

研究テーマ： 超高感度磁気センサーへの応用を目指した 高温超伝導ジョセフソン接合素子の作製

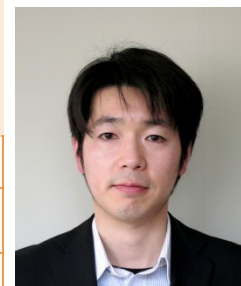
氏名： 田中 博美 / Hiromi Tanaka E-mail: hitanaka@yonago-k.ac.jp

所属・職名： 電気電子部門 教授 学位： 博士(工学)

所属学会・協会： 応用物理学会，電気学会，日本結晶学会

キーワード： 磁気センサー、ジョセフソン接合、銅酸化物高温超伝導体、水浸処理

連携可能企業・業種等： 医療・電気・電子・化学・輸送



研究内容：

超伝導体は、超伝導量子干渉計（SQUID：Superconducting Quantum Interference Device）など高感度磁気センサーへの研究が盛んに行われている。この高感度磁気センサーを使用した脳磁計や非破壊検査などにより、今までに調べることの出来なかった生体内の隠れた異常を検出することができる。SQUID の作製には、一般にはジョセフソン接合の形成が必要となる。ジョセフソン接合とは、nm オーダーの薄い絶縁層を 2 つの超伝導層で挟んだ構造をしており、超伝導電流が絶縁層をトンネルすることで流れる。

しかしながら現在、実用化されている SQUID センサーは加工しやすい金属系の低温超伝導体を用いて作製されている。そのため、冷媒に液体ヘリウムを使用する必要があり、大きな冷却負荷が問題となっている。

そこで我々は、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_y$ ($n=1-3$) 高温超伝導体針状結晶（以後、Bi 系高温超伝導ウィスカー）に着目した。Bi 系高温超伝導ウィスカーは臨界温度（ T_c ）が 90K 以上あるため、冷媒として安価な液体窒素を用いることができる。また、図 1 に示すように Bi 系高温超伝導ウィスカーは、as-grown で結晶構造中に面間方向（c 軸方向）と平行に超伝導層 - 絶縁層 - 超伝導層のジョセフソン接合を有している（固有ジョセフソン接合：IJJ）。従って、超伝導体の一部を改質して c 軸方向に電流を偏向することができれば、ジョセフソン接合の特性を容易に利用することができる。一方で、Bi 系高温超伝導体は c 軸方向に高い抵抗率を有し（ $\rho_c > 10^3 \rho_{ab}$ ），電流を偏向することが容易ではない。そのため現状では、集束イオンビーム（FIB：Focused Ion Beam）加工等を用いて電流を強制的に c 軸方向に偏向している。この FIB は高価で複雑な技術であり、高感度磁気センサーの大量生産には向いていない。

そこで我々は、安価で簡単なプロセスにより Bi 系高温超伝導ウィスカーの c 軸方向に電流を偏向し、固有ジョセフソン接合素子を作製する手法を提案した。提案した手法は“水浸処理法”であり、超伝導体を水に浸けるだけという簡単な手法である。図 2 に示すように、水浸処理法により Bi 系高温超伝導ウィスカー表面を部分的に水浸処理する。この処理により、表面の電極間に水酸化物（絶縁層）が形成され、電流経路が面内方向から c 軸方向に偏向できるようになった。実際、図 3 に示すように I-V 特性において不連続的な電圧の飛び（矢印①）とヒステリシス（矢印②）が観測された。従って、非常に簡易な方法でジョセフソン接合デバイスが作製できた。

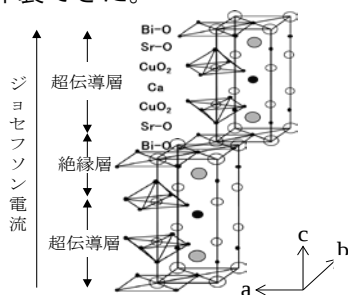


図 1 Bi 系高温超伝導体の結晶構造

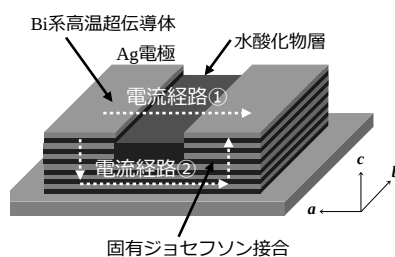


図 2 水浸処理法で作製したデバイスの模式図

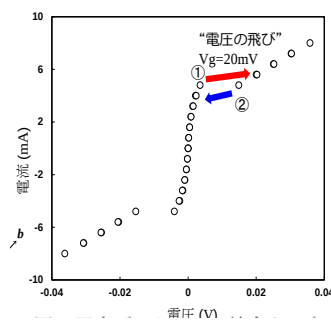


図 3 水浸処理法で作製したデバイスの I-V 特性

過去の企業等連携実績・
その他アピールポイント等

- ・東芝テック株式会社
- ・山陰酸素工業株式会社
- ・株式会社入江産業