

Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach
Laboratórium materiálovej fyziky

Charakterizácia ReBCO masívnych supravodičov
meraním zachyteného magnetického poľa

Doktorand:
Ing. Samuel Piovarči

Školiteľ:
Ing. Pavel Diko, DrSc.

Doktorandský seminár
15.6.2011
Košice

Obsah

Magnetické pole zachytané v supravodiči

Meranie zachyteného magnetického poľa

Výpočet prúdovej hustoty

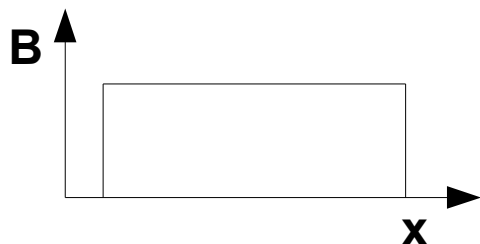
Závislosť prúdovej hustoty na magnetickej indukcii

Relaxácia zachyteného mag. poľa

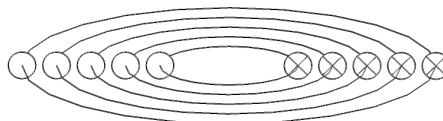
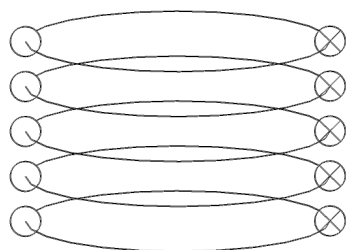
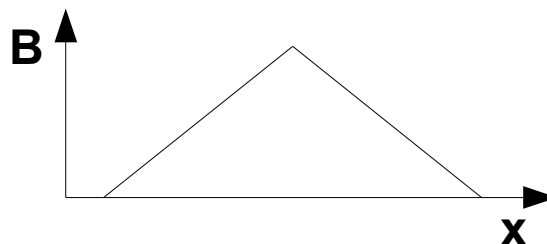
Presnosť merania

