

2000年 1月/2日

電子・情報工学専攻	学籍番号	911310
申請者氏名	田 中 実	

指導教官氏名	太田 昭男
--------	-------

## 論 文 要 旨 (博士)

論文題目	スクリーン印刷 Bi 系酸化物超伝導厚膜の微細組織と超伝導特性に関する研究
------	---------------------------------------

酸化物超伝導体は直流電流を通電した際に電気抵抗が零となる性質だけでなく、マイクロ波帯のような高周波を照射した際にも導体損失が小さくなり、広範囲な工業応用が期待される。本論文ではスクリーン印刷 Bi 系酸化物超伝導厚膜を超伝導マグネットやマイクロ波デバイスに応用することを念頭におき、この材料の微細組織が直流磁場中の臨界電流密度 ( $J_c$ ) やマイクロ波帯の表面抵抗 ( $R_s$ ) に及ぼす影響を明らかにすることを主な目的とする。

超伝導結晶粒の  $c$  軸が膜面に垂直に配向したスクリーン印刷  $(\text{Bi,Pb})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  (Bi2223 相) テープの直流磁場中の臨界電流密度  $J_c(T, B, \theta)$  は、直流四端子法を用いて、5~77K の温度範囲、0~8T の磁場範囲、超伝導テープの膜面に垂直方向と磁場方向のなす角度を  $\theta$  として 0~180° の磁場角度範囲で測定した。30K 以下になると、Bi2223 相テープの  $J_c(\theta)$  は膜面に平行な磁場方向 ( $\theta=90^\circ$ ) から少しずれた角度で最大値を示し、この角度を基準に非対称な振る舞いを示した。このような  $J_c(\theta)$  の非対称性は、膜面に垂直な磁場成分のみが  $J_c(\theta)$  に影響を及ぼすとし、磁場の大きさが同一であっても、結晶粒間の弱結合部分に起因して増磁過程と減磁過程で  $J_c$  が異なる「 $J_c$  の履歴現象」により説明できることが明らかとなった。温度を上昇させると履歴現象はほとんどみられなくなり、結果として  $J_c(\theta)$  は  $\theta=90^\circ$  で最大値となり、この角度を基準に対称な振る舞いを示した。

超伝導厚膜のマイクロ波帯の  $R_s$  は、共振周波数 10.7GHz,  $\text{TE}_{011}$  モードの誘電体共振器法を用いて 20~120K の温度範囲で測定した。銀基板上に作製したスクリーン印刷 Bi2223 相厚膜の  $R_s$  は、850°C で 50h の焼結とプレス加工を 4 回繰り返すことにより、100K 以下で常伝導金属の銅の値を下回り 77K で 1.7m $\Omega$ , 30K で 0.3m $\Omega$  の値を得ることに成功した。私の知る限り、これまでに報告された Bi 系酸化物超伝導厚膜の最低記録である。銀のかわりに MgO や  $\text{Ba}(\text{Sn,Mg,Ta})\text{O}_3$  誘電体基板上に作製したスクリーン印刷 Bi2223 相厚膜は  $R_s$  がやや劣るが、それでも 80K 以下で銅の値を下回る優れた特性を示した。実用化に向けて、Bi2223 相厚膜を電極に持つ  $\text{TM}_{010}$  モード誘電体共振器を試作した。この共振器の無負荷  $Q$  は、銀を電極に持つ同一構造の共振器の値を 90K で上回り、77K で約 4 倍、20K で約 10 倍の値を示した。これより、スクリーン印刷 Bi2223 相厚膜がマイクロ波デバイス用の材料として有望であることが世界で始めて示された。

部分熔融プロセスで作製したスクリーン印刷  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_x$  (Bi2212 相) 厚膜は、作製プロセスに含まれる各種パラメーターを変化させると、微細組織の変化に伴い  $R_s$  に影響を及ぼすことが明らかとなった。作製条件の最適化を行なうと、10.7GHz, 20K で 1.5 m $\Omega$  の値が得られた。私の知る限り、これまでに報告された部分熔融プロセスで作製した Bi2212 相厚膜の最低記録である。 $R_s$  の支配因子を調べるため、厚膜表面の微細組織を観察した。20K で低い  $R_s$  を有する厚膜は超伝導結晶サイズが大きく、結晶粒の  $c$  軸が膜面に垂直に配向し、さらに、不純物量が少なくなっていた。これらの結果は、Bi2212 相厚膜の残留抵抗が結晶粒間の弱結合で発生する損失に依存することを示唆している。