希塩酸法で作製した Bi,Sr,CaCu,O, 固有ジョセフソン接合デバイスと微構造観察

Microstructural analysis of Bi₂Sr₂CaCu₂O_y intrinsic Josephson junction devices prepared by a dilute hydrochloric acid method

長岡技術科学大学 極限エネルギー密度工学研究センター¹, 電気系², 情報通信研究機構³

⁰小瀧 侑央¹, 西方 翼², 川上 彰³, 加藤 孝弘², 安井 寛治², 鈴木 常生¹, 中山 忠親¹, 末松 久幸¹, 新原 晧一¹

Y. Kotaki¹, T. Tsubasa², A. Kawakami³, T. Kato², T. Suzuki¹, T. Nakayama¹, K. Yasui², H. Suematu¹ and K.Niihara¹

Extreme Energy Density Research Institute, Nagaoka University of Technology¹

Dept. Elec., Nagaoka University of Technology²

Advanced ICT Research Institute, National Institute of Information and Communications Technology³

E-mail: †k_yukio@etigo.nagaokaut.ac.jp

Kleiner らによって高温超伝導体 Bi₂Sr₂CaCu₂O_v(Bi-2212)中の固有ジョセフソン効果が発見されて以来 [1]、精力的にジョセフソン接合に関する基礎特性が研究されてきた。また、多くの研究者によって THz 発振器、SQUID などのアプリケーションの開発が行われてきた。 デバイス中に存在する固有ジョセフソ ン接合は一般的には Bi-2212 結晶上に Ar イオンミリング法もしくは集束イオンビーム法を用いることで 作製される。しかし、これらの加速イオンによる物理エッチング法を用いてデバイスを作製する場合、 Nb/Al+AlOx/Nb トンネル接合の作製における接合端部やバリヤー層に発生するエッチングダメージと同 様の現象が懸念される。Nb を用いたトンネル接合の例ではエッチングダメージを軽減・除去し高品質な デバイスを作製するために、selective niobium anodization process(SNAP法) [2]が開発された。近年、SNAP 法を参考に高温超伝導体 Bi-2212 を用いたデバイスの作製法として加速イオンを用いず、物理エッチン グを用いない希塩酸法が開発された[3]。希塩酸法は Bi-2212 結晶が塩酸と触れることで絶縁体である BiOCI に改質する性質を利用し、フォトリソグラフィー技術と合わせ用いることでデバイスを作製する 技術である。現在までに Bi-2212 結晶と改質された BiOCl の方位関係が[100]Bi-2212//[110]BiOCl かつ [001]Bi-2212//[001]BiOCl となることがわかっている。しかしながら Bi-2212 と BiOCl の界面構造や BiOCl の成長メカニズムは解明されていなかった。本稿では界面微構造の観察と成長メカニズムの解明を目的 とする。透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて観察した結果、Bi-2212 単結晶上に BiOCl は[001] Bi-212//[001]BiOCl、 [100] Bi-212//[110]BiOCIの方位関係を持ちながら成長する再現性が確認された。更に BiOCI は(001)面と(100) 面をファセット面としてステップ状に成長することが新たに分かった。表面エネルギーと結合エネルギ ーの間には正の相関があることが知られている[4]。Cu-O 結合手に着目し、Bi-2212 の(001)面から(100) 面まで単位面積当たりの Cu-O 結合手密度を Fig.2 に示す。計算結果よりステップ状に成長する場合はし ない場合に比べて Cu-O 結合手密度が 0.96 倍に減少した。これにより表面エネルギーが低くなりステッ プを生じるのではないかと結論付けた。



Fig.1 Bi-2212 と BiOCl の界面の TEM 像

Fig.2 単位面積あたりのCu-O 結合手密度

参考文献

[1] R. Kleiner et al., Phys. Rev. Lett., vol.68 (1992) pp.2394-2397.

- [2] H. Kroger et al., Appl. Phys. Lett., vol.39 (1981) pp.280-282.
- [3] T. Kato et al., Cryogenics, vol.52 (2012) pp.398-402.

[4] 藤吉 敏生:紛体工学の基礎,2章,pp.59-63(日刊工業新聞社,1992).