

(13) ナノ構造半導体の光学的性質の研究

研究代表者 工学部 三好正毅

研究目的

半導体結晶の大きさを小さくし、数ナノメートル（数億分の一メートル）にまですると、量子効果によって、大きい結晶とは異なる性質が現れる。このような半導体微粒子を埋め込んだガラス（半導体微粒子分散ガラス）は、大きい非線形光学効果を示すことが知られており、将来の光通信や光情報処理のための光エレクトロニクス材料として注目されている。ところが、このガラスに強い光を照射すると、特性が変化してしまう。この現象は、光黒化効果と呼ばれている。本研究の目的は、レーザーを用いて光黒化効果の機構を調べることである。

研究成果

試料として、CdS 微粒子を含むガラスと CdSSe 微粒子を含むガラスを用いた。波長可変ナノ秒レーザーシステムを用いて、試料に強力なパルスレーザー光を照射した。照射によって光黒化が起きると、蛍光寿命が短縮するので、光照射による蛍光寿命の変化を、ピコ・フェムト秒レーザーシステムとストリークカメラを用いて調べた。この蛍光寿命の変化は、光誘起欠陥に起因すると考えられる。昨年度の研究において、光誘起欠陥は、二段階励起機構によって生じること、光照射中に、光誘起欠陥の生成と消滅が起きていることを見いだした。そこで、まず、光黒化の照射波長依存性を測定した。半導体のバンドギャップが大きい試料においては、半導体の吸収端波長よりも短波長の光を照射すると光黒化が起きるが、半導体のバンドギャップが小さい試料の場合には、半導体の吸収端波長付近の波長の光を照射しても光黒化が起きないことを見いだした。このような場合の光のエネルギーは小さいので、二段階目の励起が起こらなくなると考えれば、この結果が説明できる。

次に、照射する光の波長を長くすれば、欠陥の生成が起きず、消滅のみが起きると考え、短波長(355 nm)の光を照射して光黒化させた試料(CdS 微粒子を含むガラス)に、長波長の光を照射し、欠陥の消滅が起きるか否かを調べた。光黒化した試料では、未照射の試料に比べて蛍光寿命が短縮しているが、光黒化した試料に、波長500nm 付近の光を照射すると、蛍光寿命が長くなり、未照射の場合の値に近づくことを見いだした。400℃での熱アニールによって光黒化からの回復が行われることが既に報告されているが、熱ではなく、光によってもアニールできることが判明した。

照射するレーザー光の強度は大きいので、照射中に試料の温度が上昇し、熱によってアニールされる可能性も考えられる。そこで、レーザー光照射時の試料の温度上昇を計算したが、温度上昇の見積り値は、1℃以下であった。したがって、熱の影響は無視できる。

産業技術への貢献

光黒化効果は、他の光エレクトロニクス材料の光劣化の機構にも関連していると考えられ、この機構を調べることは重要である。

研究発表

- 1) Tadaki Miyoshi, Koji Nitta, Ken-ichi Towata, Naoto Matsuo : Effect of Hydrogenation on Photodarkening in CdS-Doped Glass ; Jpn. J. Appl. Phys., 36, p.4297-4298, 1997
- 2) Tadaki Miyoshi, Ken-ichi Towata, Hirobumi Matsuki, Naoto Matsuo : Luminescence and ESR studies of photodarkening in

- CdS-doped glasses ; J. Lumin., 72-74, p.368-369, 1997
- 3) Tadaki Miyoshi, Shinobu Otao, Hirobumi Matsuki, Naoto Matsuo : Comparison of photodarkening in CdS_xSe_{1-x}-doped and CdS-doped glasses ; J. Mater. Sci. Lett., 16, p.1634-1636, 1997
- 4) Tadaki Miyoshi, Hiroyuki Furukawa, Koji Nitta, Hiroyuki Okuni, Naoto Matsuo : Effects of Light and X-Ray Irradiation on CdS-Doped Glass ; Solid State Commun., 104, p.451-454, 1997
- 5) Tadaki Miyoshi, Koji Nitta, Hiroyuki Ohkuni, Fumihiko Ikeda, Naoto Matsuo : Laser-Induced Reversion of Photodarkening in CdS-Doped Glass : Jpn. J. Appl. Phys., 36, p.6726-6727, 1997
- 6) Tadaki Miyoshi, Masaru Hayashi, Junji Nakashima, Shinji Murakami, Naoto Matsuo : Photoinduced Formation of CdSSe and CdS Nanocrystals in Glass ; Nonlinear Opt., 18, p.111-114, 1997
- 7) Teruhisa Kaneda, Tadaki Miyoshi, Hiroyuki Furukawa, Koji Nitta, Hiroyuki Okuni, Naoto Matsuo : Creation and Annihilation of Photoinduced Defects in CdS Nanocrystal-Doped Glasses ; Nonlinear Opt., 18, p.337-340, 1997
- 8) Tadaki Miyoshi, Hirofumi Fukuda, Naoto Matsuo: Photoinduced Formation of CdSSe Nanocrystals in Glass : Jpn. J. Appl. Phys., 37, p.96-97, 1998
- 9) 金田昭久、三好正毅、福田博史、中島淳志、村上伸二、松尾直人：「半導体を含むガラスへの光照射による CdSSe 微粒子の析出」；日本物理学会講演概要集、1997年秋の分科会、(2)、p.231, 1997
- 10) 三好正毅、新田耕司、大国博之、池田文彦、松尾直人：「半導体微粒子分散ガラスにおける光誘起欠陥の光アニール」；日本物理学会講演概要集、1997年秋の分科会、(2)、p.231,1997

グループメンバー

氏名	所属	職(学年)
三好 正毅	工・電気電子	教授
松尾 直人	工・電気電子	助教授
相原 正樹	工・機能材料	教授
新田 耕司	理工・電気電子	M2
大国 博之	理工・電気電子	M1

連絡先

TEL/FAX : 0836-35-9450

E-mail : tmiyoshi@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp