

時間依存する Ginzburg Landau 方程式を用いた
超伝導体内の欠陥形状が超伝導特性に及ぼす影響の検討
Investigation of effect of pinning centers shape on superconducting property
by using TDGL equation

名大院工¹, 名大エコ研², [○]伊藤 慎太郎¹, 一野 祐亮^{1,2}, 吉田 隆¹

Nagoya Univ.¹, EcoTopia Science Institute, Nagoya Univ.²

[○]Shintaro Ito¹, Yuusuke Ichino, Yutaka Yoshida

E-mail : ito-shintaro13@ees.nagoya-u.ac.jp

研究背景>

第 II 種超伝導体において内部に侵入した量子化磁束の運動がエネルギー散逸を起こし J_c (臨界電流密度) が低下する。対策として常伝導体を超伝導体内部に人工ピン(APC)として導入し、量子化磁束運動の抑制が試みられている。一方で量子化磁束運動について計算機シミュレーションを利用し検討されており [1]、人工ピンを導入した場合もシミュレートされている [2]。しかし、機器応用を考えた場合に、超伝導体に対して様々な角度で磁場が印加されることが予測される。そのため、様々な角度の磁場においても効果的に磁束の運動を抑制できるようなピン形状の考案が必要であると考えられる。

以上の理由より本研究では第 II 種超伝導体内の人工ピンの形状及び分布が、 J_c (臨界電流密度) の磁場印加角度依存性に与える影響について検討することを目的とした。

シミュレーション方法>

本研究では、時間依存する Ginzburg-Landau 方程式 (TDGL equations) を計算機を用いて解き、磁束運動をシミュレートした。以下に使用した方程式を示す。

$$\gamma \left(\frac{\partial}{\partial t} - \frac{ie}{\hbar} \phi \right) \Delta + \alpha \Delta + \beta |\Delta|^2 \Delta + \frac{1}{4m} (-i\hbar \nabla + 2e\mathbf{A})^2 \Delta = 0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{\mu_0} \text{rot rot } \mathbf{A} = \frac{\hbar e}{2m} i (\Delta^* \nabla \Delta - \Delta \nabla \Delta^*) - \frac{e^2}{m} |\Delta|^2 \mathbf{A} - \sigma \left(\nabla \Delta + \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \right) \quad (2)$$

$\mathbf{A}$ はベクトルポテンシャル、 Δ は複素オーダーパラメータを表す。GL パラメータ $\kappa=3.0$ 、サイズ $10\xi_0 \times 15\xi_0 \times 15\xi_0$ の仮想第 II 種超伝導体を想定した。人工ピンは (a) 直径 $2\xi_0$ の直線的なナノロッド 2 本 (b) 直径 $2\xi_0$ の粒状のナノパーティクル 15 個の 2 種類を導入し比較を行った。

研究成果及び本研究の特色>

Fig.1 おいて、外部磁場 $=0.1675 B_{c2}$ を y 軸から z 軸方向へ 30° 傾けて印加した場合の内部のクーパー対密度分布を (a), (b) それぞれについて示す。

(a), (b) ともに磁束が 2 本観察され、磁場の印加角度 30° に対応した傾きを形成している。さらに、磁束線が (a), (b) で欠陥を通るように位置しており、両者において磁束形状が異なっている。異なる磁束形状から、電流印加の際には (a), (b) で磁束が受けるローレンツ力が異なり、磁束線の運動が異なることが予想できる。現時点で、磁場を任意の角度に傾けた状態での磁束形状を観察することに成功している。当日は、磁場と電流を印加した場合の磁束線の運動の様子を、様々な磁場の角度において行った結果を報告する予定である。

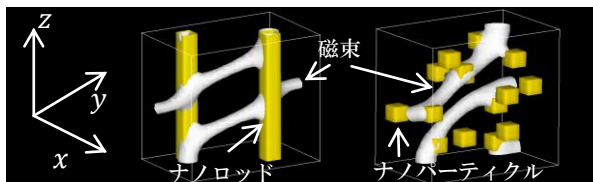


Fig.1 傾角 30° で磁場 $0.1675 B_{c2}$ を印加した際の超伝導体内のクーパー対密度

(a) ナノロッド 2 本 (b) ナノパーティクル 15 個

磁束を示す白い線は $|\Delta|^2 = 0.10$ である表面に一致する

参考文献>

[1] Masahiko Machida and Hideo Kaburaki Phys. Rev. Volume 71 Number 19 (1993)

[2] Ryuz Kato, Yoshihisa Enomoto, Sadamichi Maekawa, Phys. Rev. B (1993) Volume 47, Number 13

キーワード>

TDGL 方程式, 磁束線運動, 人工ピン, ナノロッド, ナノパーティクル