

酸化ガリウム/結晶セレンフォトダイオードの電気特性

Electric properties of $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{c-Se}$ photodiode

NHK 放送技術研究所 ○峰尾 圭忠, 為村 成亨, 宮川 和典, 難波 正和, 大竹 浩, 久保田 節

NHK Science & Technology Research Laboratories

○Keitada Mineo, Shigeyuki Imura, Kazunori Miyakawa,

Masakazu Nanba, Hiroshi Ohtake, Misao Kubota

E-mail: mineo.k-ge@nhk.or.jp

【はじめに】4K・8K 本放送が 2018 年 12 月に始まり、高精細イメージセンサーの性能向上に対する要求はますます高まっている。特に、画素の微細化による感度低下は喫緊の課題である。そこで我々は、可視光において高い吸収係数をもつ P 型材料である結晶セレン (c-Se) と、N 型ワイドバンドギャップ材料である酸化ガリウム (Ga_2O_3) からなるフォトダイオードにおいて、アバランシェ現象を利用して光生成電荷を増倍させることにより、高感度なイメージセンサーの実現を目指している。これまでに、CMOS 回路上に c-Se /非晶質 Ga_2O_3 を積層した CMOS イメージセンサーを試作し、高画質な画像を取得することに成功している[1][2]。さらに、 Ga_2O_3 の結晶化による特性向上についても報告している[3]。しかしいずれにおいても、アバランシェ開始電圧が高く、センサー上での電荷増倍の確認には至っていない。今回、結晶 Ga_2O_3 にスズ (Sn) を添加すること、及び、c-Se の結晶化時間を長くすることにより、アバランシェ開始電圧を低下させ、光電流の増倍率 10 倍が得られるフォトダイオードの作製に成功したので報告する。

【実験】C 面サファイア基板上に DC スパッタ法により ITO を 10nm 成膜し、次に Sn を添加した Ga_2O_3 ターゲット (Sn 含有量: 0 及び 40%) を用いた RF スパッタ法にて $\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ を 20nm 成膜した後、酸素雰囲気中で 800°C 、1 時間のアニールを行った。さらに、真空蒸着法により非晶質セレンを 300nm 成膜し、 200°C (加熱時間: 30sec, 1min, 3min) でセレンを結晶化させ、最後に電極として ITO を 20nm、DC スパッタ法にて成膜した。作製したデバイスでは I-V 測定による電気特性の評価を実施した。

【結果・考察】Fig. 1 に Ga_2O_3 の結晶化及び Sn 添加による I-V 特性の変化を示す。 Ga_2O_3 の結晶化及び Sn 添加により Ga_2O_3 のキャリア濃度が増加し、空乏層が c-Se 側に優先的に広がることで、光電流の立ち上がり電圧が低下し、低電圧でアバランシェ増幅が生じていることがわかる。Fig. 2 は c-Se の結晶化時間を変化させた場合の I-V 特性の比較である。結晶化時間が長くなるにつれ、c-Se のキャリア濃度が増加し、アバランシェ開始電圧が低下している。また、結晶化時間を 3min としたサンプルでは、印加電圧 16V において増倍率 10 倍が得られており、イメージセンサーの高感度化への指針が得られた。

[1] S. Imura et al. IEDM Tech. Dig., (2014) 88

[2] S. Imura et al. Appl. Lett. **104**, (2014) 242101

[3] 峰尾 他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 8p-A204-10 (2017)

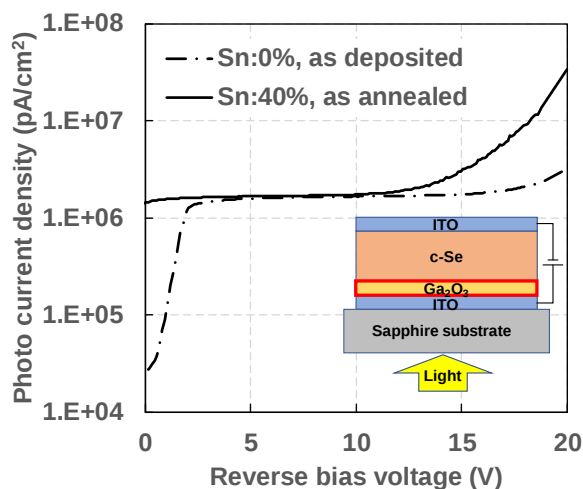


Fig. 1. The effect of crystallization and Sn-doping of Ga_2O_3 on I-V characteristic of the illuminated photodiode.

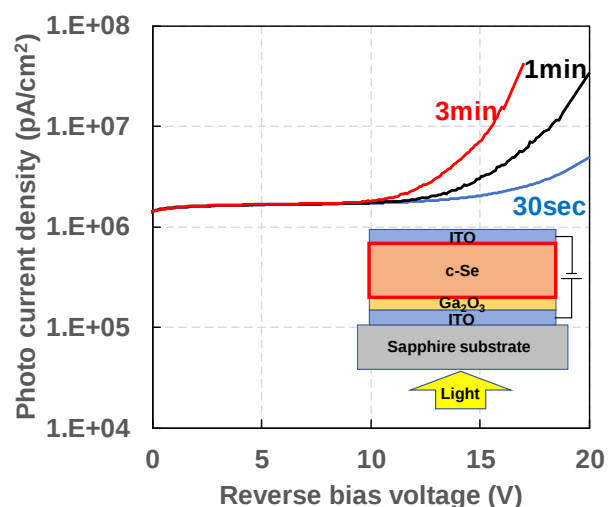


Fig. 2. I-V characteristics of the illuminated photodiode as a function of annealing time of selenium.