17p-A21-15

非対称ピンニングアレイにおける磁束ダイナミクスの二次元 TDGL 方程式を用いた数値シミュレーション

Numerical simulation of vortex dynamics in asymmetric pinning center arrays by means of two-dimensional TDGL equation

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

EcoTopia Science Institute, Nagoya Univ.[1], Nagoya Univ.[2]　°Y. Ichino[1,2], S. Ito[2], Y. Yoshida[2]

E-mail: ichino@nuee.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

金属系の超伝導薄膜に非対称な形のピニングセンターを導入し、交流ローレンツ力（交流電流）を印加すると量子化磁束が一方向に運動する磁束ラチェット効果が実験的にも理論的にも報告されている[1, 2]。また、直流電流でもローレンツ力方向に依存して電圧の立ち上がり方が異なることが実験的に確認されている[2]。

本研究では、この非対称ピンニングセンターによるラチェット効果を電力輸送用超伝導線材に適用した場合に、電流輸送特性に与える影響を明らかにすることを目的とした。このため、2 次元時間依存 GL（2D-TDGL）方程式を用いて、非対称ピンニングセンターを導入した二次元超伝導体における電流輸送特性について数値シミュレーションを行った。

2. シミュレーションモデル

2D-TDGL 方程式はリンク変数を用いて離散化し、オーダーパラメータとリンク変数の時間発展を計算した[3]。シミュレーションモデルは Fig. 1 に示したように、直径 $3\xi_0$ の非超伝導ドットを三角形に並べたサブラティスを間隔 $8\xi_0$ で四角格子状に並べた非対称ピンニングセンターを用いた。ここで、ξ_0 は 0 K におけるコヒーレンス長である。東西境界は周期境界条件、南北境界は真空と接しているとした。電流は東西方向に印加し、西から東に流れる方向を正方向(+J)とし、磁場 B_{ex} は紙面垂直方向に印加した。

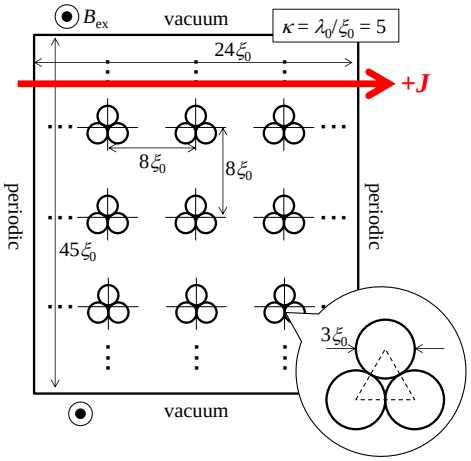


Fig. 1 Schematic drawing of the simulation model.

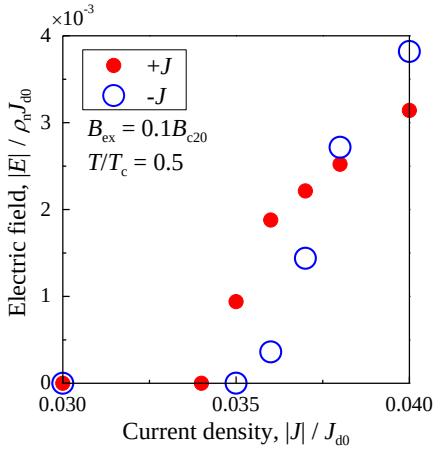


Fig. 2 Dimensionless |E|-|J| curves of the model in Fig. 1. The current was applied toward the right (+J) and the left (-J). The both axes are absolute values.

3. 実験結果及び考察

Fig. 2 に|E|-|J|特性を示す。J は 0 K の対破壊電流密度 J_{d0}、E は常伝導状態の電場（$\rho_n J_{d0}$、ρ_n は常伝導抵抗率）で無次元化している。また、B_{ex} は四角格子のマッチング磁場とほぼ同じである $0.1B_{c20}$ を印加した。ここで B_{c20} は 0 K の上部臨界磁場である。

図より、電流が負方向(-J)の場合に電場の立ち上がりが緩やかであり、電流方向に対して非対称な E-J 曲線が得られた。ラチェット効果の働く方向は印加磁場や電流値によっても影響されるため、今後、様々な条件下で数値計算を行い、非対称ピンニングセンター導入時の磁束量子ダイナミクスを明らかにする。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(19676005, 23226014 及び 25289358)からの助成を受けて実施したものである。

参考文献

[1] C. S. Lee et al., Nature 400 (1999) 337

[2] J. Van de Vondel et al., Phys. Rev. Lett. 94 (2005) 057003

[3] R. Kato et al. Phys. Rev. B, 47 (1993) 8016

© 2014 年　応用物理学会