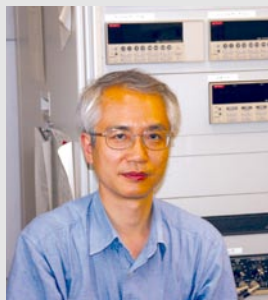


紫外線を高効率で発光する半導体材料

マグネシウム添加で発光効率が大幅に向上



柴田 肇

しばた はじめ

h.shibata@aist.go.jp

エレクトロニクス研究部門
低温物理グループ
主任研究員
(つくばセンター)

入所以来、固体の光学的性質の基礎研究に従事してきました。物質と電磁波との相互作用に関する基礎研究を通して、新しい物理法則の発見と産業応用を目指しています。

関連情報：

● 参考文献

H. Shibata et al.,
Appl. Phys. Lett. 90,
124104(2007)

● 共同研究者

反保衆志、松原浩司、山田明政、櫻井啓一郎、石塚尚吾、仁木栄(産総研)、酒井政道(埼玉大学)

● プレス発表

2007年5月24日「紫外線を高効率で発光できる半導体材料の開発」

紫外線発光ダイオード

青色発光ダイオードに続いて、紫外線発光ダイオードの実現が、産業界から望まれています。波長が短くなると、光記録密度の向上や白色発光の蛍光体の励起など、さまざまな新しい機能が期待できます。しかし、従来の半導体では発光波長が短くなると発光効率が低下するため、その実現は容易ではありませんでした。

マグネシウム混合で高性能に

今回、私たちは、酸化亜鉛に数%~10数%のマグネシウムを混合することで、紫外線を高効率で発光する半導体材料を開発しました。作製した試料の断面構造を図(左)に示します。基板としてサファイア単結晶を用い、酸化マグネシウム(MgO)、酸化亜鉛(ZnO)、マグネシウムを添加した酸化亜鉛($Zn_{1-x}Mg_xO$)の薄膜単結晶を、下から順番に分子線エピタキシャル法で成長させました。 $Zn_{1-x}Mg_xO$ の原料として純度の高い亜鉛とマグネシウムを用い、酸素源としては酸素ラジカルを利用しました。

絶対温度1.4Kに冷却して紫外線レーザー光を照射し、試料からの発光のスペクトルを測定した結果を図(右)に示します。波長が335~365nmの領域に大きな幅広い発光バンドが観察されますが、これが $Zn_{1-x}Mg_xO$ からの発光です。マグネシウム濃度が増すにつれて発光波長が短くなっていることがわかります。また、この発光バンドの発光強度(積分強度)は、マグネシウム濃度が増すにつれて顕著に増大しています。これは酸化亜鉛にマグネシウムを混合することで、材料の発光効率が大幅に向上していることを示しています。



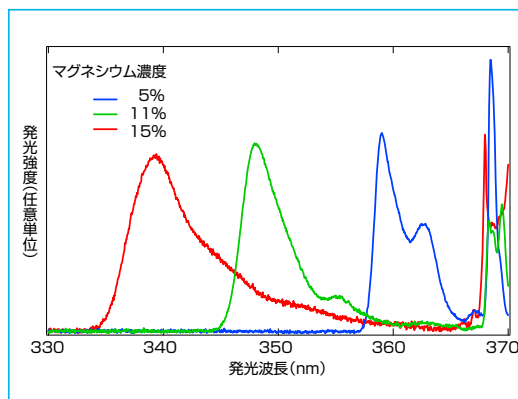
作製した試料の断面構造の模式図

$Zn_{1-x}Mg_xO$ からの発光強度と、試料温度の関係調べたところ、試料温度が上昇するに従って発光強度がしだいに減少することがわかりました。一般に、発光材料の発光効率は、材料の温度が上昇するに従って低下することが知られています。しかし、ここで判明した事実は、試料温度が上昇するに従って発光強度がしだいに減少するが、マグネシウム濃度が增大するほど発光強度の減少の程度が小さくなることです。発光素子を室温(300K付近)で利用することを考えると、この結果は重要です。

これらの結果をもたらす原因は共通だと考えられます。すなわち、試料中のマグネシウム濃度は場所によって一様ではなく、マグネシウム濃度の高い場所と低い場所が、混在しているために、発光の原因となる励起子あるいは電子・正孔対が局在現象を起こし、その存在が安定するために材料の発光効率が大幅に向上しているものと予想されます。

今後の展開

一般に、発光ダイオードや半導体レーザーなどの発光素子の基本構造は、発光する部分である活性層を、光や電子を閉じ込める役割の障壁層で挟んだ形の3層構造です。これまで多く想定されてきた素子の構造は、活性層にZnOを、障壁層に $Zn_{1-x}Mg_xO$ を利用するものでしたが、今後は $Zn_{1-x}Mg_xO$ を活性層に利用した素子をつくり、高効率な紫外線発光半導体素子の開発に挑戦していきます。



酸化亜鉛にマグネシウムを混合した材料の絶対温度1.4 Kにおける発光スペクトル