

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 佐藤 睦

本論文は、ジョセフソン接合の集積化において有利とされる超伝導層/常伝導層/超伝導層 (S-N-S) 型の接合の候補として、格子整合性の良い $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ / $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (NBCO/PBCO) の組み合わせに着目し、その特性の測定を行うことにより、S-N-S 型ランプエッジ接合特性において優れていることを明らかにしたものである。論文は、7章から構成されている。

第1章は緒言で、S-N-S 型ランプエッジ接合を作製するための有力な材料候補として、格子整合性の観点より NBCO/PBCO の組み合わせに着目したことを述べ、本研究の目的としては、同接合の特性の測定を行うことにより、本材料の S-N-S 型接合への適用性について評価を行うことであるとしている。

第2章では、本研究に関連する基礎知見の説明として、高温超伝導体の一般的特徴、ジョセフソン効果の概要、高温超伝導薄膜の各種成膜法の特徴、各種薄膜評価法の特徴、NBCO と PBCO の物性について概要をまとめている。

第3章では、本研究で用いた実験条件の説明として、成膜装置、成膜プロセス、基板材料、ターゲット、基板温度把握法、パターニング用装置・材料、試料の電気計測の条件についてまとめている。

第4章では、NBCO/PBCO 積層接合を作成するための予備的な知見を得るため、NBCO と PBCO の各薄膜、及び NBCO/PBCO 多層膜の作製と特性評価を行った結果をまとめている。(100) 及び (001) YBCO 単結晶、(001) NBCO 単結晶を基板とする a 軸配向性 PBCO 薄膜の作製においては、良好な構造特性を持つ薄膜の作製に成功したが、(001) YBCO 単結晶上の a 軸配向性 PBCO 薄膜では、抵抗率が小さく、a 軸配向性 PBCO を障壁層に用いる上で懸念が残る結果が得られた。この結果を受けて、PBCO に Co をドーピングした a 軸配向性 $\text{PrBa}_2\text{Cu}_{2.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{7-\delta}$ 薄膜の作製を行ったところ、抵抗率の増加が確認され、障壁層として使用できる見込みを得たとして、次章以下での積層型ジョセフソン接合作製に対する指針を得たとしている。

第5章では、a 軸配向性 NBCO/PBCO/NBCO トライレイヤー接合を作製し、特性評価を行った結果をまとめている。主要な結果として、NBCO/PBCO 系接合の方が、文献で報告されている YBCO/PBCO 系接合より、大きな $I_c R_n$ 積値を持つポテンシャルを有し、マイクロ波応答特性、磁場応答性もより優れており、安定したジョセフソン効果が生じていることが明らかになったとしている。

第6章では、c 軸配向性 NBCO/PBCO/NBCO トライレイヤー接合を作製し、その特性評価を行った結果をまとめている。電流・電圧特性は、S-N-S 型であり、 $I_c R_n$ 積値は他文献による YBCO/PBCO 系接合に比べ大きいことが示され、またマイクロ波電力依存性も明白に観測でき、安定したジョセフソン効果が生じていることが明らかになったとしている。

第7章は結論であり、界面改質型ランプエッジ接合を利用した集積回路作製の基礎として、NBCO と PBCO の格子整合性の良い結晶の組み合わせにより、安定した積層膜のエピタキシャル成長を可能とし、a 軸配向性、並びに c 軸配向性の NBCO/PBCO/NBCO 型トライレイヤー接合を作製することに成功したこと、さらにその特性評価を行うことにより、それらがジョセフソン接合としての優れ

た特性を有することを明らかにしたことを述べている。

以上を要するに、本論文は Nd と Pr のイオン半径が非常に近いことに着目し、NBCO/PBCO/NBCO 型トライレイヤー接合を作製し、その特性評価を行うことにより、S-N-S 型ジョセフソン接合を利用する SFQ 集積回路適用性において、本接合が優れた特性を有するものであることを明らかにしたものである。この成果はシステム量子工学のみならず、量子デバイス工学など、広く工学の進歩に貢献するところが少なくない。よって本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。