



Title	ポストイオン化スパッタ中性粒子質量分析法に関する研究
Author(s)	林, 俊一
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40439">https://hdl.handle.net/11094/40439</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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	林 俊一
博士の専攻分野の名称	博士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 12664 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 8 年 7 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	ポストイオン化スパッタ中性粒子質量分析法に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 志水 隆一 (副査) 教授 興地 斐男 教授 増原 宏 教授 河田 聰 教授 中島 信一 教授 樹下 行三 教授 伊東 一良 教授 八木 厚志 教授 石井 博昭 教授 後藤 誠一 教授 岩崎 裕 教授 豊田 順一 教授 一岡 芳樹 教授 川上 則雄

### 論 文 内 容 の 要 旨

半導体デバイスをはじめとする高純度材料中の極微量不純物が、その材料特性を大きく左右することが知られている。近年の材料の高機能化に伴い、これら不純物濃度をますます低いレベルに制御することが必要になっている。しかし、現在のところ、極微量不純物の挙動を高感度にかつ、定量的に評価することができる解析技術は未だ実用の域には達していない。各章で示した内容をまとめると以下のようになる。

第 1 章では、高純度な表面分析法として、これまで広く用いられてきた二次イオン質量分析 (Secondary Ion Mass Spectrometry : SIMS) 法の極微量元素の定量評価技術としての限界を明らかにしている。また、スパッタ中性粒子をポストイオン化して検出するスパッタ中性粒子質量分析 (Sputtered Neutral Mass Spectrometry : SNMS) 法を上記の要求を満たす解析技術として位置づけ、その原理について概説している。

次に、第 2 章では、本論文の主要研究であるレーザポストイオン化 SNMS 法の原理について詳述し、高感度微量分析法としての可能性を示唆している。

そして、本論文の研究内容として、第 3 章では電子線励起プラズマによるポストイオン化技術を用いた SNART 法の開発について、第 4 章では Cs イオンビームとスパッタ中性粒子の衝突によるポスト分子イオン化手法の確立について述べている。第 5 章ではエキシマレーザビームを用いた非共鳴多光子吸収イオン化 SNMS 法の開発と材料への応用について述べ実用化への指針を与えている。

本研究により、ポストイオン化 SNMS 法が、従来の SIMS で定量性を阻害する因子として問題となっていた元素間の感度差がほとんどないこと、マトリックス効果がほとんど現れないなど定量評価に有利な特徴を持つことを明らかにしている。また、イオンビームの短パルス化や静電シャッタの開発により、SIMS 以上の高い有効検出効率を得ることに成功し、本研究で開発した SNMS 法が、従来の SIMS 法を凌駕するとともに定量分析法としても優れていることを実証することにより、高感度定量分析法として非常に有望であることを明らかにしている。

## 論文審査の結果の要旨

半導体基板中の極微量不純物の制御は、半導体産業にとってもっとも重要な課題の一つである。しかし、二次イオン質量分析法 (SIMS) をはじめとする表面分析法をもってしても、これら不純物の高感度定量分析を実現するには到っていない。最近のレーザ技術の目覚ましい進展によって、ようやくレーザポストイオン化を用いたスパッタ中性粒子質量分析法 (SNMS) が、もっとも有望な極微量定量分析法として注目されつつある。この方法はエキシマレーザを照射することにより、試料表面からスパッタにより放出された中性粒子 (Sputtered neutral) をイオン化した後に質量分析することによって定量分析を行おうとするものである。

主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 現在高感度分析法として広く用いられている二次イオン質量分析法 (SIMS) と対比する形でスパッタ中性粒子質量分析法 (SNMS) を取り上げ、それらの原理、特徴を比較することにより、SNMS の持っている新しい可能性を指摘し、適切なポストイオン化法を開発、導入することによって極微量不純物定量分析法が実現できることを指摘し、具体的な提案を行っている。
- (2) 本研究の主題であるレーザを用いたポストイオン化法について詳細な検討を行いその中でも特に、エキシマレーザによる非共鳴多光子吸収イオン化法が、定量分析を実現する上でもっとも有望であると結論し、さらに単原子検出の可能性についても言及している。
- (3) 本研究の初期においてとりあげ、開発に成功した電子線励起プラズマを用いたポストイオン化法 (SNART 法)について、開発した装置の総合特性評価を行い、とくに定量分析法として優れた特性を持つこと、および、絶縁物の分析に有用であることを実証して、実用化への提案を行っている。
- (4)  $\text{Cs}^+$  イオンを一次イオンビームとして用い、試料の構成元素 X と結合させることにより  $\text{CsX}^+$  を生成させる新しい方式のポスト分子イオン化法について、定量分析の立場から詳細な検討を行っている。そしてこの方法が、とくに半導体化合物に対して有効であり、又検出感度も著しく高いことを実験より確かめ、さらにこの方法を用いて多層膜試料における層間拡散を解析して、その有用性を実証している。
- (5) エキシマレーザを用いた非共鳴多光子吸収イオン化 SNMS 装置を開発して、その総合特性評価を行っている。とくに、静電シャッタの導入による二次イオンの除去、イオンビームの短パルス化、飛行時間計測法 (TOF) による SNMS 構成など、幾つかの新しい工夫によって高感度検出を実現するとともに微量定量分析にも成功している。
- (6) 本研究で開発した非共鳴多光子吸収イオン化 TOF-SNMS による極微量元素定量分析技術の確立を検討し、現在最高検出感度を持っている SIMS に比べても 1 ケタ高い検出感度を有すること、さらにレーザビームの集束を改善することによって定量精度が向上することを指摘し、極微量元素定量分析法として実用化の道が拓けたことを述べて、その将来の展望を試みている。

以上のように、本論文は、一貫してポストイオン化による SNMS について系統的に研究を進め、そして現時点において最も高い検出感度を持つ極微量元素分析法の開発に成功したもので、応用物理学、とくに半導体工学の分野に寄与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。