

過渡電流測定及び電界誘起光第二次高調波測定による MIS 構造中の有機半導体層のキャリア移動度評価 Determination of Carrier Mobility for MIS Structure Device by Using Transient Current and Electric-field-induced Optical Second-harmonic Generation Measurements

○中村 大二郎、貞方 敦雄、田口 大、間中 孝彰、岩本 光正[†] (東工大・理工)

○Daijiro Nakamura, Atsuo Sadakata, Dai Taguchi,

Takaaki Manaka and Mitsumasa Iwamoto[†] (Tokyo Tech, Dept. of Phys. Elec.)

[†]E-mail: iwamoto@pe.titech.ac.jp

はじめに：有機半導体材料を有機デバイスに用いるために、キャリア移動度の評価は基本的である。これまでに、TOF 法や CELIV 法などの電氣的評価法が開発され、材料単体のキャリア移動度評価に用いられている。一方で、有機半導体材料を金属/絶縁膜/半導体 (MIS) 素子などのデバイスとし、キャリア移動度を直接評価することも多い。この場合には、積層膜界面にキャリアが蓄積して空間電荷電界をつくるため、キャリアをドリフトさせる電界は外部電圧から計算する平均電界とは大きく異なる。このため、デバイス中のキャリア移動度の解析には、実際にキャリアをドリフトさせている電界の評価が不可欠である。本発表では、著者らが開発した電界誘起光第 2 次高調波 (EFISHG) 法による電界評価と過渡電流測定を組み合わせることで、キャリア移動度を評価する手法について報告する。

実験：Fig. 1 に MIS (ITO/Polyimide/C₆₀/Al) 素子構造と測定系を示す。ITO 電極に+20V を印加すると Al 電極から C₆₀ に電子が注入し、Polyimide/C₆₀ 界面に蓄積して定常状態となる。その後、Fig. 2 (A)に示すように電圧を掃引速度($dV/dt = -20$ kV/s)で減少し、電子が Al 電極に戻る過程で流れる過渡電流を測定した。また、このときの C₆₀ 層中の電界を EFISHG 法により直接測定した。プローブ光のレーザー波長を 1000 nm として、C₆₀ 層の電界 E_1 を選択的に測定した。キャリア移動度は $d_1 = \int_0^{t_{tr}} \mu E_1 dt$ の関係式から求めた (t_{tr} は放電による電流値が最大となる時間)。

結果・検討：過渡電流の測定結果を Fig. 2(B)に、EFISHG 測定による C₆₀ 層の電界を Fig. 2(C)に示す。電圧を減少させる過程で C₆₀/Polyimide 界面に蓄積した電子が Al 電極に移動することで過渡電流が流れている。一方で、EFISHG 測定結果から、電子が移動している間は C₆₀ 層の電界はキャリア蓄積のない場合 (Fig. 2(C)に点線で示した) に比べて非常に小さくなっていることがわかる。これは、C₆₀/Polyimide 界面に蓄積した電子がつくる空間電荷電界が外部電圧による電界を打ち消しているからである。EFISHG 測定で直接測定した電界により C₆₀ のキャリア (電子) 移動度 $\mu = 1.60 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ が得られ、キャリア蓄積を無視した場合のみかけの移動 ($\mu' = 2.32 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$) よりも、実際のキャリア移動度が大きいことがわかる。

結論：EFISHG 測定と過渡電流測定を組み合わせることにより、MIS 構造素子 (ITO/Polyimide/C₆₀/Al) 中の C₆₀ 層のキャリア (電子) 移動度を解析した。この結果、キャリア移動度は $\mu = 1.60 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であり、空間電荷電界を無視して解析した見かけの移動度よりも大きいことを明らかにした。

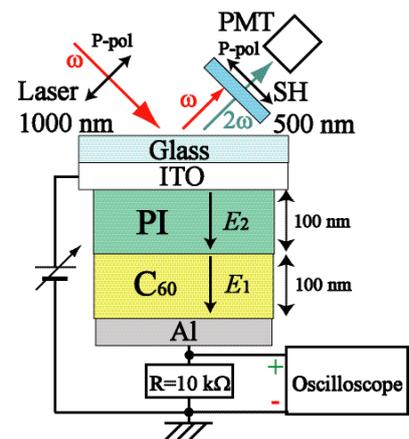


Fig.1 MIS (ITO/Polyimide/C₆₀/Al) device structure and experimental setup.

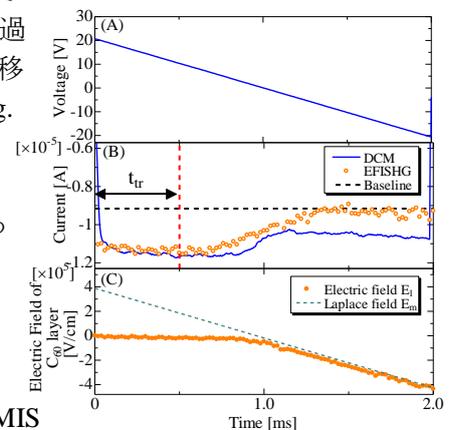


Fig.2 (A) External applied voltage, (B) transient current, (C) electric field in the C₆₀ layer measured by using EFISHG method.