

超伝導ナノ微小板と超伝導ネットワークの渦糸状態

石田武和, 末松久孝, 松島吉明, 南佑亮, 加藤勝, 林正彦^B, 海老澤丕道^C
 大阪府大大学院工学研究科電子・数物系専攻、ナノファブ리케이션研究所
^B秋田大学教育学部、^C東北大学教養教育院

超伝導はコヒーレンス長を相関距離とするやや広がりを持ったスケールで起こる現象である。磁束の量子化は超伝導特有の事象である。バルク状態での磁束量子もよくその性質が理解されている。サイズを小さくすると渦糸状態も大きな影響を受ける。その新奇な状態の利用価値は高い。ここでは、非常に小さいナノサイズの超伝導体の渦糸状態と超伝導体ネットワーク上での渦糸状態について議論する。

ナノサイズ超伝導体の示す新奇な渦糸状態として巨大磁束量子がある。Bogoliubov-de Gennes 方程式を数値的に解くことで STS によって観測可能な巨視的磁束量子の局所状態密度を計算した。図 1 はエネルギー絶対値が同じでそれぞれ (a) 正のエネルギー、(b) 負のエネルギーでの局所状態密度である。局所状態密度が (a) では中央でディップ構造を持ち、(b) では極大値を持つ特徴がある。ところが、通常の磁束量子では、この関係が反転するのである。それを利用して、巨大磁束量子の同定基準とすることを新たに提案する。巨大磁束量子に取っては、ナノ微小板は「十分に狭い」ことによる新奇な効果と形容できる。

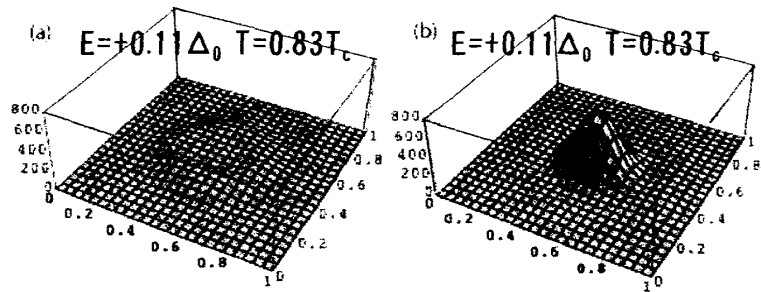


図 1; 巨大磁束量子の局所状態密度

有限サイズの 10×10 正方格子の超伝導ネットワークを電子ビーム描画装置とリフトオフ法によりシリコン基板上に Pb (膜厚 200 nm) 正方格子ネットワークを作製した。試料は格子定数 $10 \mu\text{m}$ 、線幅 $2 \mu\text{m}$ である。SQUID 顕微鏡を用いて試料表面のボルテックス分布を観測した。図 2 に SQUID 顕微鏡による測定結果を示した。白い領域が高磁場部分すなわちボルテックスを示す。磁場は $1/2 H_\phi$ ($x=0.5$) でボルテックスのチェッカーボード結晶が見いだされた。これは、Ginzburg-Landau 理論による計算とよい一致を示す。また、 $x=0.25$ と $x=1-0.25=0.75$ のボルテックス配置を比較すると、ボルテックス配置が反転していた。この対称性は粒子-反粒子対称性として理解できる。また、エネルギー縮退の破れは、乱れが原因であると考えている。

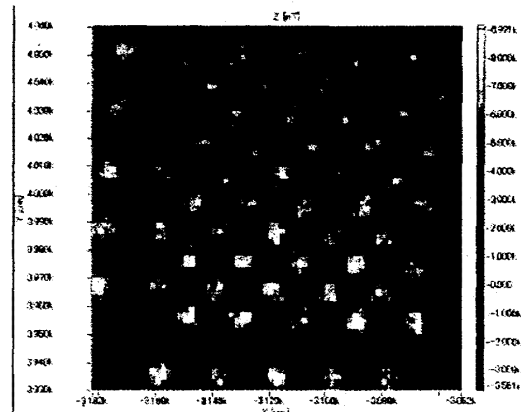


図 2; 10×10 ネットワークの SQUID 顕微鏡測定結果