



|              |                                                                                                                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 質量分離イオンビーム装置によるプラズマディスプレイパネル（PDP）セル保護膜のスパッタ解析                                                                                                   |
| Author(s)    | 幾世, 和将                                                                                                                                          |
| Citation     | 大阪大学, 2013, 博士論文                                                                                                                                |
| Version Type |                                                                                                                                                 |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/59937">https://hdl.handle.net/11094/59937</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           | い 幾 せ 世 かず 和 まさ 将                                          |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士（工学）                                                    |
| 学 位 記 番 号     | 第 2 6 2 1 3 号                                              |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平 成 25 年 3 月 25 日                                          |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第4条第1項該当<br>工学研究科マテリアル生産科学専攻                           |
| 学 位 論 文 名     | 質量分離イオンビーム装置によるプラズマディスプレイパネル（PDP）<br>セル保護膜のスパッタ解析          |
| 論 文 審 査 委 員   | （主査）<br>教 授 浜 口 智 志<br><br>（副査）<br>教 授 平 田 好 則 教 授 藤 原 康 文 |

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、プラズマディスプレイパネル（PDP）セル内における保護膜である酸化マグネシウム（MgO）及びその水酸化物である水酸化マグネシウム（Mg(OH)<sub>2</sub>）のスパッタ率のデータベースを構築するため、低エネ

ルギー質量分離イオンビーム装置を用いて種々の実験を行った研究について報告した。本研究で使用したイオンビーム装置は、質量分離器によってビーム中から不純物イオンなどを除去することができ、質量・エネルギー分析器によって照射イオンの質量とエネルギーを正確に測定できるため、本実験は非常に高精度に行われた。

はじめに金基板に対して希ガス（ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン）イオンを照射し、低エネルギー領域について、金のスパッタ率を詳細に測定した。本装置による測定結果は文献のデータと概ねよく一致し、信頼性のあるフィッティング関数を得られた。この結果から、本装置による測定システムの信頼性が確認された。さらに、ネオン以上の質量をもつ希ガスイオンを照射した場合には、金スパッタ率の照射イオン質量依存性が弱いことも明らかとなった。また、金の自己照射を行った実験では、照射イオンのエネルギーが200eV以下の場合には基板表面への堆積、それよりも高い場合にはスパッタリングが起こることが分かった。

続いてSiO<sub>2</sub>またはポリメタクリル酸メチル樹脂（PMMA）に対してCF<sub>3</sub><sup>+</sup>イオン、さらに紫外線を重畳照射し、重畳の有無によるスパッタ率の変化を比較した。その結果、SiO<sub>2</sub>の場合では、光照射を重畳したほうがビーム単独照射よりもスパッタ率が低下した。一方、PMMAでは、光照射を重畳した場合にそれぞれを単独で照射した場合の合計よりも膜厚減少量が増大した。これらの実験により、イオンビームと紫外線との間に、スパッタリングにおける何らかの相乗効果があることが分かった。

PDPのセル内では、特にMgOの物理的なスパッタが問題となるため、低エネルギー領域における希ガスイオンによるMgOスパッタ率の測定を行った。本実験によって、希ガスイオンによる微結晶MgOのスパッタ率データベースを、完全に近い形で実験的に定めることができた。また、ネオン以上質量の大きな希ガスイオンによるスパッタ率は、照射イオン質量依存性が弱いことも明らかとなった。

MgOと同様の手法で希ガスイオンによるMg(OH)<sub>2</sub>スパッタ率の測定を行った。従来、MgOと比べてMg(OH)<sub>2</sub>はスパッタされ易いと考えられていたが、本研究によって、同一の照射条件では、両者の膜厚減少量はほぼ等しいことが示された。MgOとMg(OH)<sub>2</sub>のスパッタ率を比較すると、同じイオン照射条件下では、Mg(OH)<sub>2</sub>のスパッタ率のほうがやや低いことが明らかとなった。また、MgOや金の場合同様に、ネオン以上質量の大きな希ガスイオンによるMg(OH)<sub>2</sub>スパッタ率は弱い質量依存性を示した。

