

課題番号 : F-14-FA-0023  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : リン添加酸化亜鉛薄膜の形成  
Program Title (English) : Formation of phosphor-doped Zinc Oxide  
利用者名(日本語) : 中村有水<sup>1), 2)</sup>  
Username (English) : Y. Nakamura<sup>1), 2)</sup>  
所属名(日本語) : 1) 熊本大学大学院自然科学研究科, 2) くまもと有機薄膜センター  
Affiliation (English) : 1) Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University,  
2) Phoenix

## 1. 概要(Summary)

現行の照明用 LED は、窒化物(GaN)から成っており、その発光層には窒化インジウムガリウム(InGaN)が使用されているが、このInとGaは希少金属のため高価となる。また、これらの薄膜を形成するためには、有機金属化学気相成長法(MOCVD)が使用され、真空や高純度ガスが必要であり、さらに高価となる。そこで、我々は、低コストで高効率なLEDを目指して、ミスト化学気相成長法(ミストCVD)[1]を用いた酸化亜鉛(ZnO)[2]の研究を行っており、pn接合の作製に不可欠なP型層の形成が重要である。そこで、昨年引き続き、酸化亜鉛薄膜へのV族元素であるリン原子のイオン注入を試みた。

## 2. 実験(Experimental)

=使用した主な装置=

イオン注入装置

=実験方法=

共同研究開発センターにおいて今回使用した機器は、イオン注入装置である。まず、熊本大学側で、ミストCVDにより、サファイア基板上に無添加の酸化亜鉛薄膜を成長した。Fig.1に示すように、この試料にイオン注入を行ったが、加速電圧は、深さ方向に均一にリン原子を分布させるため、50kV、100kV、150kVの3段階とし、総ドーズ量は、 $1.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2} \sim 1.35 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ の範囲で数種類変化させた。また、イオン注入後、結晶欠陥の回復とリン原子の拡散のため、1100°Cで1時間の熱処理を行った。その後、ホール測定を行い、キャリア密度等を測定した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

昨年の結果では、p型化の実現を報告したが、データを詳細に見ると不明確な点があり、今回、その検証を行った。熱処理前の無添加酸化亜鉛の電子密度は、酸素空

孔の存在により約 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であった。これを熱処理すると、おそらく酸素空孔の減少により、電子密度は約 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ に減少した。次にリンのイオン注入を行い、熱処理した場合のキャリア密度を測定すると、リンの注入量を変えてもp型ではなくn型を示し、電子密度は $0.9 \sim 1.1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ と、リンの注入量に対する依存性もほとんど見られなかった。また、X線光電子分光や他の測定結果からも、リン原子は酸素サイトではなく亜鉛サイトに位置している可能性が高く、リン原子は単にドナーとして機能していると考えられる。よって、現在までの研究状況では、リン原子は、p型ZnOを形成するためのアクセプタとしては適さないことが示された。今後、リンとは異なる原子の添加でP型層の形成を検討する予定である。

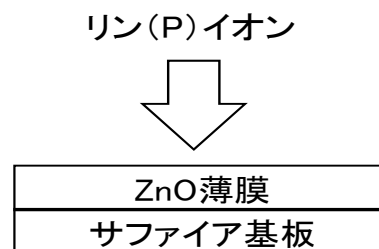


Fig.1 Implantation to ZnO

## 4. その他・特記事項(Others)

【参考文献】

[1] J.G. Lu, et al., Journal of Crystal Growth Vol. 299 (2007) pp.1-10.

[2] A. Tsukazaki, et al., Nature Material, Vol. 4 (2005) pp. 42-46.

【謝辞】 本研究の推進にあたり、ご協力頂いた熊本県産業技術センターの永岡昭二氏に感謝する。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) 田之上他, 「高速回転式ミストCVD法により形成した

ZnO 薄膜」2015 年 応用物理学会春季学術講演会，  
12a-D1-1.

6. 関連特許 (Patent)

なし。