



Title	ワイドギャップZnSe/MgS超格子の形成と評価
Author(s)	植杉, 克弘; 大日向, 利朗; 熊野, 英和 他
Citation	電子科学研究, 3, 61-62
Issue Date	1996-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/24346">https://hdl.handle.net/2115/24346</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	3_P61-62.pdf



# ワイドギャップ ZnSe/MgS 超格子の形成と評価

光材料研究分野 植 杉 克 弘, 大日向 利 朗, 熊 野 英 和, 末 宗 幾 夫

II-VI 族化合物半導体の新しい材料系として ZnSe/MgS 超格子を提案し, その作製を試みた。MgS は自然には岩塩構造をとるが, 閃亜鉛構造の MgS の形成ならびに ZnSe/MgS 超格子の形成に成功した。超格子は 3000 Å 程度の膜厚まで格子緩和なく GaAs 基板にコヒーレント成長することが可能である。ZnSe 井戸幅の減少と共にフォトルミネッセンスピークのブルーシフトが観察され, 作製した ZnSe/MgS 超格子において量子閉じ込めが生じていることを確認した。

## 1. はじめに

青緑色半導体レーザーを実用化するためには, ヘテロ構造のバンドオフセットを大きくとり, キャリアを効率よく閉じ込める必要がある。ZnSe を活性層として青色レーザーを作製する場合, GaAs 基板に格子整合し, バンドオフセットが十分大きくとれる材料の開発が必要である。本研究では, 新しい材料系として ZnSe/MgS 超格子を提案し, その作製を試みた。MgS は格子定数が基板の GaAs に近く, エネルギーギャップが約 4.5 eV と II-VI 族化合物半導体中で最も大きい<sup>[1]</sup>。また, この系では伝導帯と価電子帯のバンドオフセットがそれぞれ 0.67 eV, 1.01 eV と大きく理想的なバンド構造をとることができ, 十分なエキシトンの量子閉じ込めが可能となる。しかしバルク結晶の MgS は岩塩構造をとり, 閃亜鉛構造の MgS の形成はこれまで報告されていない。今回, 閃亜鉛構造の MgS ならびに ZnSe/MgS 超格子の形成に初めて成功したので報告する。

## 2. 実 験

有機金属気相エピタキシー (MOVPE) 法を用い, S. I. GaAs (001) 基板上に ZnSe/MgS 超格子を作製した。MO 材料は DEZn, DESe, (MeCp)<sub>2</sub>Mg, DiPS を用い, 成長温度は 490°C である。成長過程は基板表面からの He-Ne レーザー (6328 Å) の多重反射光強度変化測定により評価した。超格子構造の評価は, 高分解能 X 線

回折 (HRXRD) 測定 (1.5406 Å), フォトルミネッセンス (PL) 測定 (He-Cd レーザー; 3250 Å) により行った。

## 3. 結果および考察

図 1 は ZnSe/MgS 超格子の X 線回折パターンを示す。GaAs (004) ピークの周りに超格子構造に特徴的なサテライトピークが観察される。これは MgS が閃亜鉛構造をとり, 良質な超格子構造が作製されていることを示唆する。0 次ピーク位置から超格子構造の平均格子定数  $a_{\perp av} = 5.607 \text{ \AA}$ , サテライトピークの間隔から 1 周期の膜厚  $L = 92.4 \text{ \AA}$  を得る。また, 超格子は 3000 Å 程度の膜厚まで格子緩和なく GaAs 基板にコ