Zachytené magnetické pole

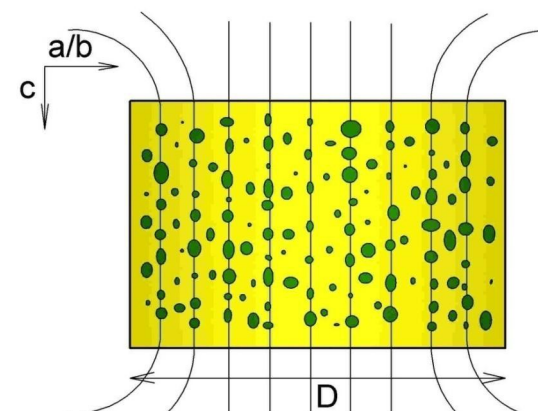
Tvar poľa perm. magnetu



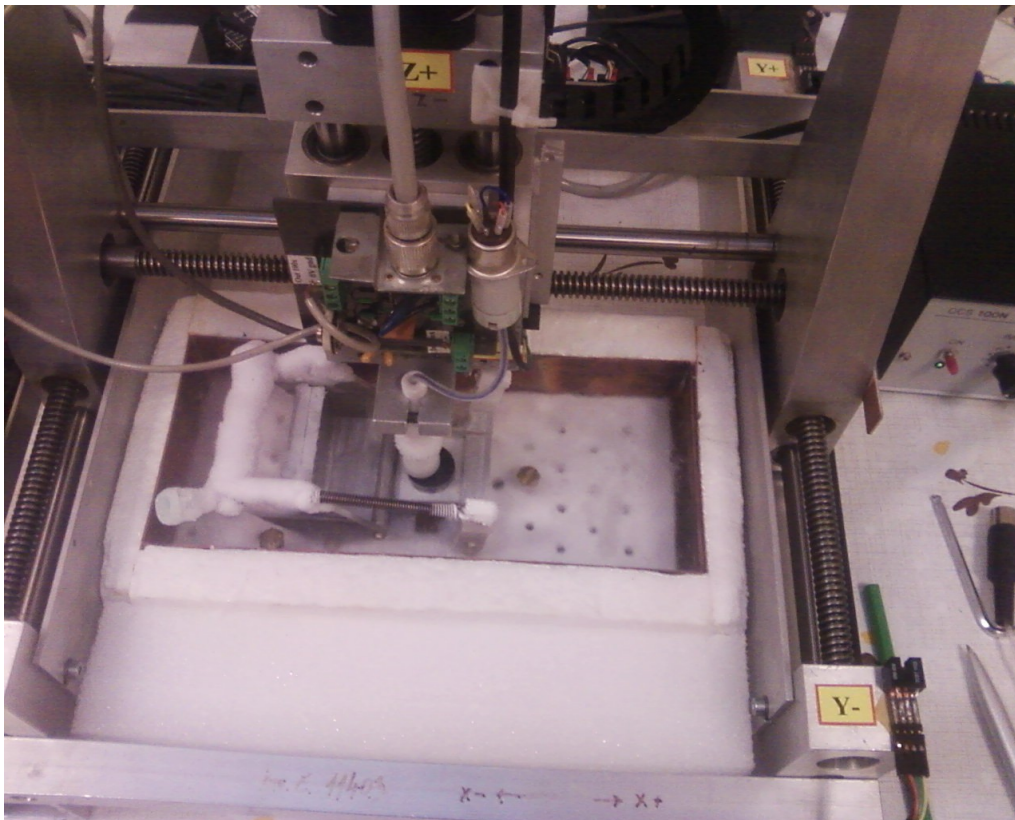
Tvar poľa supravodiča



Pôsobením homogenného magnetického poľa vzniká v supravodiči supravodivý prúd s kritickou prúdovou hustotou najprv na okraji.



Meranie zachyteného mag. poľa



minimálny krok (x y z) 3.75 μm

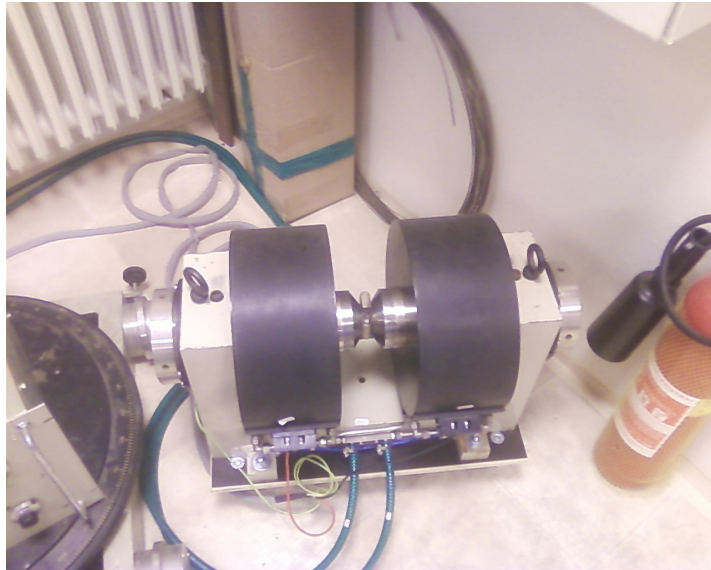
Hall sensor:
