

水素アニール処理による固有ジョセフソン接合特性の観測

Observation of Intrinsic Josephson Junction Characteristics

by Using Hydrogen Annealing

米子高専¹, 物材機構², 筑波大³, 東京理科大⁴, 豊田高専⁵, 鳥取大⁶

○田中 博美¹, 松本 凌^{2,3}, 吉川 英樹², 木下 健太郎⁴, 及川 大⁵, 高野 義彦^{2,3}, 岸田 悟⁶

NIT, Yonago College¹, NIMS², Univ. of Tsukuba³, Tokyo Univ. of Science⁴, NIT, Toyota College⁵,

Tottori Univ.⁶, °Hiromi Tanaka¹, Ryo Matsumoto^{2,3}, Hideki Yoshikawa², Kentaro Kinoshita⁴,

Dai Oikawa⁵, Yoshihiko Takano^{2,3}, and Satoru Kishida⁶

E-mail: hitanaka@yonago-k.ac.jp

1. 序論

固有ジョセフソントネルデバイス(以後, IJJ デバイス)は, 高温超伝導体を用いた SQUID, テラヘルツ波発振器や量子ビットを実現できるポテンシャルを有する. そのため近年, 再び注目を集めている.

しかしながら, IJJ デバイスを作製するためには一般に, イオン注入やイオンビームエッチングおよびリソグラフィなど高度で複雑な技術が必要である. 加えて, コスト面でも実用化に不向きである.

そこで本研究では, IJJ デバイスを簡便かつ安価に作製する方法を提案する. 具体的には IJJ を結晶構造内に有する Bi 系高温超伝導体に“水素アニール処理”を施す. そして, 意図的に超伝導特性を部分劣化させることで電流経路を IJJ が存在する方向に偏向させ, IJJ 特性を引き出す.

また, 水素アニール処理は高温超伝導体の特性を, 面内および面間方向に均一制御できる. そのため, 優れた特性を有する IJJ デバイスが得られると期待される.

2. 実験方法

最初に, 10mm×5mm×0.3mm の $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ (Bi-2212)超伝導単結晶を劈開し, 清浄面を出す. そして単結晶劈開面上に銀ペーストを用いて電極を 4 つ形成する. その試料を 2% H_2 +98% N_2 の水素雰囲気中, 400℃で 15-30min 加熱処理する.

水素アニール処理を施した試料の特性評価は抵抗-温度特性, 電流-電圧(I-V)特性, 電子線プローブ微小部分分析, 4.75keV の放射光を用いた光電子分光(HX-PES)などにより行った. 特に HX-PES 測定は, SPring-8 BL15XU において角度分解 XPS 装置を用いて行った.

3. 結果と検討

図 1 に水素アニール処理済 Bi-2212 超伝導単結

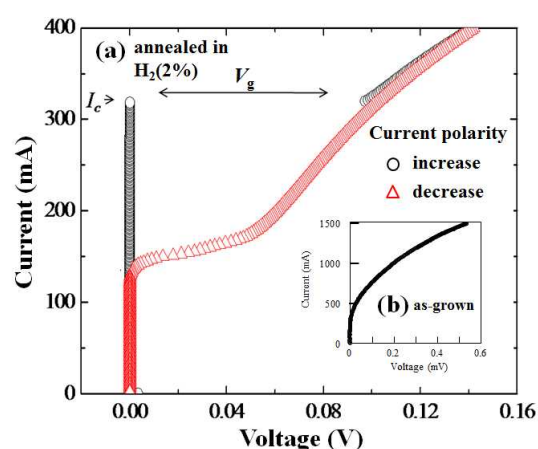


図1 水素アニール処理を施した Bi-2212 超伝導単結晶の I-V 特性 (アニール条件: 400℃, 30min) (挿入図は as-grown 時の特性)

晶の I-V 特性を示す. 図に示されるように 400℃で水素アニール処理を施すと, 明瞭な電圧の飛びが観測された. 電圧の飛びは $I = 320\text{mA}$ において観測され, その大きさは 100mV 程度であった. この I-V 特性では電流・電圧増減時におけるヒステリシスも観測された. 従って水素アニール処理済 Bi-2212 超伝導単結晶で観測された電圧の飛びはジョセフソン接合に由来するものであると考えられる.

また, 水素アニール処理済 Bi-2212 超伝導単結晶において HX-PES 測定を行った. その結果, 水素アニール処理により $\text{Cu}2p$ 光電子スペクトルのサテライトピーク ($2p^53d^9$)強度が著しく低下していることが分かった. サテライトピーク強度の低下は Cu 価数の低下を意味する. また Cu 価数の低下は, 超伝導特性が低下したことを示唆する.

従って, 水素アニール処理が Bi-2212 超伝導単結晶の超伝導特性ひいては電流経路を変化させ, IJJ デバイスの形成に繋がったと考えられる.