α-Ga_2O_3 薄膜を用いた紫外線検出器とその 2 光子吸収特性

α-Ga_2O_3 ultraviolet photodetector and its two-photon absorption characteristics

○ 宇野 和行，梅村 千里，中村 幸，田中 一郎 (和歌山大システム工)
○Kazuyuki Uno, Chisato Umemura, Sachi Nakamura, and Ichiro Tanaka (Wakayama University)
E-mail: kuno@sys.wakayama-u.ac.jp

【はじめに】α 型酸化ガリウム (α-Ga_2O_3) は 5.6 eV の禁制帯幅をもつことが報告されている酸化物半導体である [1]。この禁制帯幅は波長 220 nm に該当するが、UV-C 領域の紫外線であり、地上には太陽から降り注いでいないソーラーブラインド領域に位置している。そのため、α-Ga_2O_3 による光デバイスは、環境光の影響を受けにくく、山間部に残された被災者の発見や海中での光通信などへの応用が期待できる。また、アレイ化することでフィルタなしでの紫外光イメージングも可能となる。

今回我々は、炭素を不純物に含まない水溶液原料を用いたミスト CVD 法により、α-Ga_2O_3 膜を成膜して MSM 型光検出器を作製し、その紫外光検出特性を評価した。また、疑似単色光として LED を用いることで、α-Ga_2O_3 が 2 光子吸収過程によって可視光にも感度を有していることを明らかにしたので報告する。

【試料作製と測定方法】α-Ga_2O_3 成膜にはミスト CVD 法を用いた [2]。基板には c 面サファイア基板を、原料には金属ガリウムを塩酸に溶かして 0.02 mol/L に調整した水溶液を用いた [3]。成長時の基板温度は 420°C、成長膜厚は約 500 nm であった。

光検出器の構造を図 1 に示す。Pt 電極の形成にはプラズマコーターを使用し、意図的なスパッタダメージによる抵抗性接触を実現した。測定のための太陽光光源にはソーラーシミュレーター (朝日光学 HAL-320)、紫外光源には 150 W Xe ランプ (浜松ホトニクス L2195) を、LED 光源には赤 (636 nm)、緑 (528 nm)、青 (468 nm)、UV-A(380 nm) の 4 種類の LED を用いた。

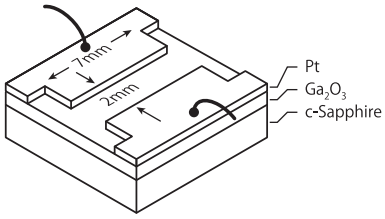

図 1: MSM 型光検出器の構造

【結果と考察】図 2 に作製した MSM 紫外光検出器の光導電特性を示す。Xe ランプ光照射時の特性は、照射パワー密度が AM1.5 と同じになるように補正した。両者の光電流差は 100 倍程度あり、紫外光に大きな感度を有していることが分かった。しかし、可視光にも明らかに応答している。

可視光に応答している原因を明らかにするために、赤、緑、青、UV 光を発する LED を疑似単色光光源に用いて光導電性を評価した。入射フォトン数を 1.9×10^{16} 個/sec としたときの結果を図 3 に示した。光導電性は赤色と緑色、そして青色と UV 光の 2 グループに分かれた特性を示した。そこで、青および赤色光による光導電性の入射光強度依存性を調べたところ、図 4 に示す、入射光強度の 1/2 乗に比例した光電流特性を示すことが分かった。これは 2 光子吸収が生じていることを示唆している。赤色および緑色光は 2 光子吸収でもバンド端に届かないため、禁制帯中の深い準位を介してわずかな光電流が生じたと考えられる。一方、青色光は 2 光子吸収により 5.3 eV 付近にあるすそ準位 [1] に達しており、UV 光は 2 光子吸収で伝導帯に達しているため検出可能程度に大きな光電流を生じたと考えられる。

以上から、α-Ga_2O_3 は UV-C 領域の紫外光をフィルタレスで選択的に検出できる半導体材料として有用であるが、青色～近紫外光にも 2 光子吸収過程による応答性をもっていることが分かった。

【参考文献】[1] A. Segura *et al.*, Phys. Rev. Mater. **1**, 024604 (2017), [2] D. Shinohara *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **47**, 7311 (2008), [3] S. Nakamura *et al.*, EMS36, We3-3 (2017).

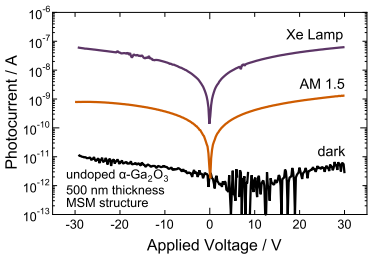

図 2: MSM 紫外光検出器の光伝導特性

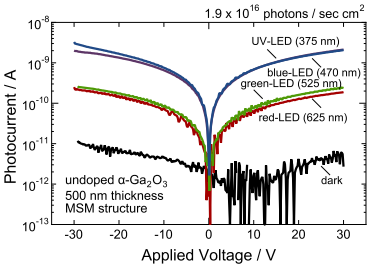

図 3: LED 光照射による光伝導特性

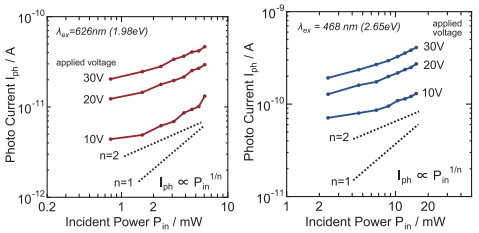

図 4: 赤色光 (左) および青色光 (右) 照射による光伝導特性の入射光強度依存性