

減圧有機金属化学気相法による 4 元混晶半導体 $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ 膜の Mg 組成制御と結晶評価

友田 晃宏, 松尾 友誠, 中鶴 悠太, 庄野 智瑛, 齊藤 勝彦, 田中 徹, 郭 其新, 西尾 光弘
佐賀大学大学院 工学系研究科

1 はじめに

4 元混晶半導体 $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ は ZnTe を用いた緑色 LED の高効率化のための ZnTe に適したクラッド層と期待される。これまで分子線エピタキシャル成長法による $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ に関する研究が多くなされてきたが、量産化に有利な有機金属化学気相成長(MOVPE)で成膜を試みた例は少ない[1]。本研究に先立ち、これまで常圧 MOVPE 法によって、 $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ の成長を試み、Mg や Se の組成の制御が可能であることを示してきた。多層膜の成長や膜厚制御へと発展させるためには常圧 MOVPE 法よりも減圧 MOVPE 法が有利である。そこで本研究では減圧 MOVPE 法で $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ 膜の組成制御を実現し、ZnTe 基板と $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ 膜の間で格子整合を達成するための成長条件を確立することを目指した。

2 実験方法

本研究では減圧 MOVPE 法を用いて ZnTe(100)基板上に $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ 膜を作製した。原料として、DMZn, DETe, DESe, $(MeCp)_2Mg$ を使用し、キャリアガスに高純度水素を用いた。基板温度 390°C, 成長室内圧力 500Torr で一定とした。更に $(MeCp)_2Mg$ 以外の原料の供給量は一定にし $(MeCp)_2Mg$ のみ供給量を変化させて $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ 膜を作製した。XRD, EDX により組成を決定するとともに、原子間力顕微鏡にて表面粗さを評価した。

3 実験結果と検討

$(MeCp)_2Mg$ 供給量を変えたときの $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ の Se, Mg 組成の変化を Fig.1 に示す。 $(MeCp)_2Mg$ 供給量を増加させると Mg 組成 x は増加し、Se 組成 y はほぼ一定であることが分かる。このことから減圧 MOVPE 法によっても Mg 組成 $x=0\sim 0.4$ と幅広く制御可能であることが実証できた。

$(MeCp)_2Mg$ 供給量による $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ 膜の表面粗さの変化を Fig.2 に示す。膜の表面粗さは、 $10\times 10\mu m^2$ と $30\times 30\mu m^2$ と異なる走査範囲であってもほぼ同じであることから、減圧成長のメリットが活かされ、一様な粗さとなっていた。膜の表面粗さは $(MeCp)_2Mg$ 供給量に対し $12.5\mu mol/min$ で最小となる傾向を示した。図中に格子不整合率も示したが、 $(MeCp)_2Mg$ 供給量 $12.5\mu mol/min$ で膜と ZnTe 基板との間に格子整合がとれ、この条件で平坦な膜が得られることが分かった。

4 まとめ

本研究では膜厚制御に有利な減圧 MOVPE 法に注目して、 $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ 膜の Mg 組成制御を実現した。また、 $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ 膜の表面粗さは、ZnTe 基板とほぼ格子整合をとったときに最小となることを見出した。

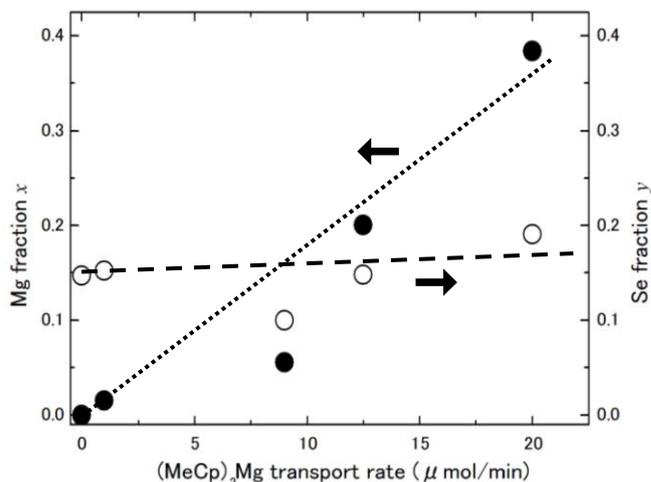


Fig.1 Changes of Mg and Se fractions with $(MeCp)_2Mg$ transport rate.

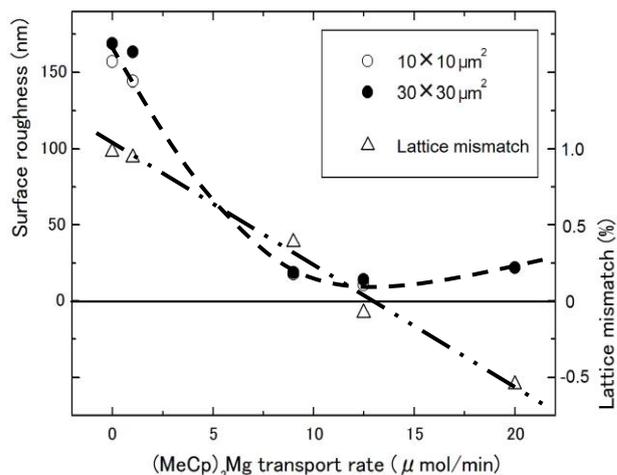


Fig.2 Surface roughness and lattice mismatch versus $(MeCp)_2Mg$ transport rate.

参考文献

- [1] M. Nishio, K. Saito, K. Urata, Y. Okamoto, D. Tanaka, Y. Araki, M. Abiru, E. Mori, T. Tanaka, and Q.X. Guo, J. Cryst. Growth 414, 114 (2015).