

In ドープ MgO 薄膜の発光特性

Emission Property of In Doped MgO Films

工学院大¹, オーク製作所², 都産技研³, 京都大⁴, 高坂 亘¹, 小川 広太郎^{2,1}, 松田 真樹¹, 日下 皓也¹, 太田 優一³, 金子 健太郎⁴, 山口 智広¹, 本田 徹¹, 藤田 静雄⁴, 尾沼 猛儀¹
 Kogakuin Univ.¹, ORC Manufacturing Co., Ltd.², TIRI³, Kyoto Univ.⁴, W. Kosaka¹, K. Ogawa^{2,1},
 M. Matsuda¹, H. Kusaka¹, Y. Ota³, K. Kaneko⁴, T. Yamaguchi¹, T. Honda¹, S. Fujita⁴ and T. Onuma¹
 E-mail: cm21022@ns.kogakuin.ac.jp

岩塩構造酸化マグネシウム亜鉛(RS-Mg_xZn_{1-x}O)は、サブ 200 nm 域の半導体発光材料として期待される[1,2]。MgO 薄膜は室温で 166 nm 付近にバンド端付近(NBE)の発光を示すが[3]、Zn を 5%程度混晶化させると 205 nm 付近へと急激に長波長シフトする[1,2]。そこで、Zn 組成を 1%以下に減らした Zn ドープ MgO 薄膜を成長した。すると、極低温であるが、170 nm 付近に NBE 発光が現れることが分かった[4]。しかし、6.2 eV 付近に深い準位が関与するブロードな発光帯が支配的に現れた。この発光起源には、Mg 空孔(V_{Mg})が関与すると報告されているが[5]、その詳細は明らかになっていない。仮に Mg 空孔であればアクセプター型欠陥であるため、ドナー不純物ドープにより欠陥密度が変化すると予測される。そこで本研究では、ドナー不純物として 3 価の陽イオンである In を MgO にドープした薄膜の発光特性を調査し、特に 6.2 eV 付近の発光帯の振舞いを明らかにすることを目的とした。

ミスド CVD 法により MgO(100)基板上へ In ドープ MgO の結晶成長を行った。成長温度は 700 °C、成長時間は 2 時間とし、前駆体溶液の In ドープ量を 0.2~1.8 mol%と変化させた。膜厚は 300~850 nm 程であった。VUV 域の CL 測定では、光路を窒素で置換した VUV 分光システムを用いた[3]。図 1 に 6 K での CL スペクトルの比較を示す。MgO ホモエピタキシャル薄膜では、7.63 eV に NBE 発光を観測した他、6.2 eV、5.3 eV 付近に深い準位が関与する発光帯が現れた。上述のとおり、後者 2 つは V_{Mg} 由来の V センターが関与すると報告されている[5]。Zn ドープ薄膜では、MgO の NBE 発光ピークが残るものの、7.2 eV 付近に NBE 発光のショルダーを観測した。発光起源として、Zn ドープにより形成されたアインシュタイントラップへの正孔の捕獲が挙げられる[4]。一方、0.2 mol%の In ドープ薄膜では NBE 発光は観測されず、6.2 eV 付近の発光帯と低エネルギー側の発光が現れた。In をドープすることにより補償欠陥が形成され、点欠陥またはその複合欠陥への正孔の捕獲が優先的となり NBE 発光が観測されなくなったと考えられる。In ドープ量を 0.9~1.8 mol%へと増加させると、6.2 eV 付近の発光帯の強度は減少した。In による V_{Mg} の置換などが考えられるが、詳細はさらに検討する必要がある。以上より、6.2 eV 付近の発光帯の強度は、In ドナー不純物のドープにより変化し、V_{Mg} やその複合欠陥などが関与することが示唆された。

本研究の一部は科研費(20H00246、22K04952) 及び工学院大学総合研究所プロジェクト研究の援助を受けた。本研究の一部は、工学院大学、京都大学、(株) オーク製作所の共同研究の一環として行われた。

[1] K. Ishii *et al.*, Appl. Phys. Express **12**, 052011 (2019). [2] T. Onuma *et al.*, Appl. Phys. Lett. **113**, 061903 (2018). [3] T. Onuma *et al.*, Appl. Phys. Lett. **119**, 132105 (2021). [4] 高坂他, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 12p-N206-17. (2021). [5] R. T. Williams *et al.*, Phys. Rev. B **20**, 1687 (1979). [6] P. Rinke *et al.*, Phys. Rev. Lett. **108**, 126404 (2012).

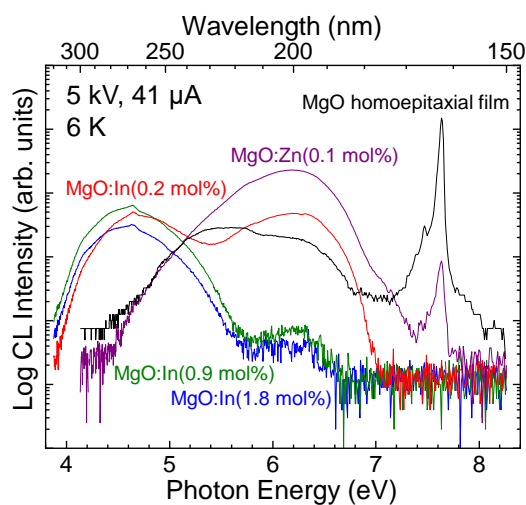


Fig. 1. CL spectra of MgO homoepitaxial film, Zn doped MgO film and In doped MgO films at 6 K.