

| | |
|--------------|---|
| Title | 多段階光電離システムにおけるレーザーパルスの伝播特性に関する研究 |
| Author(s) | 能丸, 圭司 |
| Citation | 大阪大学, 1996, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/39733 |
| 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。 |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

| | | | | |
|------------|--------------------------------------|---------|---------|--------|
| 氏名 | のう 能 | まる 丸 | がい 圭 | し 司 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (工 学) | | | |
| 学位記番号 | 第 1 2 5 1 3 号 | | | |
| 学位授与年月日 | 平成 8 年 3 月 25 日 | | | |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電磁エネルギー工学専攻 | | | |
| 学位論文名 | 多段階光電離システムにおけるレーザーパルスの伝播特性に関する研究 | | | |
| 論文審査委員 | (主査) | | | |
| | 教授 | 井澤 靖和 | 教授 | 中塚 正大 |
| | 教授 | 西原 功修 | 教授 | 中井 貞雄 |
| | 教授 | 西川 雅弘 | 教授 | 桂 正弘 |
| | 教授 | 岡田 成文 | 教授 | 青木 亮三 |
| | | | 教授 | 三間 圀興 |
| | | | 教授 | 権田 俊一 |

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、原子法レーザー同位体分離のような多段階光電離システムにおけるレーザーパルスの伝播特性を解析し、同位体分離性能に及ぼす効果を明らかにすることを目的として行った研究についてまとめたもので、6章から構成されている。

第1章は緒論であり、多段階光電離システムにおけるレーザー伝播特性の研究の重要性について述べ、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、複数の同位体を含む原子蒸気中を伝播するレーザー光と原子との共鳴、近共鳴相互作用をまとめ、開発した2次元シミュレーションコードについて説明し、コードによる計算結果を実験および解析解と比較してコードの正当性を確認している。

第3章では、 ^{235}U のように吸収スペクトルに広い超微細構造を持つ同位体原子の高効率励起に有効とされる周波数掃引レーザーパルスの近共鳴伝播特性をシミュレーションと実験の両面から調べ、周波数掃引方向と伝播特性の関係を明らかにするとともに、周波数掃引が多段階光電離システムにおけるイオン化効率へ与える影響を考察し、ウラン濃縮のように標的同位体原子の共鳴周波数が非標的同位体より高周波側にある場合には負方向掃引が有効であることを指摘している。

第4章では、近共鳴媒質中で誘起される非線形屈折率がレーザーパルスの空間強度不均一性を成長させる過程を解析している。ビームの伝播とともに不均一性の成長が線形から非線形成長へ移行し、高調波成分が出現してビームブレイクアップに至る過程を詳細に調べ、レーザー同位体分離システムにおいて最も注意すべき不均一性の空間周波数はその許容度について考察している。

第5章では、レーザーパルスの伝播における不均一性の成長が多段階光電離システムにおけるイオン化効率へ与える影響について解析し、レーザーパルスのエッジ部分における回折ピークは近共鳴相互作用により増幅されるもののイオン化率に与える影響は大きくないこと、入射レーザーパルスの空間強度不均一性が一定値を越えると伝播後半部でイオン化率の著しい低下を示すこと、入射レーザーパルス幅が長くなるにつれて許容しうる不均一性の大きさは小さくなることを明らかにしている。

第6章は結論であり、本研究で得られた成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

レーザー同位体分離においては複数の同位体原子からなる原子蒸気中を複数のレーザーパルスが伝播しながら標的
同位体原子を選択的に励起・電離する。このような多準位光電離システムにおいてはレーザー光と非標的
同位体原子との近共鳴相互作用がレーザーパルスの伝播特性や標的
同位体原子のイオン化特性に大きな影響を及ぼす。

本論文はこれまでほとんど研究例のない、多準位原子蒸気中での空間的な近共鳴非線形相互作用がレーザーパルス
の伝播特性やイオン化特性に及ぼす効果を実験およびシミュレーション両面から解析した研究成果についてまとめた
もので、得られた主な成果は以下の通りである。

- (1)多段階光電離システムにおける原子の励起・電離とレーザーパルスの伝播を解析できる2次元シミュレーションコー
ドを開発している。このコードは2種類の同位体原子を含む原子蒸気中を伝播する2波長のレーザーパルスの時間
的・空間的特性の変化と原子の励起・電離のダイナミクスを計算するもので、コードによる計算結果と単純な原子
系に対する解析解や実験との比較からコードによる計算の正しさを検証し、開発したコードがレーザー同位体分離
システムの解析に有効であることを明らかにしている。
- (2) ^{235}U のように吸収スペクトルに広い超微細構造を持つ同位体原子の高効率励起に有効とされる周波数掃引レーザー
パルスの近共鳴伝播特性をシミュレーションと実験の両面から調べ、周波数掃引方向と伝播特性の関係を明らかに
するとともに、周波数掃引が多段階光電離システムにおけるイオン化効率に与える影響を考察し、ウラン濃縮のよ
うに標的
同位体原子の共鳴周波数が非標的
同位体より高周波側にある場合には負方向の周波数掃引が有効であるこ
とを指摘している。
- (3)近共鳴相互作用により誘起される非線形屈折率がレーザーパルスの空間強度不均一性を成長させる過程を解析し、
ビームの伝播とともに不均一性の成長が線形成長領域から非線形成長領域へ移行する様子や、高調波成分が出現し
てビームブレイクアップに至る過程を詳細に調べ、レーザー同位体分離システムにおいて最も注意すべき不均一性
の空間周波数やその許容度の目安を与えている。
- (4)近共鳴非線形相互作用によって誘起されるレーザーパルスの伝播に伴う不均一性の成長が多段階光電離システムに
おけるイオン化効率に与える影響を解析し、レーザーパルスのエッジ部分における回折ピークは近共鳴相互作用に
より増幅されるもののイオン化率に与える影響は大きくないこと、入射レーザーパルスの空間強度不均一性が一定
値を越えると伝播後半部でイオン化率の著しい低下を招くこと、入射レーザーパルス幅が長くなるにつれて許容し
うる不均一性の大きさは小さくなることを明らかにしている。

以上のように本論文は原子法レーザー同位体分離プラントの設計にあたって重要な多原子蒸気中でのレーザーパル
スの伝播特性と標的
同位体原子の分離性能を解析し、時間的、空間的な近共鳴相互作用の大きさを評価して入射レー
ザーパルスに要求される条件を明らかにしており、電磁エネルギー工学ならびに原子力工学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。