

氏 名	なが まち しん じ 長 町 信 治
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3328 号
学位授与の日付	平 成 10 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	集束イオンビーム直接蒸着装置の開発とその応用に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教 授 石 川 順 三 教 授 松 波 弘 之 教 授 松 重 和 美

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、集束イオンビーム技術とイオンビーム蒸着技術を結合した新しい成膜手法である集束イオンビーム直接蒸着法を確立するための、集束イオンビーム直接蒸着装置の開発とその応用研究の成果をまとめたものであり、6章からなっている。

第1章は序論であり、集束イオンビーム直接蒸着法の母体となる二つの技術、すなわち集束イオンビーム技術とイオンビーム蒸着技術について回顧し、集束イオンビーム直接蒸着法がそれらの技術に対してどのような位置づけにあり、またいかに高純度成膜を期待することが出来るかを述べている。

第2章においては、集束イオンビーム直接蒸着装置を実現するための最も大きな技術的課題である低エネルギー集束イオンビームを開発した過程、すなわち光学系評価手法(シミュレーション手法)の確立、それを用いた低エネルギー集束イオンビーム装置の設計、同装置の製作、および得られた低エネルギー集束イオンビームの特性について述べている。得られたAu⁺ビームはエネルギー30~200 eVで最小ビーム径0.35 μm、ビーム径0.4~7 μmにおいてビーム電流密度は~30 mA/cm²であり、世界で初めて低エネルギーでかつ1 μm以下に集束したイオンビームを実現した。

第3章においては、もう一つの技術的課題である直接蒸着に用いるための液体金属イオン源に関して、合金を用いた液体金属イオン源の特長、イオン源の構造(含浸電極型液体金属イオン源)、開発した導電体用液体金属イオン源、超伝導体用液体金属イオン源、および磁性体用液体金属イオン源について述べている。導電体用イオン源としてAu-Cu-Al合金イオン源等が、超伝導体用イオン源としてNb-Au-Cu合金イオン源が、また磁性体用イオン源として、Cu-Co-Nb-Au合金イオン源が十分なビーム安定性と100時間以上の寿命をもち、実用に足る性能を満足した。

第4章においては集束イオンビーム直接蒸着法で成膜した薄膜の基本的な特性評価に関し、付着確率の測定、蒸着膜の純度測定、蒸着膜の電気特性、蒸着膜の超伝導特性、および蒸着膜の結晶構造について述べている。予想として矛盾しない高純度の成膜が可能であること、抵抗率がバルク金属の抵抗率の1.2~1.5倍程度(Au, Cu)となること、Nbの成膜において8.5~9.0 Kの臨界温度が得られる等の知見を示し、応用研究に用いるために十分な特性を持つことを明らかにした。

第5章においては、集束イオンビーム直接蒸着法の応用に関し、弾性表面波素子、SQUIDおよび磁気多層膜への応用、さらには微小試料に対する電極形成等について述べている。弾性表面波素子への応用に関してはAu, Cu, Alによる櫛形電極によりバンドパスフィルターを作製し、その特性を測定した。SQUIDへの応用においては準平面型ジョセフソン接合の弱結合部分をNbにより形成し、DC-SQUID磁力計を構成してその特性を評価した。磁気多層膜への応用においてはCo/Cu多層膜を作製し巨大磁気抵抗効果の発現を確認した。微小試料に対する電極形成においては、有機導電体結晶に対して4探針電極を作製した。それぞれの応用に関し、従来用いられてきたマスクプロセスによる手法に対して遜色がない、あるいは優位性を持つことを示し、今後更に研究を進めることにより他の手法では実現不可能な加工技術が確立される可能性を示した。

第6章は結論であり、本研究において得られた成果について要約するとともに、今後の展望、課題についても述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、低エネルギー集束イオンビーム装置と直接蒸着用液体金属イオン源の開発により集束イオンビーム直接蒸着装置を実現し、集束イオンビーム直接蒸着法を確立するとともに、直接蒸着膜の基本的な特性を明らかにし、その応用に関する試みをおこなった研究成果をまとめたものである。得られた主な研究成果は次の通りである。

- 1) 低エネルギー集束イオンビーム装置の開発において直接蒸着法を目的とした装置を設計し、初めて200 eV以下のエネルギーをもつ Au^+ ビームにおいて $1\ \mu\text{m}$ 以下の集束イオンビームを実現し、集束イオンビームによる直接蒸着法を可能とした。
- 2) 合金を用いた直接蒸着用液体金属イオン源の開発により、導電体用、超伝導体用および磁性体用イオン源を実用化した。特に、Nb、Coの液体金属イオン源は初めて開発されたものである。
- 3) 直接蒸着膜の基本的な特性を測定し、予想通りの高純度蒸着膜の作製が可能であること、抵抗率がバルク金属の抵抗率の1.2~1.5倍程度 (Au, Cu) となること、Nbの成膜においても8.5~9.0 Kの臨界温度が得られる等の知見を示し、実用上十分な特性を持つことを確認した。
- 4) 直接蒸着法を弾性表面波素子、SQUID、磁気多層膜、微小試料への電極形成等に応用し、マスクプロセスによるもの以上の性能が得られることを確認し、この手法が研究開発用の手法として極めて有用であることを示した。

以上要するに本論文は、集束イオンビーム直接蒸着装置の実現により集束イオンビーム直接蒸着法を新しい微細加工手法、成膜手法として確立したもので、学術上および実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成10年2月2日、論文内容とそれに関連した事項について試問をおこなった結果、合格と認めた。