AREPOC HHP-SF
aktívna plocha 20x20 μm
citlivosť 60mV/T pri 5mA

Vlastnosti

- nedeštruktívne meranie
- meranie celej vzorky, nie len lokálnej štruktúry
- meranie v podmienkach podobných v praxi

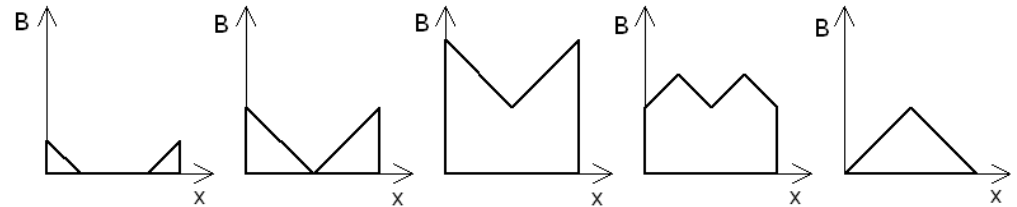
Magnetovanie vzorky

Field cooling



Zero Field Cooling

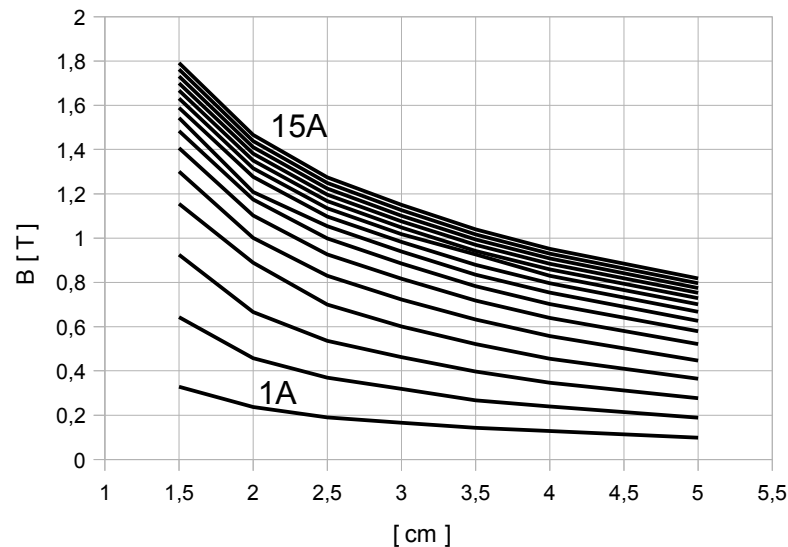
-je potrebná dvojnásobná veľkosť poľa a viac s ohľadom na demagnetizačný faktor



