

氏 名	ふくしまかずのり 福 島 和 則
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3484 号
学位授与の日付	平 成 12 年 1 月 24 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	反応性クラスタイオンビーム法による酸化チタン薄膜作製と応用に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 山 田 公	教 授 石 川 順 三	教 授 松 重 和 美
--------	--------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、反応性クラスタイオンビームによる薄膜作製法を提案し、各種基板上へ酸化チタン (TiO_2) 薄膜の形成を行い、ルチルとアナターゼ結晶構造の制御、結晶配向特性の制御およびヘテロエピタキシャル成長におけるイオンビームの照射効果を明らかにし、更に、硬度・付着力等の機械的特性に及ぼす効果も明らかにしている。また、Au 微粒子担持 TiO_2 薄膜形成に応用し、CO ガスを CO_2 に酸化する高活性触媒表面の開発について述べたもので、以下の 8 章からなる。

第 1 章は、序論であり、研究の背景と TiO_2 薄膜形成の意義を示し、目的および各章の概要を述べている。

第 2 章は、低エネルギーイオンを固体表面に照射したときに起こる基本的現象を述べ、イオンの持つ運動エネルギーや電荷が薄膜形成に及ぼす種々の効果について述べている。

第 3 章は、クラスタイオンビーム法の特性を明らかにし、減速電界法による Cu ノズルビームの測定を行い、平均クラスタサイズが 800 原子であることを示している。また、金属クラスタを含むノズルビームと酸素ガスなどのイオンビームによる反応性クラスタイオンビーム蒸着装置の開発についても述べている。

第 4 章は、反応性クラスタイオンビーム法により各種基板上に酸化チタン薄膜の作製を行い、組成制御、アナターゼとルチルの結晶構造制御、結晶配向性制御などが可能であることを示している。さらに、作製した TiO_2 膜の表面平坦性、屈折率、比誘電率等の詳細な検討を行い、イオンの運動エネルギー、ドーズ量等のプロセスパラメータが薄膜特性に及ぼす影響を明らかにしている。

第 5 章は、 TiO_2 薄膜の低温エピタキシャル成長について述べている。即ち、単結晶サファイア (0001) 面、(1120) 面基板上に、基板温度 500°C でルチル構造 (200) 面、(101) 面のエピタキシャル成長を行い、MOCVD 法より 300°C 低い温度で成長させている。また、Al (111) 面基板上においても 450°C でルチル (200) 面のエピタキシャル成長が可能であることも示している。さらに、基板と成長層の界面に数 nm の緩衝層が存在する事を明らかにしている。これらの結果から十数%に及ぶ大きな格子不整を持つ基板上的薄膜形成では、基板と成長層との原子配列を二次元的周期配列として取り扱い、その周期不整が数%以下の場合には、クラスタイオン照射がエピタキシャル成長を助長すると説明している。

第 6 章は、作製した TiO_2 エピタキシャル膜と多結晶膜の機械的特性を検討し、高いマイクロ硬度と強い基板への付着強度を持つことを述べている。更に、高エネルギー (3 MeV)、中エネルギー (180 keV) および低エネルギー (90 keV) の N イオン注入を行い、硬度・付着力の検討を行い、イオン照射による薄膜の機械的特性に及ぼす影響を明らかにしている。

第 7 章は、クラスタイオンビーム法を金微粒子担持 TiO_2 表面の形成に応用し、CO と O_2 から CO_2 を生成する高い酸化触媒機能を持つ表面形成について述べている。このような表面を形成するために、金クラスタビームを TiO_2 表面に直接担持させ、直径数 nm 以下の金微粒子を高密度に形成する方法を提案している。この場合には、蒸着の極初期過程から金の凝縮核は金属結合を示し、熱的に安定な島状の金微粒子として成長し、その粒径や密度もイオンビームのエネルギーを変化させることにより制御できることを示している。これらの結果を応用し、種々の結晶の TiO_2 表面上に金微粒子を形成させた場合、同じ面積の白金触媒に比べて、本表面は 100°C での低温で約 2 倍の酸化効率を持つ新規の高活性触媒表面であることを示している。

第8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、反応性クラスタイオンビームによる薄膜作製法を提案し、酸化チタン (TiO_2) 薄膜の結晶性制御、低温エピタキシャル成長および薄膜特性におけるイオン照射効果を明らかにしたものである。また、金微粒子担持 TiO_2 薄膜作製にも応用し、CO ガスを CO_2 に酸化する高活性触媒表面の開発を行ったもので、得られた成果を要約すると次の通りである。

1. 金属クラスタを含むノズルビームと酸素の活性イオンビームによる反応性クラスタイオンビーム蒸着装置を開発し、種々の基板上に TiO_2 薄膜の形成を行い、結晶構造制御、配向性制御を可能にし、イオンビームのエネルギー、ドーズ量等が薄膜特性に及ぼす影響を明らかにした。

2. 単結晶サファイア基板および Al 基板上に、 TiO_2 薄膜のエピタキシャル成長を行い、MOCVD 法より 300°C 以上低い低温プロセスを可能にした。また、異なる結晶構造、結晶方位、大きな格子不整を持つ基板表面に、低温でエピタキシャル成長するメカニズムを提案した。

3. TiO_2 薄膜の高い機械的特性を示し、N イオン注入による高硬度・高付着力化を行い、イオン照射が機械的特性に及ぼす影響を明らかにした。

4. 金クラスタビームを薄膜表面に直接担持させ、直径数 nm 以下の金微粒子を高密度に形成する方法を提案した。これを、金微粒子担持 TiO_2 表面の形成に応用し、同じ面積の白金触媒に比べ、低温で約 2 倍の CO ガスの酸化触媒効果を持つ、新規の触媒表面を提案した。

以上要するに本論文は、反応性クラスタイオンビーム法による酸化チタン薄膜の形成において結晶性制御、低温ヘテロエピタキシャル成長および薄膜特性に及ぼすイオン照射効果を明らかにするとともに、金微粒子担持 TiO_2 薄膜形成に応用し、高活性な触媒表面を開発したものであり、得られた成果は学術上、實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 11 月 5 日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。