

DPP アニールされた窒素ドーパ ZnO 基板を用いた透過型光変調器

Transmissive optical modulators using a N-doped ZnO substrate fabricated by DPP annealing

ナノフォトニクス工学推進機構, °川添 忠, 大津 元一

東大工, 大津 元一, 九大シス情, 堅 直哉

NPEO, °T. Kawazoe, M. Ohtsu, Univ. of Tokyo, M. Ohtsu, Kyushu Univ., N. Tate

E-mail: kawazoe@npeo.or.jp

我々はドレスト光子フォノン援用(DPP)アニール[1]による窒素ドーパされた酸化亜鉛(ZnO)基板を用いた近紫外～緑色発光ダイオードを報告している[2]。この手法によって活性化された窒素ドーパ層を有する ZnO 基板はドレスト光子を介した巨大な磁気光学効果に起因する屈折率変化を示し、これまで幾つかの光学素子を提案している[3-5]。これらの素子は DPP アニールのために裏面に金属電極膜を有しており、反射型素子として動作させていた。今回、Fig.1(a)に示すように素子を設置するガラスエポキシ基板に貫通穴を設置し、ZnO 基板裏面にも透明電極を用いる事で透過型の素子を作製した。また、空間光位相変調器などアレイ化素子として利用する際、素子の動作原理上クロストークが生じる可能性があり、この確認のため 2×2 のアレイ化を行った。

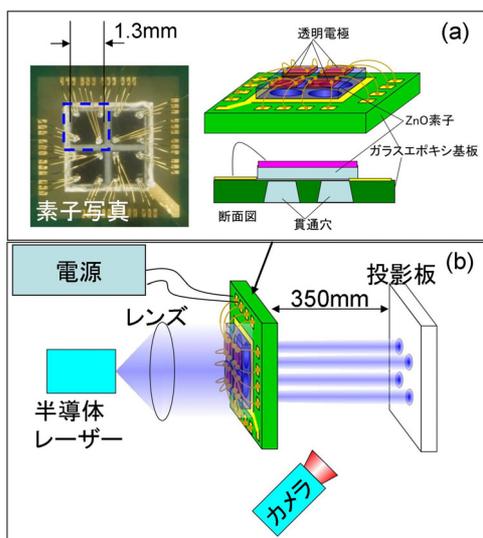


Fig. 1.

素子作製に用いた ZnO 基板は水熱合成法により作製した単結晶(電気抵抗率 50-150 Ω cm)ある。この基板に加速エネルギー600keV, ドーズ量 $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の条件で窒素イオン打ち込みドーピングを行った。その後、ボンディング用ランド電極として Cr/Ni/Au を成膜し、さらにイオン打ち込み面、裏面の両面に ITO 透明電極を成膜した。ワイヤーボンディング後、波長 405nm 光パワー密度 2 W/cm^2 のレーザー光と 10V の順方向バイアス電圧印加による DPP アニールを行った。Fig.2 にそれぞれ基板に垂直と平行に電圧を印加した場合の電流電圧特性を示す。

DPP アニール前の素子は線型な抵抗としての特徴を示しているが(Fig.2 青線)、DPP アニールによって低抵抗化するとともに整流特性を示すようになっている(Fig.2 赤曲線)。この結果は DPP アニールによりドーパされた窒素が活性化され、pn 接合が形成されたことで説明可能であり、量子効率1%程度ではあるが、

波長 405nm の光に対し、光起電流も確認している。

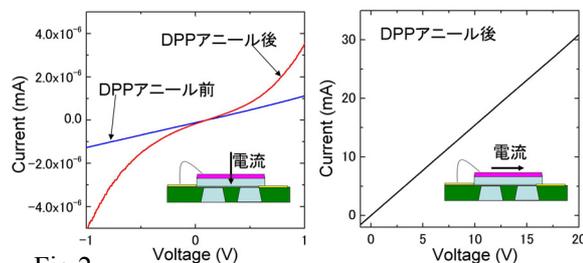


Fig. 2.

Fig.1 (b)の配置による光変調実験は波長 457nm のレーザー光を素子に垂直照射し、素子から 350mm 後方に設置した白板に投影された透過光像を CMOS カメラで撮影し行った。また、4つの素子の1つだけに電流を印加し、クロストークを調べた。

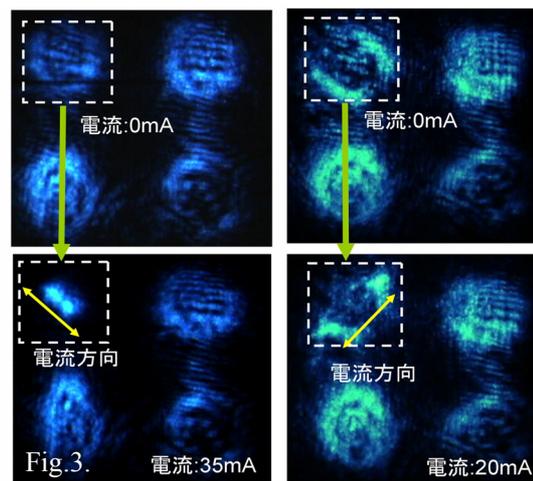


Fig.3 に示す実験結果から4つの光変調素子間のクロストークは電流 20mA 以下で 1%(計測限界)以下であった。また、投影像は電流に巻きつくように集光されており、素子を電流制御型の屈折率勾配レンズと見なした場合、電流 35mA では $0.5 \sim 1.4 / \text{mm}$ の大きな屈折率勾配が生じている事が分かった。

この成果の一部は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものです。

- [1] T. Kawazoe, et al., Appl. Phys. B-Lasers and Optics, **98**, 5-11 (2010). also **107**, 659-663 (2012).
- [2] K. Kitamura et al., Appl. Phys. B: Lasers and Optics, Vol. 107, No. 2, pp. 293-299 (2012).
- [3] 堅直也, 他, 2014 年春季 第 61 回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集 18p-F10-10.
- [4] N. Tate, et al., The 21st International Display Workshops (IDW'14) (Niigata, Dec. 3-5, 2014).
- [5] N. Tate, et al., The 4th Korea-Japan Workshop on DHIP 2014 (Okinawa, Dec. 16-18, 2014).