

放電電流過渡分光法を用いた強誘電体 PZT 薄膜のトラップ評価

関本安泰、長谷貴志、内倉政治、松浦秀治、清水勝*
 大阪電気通信大学 工学部、姫路工業大学 工学部*

<http://www.osakac.ac.jp/labs/matsuura>

【はじめに】我々は強誘電体薄膜中のトラップ評価を行うために、放電電流過渡分光(DCTS)法を提案してきた^{1), 2)}。DCTS 法では、そのピーク値からトラップ密度 N_t とピーク時間からキャリアの放出割合 e_t を求めることができる。今回は、DCTS 法に新たなパラメータ e_{ref} を導入し、DCTS 信号のピークを測定時間内に移動する方法を提案する。さらに、DCTS 法を用いた PZT 薄膜におけるトラップの分離と、キャリアの放出割合の温度依存性についても述べる。

【DCTS 法】新たなパラメータ e_{ref} を導入した DCTS 信号を、次のように定義する。

$$D(t, e_{ref}) \equiv -\frac{t}{qS} \cdot [I_{dis}(t) - I_1(V_{dis})] \cdot \exp(1) \cdot \exp(-e_{ref}t) = \sum_i N_{ti} e_{ti} t \exp\{-(e_{ti} + e_{ref}) \cdot t + 1\}$$

ここで、 $I_{dis}(t)$ は強誘電体薄膜からの放電電流、 $I_1(V_{dis})$ は定常電流、 N_{ti} はトラップ密度、 e_{ti} はキャリアの放出割合である。これにより、放電電流 $I_{dis}(t)$ を DCTS 信号に変換する。このときピーク時間 t_{mi} から $e_{ti} = (1 - e_{ref}t_{mi})/t_{mi}$ と、ピーク値から $N_{ti} = D(t_{mi}, e_{ref})/(1 - e_{ref}t_{mi})$ をそれぞれ求めることができる。測定時間内に DCTS 信号のピークが現れない場合は、 e_{ref} を変化させることでピークの検出ができる。また、 e_{ref} を連続的に変化させることで、強誘電体薄膜中に複数存在するトラップを、分離することも可能である。

【実験】Pt(裏面電極)/SiO₂/Si 基板上に MOCVD 法によって PZT を成膜した後、表面電極 Pt を真空蒸着した。この PZT 試料に 600 秒間、電圧 2.0V を印加して充電した。その後、印加電圧を 0V としてからの放電電流 $I_{dis}(t)$ を 3600 秒間測定し、上式を用いて DCTS 信号に変換した。

【結果】2 種類の e_{ref} に対する DCTS 信号を図 1 に示す。ただし、 e_{ref} を導入しない場合 ($e_{ref} = 0 \text{ s}^{-1}$) では、ピークを検出することはできなかった。 e_{ref} を連続的に変化させていくと、 e_t は図 2 に示すように、 $e_{ref} = 1.3 \times 10^{-2} \text{ [s}^{-1}\text{]}$ を境に完全に分離していることがわかった。このとき、 N_t についても $e_{ref} = 1.3 \times 10^{-2} \text{ [s}^{-1}\text{]}$ を境に、完全に分離していることを確認した。このことから、今回測定した PZT 試料には、2 種類の異なるトラップが存在することがわかった。

【結論】DCTS 法に新たなパラメータ e_{ref} を導入することにより、測定時間内に現れないピークを検出することができた。 e_{ref} を連続的に変化させることにより、強誘電体薄膜中に複数存在するトラップを、完全に分離することができた。

【参考文献】

- 1) H. Matsuura et al.: Jpn. J. Appl. Phys. 34 (1995) L185.
- 2) H. Matsuura: Jpn. J. Appl. Phys. 36 (1997) 3569.

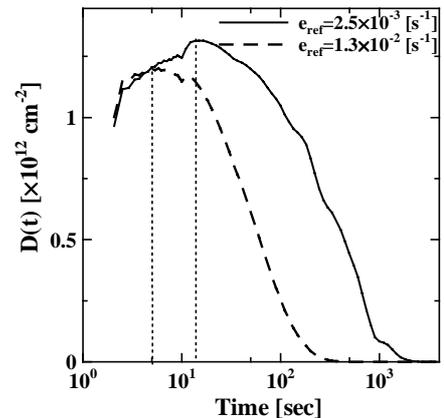


図 1 検出された DCTS 信号のピーク

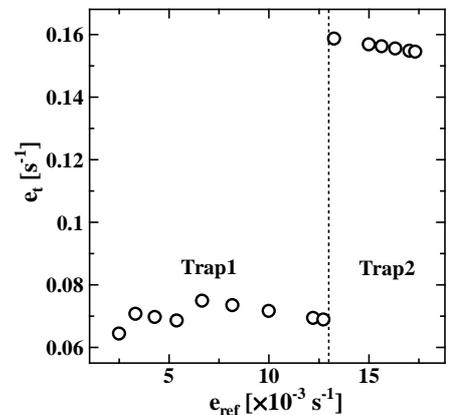


図 2 分離した e_t