本研究の実験により、これまで定説とされていた、希ガスによるMgOスパッタ率に明確な質量依存性が存在するという先行研究が誤りであることを証明した。また本研究は、PDP産業への応用のみでなく、スパッタリングの物理を研究する上でも非常に有用な、低エネルギー領域での詳細なデータベースを提供した。

## 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、プラズマディスプレイパネル（PDP）セル内における保護膜である酸化マグネシウム（MgO）及びその水酸化物である水酸化マグネシウム（Mg(OH)<sub>2</sub>）のスパッタ率のデータベース構築と、スパッタの物理機構を理解することを最終目的として、低エネルギー質量分離イオンビーム装置を用いて、精度の高いエッチング計測を、様々な材料に対して行った。とくに、本研究の初期には、実験で使用する質量分離イオンビーム装置が、正確なスパッタ率を計測することができるかどうかを、金など、ある特定の希ガスイオン照射によるスパッタ率が幅広く知られている材料を用いて、実験系の正しさを、厳密に議論している。さらに、各種の希ガス（ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン）イオンによる、金のスパッタ率を、本装置が得意とする低エネルギー領域について、詳細に測定し、新たな、金のスパッタ率データベースを提供している。さらに、ネオン以上の質量をもつ希ガスイオンを照射した場合には、金スパッタ率の照射イオン質量依存性が弱いこと、また、金の自己照射においては、照射イオンのエネルギーが 200eV 以下の場合には基板表面への堆積、それよりも高い場合にはスパッタリングが起こること等を明らかにした。

本研究の本題は、プラズマディスプレイパネル（PDP）の寿命と発光効率に大きな影響を持つ MgO 層の、低エネルギー領域におけるスパッタ特性を調べることにある。PDP セル内の MgO 膜は、大気圧に近い条件で放電されるプラズマからの低エネルギーイオンばかりでなく、紫外線にも、常に、曝されている。本論文では、MgO 膜ではないが、別の薄膜材料を用いて、スパッタリングに対する紫外線の重畳照射についても実験を行っており、実際に、紫外線照射がイ

オンによるスパッタプロセスに相乗的に影響する場合があることが明確に示されている。

MgO および、不純物である水の混入において MgO 表面が改質された結果生じると考えられている Mg (OH)<sub>2</sub> に対して、幅広いイオン種と入射エネルギー領域において、本論文が、質の高いデータベースを実験的に構築したことは、本研究の特筆すべき点である。特に、これまで定説とされていた、希ガスによる MgO スパッタ率に明確な質量依存性が存在するという先行研究が誤りであることを証明し、正しいスパッタ率データを実験的に小さな誤差で得たことは、PDP セルの製造プロセス開発研究ばかりでなく、スパッタリング物理の基礎的研究に対して、極めて重要な貢献をしたと考えられる。

以上のように、本論文は、各種材料のスパッタ率の厳密な測定法を開発し、特に、今まで全くといってよいほど知られていなかった低入射エネルギー領域における MgO や Mg (OH)<sub>2</sub> 等、各種の材料のスパッタ率に対する質の高いデータベースを提供している。また、個別の材料によらないスパッタの特性（例えば、入射イオンの質量に対するスパッタ率の弱い依存性等）について、実験的に精密なデータを蓄積したうえで、その原因に対する考察が行われている。更に、本研究のデータベースは、高い二次電子放出係数を有する保護膜の（MgO 以外の）材料選定と、放電の高効率化を目指した放電シミュレーション研究など、長寿命で低消費電力の PDP セル開発に必要な研究に、すでに活用されている。このように、本研究の成果は、学術的に新規で奥が深く、また、産業応用としての価値も極めて高い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。