

<記事>量子精製研究分野 (2000.1-2000.12)(研究活動報告)

著者	溝口 庄三, 中島 敬治, 佐藤 俊一, 長谷川 一, 木村 世意, ルクレスク カタリン, 王 立峰, 鍋嶋 良径, 深谷 勇次, 青木 将, 川崎 正樹, 三宅 英和
雑誌名	東北大学素材工学研究所彙報 = Bulletin of the Institute for Advanced Materials Processing, Tohoku University
巻	56
号	1/2
ページ	120-121
発行年	2001-03-01
URL	http://hdl.handle.net/10097/34350

【研究活動報告】 量子精製研究分野 (2000. 1~2000. 12)

教授 : 溝口庄三
助 教 授 : 中島敬治, 佐藤俊一
助 手 : 長谷川 一
受託研究生 : 木村世意
研究留学生 : カタリン ルクレスク, 王 立 峰
大 学 院 生 : 鍋嶋良徑, 深谷勇次, 青木將, 川崎正樹, 三宅英和

本研究分野では, レーザー光を用いた新しい超高純度素材精製プロセスの基礎研究を主たる研究テーマとしている。また, レーザー光による新素材創製プロセスや素材評価の手法の開発も行っている。本年度の主な研究成果は以下の通りである。

1. レーザークーリングに基づく新しい精製プロセスの基礎研究

素材の高純度化は高度技術の開発には必須の要素であり, 将来的にはテンナイン程度の超高純度化が求められようとしている。しかしながら, 従来手法ではこのような純度を得ることは極めて難しいものと考えられている。従って, 全く新しい原理に基づく精製プロセス開発の研究が急務とされており, 本研究分野ではレーザーを用いた新しい超高純度素材精製プロセスの開発研究を行っている。その試みの一つとして, 本研究者らはレーザー光と原子の相互作用に基づく新しい精製プロセスを提案し, 現在その実現のために必要な技術の確立を試みている。

レーザー光によって気体原子の運動速度を減速させ, その過程において不純物を分離するために必要なレーザー光源の開発を進めた。その結果, 近赤外域で波長可変・単一モードのレーザーを得た。従来の減速法ではレーザー周波数を周期的に変化させる方法が用いられていたが, この方法では原子ビームがパルス状になってしまい, 応用しにくいという問題点があった。そこで, レーザー周波数を変調することによって定常的にスペクトルの広い光源を作り, これを原子の減速に適用した。スペクトル幅の狭い別のレーザー光源を用いて, 減速された原子集団の速度分布を測定したところ, レーザーのスペクトル幅に対応して原子速度分布が変化していることが認められた。現在さらに減速幅を広げるとともに, 速度分布幅の狭線化に努めている。

2. II-VI属半導体結晶の光学的評価

II-VI属半導体は直接遷移のワイドバンドギャップ半導体であり, レーザーおよび光デバイスとしての応用が期待されている。現在のところ, いくつかの研究グループが光デバイス化に成功しているが, 実用化のためには半導体の結晶性の向上がキーポイントの一つと考えられている。本研究では, ZnSe や ZnTe, ZnCdTe などが光学的に極めて良質の結晶であり, またバンドギャップが大きいことを利用して, その結晶性を線形・非線形光学現象に基づいた手法で評価することを試みている。

ZnSe については従来からの研究の継続で, 低温から室温付近までの広い温度範囲で観測される非線形な青色発光の起源を探っている。発光ピークエネルギーと励起光強度に対する発光強度変化の温度依存性を測定し, 励起子が関与している可能性を確認した。また同時に, 時間分解スペクトル測定を行ない, ピコ秒領域での寿命を確認している。

ZnTe および ZnCdTe については, 成長した薄膜の不純物や応力の解析を試みた。レーザーを励起光源に用いて, 試料の発光スペクトルを観測したところ, 従来の報告例よりもはるかに強い励起子からと思われる発光

を観測し、薄膜が良質であることが示唆された。その後反射スペクトルの測定によって励起子ピークが確認されている。また、このピークの存在は室温付近まで確認された。これらの観測は世界的に見ても初めてであると考えられる。さらに、励起子発光ピークの膜厚依存性から、膜の応力の向きと強さを検討した。

本研究は本研究所物理精製研究分野との共同研究である。

3. 光誘導ドリフトによるリチウムの同位体分離

レーザー光の波長が短く、より実用的であると思われるリチウム原子の同位体分離を試みている。レーザー波長は 671nm であり、リング型色素レーザーおよび半導体レーザーを用いた。リチウムは他のアルカリ金属よりもドリフトが観測しにくいいため、レーザー光の強度に対する発光強度の観測を通じて現象の発現を確認する作業を行っている。その結果、レーザー波長によって発光強度が変化することが見出され、この変化が理論的に予想されるものとほぼ一致していることが確認された。このことは、リチウムの光誘導ドリフトの発現を初めて実験的に確認したものであると考えられる。

さらに、緩衝ガス圧力などのパラメータを変えて測定を行い、ドリフト効果の最適条件の把握に努めている。この結果をもとに、新たに反応セルの設計を行い、実用化に向けた研究の進展を図っている。

4. 高強度フェムト秒レーザー光を用いたアブレーションと薄膜作製

近年のレーザー技術の進歩によって、ごく最近ベタワットという極めて高強度のレーザー光が得られるようになり、レーザー加速、電子-陽電子対生成、X 線レーザー、ガンマ線レーザーなどへの応用が期待されている。この中でも、レーザーアブレーションの研究においては、高いプラズマ温度の実現や高エネルギーイオンビームの生成が予想され、薄膜上の新しい物質精製の手法として大いに期待されている。本研究分野においては、高強度フェムト秒レーザーシステムを用いたレーザーアブレーションの研究を開始しており、超硬薄膜と期待される窒化ボロン (BN) 薄膜の作製とブルームの分光学的測定を行った。

ブルーム発光の分光については、ターゲットからの距離やレーザーフルーエンスを変えて測定を行い、多くの多価イオンからの発光が観測された。これを詳細に検討した結果、レーザー強度が高いほど多価イオンからの発光が強いことがわかった。これはターゲット表面温度の上昇に伴うプラズマ温度の上昇に起因していると考えられた。また、ナノ秒レーザーと比較しても、多価イオンからの発光強度が強いことが見出され、フェムト秒レーザーアブレーションの特徴のひとつと考えられた。

前年は得られた窒化ボロン薄膜を XPS で解析したところ、構造が六方晶であったが、短波長ナノ秒レーザーを用いた予備的実験では、立方晶であることが示唆された。しかしながら、FTIR の結果では六方晶に起因するピークが強かった。このことは膜生成メカニズムと密接に関係していると考えられ、現在その解析を行っている。

5. フェムト秒レーザーの高出力化と短波長化

前項で述べたフェムト秒レーザーアブレーションにおいて用いられている波長は約 800nm であり、一般的にアブレーションに用いられている紫外域レーザーとは波長が異なっている。アブレーションを強く起こすには吸収の強い波長のレーザー光を用いることが有利であると考えられるため、フェムト秒レーザーにおいてもその短波長化を図っている。そのためには第一に高出力化が必要であり、現存の装置の改良を行った。マルチパスアンプの改良によって約 3 倍の高出力化が実現できた。さらに非線形光学結晶を用いて第 3 高調波の発生を試みている。その前段階として第 2 高調波の発生を行ったところ、約 40% の変換効率が得られている。