

過渡電流測定法及び電界誘起光第二次高調波発生法による ITO/Polyimide/C60/Al のキャリア挙動の評価と Maxwell-Wagner 効果モデルによる解析

Study of carrier behavior in ITO/PI/C60/Al using transient current and electric-field-induced optical second-harmonic generation measurements and Maxwell-Wagner model analysis

東工大・理工 ○中村 大二郎・貞方 敦雄・田口 大・間中 孝彰・岩本 光正

Tokyo Tech, Dept. of Phys. Elec, °D. Nakamura, A. Sadakata, D. Taguchi, T. Manaka, M. Iwamoto

E-mail: iwamoto@pe.titech.ac.jp

まえがき：二層積層型素子を駆動させた場合、積層界面には Maxwell-Wagner (MW) 効果により界面電荷が形成される。これは電流の応答に大きく影響与えると考えられるため、本実験ではこの界面電荷の影響を MW モデルの回路計算と実験を用いて解析を行った。MIS 構造素子 (Fig.1:ITO/polyimide (PI)/C60/Al) に印加電圧 V_0 で PI/C60 界面をキャリアで充たした後 ($t < t_0$)、 $-V_0\alpha t$ のランプ波を印加して ($t \geq t_0$) 放電する過程の電流を MW の等価回路モデル (Fig.2) を用いて行うと次のようになる。

$$i = -\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} V_0 \alpha - \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} V_0 \alpha \left(1 - \exp\left(-\frac{G}{C_1 + C_2} (t - t_0)\right) \right) + \frac{C_1 G}{(C_1 + C_2)^2} (C_1 V_0 - Q_s) \exp\left(-\frac{G}{C_1 + C_2} (t - t_0)\right) \quad (t \geq t_0) \dots (1)$$

$$Q_s = Q_1 - Q_2 = C_1 V_0 \left(1 - \exp\left(-\frac{G}{C_1 + C_2} t\right) \right) \quad (t < t_0) \dots (2)$$

(1)式の第一項は電極充電(放電)の変位電流で、第二項は外部電圧が変化する過程での2層界面の放電電流、第三項は充電が $t < t_0$ で不十分だった際の外部電圧による充電電流を表しており、この項が MW 効果の界面蓄積キャリアによる影響を表している。(2)式より V_0 による充電が十分であるとその際の界面キャリア (Q_s) は $C_1 V_0$ となるため、第三項は消え充電による電流波形はなくなる。本実験ではこの第三項の影響を実験的に証明し、その際の界面蓄積キャリアについて評価した。

実験：サンプル構造と実験系を Fig.1 に示す。電圧波形 (Fig3 の(A)) をサンプルに印加して過渡電流測定を行い、また C60 層の電界を測定するため波長 1000 nm のレーザーパルスをサンプルに照射し、C60 層からの波長 500 nm の SH 光強度から C60 層の電界を測定した。その結果から界面電荷密度 (Q_s) を評価した。

結果・検討：実験結果を Fig.3 に示す。図の緑の点線は立ち下りのランプ波の開始するタイミング ($t = t_0$) である。図の赤線は定電圧 V_0 の充電時間 ($t < t_0$) を 50 μ s にした測定結果で、青線は 1 ms にした結果である。この結果を比較すると、①の領域での電流値は充電時間が 1 ms の場合 (I_1) と比べて 50 μ s の場合 (I_2) が大きいことがわかる ($I_1 < I_2 < 0$) (Fig.3 (B))。電界誘起光第二次高調波発生法 (EFISHG 法) の測定結果 (Fig3 の(C)) でも領域①で $Q_s (< 0)$ が増加していることがわかる。

結論：充電時間によって変位電流の立ち上がりが遅れることが過渡電流測定と第二次高調波発生法による実験的手法と MW モデルによる等価回路の回路計算によりわかった。

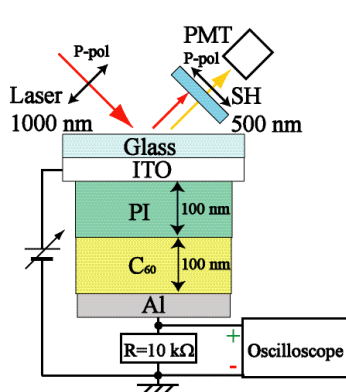


Fig.1 ITO/PI/C60/Al structure sample and experimental.

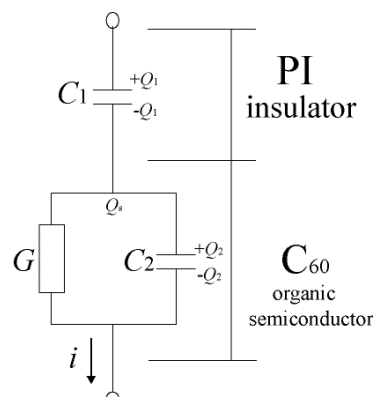


Fig.2 An equivalent circuit and parameter based on Maxwell-Wagner of ITO/PI/C60/Al.

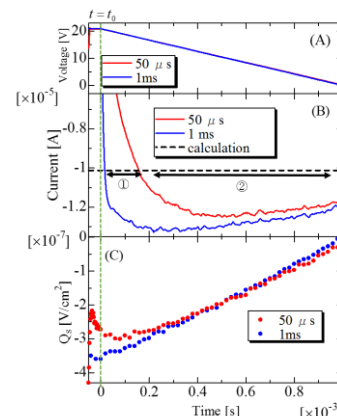


Fig.3 (A) Voltage (B) Current. (C) Charge Q_s remained at the PI/C60 interface.