

MISIM型光電変換セルの光誘起分極電流

¹名大VBL, ²名大院理

○横倉聖也¹, 富松明宏², 松下未知雄, 阿波賀邦夫²

Photo-induced Polarization Current in MISIM-type Photoelectric Conversion Cells

○Seiya Yokokura¹, Akihiro Tomimatsu², Michio M. Matsushita², Kunio Awaga²

¹ Venture Business Laboratory, Nagoya University, Japan

² Graduate School of Science, Nagoya University, Japan

【Abstract】 In previous researches, we have investigated photoelectric cells consisting of electrode (M)/insulator (I)/semiconductor (S)/electrode (M) (MISM structure). Transient photocurrent of the cell is amplified by the following spirals; photocarrier generation → carrier accumulation at the interfaces of I layer → polarization of I layer → enhancement of charge separation by the polarization. When the photoirradiation was stopped, reverse current flow the cell because of the discharge process of the accumulated carriers, therefore, the photocells can convert modulated light to AC current. In this research, we fabricated MISIM AC photoelectric conversion cell. The photocurrent transient of the cell is originated from the polarization current since the both sides of S layer are insulated by the two I layers. Therefore, contact resistance between S and M is eliminated in this cell and, the carriers vibrate between the electrodes as the light turn on/off. We will present the photoinduced polarization current of MISIM cells with varying the device structure and the work functions of their metal electrodes.

【序】 安価で環境負荷が少ない有機光電変換が注目を集めているが、その機構は無機デバイスのもので変わらず、安定性に劣る有機素子内を直流電流が一方向に流れるなど、有機系の特性を捉えたものではない。当研究室では、[金属 1(M)/絶縁分極層(I)/電荷分離層(S)/金属 2(M)]なる構造の光電セル(MISM セル)を用いた研究が進められてきた[1]。このセルでは、電極界面での電荷分離と薄膜内部の絶縁分極が組み合わせられ、光照射により、界面電荷分離→バルク電荷蓄積→バルク分極→界面電荷分離という正のスパイラルが光電流を巨大化するのが特徴である。この機構によりこのセルではパルス光を交流電流に変換可能であるため、情報通信への応用が期待される。特に低誘電率の固体誘電体を用いた MISM セルは高速応答を示すためこのような応用に適している。

本研究では応答速度の更なる高速化に向け、MISM セルにさらに I 層を追加した MISIM セルを作製した。このセルでは S 層の両側が I 層で覆われ絶縁されているため電流が流れないようにみえるが、変調光を照射したところ交流電流出力が確認された。よってこのセルでは分極

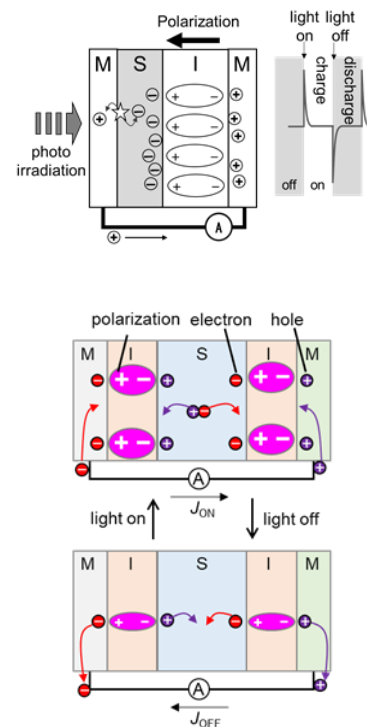


Fig. 1 Schematic figures of MISM and MISIM cell

電流によってのみ光応答が得られていると考えられる。デバイス構造や電極材料の異なる素子を作製しその光応答を比較することで、MISIMセルにおける光誘起分極電流の機構について調べた。

