

論文審査要旨（課程博士）

報告番号	*甲第	号	論文提出者氏名	小林 慎治
			職 名	氏 名
	審査員主査		教 授	西宮 信夫
	審 査 委 員		教 授	曾根 順治
	審 査 委 員		准教授	小林 信一
	審 査 委 員		准教授	辛 徳
	審 査 委 員		名誉教授	星 陽一
	審 査 委 員		教 授（東京大学）	志村 努
	審 査 委 員			

*教務課で記入

論文審査要旨（2000字程度）

本論文は、「対向ターゲット式スパッタ法を用いた Ti 原子のレーザプラズマ分光計測」と題し、成膜に用いられる対向ターゲット式スパッタ法が高融点の金属原子などを対象とした分光計測のための試料供給法として有用であることを示している。また、Ti 原子を対象に飽和吸収分光法を用いてサブドップラースペクトル計測を行い、そのゼーマン効果を解析し、磁場中の原子のエネルギー準位構造を明らかにしている。さらに、従来光源や装置の制約上から解明が進んでいない近赤外線領域における同位体効果をはじめて明らかにしている。本論文は次の 6 章より構成されている。

第 1 章「序論」では、研究の背景と目的を明らかにしている。分光計測の対象となる原子はガス状が望ましく且つ観測にかかる為にはある程度の濃度が必要である点を指摘し、対向ターゲット式スパッタ法が高分解分光計測に欠かせないガス状の原子を安定して供給する手法として適していることに着目している。さらに、この方式は比較的均一な磁場を提供する事からゼーマン効果の解析にも優れていることを示している。

第 2 章では、ゼーマン効果、および同位体効果についての基礎理論をまとめている。特に、超微細構造を有し複雑に分裂する奇数同位体 ^{47}Ti および ^{49}Ti の磁場中のエネルギー状態を中間場近似法に基づいてまとめることで、奇数同位体のスペクトル形状のシミュレーション方法をまとめている。

第 3 章では、Ti 原子を対象とした近赤外線領域の飽和吸収分光計測のために構築した測定システムについて示している。音響光学変調器を用いたダブルパス変調法など高 SN 比のスペクトル計測方法について概説し、飽和吸収分光法への適用が有用であることを示している。

論文提出者氏名

小林 慎治

論文審査要旨 (続き)

第 4 章では、Ti 原子のゼーマンスpekトルの解析を行い、電子配置 $3d^24s4p$ および $3d^34p$ に属する 28 種の電子状態に対する g_J 因子を決定し報告している。決定した g_J 因子の値は、過去に報告された値よりも一桁ほど精度が向上している。電子配置 $3d^24s4p$ に属する電子状態 $z^5P_{1,2,3}$ 、 y^3F_2 および y^5D_3 に対する g_J 因子の値は初めて報告されたもので、さらに、 y^3F_2 、および y^3D_2 、 z^3P_2 、 z^5S_2 に対する g_J 因子の値は純粋な LS 結合に対する値から大きく偏差していることを明らかにしている。また、ゼーマン分裂が生じない遷移に対しては、そのスペクトル幅から奇数パリティ電子状態を対象として g_J 因子を求めると共に、このような遷移は外部磁場によるスペクトルの分裂がないため、不均一な磁場におけるプラズマ中の原子密度や温度の解析に有用であることを示している。

第 5 章では、Ti 原子の 52 の電子遷移に対して同位体シフトの解析結果について述べている。また、奇数同位体 ^{47}Ti および ^{49}Ti に生じる超微細構造における非摂動ラインポジションを決定するために、2 章で説明した中間場近似法を用いてライン形状をシミュレーションし、実測値とよく一致する事を示し、この方法が有用であることを明らかにしている。さらに、同位体シフトの解析のために、キングプロット法を用いて質量シフトおよびフィールドシフトを決定する電子係数 M_{ik} および F_{ik} を求め報告している。さらに、偶数パリティ電子配置 $3d^24s^2$ および $3d^34s$ 間の同位体効果における質量効果および体積効果について述べている。これら 2 つの電子配置の間ではフィールドシフト係数 F_{gi} において約 0.5 GHz/fm^2 、質量シフトの一部である特定質量シフト M_{gi} では約 $2.5 \text{ GHz} \cdot \text{amu}$ 程度の差があることに言及している。また、電子配置間相互作用の解析を行なって、奇数パリティ電子配置 $3d^24s4p$ および $3d^34p$ に属する電子状態間の相互作用を考慮した同位体効果の評価を行い、この解析結果を用いることで、直接測定されていない電子遷移でさえも同位体シフトを簡単に推定することが可能であることを明らかにしている。

第 6 章では、本論文のまとめとして、各章で得られた結論と成果についてまとめている。また、得られた成果の活用の可能性を、事例を挙げながら概説している。

以上の内容を要約すると、本論文では、対向ターゲット式スパッタ法を利用する事で、高い融点を有する金属原子を対象とし、連続発振レーザを用いた分光計測が可能となることを示している。従来法として高融点金属を対象とした分光計測の為には、レーザアブレーション法などパルス状にエネルギーを照射する事でガス状の金属原子を得ている実験が盛んに行われている。しかし、パルス計測の場合は一般にスペクトル分解能が低くなり、超微細構造解析には不向きであるが、この研究で使用した計測法により、超高分解能分光計測が極めて簡便に実現できることを証明している。また、近赤外線領域における Ti 原子の同位体効果およびゼーマン効果の全容をはじめ体系的に明らかにしており、さらにこの測定及び解析プロセスは非常に汎用性があり、他の金属元素にも容易に適用できると判断でき工学にも分析化学にも大変に有用である。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

最終試験の結果の要旨（課程博士）

報告番号	*甲第	号	論文提出者氏名	小林 慎治
			職 名	氏 名
	審査員主査		教 授	西宮 信夫
	審 査 委 員		教 授	曾根 順治
	審 査 委 員		准教授	小林 信一
	審 査 委 員		准教授	辛 徳
	審 査 委 員		名誉教授	星 陽一
	審 査 委 員		教 授（東京大学）	志村 努
	審 査 委 員			
<p>審査の結果の要旨（300字程度）</p> <p>最終審査に先立ち2018年1月11日に予備審査会を開催した。提出論文に関する口頭発表と詳細な質疑応答を通じて、論文の内容および専門分野に関する学識を確認した。その結果、審査委員会の設置の条件を満たしていることを確認した。</p> <p>最終審査会は、2018年2月10日に公聴会を開催し、本提出論文「対向ターゲット式スパッタ法を用いたTi原子のレーザプラズマ分光計測」の審査、学力確認のための試問を実施した。提案された手法の妥当性、独創性、有効性、実用性などについて質疑し、論文提出者からは適切な答えがなされた。</p> <p>また、外国語の能力に関しては、筆頭著者としての査読付き英語論文および国際会議での発表、さらに本研究の遂行に当たり必要な国際論文を読解していることなどから、相当する学力があるものと判断した。</p> <p>以上の結果より、論文提出者の学識、提出論文の内容とも、博士（工学）の学位を受けるに十分なものであると審査員全員が認め、全員一致で最終試験を合格と判定した。</p>				