

論文要旨 (課程博士)			
(和文)			
東京工芸大学			
学籍番号	1585001	氏名	小林 慎治
論文題目	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		
<p>原子を対象とした高分解能分光計測は、その電子状態の解明やその他の物性解析のために重要である。本論文では、成膜法に用いられる対向ターゲット式スパッタ法が分光計測用の試料供給法として有用であることを示した。また、機能性材料としてさまざまな分野に利用されている Ti を対象に飽和分光法を用いたドップラーフリー計測を行い、そのゼーマン効果解析を行い磁場中の原子のエネルギー準位構造を明らかにした。また、Ti 原子には5つの安定同位体があり、ほとんど解明されていない近赤外線領域における同位体効果を明らかにした。同位体効果の解析は、1980年代から Ti 原子の5つの安定同位体^{46, 47, 48, 49, 50}Ti を対象として行われているが、可視領域に限定される。本研究では、大きく欠けている近赤外線領域における同位体スペクトルの計測データを補い、過去に測定された同位体スペクトルも含めて、Ti 原子の同位体効果を系統的に解析した。</p> <p>本論文は以下の各章で構成される。</p> <p>第1章では、研究の背景と本論文の概要を記述した。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。高融点の金属原子を対象とする分光計測では、プラズマ放電中のスパッタリング現象を利用したホローカソード電極を用いた方法や、レーザアブレーションなどを用いる例が報告されているが、本研究ではマグネトロンスパッタ法の一つである対向ターゲット式スパッタ法が自由状態の原子を安定して供給する手法として適しており、この方式では均一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た。</p> <p>第2章では、ゼーマン効果、超微細構造におけるゼーマン効果、および、同位体効果についての基礎理論をまとめた。特に、超微細構造におけるゼーマン効果では、奇数同位体⁴⁷Ti, ⁴⁹Ti におけるエネルギー状態解析のために導入した中間場近似法についてまとめた。これにより、奇数同位体に対するスペクトル形状のシミュレーションが可能になった。</p> <p>第3章では、Ti 原子を対象とした近赤外線領域の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た。構築したレーザ分光システムはチタンサファイアレーザを用いることで、近赤外線領域 9,950 -14,300 cm⁻¹ に渡って連続発振可能である。また、自動掃引システムの構築により、チタンサファイアレーザの連続同調範囲 25 GHz を越えて、数 nm の波長範囲を連続測定することが可能になった。したがって、本研究により構築したチタンサファイアレーザ分光システムは、本論で示すような原子スペクトルの測定だけでなく、広い波長範囲にスペクトルが密集して存在するような分子スペクトルの測定に対しても有用である。</p>			

学籍番号	1585001	氏名	小林 慎治
<p>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25種類および3種類の電子状態に対する g_J 因子を決定した。本章で決定された 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を向上させることができた。また、電子状態 $3d^24s4p$ $z^5P_{1,2,3}$、y^3F_2 および y^5D_3 に対する g_J 因子の値は、本研究によって初めて報告した。さらに、ゼーマン分裂が生じない遷移に対して、そのスペクトル幅から奇数電子状態の g_J 因子を求めた。このような遷移は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のために有用である。また、電子状態 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がわかった。</p> <p>第5章では、52本のTi原子の電子遷移に対して同位体シフトの解析を行った。また、奇数同位体 $^{47,49}\text{Ti}$ に生じる超微細構造におけるゼーマン効果を取り除いた非摂動ラインポジションを決定するために、中間場近似法を用いてこれらのライン形状をシミュレーションした。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} を決定した。さらに、偶数電子配置 $3d^24s^2$ および $3d^34s$ の間の同位体効果における質量効果および体積効果を評価した。これら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 $2.5 \text{ GHz} \cdot \text{amu}$ 程度異なることが分かった。また、電子配置間相互作用の解析を行なって、奇数電子配置 $3d^24s4p$ 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った。この解析結果を用いることで、未測定である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になった。</p> <p>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た。</p>			