Tvar poľa počas magnetovania

Impulse Magnetization

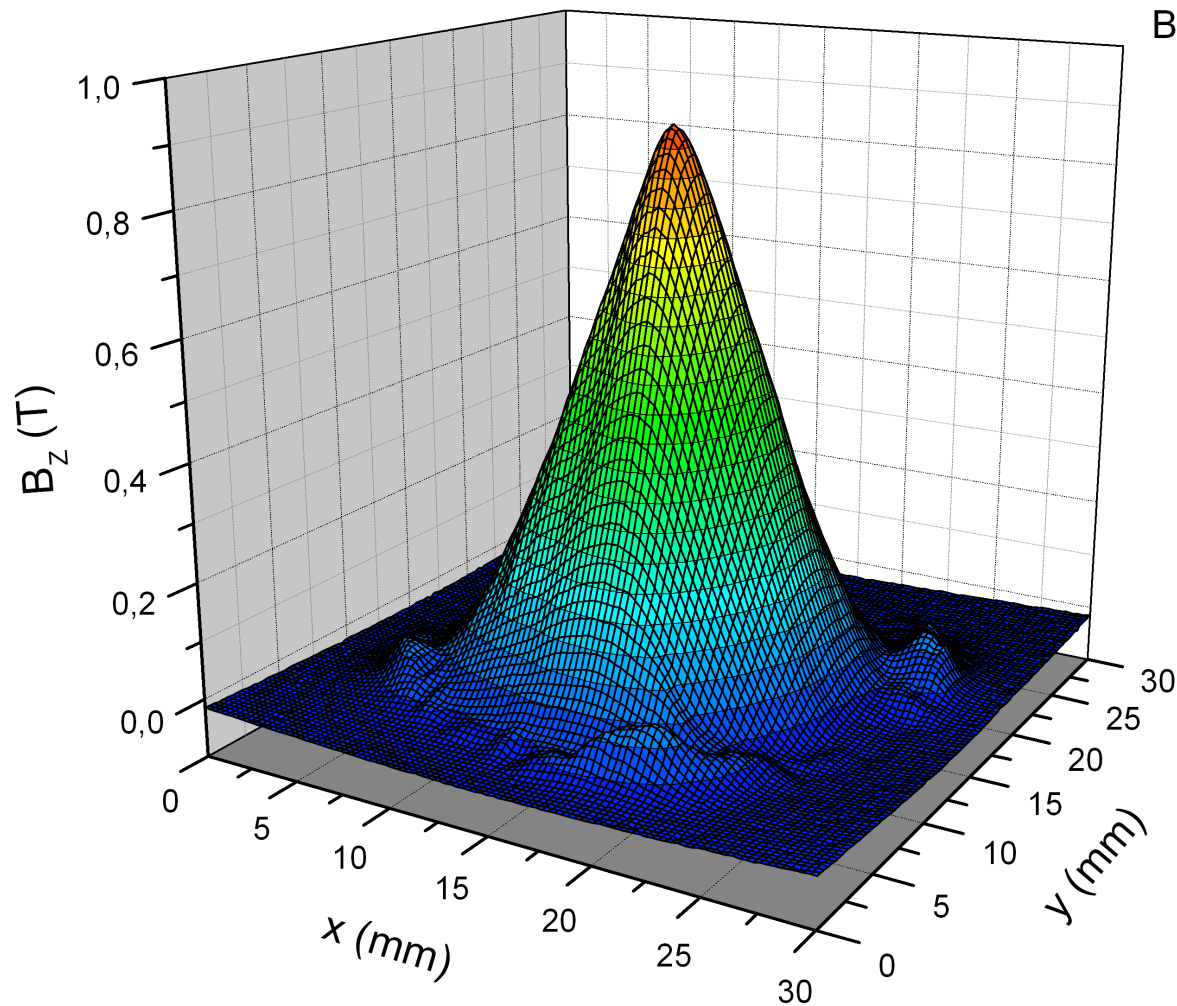
-pri prekročení potrebnej veľkosti poľa je zachytené pole nižšie v dôsledku ohriatia supravodiča



