

石英ガラス基板上岩塩構造 MgZnO における殺菌用 UVC 発光

UVC emission for sterilization from rocksalt-structured MgZnO on quartz glass substrate

高坂 亘¹⁾

指導教員 尾沼 猛儀^{1,2)}

研究協力者 工藤 幹太¹⁾, 山口 智広²⁾, 本田 徹²⁾

1) 工学院大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻 固体物性研究室

2) 工学院大学 先進工学部 応用物理学科

キーワード: 岩塩構造酸化マグネシウム亜鉛, 真空紫外線, カソードルミネッセンス測定, ミストCVD

1. 背景

UVC のうち波長 200 nm から 280 nm は深紫外線 (DUV)、200 nm 以下は真空紫外線 (VUV) と呼ばれる。これらの光源は、ウイルスの不活化、オゾン生成、微細加工技術などの様々な分野での応用が期待されている。本研究室では、DUV、VUV 域の半導体発光材料として岩塩構造酸化マグネシウム亜鉛 (RS-MgZnO) に注目している。これまでにミスト CVD 法により MgO 基板上に成長した RS-MgZnO 薄膜における DUV、VUV 域での発光を報告してきた[1,2]。しかし、MgO 基板は高価であることや形状を自由に変更できないなどの欠点がある。そこで本研究では、安価であり、形状を自由に変更できる石英ガラスを基板に使用した。表面状態の観測、光学的特性評価を行うことにより、石英ガラス基板上の RS-MgZnO の発光特性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

ミストCVD法により石英ガラス基板上にRS-MgZnOを成長した[1]。前駆体溶液の溶質にはMgCl₂・6H₂OとZnCl₂を用い、MgとZnのモル濃度比が9:1となるように調整した。溶媒には純粋と酢酸を8:2の割合で混ぜたものを使用した。成長温度は700°Cと750°C、成長時間は30分とした。RS-Mg_xZn_{1-x}OのMgOモル分率xは、エネルギー分散型X線(EDX)分光分析により定量化した。加速電圧は15kVとした。表面と発光像は電子顕

微鏡-カソードルミネッセンス(SEM-CL)装置により測定した。加速電圧は3 kVとし170~800 nmの波長範囲を室温で測定した。CL像は、全波長範囲の強度を積分した。VUV域の透過率とCL測定では、光路を窒素で置換したVUV分光システムを構築し用いた[3]。CL測定では電子銃の加速電圧を5 kV、エミッション電流を41 μAとし、160~320 nmの波長範囲を測定した。試料温度は6~300 Kであった。透過率測定では、重水素ランプからの光を分光し用い、110~300 nmの波長範囲を室温で測定した。200 nm以降の測定では二次光を除くため石英ガラスのロングパスフィルタを使用した。

3. 結果と考察

図1(a)、1(b)に示すように、石英ガラス基板上には微結晶(MCs)が成長していた。700°Cで成長した試料は1 μm程度の微結晶が疎らに成長していたのに対し、750°Cで成長した試料では100 nm~1 μm程度の微結晶が緻密に成長していた。750°Cで成長した試料の平均膜厚は240 nmであった。また、図1(c)、1(d)に示すように、SEM 観察で得られた表面形状と発光像が類似していたことから、微結晶が発光していることが確認された。EDXにより求めたMCsの平均MgOモル分率xは、700°Cで成長した試料で0.93、標準偏差は0.01であり、750°Cで成長した試料では0.95、標準偏差は0.03であった。図2(a)に750°Cで成長した試料の6 K、300 KでのCLスペクトルを示す。300 KのCLスペクトル

は10倍して表示した。主ピークは6 Kで5.97 eV(208 nm)、300 Kで5.77 eV(215 nm)に現れた。さらに、高エネルギー側では、6 Kで6.6 eV(188 nm)、300 Kで6.4 eV(194 nm)に明瞭なショルダーが観測された。図2(b)に透過率から求めたTaucプロットを示す。Taucプロットへのフィッティングより、室温での吸収端エネルギーは6.67 eVとなった。300 Kでの発光ピークとのストークス様シフトは0.9 eVであった。一方、MgO基板上のRS-MgZnOでは0.7~0.8 eV程度のストークス様シフトが観測されている[4]。薄膜とMCsで同様なストークス様シフトが観測されたことから、微結晶でも深い裾状態の存在が示唆される。しかし、微結晶ではCLスペクトルに高エネルギー側のショルダーが観測されたことから、Zn組成の少ない微結晶での発光も示唆される。これは、石英ガラス基板上にMCsを成長することで、欠陥の少ない結晶の自己組織化が促進されたことを示唆している結果とも考えられるが、詳細は今後も検討を行う必要がある。

