



Title	新超伝導体MgB2の薄膜化とジョセフソン接合作製に関する研究
Author(s)	島影, 尚
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45795">https://hdl.handle.net/11094/45795</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	しま かげ ひさし 島 影 尚
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 19515 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 17 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電気工学専攻
学 位 論 文 名	新超伝導体 $\text{MgB}_2$ の薄膜化とジョセフソン接合作製に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 斗内 政吉 (副査) 教 授 佐々木孝友    教 授 伊藤 利通    助教授 村上 博成

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、新しい超伝導物質として世界から注目を浴びている  $\text{MgB}_2$  において、将来の超伝導エレクトロニクスへの応用を視野に入れた、薄膜の作成及び、作成された薄膜を用いたジョセフソン接合の作成を行った。さらに、薄膜については、様々な観点からの特性評価を、接合については、エレクトロニクス応用を視野に入れた特性評価を行った。以下に学位論文の要旨を述べる。

第 1 章では、本研究の行われた背景について述べ、その中で本研究の位置付け及び、重要性を明らかにした後、研究論文の構成について述べた。

第 2 章では、 $\text{MgB}_2$  の基本物性について述べた。その中で、薄膜作成において重要となる相図や、ジョセフソン接合の特性でみられることが予想される二つの超伝導ギャップ電圧の存在について述べた。これらのことにより、 $\text{MgB}_2$  の低温プロセスによる薄膜作成の可能性を明らかにし、超伝導エレクトロニクスにとって、期待できる材料であることを示した。

第 3 章では、 $\text{MgB}_2$  薄膜の共蒸着法とスパッタリング法による作成法について述べ、得られた薄膜試料の特性を評価した結果について述べた。低温成長にもかかわらず、臨界温度が 35 K を超える高品質な薄膜を作成する技術が確立できたことを述べた。また、その得られた特性から、超伝導物質として優れた物性的特性を持つことを述べた。

第 4 章では、得られた  $\text{MgB}_2$  薄膜を用いて作成されたジョセフソン接合について述べた。上部電極を従来の金属超伝導体である NbN を用いた 3 層構造により作成された SIS 接合において最適化を行い、理想に近い接合の作成に成功したことを述べた。その後、上部電極も  $\text{MgB}_2$  とした全  $\text{MgB}_2$  SIS 接合の作成の試作と特性について述べ、SIS 接合に特徴的な、電流電圧特性が得られたことを述べた。

第 5 章では、本研究を総括した。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究論文では、2001 年に発見された新しい超伝導体である  $\text{MgB}_2$  に着目し、そのデバイス応用へ向けての、薄

膜化と積層型ジョセフソン接合作製の研究を行うことを課題としている。まず、共蒸着法と、スパッタリング法を用いての as-grown 薄膜作成への検討を行っている。また、作製された薄膜の様々な角度からの特性評価を行い、それらが、デバイス応用へ向けて非常に有用な特性を持つことを示している。さらに、高品質の薄膜作成が可能となったため、それを用いての SIS 接合の試作に着手し、世界に先駆けて、全  $\text{MgB}_2$  SIS 接合の作製に成功している。得られた研究成果を以下に要約する。

- (1) B と Mg の別々の蒸着源を持つ共蒸着法により、 $\text{MgB}_2$  薄膜の作製を目指し、as-grown で超伝導となる薄膜の作製に成功している。更に、Mg の低成膜レートにおいては、基板温度の高温化は難しく高品質の薄膜の作製は不可能であったが、Mg の高成膜レート化により、結晶性の向上および臨界温度の上昇が達成でき、最大で 35.8 K の臨界温度を持つ薄膜の作製が可能となっている。
- (2) カルーセル型のスパッタリング装置により B と Mg を別々に成膜し、超伝導特性を示す薄膜の作製に成功している。更に、成膜条件の依存性を詳しく調べ、c 軸配向をした薄膜の作製が可能となり、最高で 29 K の薄膜の作製に成功している。また、AlN バッファ層による、 $\text{MgB}_2$  薄膜の膜質の改善を検討し、最適化された AlN 薄膜上に成膜した  $\text{MgB}_2$  薄膜は、面内配向性が向上し、臨界温度の上昇がみられたことを確認している。更に、 $\text{MgB}_2$  薄膜の面内の均一性を調べるため、ミアンダー状に加工した薄膜の特性を調べ、この  $\text{MgB}_2$  薄膜の超伝導性の面内均一性が非常に優れていることを確認している。また、強磁場による特性評価により、コヒーレント長が c 軸方向で 48 Å、ab 軸方向で 57 Å と見積もられ、SIS 型の積層デバイスへ向けての、作成した  $\text{MgB}_2$  薄膜の優れた特性が明らかにしている。また、ゼロ磁場、10 K において、 $\text{MgB}_2$  薄膜の臨界電流密度は  $1.7 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$  と測定され、受動デバイスとしての応用も期待できることを示している。
- (3) 本研究で得られた as grown  $\text{MgB}_2$  薄膜を用いて  $\text{MgB}_2/\text{BN}/\text{NbN}$  接合の試作を行い、RSJ 的な特性を得ている。また  $\text{MgB}_2/\text{AlN}/\text{NbN}$  接合の試作を行い明瞭なジョセフソン電流と、ギャップ構造を得ている。ジョセフソン電流は理想的な外部磁場応答を示し、均一なジョセフソン電流が流れていることを確認している。接合特性から、下部電極の  $\text{MgB}_2$  のギャップ電圧は 2.2 mV と求められ、 $\pi$  バンドに関するギャップ構造であることを示している。ジョセフソン電流の AlN 膜厚依存性が  $\text{NbN}/\text{AlN}/\text{NbN}$  接合の臨界電流に比べ小さく、AlN 以外の絶縁層の存在の可能性を示している。
- (4)  $\text{MgB}_2/\text{AlN}/\text{MgB}_2$  の試作を行い、上部、下部電極とも  $\text{MgB}_2$  から構成される SIS 接合では世界で初めて、明瞭なジョセフソン電流とギャップ構造を示す典型的な SIS 特性を得ている。また、接合のギャップ電圧が 3.6 mV と観測されたことから、上部電極の  $\text{MgB}_2$  薄膜のギャップ電圧を 1.4 mV と見積もり、上部  $\text{MgB}_2$  薄膜の劣化が起こっている可能性を示している。接合のギャップ電圧の温度依存性は、BCS 理論からの依存性と良い一致を示し、 $\text{MgB}_2$  が BCS 的な振る舞いをすることを示している。この結果は、 $\text{MgB}_2$  の超伝導発現におけるクーパ対生成がフォノンを介在したものであることを強く示唆するものであることを示している。

以上のように、本論文は、新しい超伝導体である  $\text{MgB}_2$  に着目し、その薄膜作成方法、接合作成方法などを幅広い視点に立って研究を行った結果について述べたものである。これらの成果は  $\text{MgB}_2$  超伝導体を用いた高周波デバイスの基盤技術として、この領域の発展に寄与する可能性が大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。