Príklady nameraného zachyteného poľa

Gd123 + 0.3 wt% Gd246

$B_{Z \max} = 903 \text{ mT}$



Výpočet prúdovej hustoty

-z Maxwellovej rovnice

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{B} = \left(\frac{\partial B_z}{\partial y} - \frac{\partial B_y}{\partial z}, \frac{\partial B_x}{\partial z} - \frac{\partial B_z}{\partial x}, \frac{\partial B_y}{\partial x} - \frac{\partial B_x}{\partial y} \right)$$

-uvažujeme statické polia --> $d\vec{E}/dt=0$

-v ideálnom prípade je vektor $\vec{B}$ kolmý na povrch vzorky --> $B_x = B_y = 0$

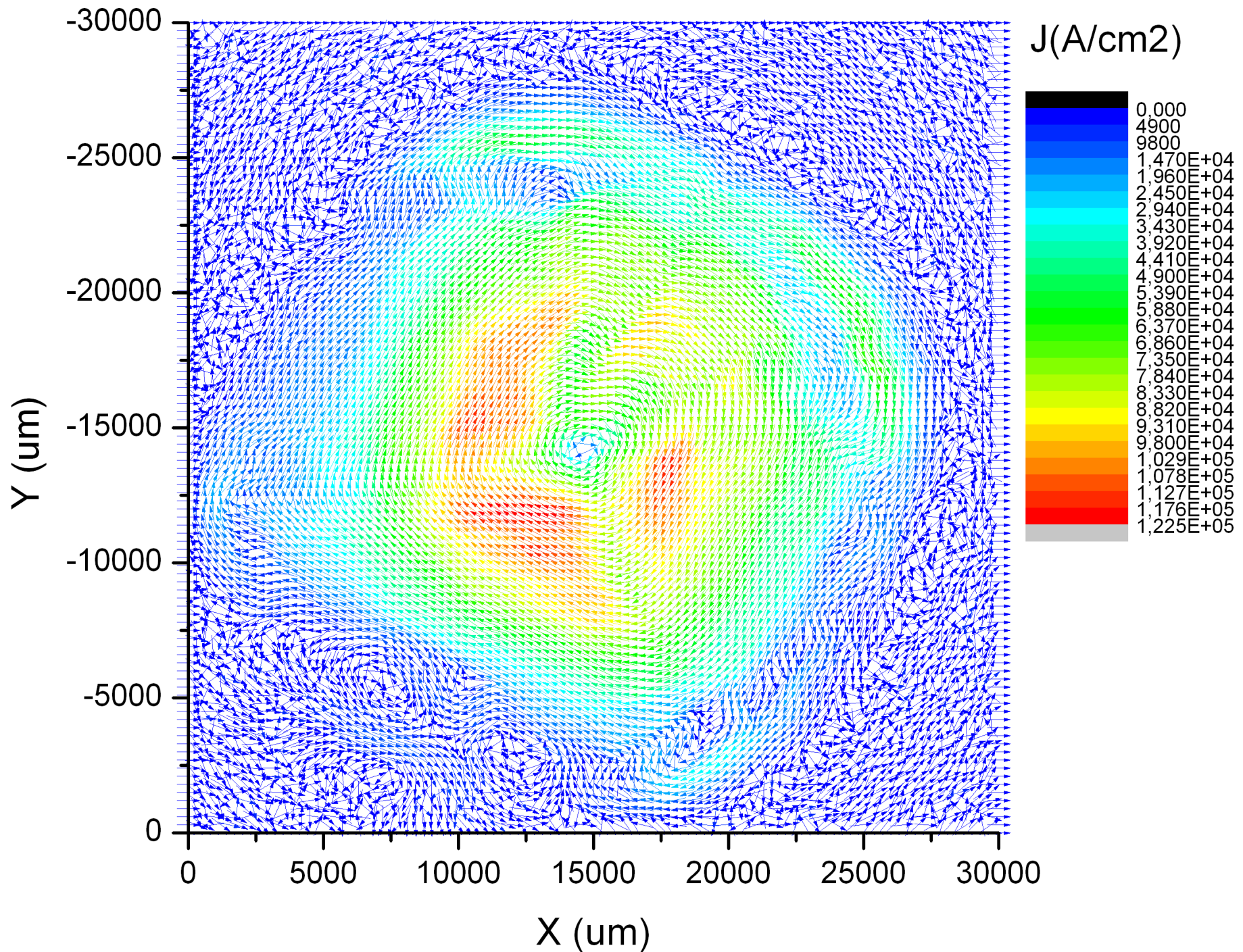
$$\mu_0 \vec{J} = \left(\frac{\partial B_z}{\partial y}, -\frac{\partial B_z}{\partial x} \right)$$

