

光レクテナのための酸素不定比性制御に基づくホモ界面MIIMダイオード

Oxygen non-stoichiometry controlled homointerface structure MIIM diode for optical rectenna

東北大院工, 松浦 大輔, °清水 信, 湯上 浩雄

Graduate School of Engineering, Tohoku Univ., °Daisuke Matsuura, Makoto Shimizu, Hiroo Yugami

E-mail: m_shimizu@energy.mech.tohoku.ac.jp

【はじめに】近年、レクテナを用いた光電変換技術が注目されている。これは整流器とアンテナによって電磁波を直流電流へ変換する技術であり、理論的変換損失がほぼゼロ、且つ感度波長域の制約がない理想的な光電変換システムの構築が期待でき、これまでにマイクロ波領域では 85%近い電力変換効率が報告されている[1]。一方、レクテナを用いた可視光領域の光電変換（光レクテナ）が 2015 年に Sharma らによって初めて報告されたが[2]、効率は低く（ $< 1\%$ ）研究開発は端緒についたばかりである。実現上の課題は光周波数（ $> 100\text{THz}$ ）の電場振動を整流可能なダイオードの実現である。ダイオード性能は主にダイオード高周波応答性能 η_c と整流性能 η_R によって定義され、 η_c 向上のためには高電流密度（低抵抗化）が必要であり、 η_R 向上のためには順方向と逆方向電流の高非対称性が必要である。原理的に高い η_c を実現可能なダイオードとして金属—絶縁体—金属（MIM）トンネルダイオードが挙げられるが、 η_c と η_R はトレードオフの関係にある。絶縁層に二種類の異種材料を用いる MIIM 構造によって η_R の向上が報告されているがこれまでは電流密度低下が課題であった[3]。本研究では酸素不定比性を制御したホモ界面を有する MIIM 構造を提案し、光電変換効率の向上が可能であることを解析により明らかにした。

【実験】絶縁層における酸素不定比性を制御す

ることで、仕事関数および誘電率が変化し、同種材料でも異なるトンネル障壁を示す。本研究では Pt-TiO₂-TiO_x-Ti 構造を考えた。本来、ポテンシャル差の小さい TiO₂ と Ti の中間に TiO_x の仕事関数が存在するため二重障壁構造でも高電流密度が期待できる。

【結果と考察】Pt-TiO₂-TiO_x-Ti の MIIM 構造において高非対称性と高電流密度が両立できる可能性が解析結果より示された（Fig.1）。これは異なるポテンシャル障壁が生み出す障壁形状の非対称性に起因していると考えられる。また Ti 電極との小さなポテンシャル差により高い電流密度が得られていると考えられる。さらに TiO₂ と TiO_x 層の膜厚比制御を最適化することで現状の 10000 倍程度まで光電変換効率を向上できることが明らかとなった。

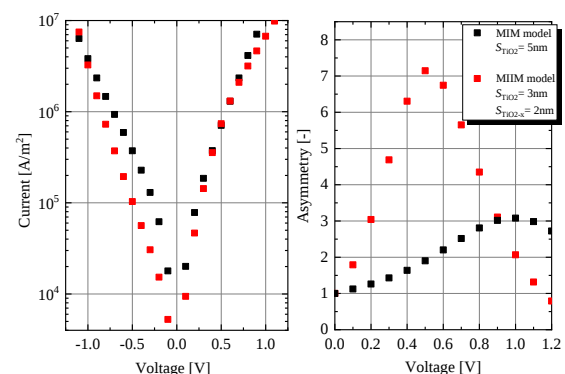


Fig. 1 Simulation result of I-V property and asymmetry in MIM and MIIM diode.

参考文献

- [1] Y. H. Suh et al., *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 50 (2002) 1784.
- [2] A. Sharma et al., *Nat. Nanotechnol.*, 10 (2015) 1027.
- [3] A. Singh et al., *Appl. Surf. Sci.*, 334 (2015) 197.