【実験】 本研究では、ITO ガラス基板上に I 層, S 層, I 層, 電極 M を積層させた MISIM セルを作製した。各 I 層に Parylene C, S 層に Zinc-Phthalocyanine (ZnPc) と Fullerene (C₆₀) の多層膜, 電極 M に Ag, Cu, Au を用いたセルを作製した。光過渡電流の極性を決める要因を調べるため, S 層の積層順が異なる ITO/I/ZnPc/C₆₀/I/M (DA-type) と ITO/I/C₆₀/ZnPc/I/M (AD-type) をそれぞれ作製した。光過渡電流測定の光源には 639 nm のレーザー光を用いた。光照射の変調はファンクションジェネレーターで行い, アンプで増幅したシグナルをオシロスコープで計測した。光過渡電流はすべてバイアス無しで測定した。

【結果・考察】 Fig. 2(a)に電極 M に Ag を用いたセルに 10 kHz の変調光照射時の光過渡電流の測定結果を示す。DA-type セルでは光照射時 (on-state) に正の電流, 光遮断時 (off-state) に負の電流が観測され, 一方で, AD-type セルでは on-state 及び off-state で極性の反転が確認された。また, 一般的な太陽電池の動作原理と同様に考えると, 仕事関数が S 層の HOMO や LUMO に整合することが重要となるが, MISIM セルの場合, Ag, Cu, Au を用いたセルの電流強度の差は小さかった。以上のことから, MISIM の特性は電極の仕事関数にあまり依存せず, I 層の内側すなわち S 層の極性によってほぼ決まることが示唆された。

次に, on-state 及び off-state の光過渡電流の周波数依存性を検討した (Fig. 4(b), (c))。On-state では, 周波数が高くなるにつれ電流密度が減少するのに対し, off-state では電流密度の周波数依存はほとんど見られず, また, 相対的に緩和時間が遅いことがわかった。よってこのセルにおいて, 電荷分離の方が電荷再結合よりも早く進行することが示唆され, この緩和速度の差により, 高周波数では off-state における分極緩和が不十分となり, その結果 on-state での電流強度が減少したと考えている。

【参考文献】

[1] L. Hu, et al., *J. Mater. Chem. C*, **2015**, 3, 5122-5135

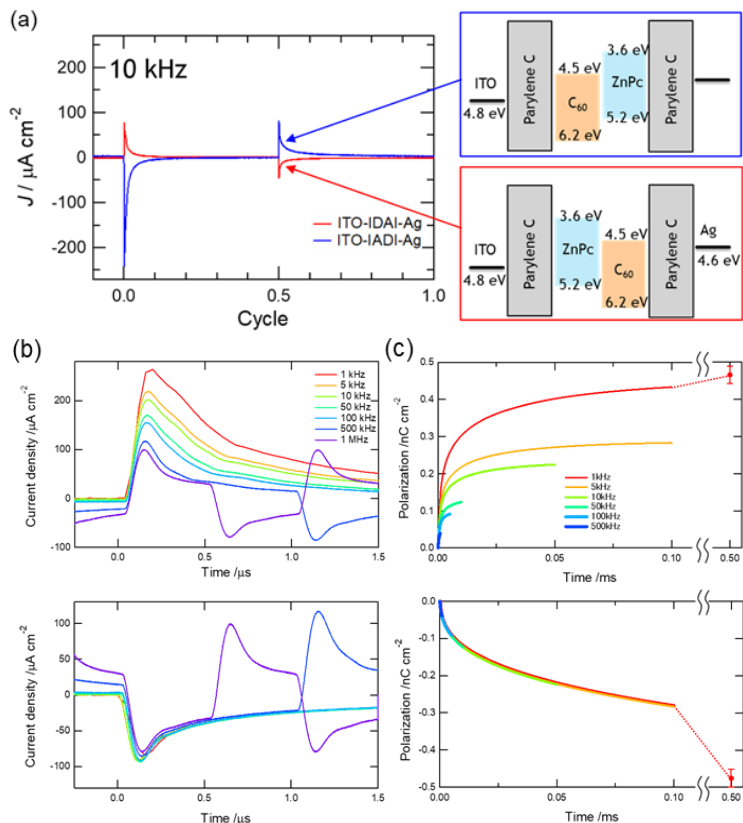


Fig. 2. (a) Photocurrent response for the DA- and AD-type MISIM photocells and their energy diagrams. (b) Frequency dependence of photocurrent response and (c) polarization for the on-state (top) and off-state (bottom), respectively.