-pre diskkrétne hodnoty

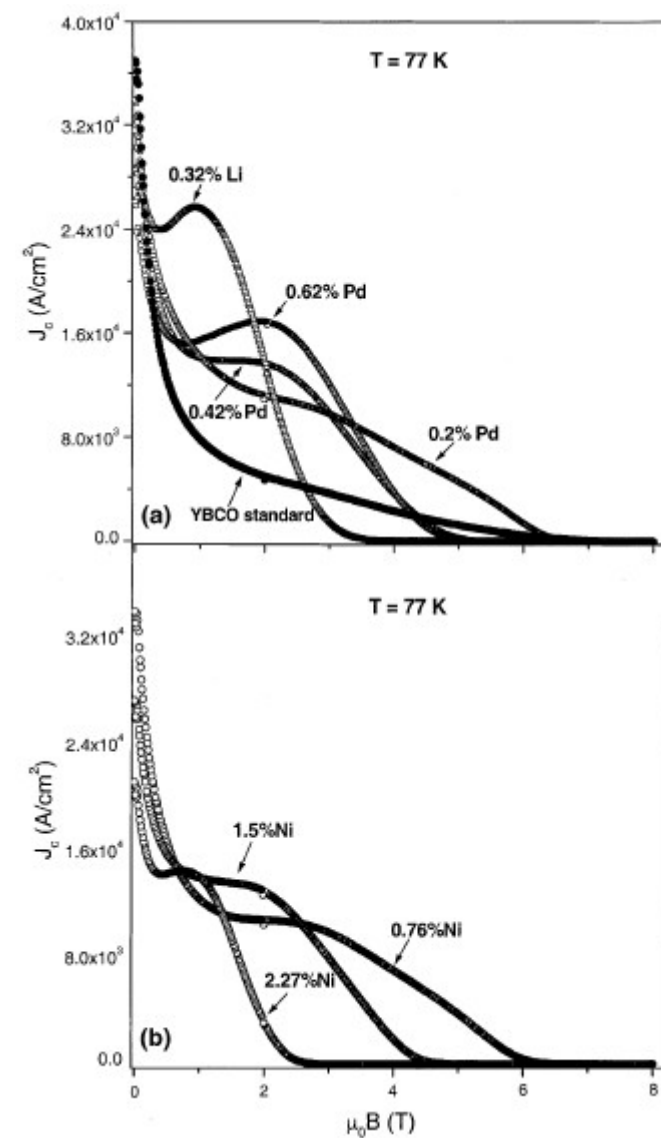
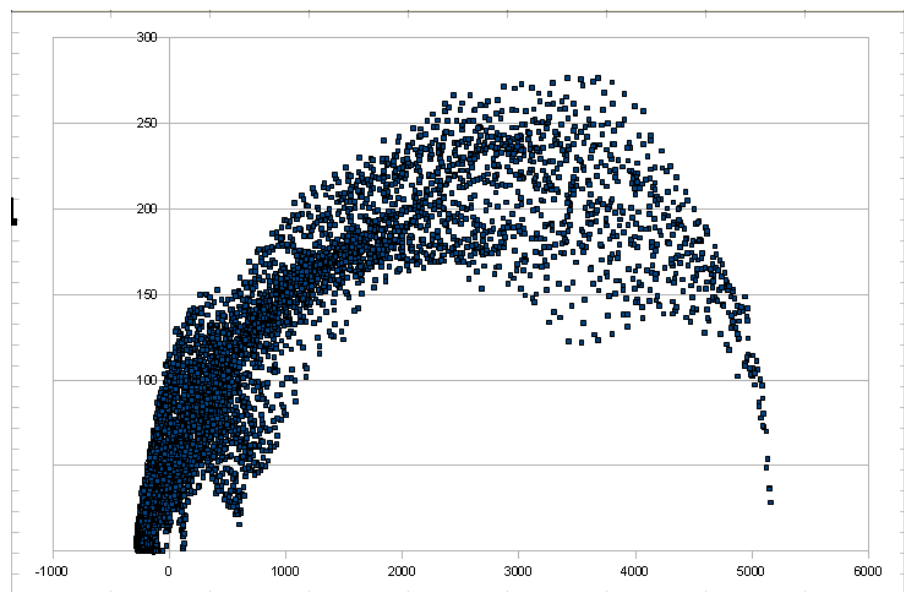
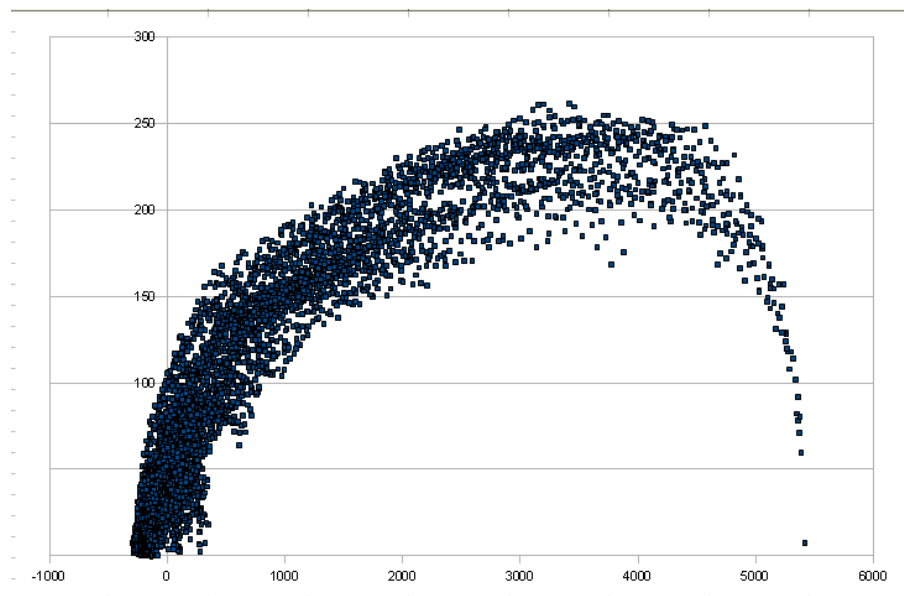
1, 1						1, n
			...			
			i, j-1			
	...	i-1, j	i, j	i+1, j	...	
			i, j+1			
			...			
m, 1						m, n

