## In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系近赤外域透明導電性酸化膜を用いた

InGaAs ショットキーフォトダイオードの評価

Characterization of InGaAs Schottky Photodiodes with In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-based SWIR Transparent Conductive Oxide (TCO)

東理大<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup> <sup>O</sup>(D2) 石井寛仁<sup>1,2</sup>, 大石和明<sup>1,2</sup>, 鯉田崇<sup>2</sup>, 清水鉄司<sup>2</sup>,

## 石井裕之<sup>2</sup>, 張文馨<sup>2</sup>, 遠藤聡<sup>1</sup>, 藤代博記<sup>1</sup>, 前田辰郎<sup>1,2</sup>

## TUS<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup> <sup>O</sup>Hiroto Ishi<sup>1, 2</sup>, Kazuaki Oishi<sup>1, 2</sup>, Takashi Koida<sup>2</sup>, Tetsuji Shimizu<sup>2</sup>, Hiroyuki Ishii<sup>2</sup>, Wen-Hsin Chang<sup>2</sup>, Akira Endoh<sup>1</sup>, Hiroki Fujishiro<sup>1</sup>, and Tatsuro Maeda<sup>1, 2</sup> E-mail: h.ishi@aist.go.jp

【背景と目的】我々は、近赤外領域で透明かつ高い電気伝導率を有する In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系透明導電性酸化膜 (TCO)をゲート電極に用いた InGaAs PhotoFET を作製し、その分光感度特性から TCO の近赤外線 検出デバイスへの有効性などを評価してきた[1-2]。これまでに TCO が MOS 構造におけるゲート 電極として機能すると同時に、TCO を介した近赤外線の 1800nm までの広帯域検出と FET 増幅効 果による感度向上を見出している。今回は、表面照射型 TCO/InGaAs Schottky フォトダイオードを 作製し、その Schottky 障壁と近赤外線感度特性を評価したので報告する[3]。

【結果と考察】Fig.1に、n型およびp型のIn0.53Ga0.47As/InP基板上にTCOを堆積させた試料のI-V特性を示す。n型ではオーミック特性を示す一方で、p型では明瞭な整流性を示した。I-Vおよ び C-V 特性から得られた Schottky 障壁高さはそれぞれ 0.587 eV と 0.567 eV と、InGaAs の電荷中 性レベル(CNL)に概ね一致している。断面 TEM 像からは、TCO/InGaAs 界面に In/Ga-rich な酸化膜 と In/Ga が欠損した InGaAs 層の2種類の界面層の形成を確認でき、これらの界面層が障壁高さに 影響を及ぼしていることが示唆される。この Schottky フォトダイオードに表面の TCO 電極側か ら近赤外線(800~1800 nm)を照射し、得られた光電流から各波長での感度特性をプロットしたも のが Fig.2 である。測定波長全域で感度が得られており、近赤外線が酸化物の TCO 電極を透過し て、感光層である InGaAs 層に到達し、光電変換とキャリア抽出が正常に行われたことがわかる。 また、InGaAsの pin フォトダイオードと比較すると、特に短波長側で感度が高いことがわかる。 これは、pin フォトダイオードでは、キャリアの再結合確率の高い高濃度の InGaAs 層が光を吸収 してしまい、キャリアをうまく抽出できないのに対して、TCO/InGaAs Schottky フォトダイオード では、キャリアを吸収する InGaAs 層が電極に直結しており、キャリアが再結合することなく抽出 できるからである。したがって、TCO は感度の広帯域化だけでなく、高速化の点でも有効である。 [References] [1] T. Maeda et al., Jpn. J. Appl. Phys., 59 SGGE03 (2020). [2] K. Oishi et al., Phys. Status Solidi A, 218 2000439 (2021). [3] T. Maeda et al., Appl. Phys. Lett., 121, 232102 (2022).



Fig. 1. Comparison of I-V curves of nand p-type InGaAs Schottky barrier contacts with the SWIR TCO electrode.



Fig. 2. Wavelength dependence of responsivity of TCO/p-InGaAs PDs in the wavelength range of 800 - 1800 nm.