

Zn(Mg, Cd)O 混晶の RPE-MOCVD 成長と面方位制御

Growth and control of Zn(Mg,Cd)O alloy orientation by RPE-MOCVD

静大院工, 大村信亮* サンジャイ・モハンタ °中村篤志, 天明二郎

Grad. School of Eng. Shizuoka Univ., N. Omura, S. Mohanta °A. Nakamura, J. Temmyo

E-mail: ranakam@ipc.shizuoka.ac.jp

1. はじめに

ウルツ鉱Zn(Mg,Cd)O混晶は広範囲のバンドギャップの制御が可能で光デバイス応用が期待され、シュタルク効果、内部ダイポール形成の抑制、並びにドーパントの取り込み効率の向上をはかるうえで成長面方位制御が重要である。我々はこれまでにRPE-MOCVD法を用いて混晶組成制御¹と近赤外域までのEgの拡大²を行ってきた。ラジカルを用いた成長ではこれまでにa面MgZnOで $x=0.18(3.58\text{eV})^3$ 、a面ZnCdOは $x=0.17(2.85\text{eV})^4$ まで実現している。今回、非極性面成長制御の課題においてラジカルを用いた混晶組成の取り込まれ量について検討した。

2. 実験

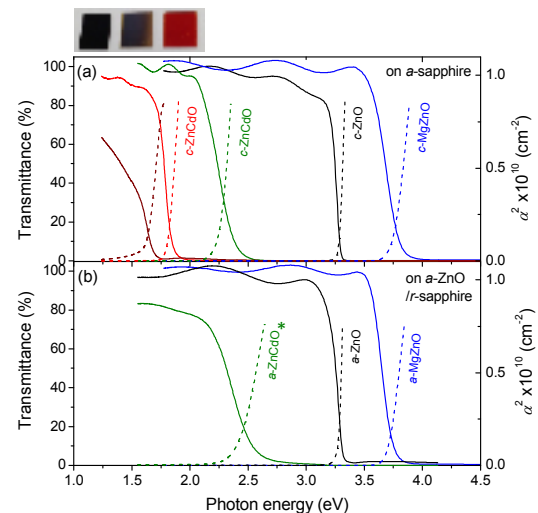
RPE-MOCVD 法で a 面(11-20), r 面(10-12)サファイア基板上に Zn(Mg,Cd)O 混晶を成長した。有機金属原料は DEZn, MeCp₂Mg, DMCD を用い水素または窒素キャリアガスでモル比を制御して供給した。基板温度は 300-550°C, 圧力 0.1Torr, RF 電力を 10-40W で O₂ 100-150sccm に H₂ 5-10sccm 混合して RF 印加しラジカルを供給した。結晶構造は XRD で評価し、光学顕微鏡、FE-SEM で成長膜の表面構造を観察した。

3. 結果と考察

Fig.1 に Zn(Mg,Cd)O 混晶膜の c 面極性成長並びに a 面非極性成長した分光透過率スペクトルと対応する α^2 プロットを示す。Fig.1(a)は既に得られている a 面サファイア基板上に直接成長した c 面成長 Zn(Mg,Cd)O の結果を参照のため図示し、1.6eV (Cd $x \sim 0.7$) $\leq E_g \leq 3.76\text{eV}$ (Mg $x=0.25$)を示した。それ以上の組成の増加ではウルツ鉱構造から岩塩構造が支配的になった。一方、a 面成長は ZnO バッファ層上に成長し 2.4eV (Cd $x=0.28$) $\leq E_g \leq 3.68\text{eV}$ (Mg $x=0.21$)でウルツ鉱構造を示し、O₂/H₂ 混合ラジカルを用いることでこれまで報告した組成制御範囲を拡大させた。それ以上の組成では c 面成長が支配的になった(Fig.1(b))。直接 r 面サファイア基板上に成長させた場合は c 面成長し、直接 a 面サファイア基板上に成長させた場合と同じ Mg, Cd 組成のものが得られた。これらのサンプルを XRD 回折パターンからブラッグの式から a 軸長と c 軸長を算出し、ZnO のウルツ鉱構造 $c/a=(8/3)^{1/2}$ の関係を用いて c 軸長の組成依存性¹からの a 軸長フィッティング結果と a 面成長サンプルの測定結果と一致し、a 面ならびに c 面成長での軸長の変化はイオン半径の増減に対応することを確認した。熱 MOCVD 法では ZnO バッファ層上で $x=0.3(3.9\text{eV})$ の a 面 MgZnO の報告⁵があるが、ラジカルを供給した MgZnO 成長は c 面配向性が支配的になりやすい。一方、より低温成長が要請される ZnCdO 系においてラジカルによる有機金属原料の分解促進が効果的で、成長温度を低く設定することが出来るため、供給モル比を増加させ高 Cd 組成が実現可能であることが示唆された。

4. 参考文献

- [1] K. Yamamoto, T. Tsuboi, T. Ohashi, T. Tawara, H. Gotoh, A. Nakamura, J. Temmyo, J. Crystal Growth, 312 (2010) 1703. [2] M. Suzuki, S. Mohanta, A. Nakamura, J. Temmyo, SSDM2012 PS-8-3. [3] G. Tabares, A. Hierro, J. M. Guzman, E. Munoz, A. Nakamura, T. Hayashi, J. Temmyo, Appl. Phys. Lett., 96 (2010) 101112. [4] 山本兼司, 坪井貴子, 中村篤志, 天明二郎, 2009 年春季応用物理学会 2p-ZK-8. [5] S. Muthukumar, J. Zhong, Y. Chen, Y. Lu, T. Siegrist, Appl. Phys. Lett., 82 (2003) 742. * 現所属: 東北大学大学院。



Figs1. Transmittance spectra of Zn(Mg,Cd)O films on (a) a-sapphire, and (c) a-ZnO buffer/r-sapphire substrate. A plot of α^2 versus photon energy for sample on (b) a-sapphire and (d) a-ZnO buffer/r-sapphire substrate. * on a-ZnO single crystal substrate

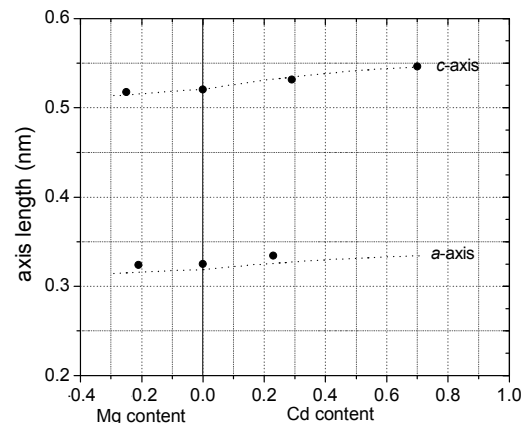


Fig2. Content dependence of axis length in Zn(Mg,Cd)O.