$$\mu_0 \vec{J}_{i,j} = \left(\frac{B_{i,j-1} - B_{i,j+1}}{2 \Delta y}, -\frac{B_{i-1,j} - B_{i+1,j}}{2 \Delta x} \right)$$

Prúdová hustota vypočítaná z magnetického poľa



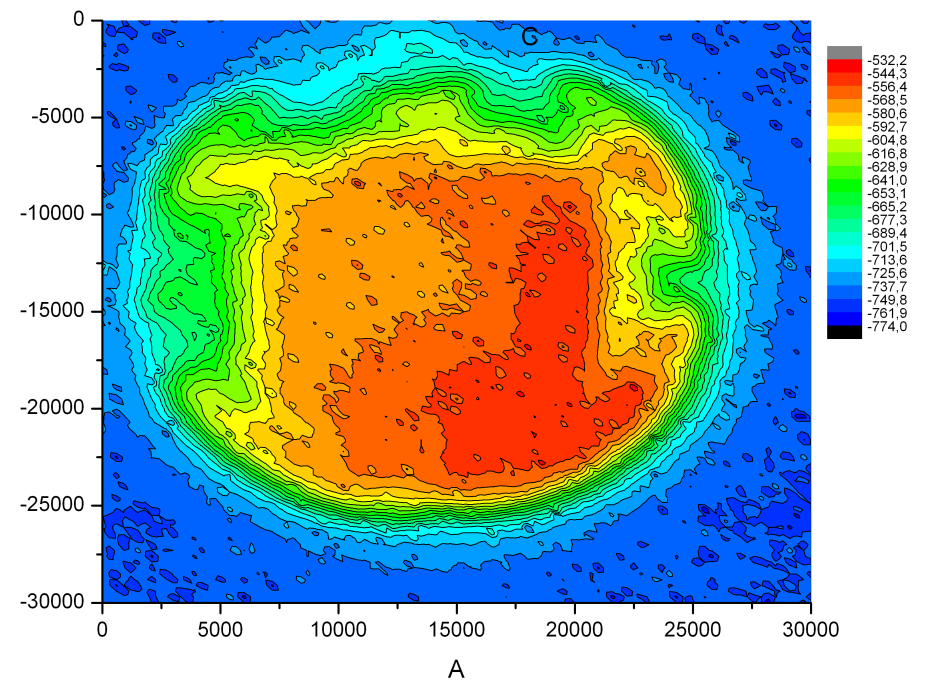
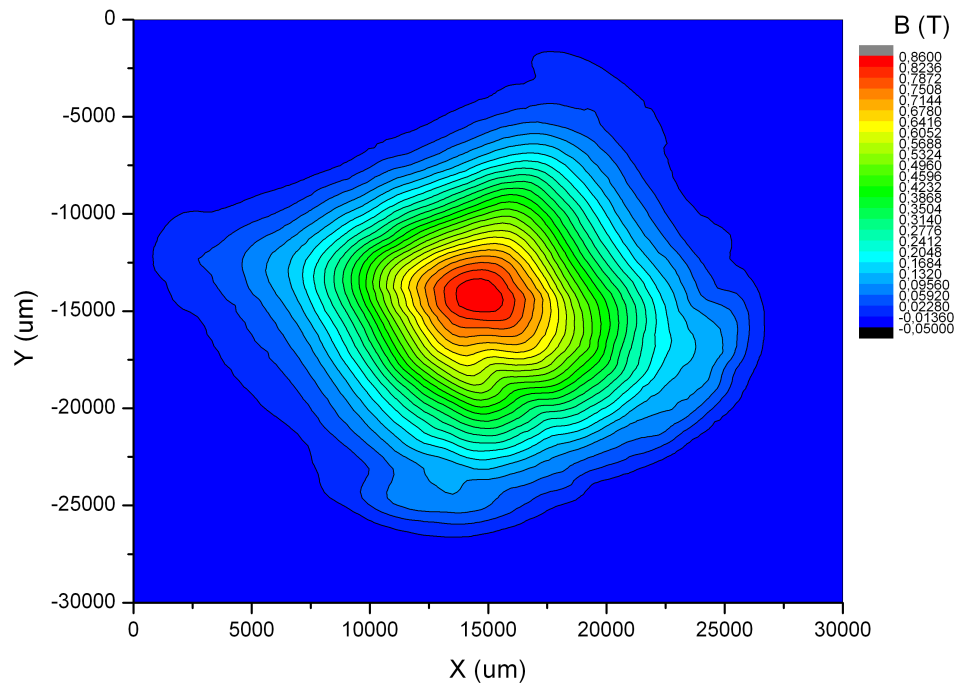
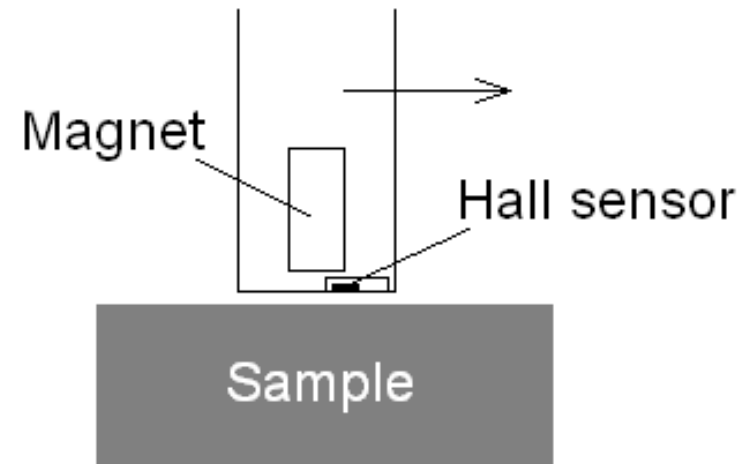
Závislosť prúdovej hustoty na indukcii mag. poľa



L. Shlyk et al. / Physica C 377 (2002)

Magnetoscan

- skenovanie povrchu supravodiča v poli lokálneho permanentného magnetu
- celý povrch je skenovaný za rovnakých podmienok (mag. indukcia)
- získané dáta sú z povrchu vzorky