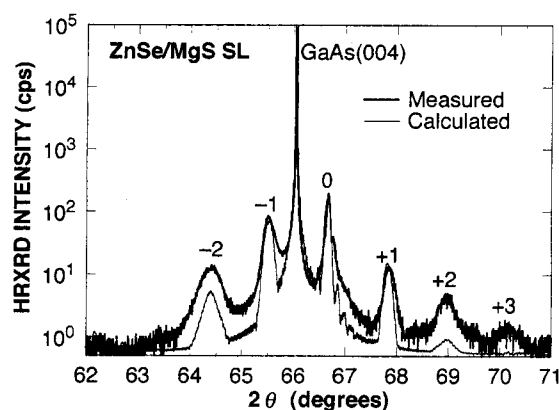


図 1 ZnSe (49.8 Å)/MgS (42.6 Å) 超格子の X 線回折パターン。

ヒーレント成長することが可能であることがわかった。

閃亜鉛構造の MgS の物性パラメータは知られていないため、X線回折測定だけでは ZnSe と MgS の各々の膜厚 ( $L_{\text{ZnSe}}$ ,  $L_{\text{MgS}}$ ) を求めることができないので、本研究では各々の膜の成長における多重反射光強度変化から膜厚を求めた。ZnSe と MgS の膜厚の増加による光強度変化をそれぞれ  $\Delta r_{\text{ZnSe}}$ ,  $\Delta r_{\text{MgS}}$  とすると、 $\Delta r_{\text{ZnSe}}/\Delta r_{\text{MgS}} = n_{\text{ZnSe}}L_{\text{ZnSe}}/n_{\text{MgS}}L_{\text{MgS}}$  である。ここで  $n_{\text{ZnSe}}$ ,  $n_{\text{MgS}}$  は各々の膜の屈折率で、modified single-effective-oscillator model<sup>[2]</sup> を用いて計算すると、 $\lambda = 6328 \text{ \AA}$  では  $n_{\text{ZnSe}} = 2.578$ ,  $n_{\text{MgS}} = 2.206$  となる。この超格子では  $\Delta r_{\text{ZnSe}}/\Delta r_{\text{MgS}} = 1.37$ ,  $L = 92.4 \text{ \AA}$  であるため、ZnSe と MgS の膜厚はそれぞれ  $49.8 \text{ \AA}$ ,  $42.6 \text{ \AA}$  となる。

ZnSe 膜と MgS 膜中の界面に垂直方向の格子定数をそれぞれ  $a_{\perp\text{ZnSe}}$ ,  $a_{\perp\text{MgS}}$  とすると、 $L/a_{\perp\text{av}} = L_{\text{ZnSe}}/a_{\perp\text{ZnSe}} + L_{\text{MgS}}/a_{\perp\text{MgS}}$  である。ZnSe が GaAs 基板上にコヒーレント成長した場合、 $a_{\perp\text{ZnSe}} = 5.688 \text{ \AA}$  であるので、MgS 膜の格子定数は  $a_{\perp\text{MgS}} = 5.515 \text{ \AA}$  となる。MgS の弾性定数はわからないため、ZnSe あるいは ZnS の弾性定数を用いて MgS の格子定数 ( $a_{0\text{MgS}}$ ) を求めると、ZnSe では  $5.590 \text{ \AA}$ , ZnS では  $5.592 \text{ \AA}$  となる。他の試料についても同様な計算を行い MgS の格子定数を求めた結果、 $a_{0\text{MgS}} = 5.59 \text{ \AA}$  となった。図 1 の細線は、得られたパラメータを用いてシミュレーションした結果を示す。測定結果を良く再現することがわかる。

図 2 は ZnSe 井戸幅がそれぞれ  $49.8 \text{ \AA}$ ,  $69.4 \text{ \AA}$  の超格子の 12 K での PL 測定結果を示す。PL ピークはバ

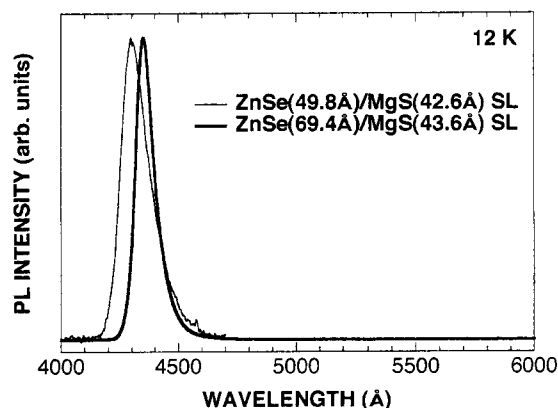


図 2 ZnSe/MgS 超格子の 12 K での PL スペクトル。

ルク ZnSe のギャップよりも短波長側に見られ、ZnSe 井戸幅の減少と共に理論に一致した PL ピークのブルーシフトが観察された。これより、作製した ZnSe/MgS 超格子において量子閉じ込めが生じていることがわかる。

#### 4. まとめ

本研究では、ZnSe/MgS 超格子を作製し、その構造評価および光学評価を行った。閃亜鉛構造の MgS ならびに ZnSe/MgS 超格子の形成に成功し、MgS の格子定数  $a_{0\text{MgS}} = 5.59 \text{ \AA}$  を得た。また、作製した ZnSe/MgS 超格子による量子閉じ込め効果を確認した。しかし、得られた X線回折パターンや PL スペクトルの半値幅は広く、界面のゆらぎが大きいと考えられるため、今後は界面制御による超格子構造の改善を行う予定である。

#### 【参考文献】

[1] H. Okuyama, K. Nakano, T. Miyajima and K. Akimoto, Jpn. J. Appl. Phys. 30, L1620 (1991).

[2] M. A. Fromowitz, Solid State Communications 15, 59 (1974).