

## SPINOVÝ PROUD

$$\frac{dM}{dt} = -\vec{\nabla} \cdot \vec{j}_s + T$$

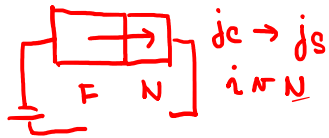
spinová relaxace (-)  
nebo generace (+)

div spin. proudu

změna magnetického mom.

### GENERACE

- el. proud v mg. látkách
- - elektrická spin. injekce



- optická orientace (injekce)



- spinové pumpování

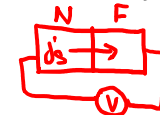


### PROPAGACE

- spinová polarizace se ztrácí, nerovnovážné  $P_s$  relaxuje k rovnov.  $P_s(0)$
- spinový rel. čas  $\tau$  ( $\leftrightarrow T_2$ )
- popisováno spin. drift-dif. rovnicí
- spinová difúzní délka  $l_s = \sqrt{D_s \tau}$

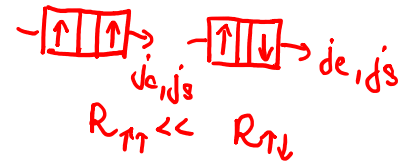
### DETEKCE/MANIPULACE

- elektrická detekce (inverze injekce)

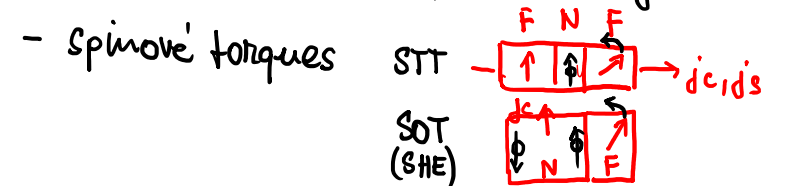


V závislosti na relativní orientaci  $M$  ve F a S/N

⇒ extrém GMR/THR



- SHE : příčné napětí / proud kvůli  $js$



# SPINTRONIKA

## SPINOVA' DRIFT-DIFUZI' RCE:

$$j = \sigma E + eD \nabla n \quad (\text{DD-RCE obecná})$$

difuzi' koef.

⊕ elektro-chemický potenciál:

$$\nabla \mu = eE + \frac{\nabla n}{N(E_F)}$$

grad. koncentrace  
počet stavů na Fermiho mezi

⊕ Einsteinova rce pro difuzi:

$$\sigma = e^2 N(E_F) D$$

⇒ DD-rce lze přepsat na:

$$j = \frac{\sigma}{e} \nabla \mu$$

a to platí pro každý spin. kanál ⇒

takže:  $\left\| \begin{aligned} j_c &= j_{\uparrow} + j_{\downarrow} = \frac{1}{e} \nabla (\sigma_{\uparrow} \mu_{\uparrow} + \sigma_{\downarrow} \mu_{\downarrow}) \\ j_s &= j_{\uparrow} - j_{\downarrow} = \frac{1}{e} \nabla (\sigma_{\uparrow} \mu_{\uparrow} - \sigma_{\downarrow} \mu_{\downarrow}) \end{aligned} \right.$

⊕ platí také rce kontinuity:

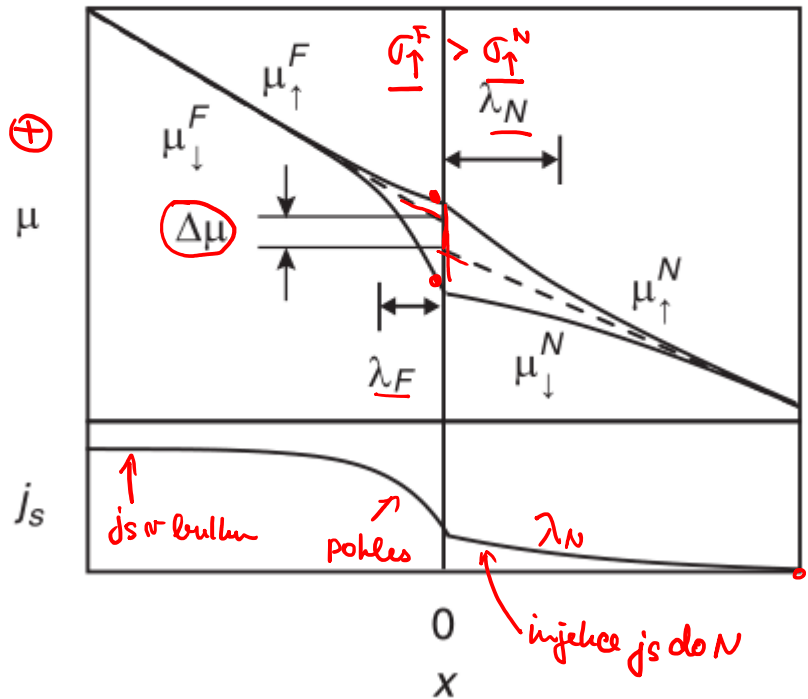
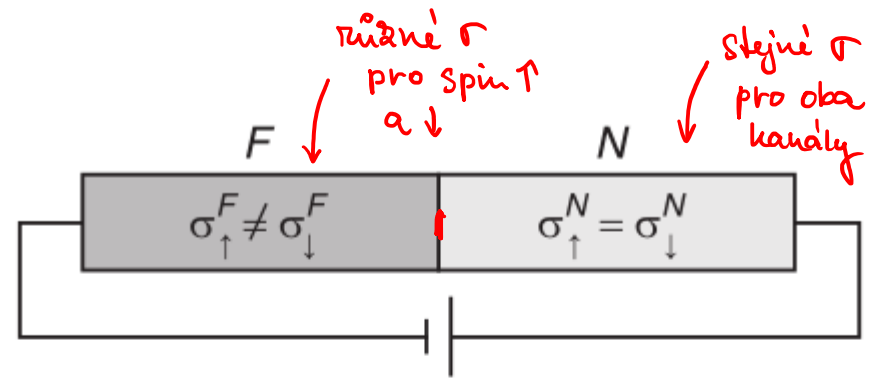
$$0 \begin{cases} = \dot{\rho} = -\nabla \cdot j_c \\ = \dot{n} = -\nabla \cdot j_s + T \end{cases}$$