4. 結論

ミストCVD法により石英ガラス基板上に成長したRS-MgZnOの光学特性を調査した。SEM-CL測定により、MCsの形成と発光を確認した。MCsでは、MgO基板上に成長したRS-MgZnO薄膜では観測されなかったの、VUV域での明瞭な発光が観測された。この結果は、RS-MgZnOは基板の材質に寄らず、VUV発光材料として利用できる可能性を示している。

謝辞

本研究の一部は科研費(#20H00246)の援助を受けた。試料をご提供頂いた京都大学 藤田 静雄 教授、金子 健太郎 講師に深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] K. Ishii, M. Ono, K. Kaneko, T. Onuma, T. Honda, S. Fujita, Appl. Phys. Express **12**, 052011 (2019).
 [2] M. Ono, K. Ishii, K. Kaneko, T. Yamaguchi, T. Honda, S. Fujita, T. Onuma, J. Appl. Phys. **125**, 225108 (2019).
 [3] T. Onuma, W. Kosaka, K. Kudo, Y. Ota, T.

Yamaguchi, K. Kaneko, S. Fujita, T. Honda, Appl. Phys. Lett. **119**, 132105 (2021).

- [4] T. Onuma, M. Ono, K. Ishii, K. Kaneko, T. Yamaguchi, S. Fujita, T. Honda, Appl. Phys. Lett. **133**, 061903 (2018).

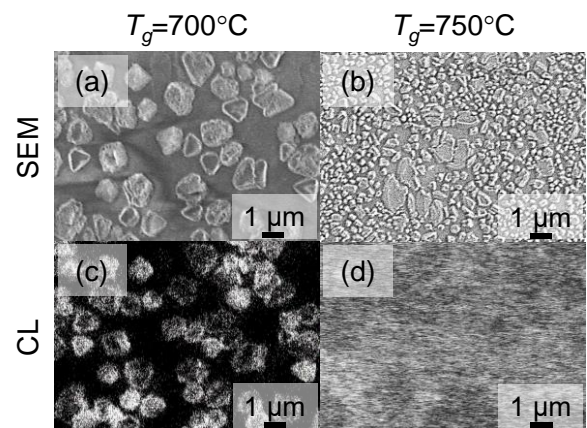


図 1. 石英ガラス基板上に 700°C で成長した RS-MgZnO の(a)SEM 像と(c)CL 像, 750°C で成長した試料の(b)SEM 像と(d)CL 像。

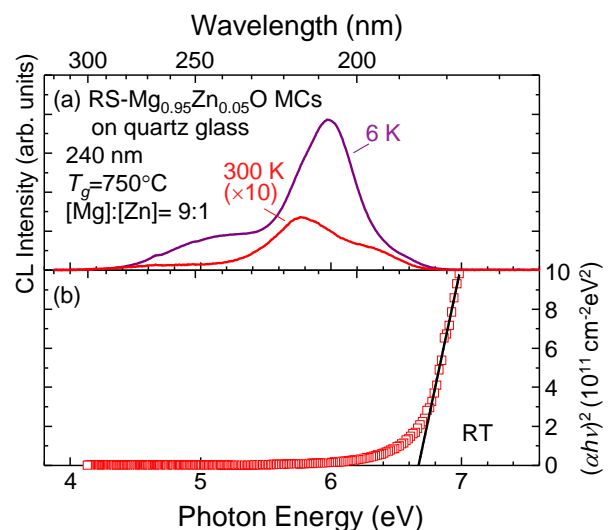


図 2. 750°C で成長した試料の(a)CL スペクトル (b)室温での Tauc プロット。