10.5.2008
- [4] L. Yarris; The Current Spin on Spintronics; <http://www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/sabl/2006/Jan/02-spin-drag.html>; 10.5.2008