

氏 名	あき づき まこと 秋 月 誠
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1791 号
学位授与の日付	平 成 11 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 電 子 物 性 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Gas Cluster Ion-Solid Surface Interaction and Thin Film Formation (ガスクラスターイオンと固体表面の相互作用及び薄膜形成に関する研究) (主査)
論 文 調 査 委 員	教 授 山 田 公 教 授 松 重 和 美 教 授 吉 川 潔

論 文 内 容 の 要 旨

ガス状原子の巨大集団であるガスクラスターイオンは、構成原子間、及び基板原子との間で生じる多体衝突効果に基づく超低エネルギー照射効果、高密度照射効果を活用することにより、従来の単原子・分子イオンビーム照射では得られない新しい表面処理技術が期待される。しかしながら、表面処理技術として実用化するための照射装置が存在しておらず、また、低エネルギーのガスクラスターイオンを固体表面に照射した場合に発生する現象の詳細はほとんど知られていない。本論文は、ガスクラスターイオンと固体表面の相互作用を明らかにするための実験と考察を行うとともに、ガスクラスターイオンビーム援用照射による薄膜形成法を提案し、薄膜形成プロセスを実験から明らかにしたもので、5章からなる。

第1章は序論であり、イオンビーム技術の現状と問題点、及び今後の薄膜形成技術に対する課題を論じ、研究の目的と位置づけを述べている。

第2章では、新たに薄膜形成用の低エネルギーガスクラスターイオンビーム照射装置を設計・構築するとともに、各種原料のガスクラスター化を実現した成果について述べている。ガスクラスタービームの生成過程の考察からビーム形成システムの最適化を行うとともに、ガス冷却法、希ガス混合法を提案し、従来法と比べて2桁高いビーム電流密度 (80nA/cm^2) を有する、表面プロセスに必要な大電流酸素クラスターイオンビームの形成に成功するとともに、他の気体材料に対しても本手法が有効であることを示している。また、液体材料をガス化しクラスターイオンを生成する希ガスバブリング法を提案し、有機金属材料のクラスターイオンが得られることを実証している。これらの手法により、広範囲の材料分野におけるガスクラスターイオンビーム形成方法を確立している。

第3章では、薄膜形成に重要となる30keV以下の低加速エネルギー領域におけるクラスターイオンと固体表面との相互作用を実験的観点から解明し、単原子・分子イオンでの現象と比較した研究結果を示している。数10keVの加速エネルギーでは、高収率スパッタリング、これに基づく表面清浄化効果、及び表面平坦化効果が生じることを見出すとともに、構成原子当りの平均エネルギーが単原子における閾値エネルギー以下でもスパッタリングが生じることなどクラスター特有の照射効果を明らかにしている。また、Si基板表面の室温酸化に関する実験・考察から、加速エネルギーが10keV以下ではスパッタリングに代わり表面化学反応の促進効果が支配的になることを初めて見出すとともに、酸化のプロセスを明らかにしている。さらに、低エネルギー領域における上記の照射効果が、ガスクラスターイオン特有の多体衝突効果、及び照射エネルギーの極表面への高密度照射により得られることを論じている。

第4章では、薄膜蒸着時に構成原子当たり数eVのエネルギーを有する酸素クラスターイオンを援用照射する酸素クラスターイオン援用蒸着法を提案し、高品位酸化膜の低温形成への応用を検討した結果について述べている。薄膜蒸着中に数kV程度の加速エネルギーを与えた酸素クラスターイオンを援用照射することにより、1) オングストロームレベルで平坦な酸化鉛薄膜が室温形成されること、2) 従来法と比較して100℃程度低温でペロブスカイト単一相のチタン酸鉛薄膜が形成され

ること、3) 室温で低抵抗・高透過率のITO薄膜が形成されることなど、幾つかの薄膜形成プロセスを通して高品位薄膜が低温で形成できることを世界に先駆けて実証している。

第5章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、ガス状原子の巨大集団であるガスクラスターイオンビームと固体表面の相互作用の解明と、ガスクラスターイオン援用照射による薄膜形成に関する研究結果をまとめたものであり、得られた主な研究成果は以下の通りである。

1. ガスクラスタービームの生成過程の考察から、気体材料に対してガス冷却法および希ガス混合法の適用を提案し、表面プロセスに必要な大電流クラスターイオンビームの形成に成功した。一方、液体材料に対しては希ガスバブリング法によるクラスター化を提案・実証し、広範囲の材料分野におけるガスクラスターイオンビーム形成方法を確立した。
2. 30keV以下の低加速エネルギー領域におけるクラスターイオンと固体表面との相互作用を調べ、構成原子当りの平均エネルギーが単原子における閾値エネルギー以下でもスパッタリングが生じること、構成原子当り数eVのガスクラスターイオン照射により表面化学反応が強く促進されることなどを世界に先駆けて見出し、これらの照射効果がクラスター特有の多体衝突、高密度エネルギー照射により得られることを明らかにした。
3. ガスクラスターイオン援用蒸着法を考案し、本手法による薄膜形成プロセスを明らかにするとともに、室温での低抵抗・高透過率のITO薄膜の形成など、各種高品位薄膜が低温で形成できることを実証した。

以上要するに、本論文は、低エネルギー領域におけるガスクラスターイオンと固体表面の相互作用を解明するとともに、ガスクラスターイオン照射による薄膜形成技術を確立したものであり、その成果は学術上、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11年1月21日、論文内容とそれに関する試問を行った結果、合格と認めた。