

誘電体薄膜と紫外レーザー照射による InGaN/GaN 量子井戸の高効率発光

High efficiency photoluminescence of InGaN/GaN quantum wells by depositing dielectric thin films and UV laser irradiations

阪府大工¹, 阪府大院工², 京大院工³・三戸田健太¹, 垣内晴也², 松山哲也²,

和田健司², 船戸充³, 川上養一³, 岡本晃一²

Osaka Pref. Univ.¹, Osaka Pref. Univ.² Kyoto Univ.³・K. Mitoda¹, S. Kaito², T. Matsuyama²,

K. Wada², M. Funato³, Y. Kawakami³, K. Okamoto²

E-mail: sdb01138@st.osakafu-u.ac.jp

1. はじめに

InGaN/GaN 量子井戸に基づく発光ダイオードは、In 組成の増加につれて発光効率が著しく減少し、緑色領域での高効率化が困難であるグリーンギャップ問題が未解決である。我々は金属薄膜による表面プラズモン共鳴を用いた高効率発光について報告してきたが、金属は損失も大きく緑色領域を増強するのに適した金属がないという問題がある。つい最近その問題を解決する方法として、試料表面に金属ではなく誘電体薄膜を成膜し、紫外レーザーを照射し続けることで、特に緑色領域の発光効率が著しく改善されるという驚くべき現象を発見した[1]。今回は様々な種類の誘電体による発光増強を試したので報告する。

2. 実験

InGaN 活性層 3 nm、GaN 障壁層 40 nm の InGaN/GaN 単層量子井戸構造試料の表面に高真空 RF スパッターにより 4 種類の誘電体(SiO₂, Al₂O₃, ZnO, MgO)薄膜 (5 nm) を成膜した。波長 325 nm の He-Cd レーザーを一定時間照射し、マルチチャンネル分光器で Photoluminescence (PL)測定を行い、レーザー照射時間に対する依存性を比較した。

3. 結果と考察

Al₂O₃ 薄膜を成膜し、He-Cd レーザーを照射し続けた時の PL スペクトルを Fig.1(a)に示した。時間とともに PL 強度が増加し、5 分後には誘電体薄膜がないときに比べて約 37.4 倍の増強度が得られた。同様に、SiO₂, ZnO, MgO 薄膜においてはそれぞれ 16.6 倍、5.2 倍、9.8 倍の発光増強が得られた。Fig.1(b)に発光増強度と酸化物の金属原子の半径との関係を示した。Ga 原子の大きさに近い Al 原子において最も大きい増強度を示すことがわかった。レーザー照射後に発光増強の最大値が得られるまでに時間がかかることと、増強度に原子半径依存性があることから、高効率化のメカニズムとして、紫外レーザー照射によって活性化された酸化物の金属原子が、GaN 結晶の Ga 空孔欠陥に侵入し、その結果、結晶性が改善されることで増強度が大きくなるのではないかと考えられる。MgO では大きな増強度が得られなかったのは、結晶構造の違いによる可能性を考えている。さらに詳しい機構について、当日議論する。

[1] S.Kaito et al., JSAP Spring Meeting 2021, 17p-Z27-6 (特許出願番号 2022-014115)

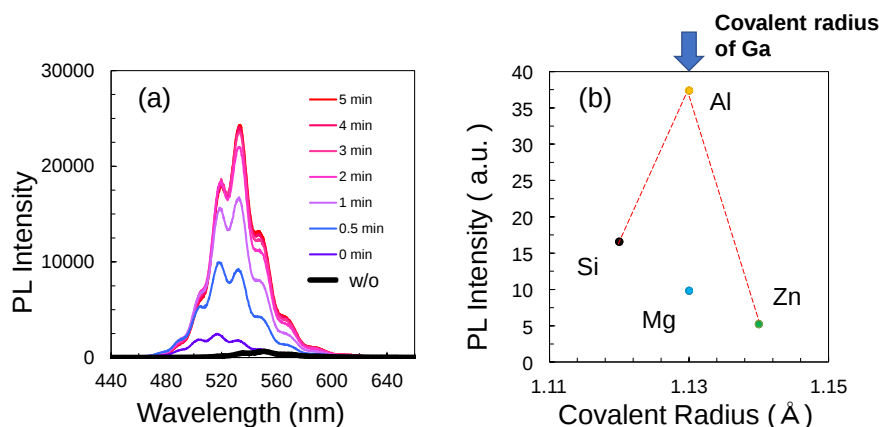


Fig.1(a) PL spectra of InGaN/GaN with Al₂O₃ thin films. (b) Atomic size dependence of PL intensity.