



Title	イオンビームスパッタ法を用いた非晶質ベリリウム薄膜形成技術とその応用に関する研究
Author(s)	武井, 弘次
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/37837">https://hdl.handle.net/11094/37837</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	武 井 弘 次
博士の専攻分野 の 名 称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 9901 号
学位授与年月日	平成 3 年 9 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	イオンビームスパッタ法を用いた非晶質ベリリウム薄膜形成技術 とその応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教 授 志水 隆一 (副査) 教 授 中島 信一 教 授 興地 斐男

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、イオンビームスパッタ法を用いた非晶質ベリリウム薄膜形成技術とその応用に関する研究成果をまとめたものであり、7章より構成されている。

第1章序論においては、超伝導材料および超伝導素子に関する研究開発の発展、歴史にふれ、素子材料およびその形成技術の問題点をあげ、本研究の目的と意義を明らかにした。

第2章では、非晶質ベリリウム薄膜を超伝導素子に応用するための基本技術としてイオンビームスパッタ法による膜形成を提案し、この手法が素子応用上必要とされる非晶質ベリリウム薄膜の熱安定性を向上させるうえで有効であることを示した。

第3章では、非晶質ベリリウム薄膜の作製条件について、角度分解型イオンビームスパッタ法を用いた検討を進め、高い超伝導転移温度を有する非晶質ベリリウム薄膜を形成するための要件として膜形成における基板配置および酸素添加量の最適化が重要であることを明らかにした。特に、超伝導転移温度の基板配置依存性に関する実験結果をもとに、イオンビームスパッタ法における高エネルギー粒子の基板入射によってベリリウムと酸素の原子ミキシングが生じ、それが非晶質ベリリウム膜形成に有効に作用するものであると推論した。

第4章では、イオンビームスパッタ法における高エネルギー粒子の発生原因を解明するためにTOF測定およびモンテカルロ計算によりスパッタ粒子エネルギーの解析をおこない、従来は考慮されていなかった軽元素ターゲットのスパッタリングにおける高エネルギー粒子放出メカニズムを明らかにし、高エネルギー粒子の基板入射が非晶質ベリリウム膜形成に有効に作用するものであることを裏付けた。

第5章では、トンネルバリア材料として非晶質ベリリウム薄膜の自己酸化膜であるベリリア被膜の

適用を提案し、本研究で開発した非晶質ベリリウム薄膜を用いたトンネル接合素子作製を試みた。これにより、高速動作ジョセフソン素子開発の可能性を実験により確かめた。

第6章では、磁束量子メモリ素子への非晶質ベリリウム薄膜の適用を提案し、その作製を試みた。その結果、従来のPb合金で構成される磁束量子メモリ素子に比べて動作特性が向上することを確認し、非晶質ベリリウム薄膜が有望な材料であることを示した。

第7章は総括であって、本研究により得られた成果をとりまとめ、あわせて今後の展望ならびに課題について述べた。

## 論文審査の結果の要旨

非晶質ベリリウムは鉛やニオブと同等の超伝導転移温度を示すにもかかわらず、電子状態密度が低いなどの特徴を持つ超伝導体であるが、その熱安定性が低いために、これまで超伝導デバイスへの適用が困難であった。一方、イオンビームスパッタ法はスパッタ条件の制御が容易で、スパッタリングの基礎過程やスパッタ薄膜の物性研究に重要なデータを提供すると期待される。最近は、大電流イオン源の開発と相まってその実用性が急速に高まっている。しかし、これまで、イオンビームスパッタ法を用いて作製された膜の特性制御要因に関する知見が不十分であり、必ずしもその有用性が薄膜材料の開発に十分には活かされてはいない状況にあった。本論文は、超伝導デバイスの開発にとってデバイス材料の探索および薄膜形成技術の開発が重要な要素となっていることを指摘し、新しい超伝導デバイス材料として非晶質ベリリウムの可能性に着目し、イオンビームスパッタ法を用いた熱安定性の高い非晶質ベリリウム薄膜形成法の開発と超伝導素子への応用についての研究をまとめたもので、主な成果は次の通りである。

- (1) 非晶質薄膜形成におけるイオンビームスパッタ法の特徴についての考察に基づき、これを用いた超伝導性非晶質ベリリウム薄膜の作製法を提案するとともに、非晶質ベリリウム薄膜の室温形成を実現し、素子応用の可能性を示している。
- (2) イオンビームスパッタ法を用いた膜形成において、非晶質ベリリウム膜の超伝導転移温度を高めるための膜形成最適条件を明確にしている。さらに、膜特性に対するスパッタ粒子放出角度の影響を調べることにより、基本的な膜特性制御因子がスパッタ粒子エネルギーであること推論し、薄膜形成過程を解析するための指針を与えていている。
- (3) スパッタ粒子エネルギーについて、モンテカルロシミュレーションによる理論計算および飛行時間型分析法などによる実験的解析を行い、上記推論の正しいことを検証している。特に、高エネルギー粒子の作用が非晶質ベリリウム膜の熱安定性向上に有効であることを提案している。また、スパッタ膜の希ガス取り込み機構について新しいモデルの提案とその検証を行っている。
- (4) イオンビームスパッタ法で作製した非晶質ベリリウム膜を用いたトンネル素子の実現を可能としている。また、トンネルバリア層として酸化ベリリウムを適用することを提案している。

(5) イオンビームスパッタ法で作製した非晶質ベリリウム膜を用いた磁束量子メモリ素子の実現を可能としている。

以上のように本論文は、イオンビームスパッタ法の適用による超伝導性非晶質ベリリウム膜形成条件を解明し、新しい超伝導デバイス材料を提案するとともに、スパッタリング過程の解明に対して多くの新しい指針を与えており、応用物理学、特に、超伝導工学、薄膜工学などの分野の発展に貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。