v rovnováze  
~ "M↑-M↓" ~ "δ↑-δ↓"  
relaxace k rovnov. P<sub>S</sub>

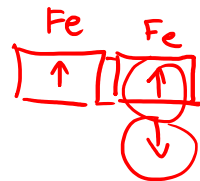
$$\Rightarrow \begin{cases} \nabla^2 (\sigma_{\uparrow} \mu_{\uparrow} + \sigma_{\downarrow} \mu_{\downarrow}) = 0 & (\text{nábojová část}) \\ \nabla^2 (\mu_{\uparrow} - \mu_{\downarrow}) = \frac{1}{\lambda^2} (\mu_{\uparrow} - \mu_{\downarrow}) & (\text{spin. část}) \end{cases}$$

λ = √Dτ spin. dif. délka

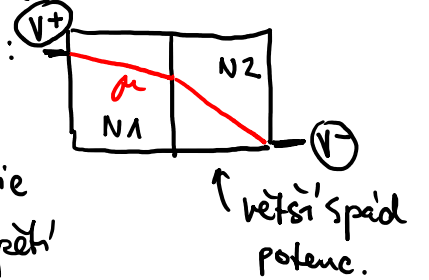
tyto rovnice řešíme s obrájk. podm.  
pro multivrstvy



$\mu$  je průměr  $\mu^\uparrow$  a  $\mu^\downarrow$  vážený  $\sigma^\uparrow$  a  $\sigma^\downarrow$



$\Delta\mu$  vzniká na rozhraní kvůli rozdílným vodivostem  $\uparrow, \downarrow$   
(pro dva N s různými  $\sigma_{N1} > \sigma_{N2}$  :



$\Rightarrow$  žádné kromadění částic  
ani náboje  $\Rightarrow$  žádné napětí  
na rozhraní

$\rightarrow$  spin-coupled / conductivity mismatch resistance:

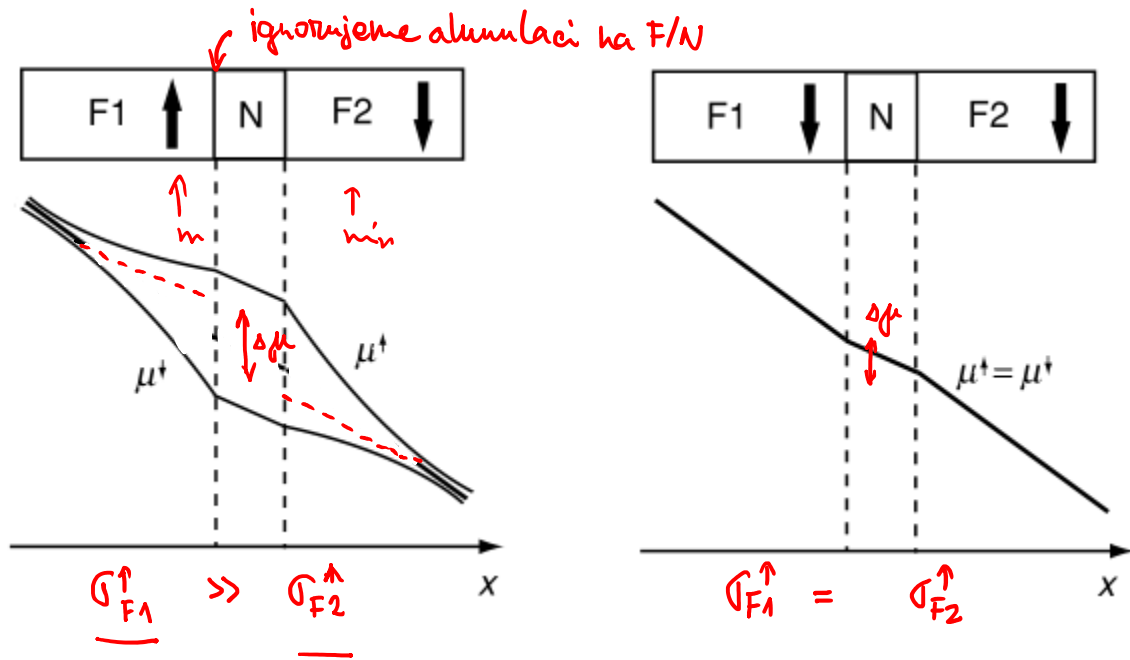
$$R_{\uparrow\downarrow} = \frac{\Delta\mu}{e j_s}$$

toto závisí na vodivostech pro  $\uparrow$  a  $\downarrow$

pokud by N byl také F  
a my měli jeho M,  
můžeme  $R_{\uparrow\downarrow}$  měřit!

$$\sigma_{\uparrow}^{F1} \approx \sigma_{\uparrow}^{F2}$$

$$\sigma_{\uparrow}^{F1} \gg \sigma_{\downarrow}^{Fe}$$



→ silné rozstěpení a akumulace  
→ velké  $\Delta\mu$  a  $R_{T\downarrow}$

**GMR**

$\frac{\Delta R}{R} \sim \text{až } 100\% !$

→ jako 2 jednoho kusek  $F$

## NON-LOCAL EL. DETECTION | SPIN VALUE

