

Title	原子法レーザー同位体分離における電荷交換損失低減法に関する研究
Author(s)	藤間, 正博
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/42869
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏名	藤間正博
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第15619号
学位授与年月日	平成12年5月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	原子法レーザー同位体分離における電荷交換損失低減法に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 井澤 靖和
	(副査) 教授 高橋 亮人 教授 岡田 成文 助教授 阪部 周二

論文内容の要旨

本論文は、原子法レーザー同位体分離における電荷交換損失の低減を目指して、励起準位にあるイオンとの非共鳴衝突を利用する新しい方法を提案し、ガドリニウムを対象として理論解析ならびに実験によりその有効性を実証し、また、ウランへの適用性を検討した成果をまとめたもので、7章から構成されている。

第1章は序論であり、原子法レーザー同位体分離における電荷交換損失低減の重要性を述べ、電荷交換衝突研究の現状をまとめ、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、基底準位に近い、比較的低エネルギーの準安定準位に励起されたイオンと原子との電荷交換反応経路をガドリニウムについて検討し、それぞれの経路について電荷交換衝突断面積の衝突エネルギー依存性を理論計算している。基底準位にあるイオンと原子の場合のような共鳴衝突では衝突エネルギーの減少とともに断面積が大きくなるのに対し、非共鳴衝突では非共鳴のエネルギー差で決まるしきい値エネルギーより低エネルギー側で衝突断面積が小さくなることを明らかにし、実験でその有効性を確認するのに適したガドリニウムイオンの励起準位を選定している。

第3章では、原子蒸気ビーム中でのガドリニウム原子について、基底準位、および励起準位の分布密度をレーザー誘起蛍光法により測定し、基底準位の分布密度が蒸発面温度から予測される値より大きいことを明らかにしている。また、蒸発面からの距離を変えて各準位の存在割合を測定し、蒸発面近傍での断熱膨張過程で熱エネルギーが運動エネルギーに変換され、同位体分離を行う光反応領域では原子の励起温度は蒸発面温度より遥かに低く、励起準位に分布する原子の割合が減少していることを確認している。

第4章では、3本の色素レーザーを用いた3段階励起法によってガドリニウム原子の自動電離準位を探索し、また自動電離準位からのイオン化過程で放出される電子のエネルギーを新たに開発した飛行時間分解型電子分光装置により高い精度で測定し、生成イオンのエネルギー分布を決定して、色素レーザー波長の選択により基底準位のガドリニウムイオンや第2章で選定した励起準位のイオンを生成できることを明らかにしている。

第5章では、基底準位や励起準位のイオンを用いてガドリニウム原子との電荷交換衝突断面積を衝突エネルギー250-2000eVの範囲で測定している。その結果、断面積の衝突エネルギー依存性は理論計算結果と定性的に一致すること、衝突エネルギー250eVにおいて励起準位のイオンとの衝突断面積は基底準位のイオンに比べて40%ほど小さくなることを明らかにして、励起準位のイオンを生成し電荷交換衝突を非共鳴にするという、本研究で提案している

手法がレーザー同位体分離における電荷交換損失の低減に有効であることを実証している。

第6章では、非共鳴衝突による電荷交換損失低減の手法のウラン濃縮への適用性について検討している。種々の励起準位のウランイオンとウラン原子の電荷交換反応経路を考察し、電荷交換衝突断面積を計算して、電荷交換損失が小さくなるウランイオンの励起準位を提案して、1 eV 以下の低い衝突エネルギー領域で断面積が基底準位のイオンに比べて1/10以下になると予測している。

第7章は結論であり、得られた結果をまとめ、本論文の総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

原子法レーザー同位体分離においては、レーザー光により選択的に電離した目的となる同位体イオンを回収する際の電荷交換損失の低減が重要な課題となっている。本研究は、レーザー光による原子の光電離プロセスにおいて励起準位のイオンを生成することにより、光電離されなかった原子との電荷交換衝突が非共鳴となることを利用して電荷交換衝突の低減を図る新しい方法を提案し、ガドリニウムを対象として衝突断面積が小さくなる励起準位について考察し、実験によりその有効性の実証を行った成果についてまとめたもので、主な成果を要約すると以下の通りである。

- (1) 基底準位、ならびに低エネルギーの準安定準位に存在するガドリニウムイオンや原子について電荷交換反応経路を考察し、衝突断面積の衝突エネルギー依存性を計算して、基底準位にあるイオンと原子間の共鳴過程ではエネルギーの減少とともに断面積が増大するが、励起準位にあるイオンと基底準位の原子間の非共鳴過程では非共鳴エネルギーで決まる一定の衝突エネルギーより低エネルギー側で断面積が減少することを明らかにしている。
- (2) 3段階光電離法によりガドリニウム原子の自動電離準位を探索し、見出した自動電離準位から放出される電子のエネルギーを新たに開発した飛行時間型電子分光装置により高精度に測定して、生成されるイオンのエネルギー準位分布を決定している。また、基底準位や目的とする励起準位のガドリニウムイオンを生成できる励起経路を決定している。
- (3) 基底準位や励起準位のイオンを用いてガドリニウム原子との電荷交換衝突断面積を衝突エネルギー250–2000eVの範囲で測定し、断面積の衝突エネルギー依存性は理論計算結果と定性的に一致すること、衝突エネルギー250eVにおいて励起準位のイオンとの衝突断面積は基底準位のイオンに比べて40%ほど小さくなることを明らかにして、励起準位のイオンを生成し電荷交換衝突を非共鳴にするという、本研究で提案している手法がレーザー同位体分離における電荷交換損失の低減に有効であることを実証している。
- (4) 非共鳴電荷交換を利用した電荷交換損失低減法をウラン濃縮へ適用することを目的として、種々の励起準位のウランイオンとウラン原子の電荷交換反応経路を考察し、電荷交換衝突断面積を計算して、電荷交換損失が小さくなるウランイオンの励起準位を提案している。また、この励起準位のイオンを利用すると、衝突エネルギーが1 eV 以下の低エネルギー領域で電荷交換衝突断面積が基底準位のイオンに比べて1/10以下になると予測している。

以上のように、本論文は原子法レーザー同位体分離における電荷交換損失低減のため、励起準位にあるイオンを生成し原子との電荷交換衝突を非共鳴とする新しい方法を提案し、理論解析ならびに実験によりその有効性を実証したもので、原子物理学および原子力工学の発展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。