Relaxacia zachyteného mag. poľa

vzorka A

čas mag. indukcia

$t_1=1860\text{s}$ $B_1=0,669\text{T}$

$t_2=4560\text{s}$ $B_2=0,622\text{T}$

$B_0=0,703\text{T}$

$\tau=37066\text{s}$

vzorka B

čas mag. indukcia

$t_1=2640\text{s}$ $B_1=72,68\text{mT}$

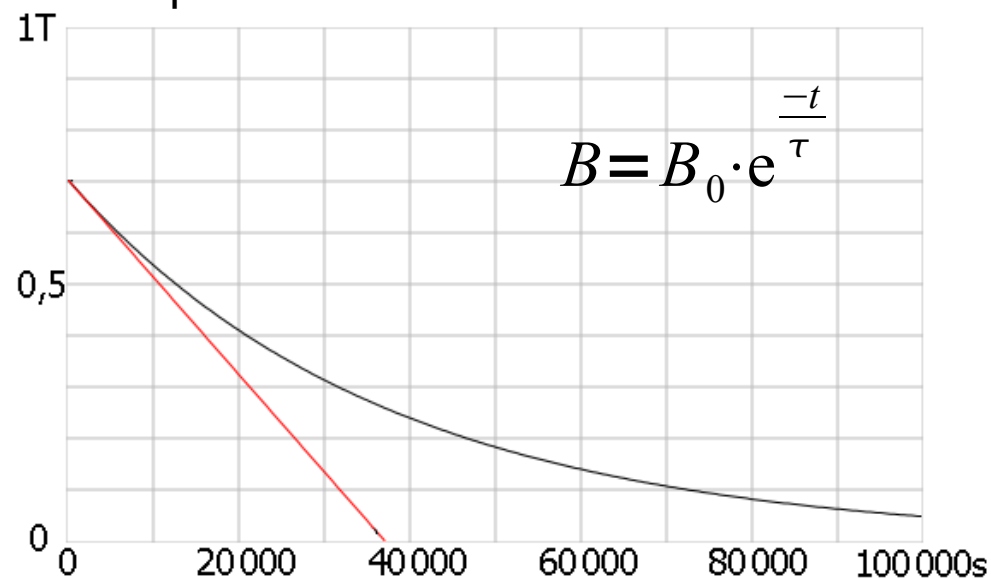
$t_2=4620\text{s}$ $B_2=68,97\text{mT}$

$t_3=6000\text{s}$ $B_3=68,31\text{mT}$

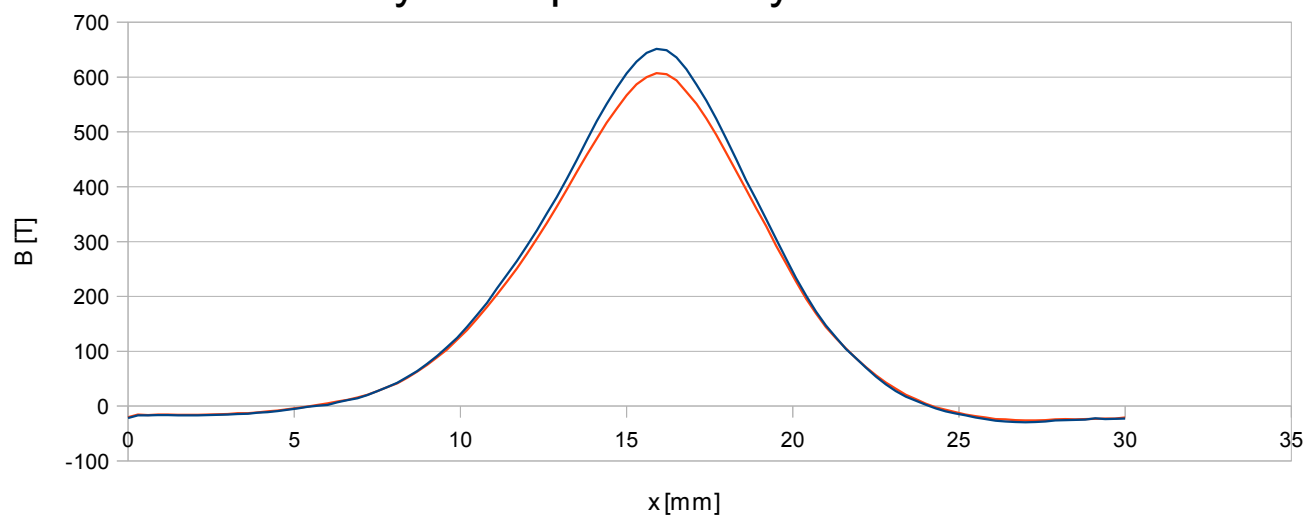
$B_0=76,13\text{mT}$

$\tau=52366\text{s}$

Predpokladaná závislosť



Profil zachytenho pola vzorky A



Presnosť merania

Vzdialenosť hallovej sondy od povrchu vzorky

- je približne 0,1mm $\pm$ 0,05mm (5%)

- zmenu vzdialenosti spôsobí aj doliatie dusíka cca 5 μ m (0,5%)

Teplota kvapalného dusíka

- vplyv atmosférického tlaku a chemického zloženia (kyslík, voda)

Rušivé signály

- pravdepodobne od krokových motorčekov

- 3mT (0,5%)

- vplyv hlavne na určenie prúdovej hustoty

- 5.10³ A/cm² (10%)

Ďakujem za pozornosť