

Pt/Mg_xZn_{1-x}O/n-ZnO ショットキーフォトダイオードにおける直列抵抗の評価

Characterization of series resistance in Pt/ Mg_xZn_{1-x}O/n-ZnO Schottky photodiodes

岩手県工技センタ¹, 岩手大², [○]遠藤治之¹, 高橋強¹, 柏葉安兵衛²

Iwate Ind. Res. Inst.¹, Iwate Univ.², [○]H. Endo¹, K. Takahashi¹ and Y. Kashiwaba²

E-mail: haru-endo@pref.iwate.jp

1. はじめに 我々はこれまで火災検知器などの UV-C 光検出アプリケーションに向け、Pt/Mg_xZn_{1-x}O/n-ZnO ショットキーフォトダイオード型 UV センサ¹⁾の開発を進めてきた。前回の報告²⁾では、試作した素子の分光感度特性において逆バイアス電圧を印加することで非常に高感度になることを報告した。しかし、バイアス電圧を印加しない太陽電池モードでは電流感度が低いことが問題となっている。そこで本報告では試作した素子の電流-電圧 (*I-V*) 特性を解析し、感度低下の一因となる直列抵抗の評価を行ったので報告する。

2. 実験及び結果 素子製作用基板として両面ミラーポリッシュ n-ZnO 基板 ((0001), $\rho=17.6 \Omega \cdot \text{cm}$; 東京電波(株)製)を使用した。紫外線検知部となる Mg_xZn_{1-x}O 薄膜 (バンドギャップ 4.3 eV、膜厚 0.3 μm) をプラズマアシスト分子線エピタキシー装置で Zn 面に成膜後、半透明ショットキー Pt 薄膜 (膜厚 3 nm) をリフトオフ法でパターニングした。実効的な電極サイズは $520 \times 520 \mu\text{m}^2$ である。基板裏面にはオーミック電極として Au/Ti/Al 2 wt%ドープ ZnO 薄膜を、膜厚 30 nm/20 nm/50 nm 成膜した。詳しい素子構造と製作工程については文献³⁾を参照されたい。

素子の直列抵抗の算出には、ショットキーダイオードの熱電子放出モデルと Norde 法^{4,5)}を使用した。Fig. 1 に試作した素子の順方向における *I-V* 特性と算出した Norde 関数 *F* の値を示す。まず熱電子放出モデルにおいて ZnO におけるリチャードソン定数 A^* を $32.0 \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-2}$ ($m_e^*=0.27m_0$) とし、順方向特性より理想係数 *n* を 1.97 と求めた。次に、この理想係数を用いて *F* の電圧依存性を求めた。ここで *F* と直列抵抗 R_S は次式で求められる。

$$F = \frac{V}{\gamma} - \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I}{AA^*T^2} \right), \quad (1)$$

$$R_S = \frac{kT}{q} \cdot \frac{\gamma - n}{I_{\min}}. \quad (2)$$

V: 印加電圧, γ : *n* より大きい整数, *k*: ボルツマン定数、

T: 絶対温度, *q*: 素子電荷, A: 電極面積、

$I_{\min}$: *F* 値が最少となる電圧における電流値

結果より、*F* の最小値を示す電圧は 0.08 V でその時の電流値は 3.0 pA であったことから直列抵抗 R_S は $2.6 \times 10^8 \Omega$ と求められた。この値はフォトダイオードの値としては大きく、バイアス電圧を印加しない太陽電池モードでは電流感度が低下する大きな原因となる。この高い直列抵抗の原因として、成膜した Mg_xZn_{1-x}O 薄膜の抵抗に加え、使用した ZnO 基板の抵抗が直列的に接続されているためと考えられるが、基板の抵抗率から想定される素子抵抗は低いことから、成膜時の熱履歴による基板の高抵抗化等、原因究明と対策が必要である。

3. まとめ 熱電子放出モデルと Norde 法により素子の直列抵抗を算出した。今後は素子製作工程の見直しによる直列抵抗の改善を行う予定である。

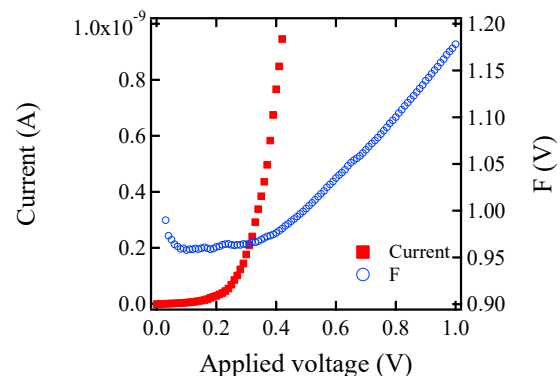


Fig. 1. Current-voltage and F-voltage characteristics of fabricated Schottky photodiode.

- 1) H. Endo *et al.*, Appl. Phys. Express, **1**, 051201 (2008).
- 2) 遠藤治之ほか、2017 年第 64 回応用物理学会春季学術講演会予稿集、17a-502-5.
- 3) H. Endo *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **57** 04FG08, (2018).
- 4) ディーター・K・シュローダー、半導体材料・デバイスの評価、シーエムシー出版第 3 版、(2012) p.138.
- 5) D. Somvanshi and S. Jit, J. Nanoelectron. Optoelectron. **9**, 1 (2014).