

光の極限制御・積極利用と新分野開拓
2017 年度採択研究者

2018 年度
実績報告書

石井 あゆみ

科学技術振興機構
さきがけ研究者

有機-無機ハイブリッド界面を利用した一光子センシング技術の創出

§ 1. 研究成果の概要

本研究では、微弱な光信号（光エネルギー）に対し、高効率・高感度・高速応答・低環境負荷な光センシングの実現を目指している。今回、可視光に対し高感度な検出を可能とするため、有機無機ペロブスカイト（MAPbI₃）から成る薄膜層を無機半導体（TiO₂多孔膜）と金属錯体（Eu-terpy 錯体）の

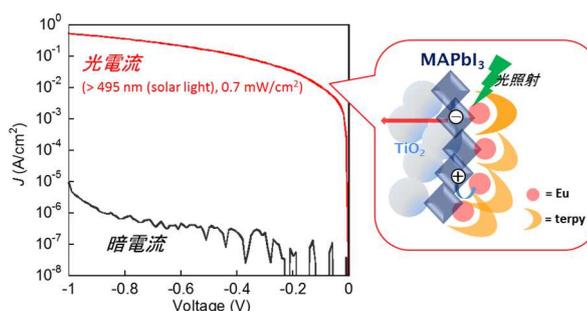


図 1 J-V 曲線（光照射時および暗時）

界面に導入した光電流増幅型の光電変換素子を作製した。本素子は、波長 495 nm 以上の微弱な可視光にตอบสนองし、光電流を示す。550 nm の低照度光（0.76 mW/cm²）に対する光電流増幅率は、印加電圧 -0.5 V 時に、2900 倍（光電変換効率：2.9 × 10⁵%）に達し、感度は 1289 A/W であった。受光層である MAPbI₃ は可視光（800 nm 以下）を効率よく吸収し、キャリア（電子およびホール）を形成する。形成したホールが TiO₂ および Eu 膜界面に蓄積されることで薄膜層に電界が集中し、外部電極（Ag）から電子が注入され（トンネル電流）光電流が増幅される。暗時には、金属錯体の配位子である terpy および透明導電膜と TiO₂ 多孔膜間に導入した Eu 酸化物層がブロッッキング層として機能するため、電流は 10⁻⁸ A/cm² と非常に小さく、高い S/N 比が得られた。本系における光電流増幅は、TiO₂（n 型半導体）、MAPbI₃（受光層）、Eu-terpy 層（トンネル注入層）の位置関係とエネルギー準位の関係が重要となる。大気中光電子分光測定から各層のエネルギー準位を見積もった結果、MAPbI₃ の価電子帯が Eu および terpy の HOMO 準位よりも浅い位置に存在することで、光照射により生成したホールの蓄積を可能とすることが明らかとなった。このエネルギー関係により、薄膜層での電界集中が生じ、外部からのトンネル電流注入が促された結果、低電圧印加時でも量子効率 10⁵% 以上に相当する 10³ 倍の光電流増幅が達成されたと考えられ

る。低電圧で動作する本素子の性能は、何 100V もの高い電圧印加が必要となる Si や GaAs などの無機半導体を用いた光電流増幅型素子に匹敵する。

§ 2. 研究実施体制

- ① 研究者:石井 あゆみ (科学技術振興機構 さきがけ研究者)
- ② 研究項目
 - ・薄膜およびデバイス作製
 - ・構造解析
 - ・光電変換特性の評価