

## 薄膜熱電対を用いた P(VDF-TrFE)薄膜の電気熱量効果の評価

### Investigation of the Electrocaloric Effect in P(VDF-TrFE) Thin Films

#### using Thin-film Thermocouple

大阪府大工, °(DC) 松下 裕司, 吉村 武\*, 藤村 紀文

Osaka Prefecture Univ., °(DC) Yuji Matsushita, Takeshi Yoshimura\*, and Norifumi Fujimura

\*E-mail: tyoshi@pe.osakafu-u.ac.jp

【はじめに】 電気双極子を有する物質に電界を印加/除去すると可逆的に温度が上昇/低下する現象は、電気熱量効果 (Electrocaloric effect; EC effect) と呼ばれ、次世代個体冷却素子としての応用が期待されている[1]。EC 効果は印加する電界強度に比例することから、我々は強電界印加に有利な薄膜に注目している。薄膜試料の EC 効果の評価する為には、温度センサの熱容量の低減が必要であり、薄膜熱電対を用いた直接測定に取り組んできた[2]。本研究では、高い絶縁破壊電界によって大きな EC 効果の発現が期待できるフッ化ビニリデン-三フッ化エチレン共重合体 [P(VDF-TrFE)]薄膜を用いて直接測定を行った。

【結果と考察】 膜厚 2  $\mu\text{m}$  の P(VDF-TrFE) [75/25 mol%]薄膜はスピコート法により、Pt / Ti / SiO<sub>2</sub> / Si 基板上に製膜した。ポストアニール処理を 130 °C、1 時間の条件で行った。電気特性の評価より 7.2  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  の残留分極値を有する強誘電特性を示すことが確認できた。EC 特性の測定のために、銅コンスタンタン薄膜熱電対をスパッタ法により試料上に製膜した[3]。EC 効果による温度変化は、下部電極に AC 電界を印加した時に熱電対に生じる起電力を、ロックインアンプを用いて測定した。1050 kV/cm で 3 秒間分極処理を行い、抗電界以下の電界を印加し、EC 効果を測定した。印加周波数・電界強度を変化させて測定を行ったところ、数 kHz 以上の高周波を用いた場合において電界強度に依存する起電力が得られた。Figure に印加周波数が 3.2 kHz および 10 kHz の場合における温度変化 ( $\Delta T_{pp}$ ) の、印加電界強度 ( $\Delta E_{pp}$ ) 依存性を示す。どちらの周波数においても  $\Delta E_{pp}$  の増加に伴い、 $\Delta T_{pp}$  が増加しており、EC 効果による温度変化を測定できていることがわかる。また、10 kHz で測定した  $\Delta T_{pp}$  の方が、3.2 kHz での結果より大きい。P(VDF-TrFE)薄膜で生じた温度変化は、基板方向への熱の拡散の影響を受けるが、その影響は周波数が増加するにつれて小さくなる。これは、数 kHz 以上の周波数で測定を行った要因でもある。一方得られた  $\Delta T_{pp}$  は同じ電界強度の方形波を印加した時の報告値[3]( $\Delta T = 0.4$  °C 程度)と比較すると小さい。これは基板への熱拡散の影響に加え、電界の印加方法の違いによると考えられる。講演では、有限要素法による熱伝導解析も用いて詳細に議論する。

#### 【参考文献】

- [1] M. S. Mischenko *et al.*, *Science* **311**, 1270 (2006).
- [2] Y. Matsushita *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **55**, 10TB04 (2016).
- [3] V. Basso *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **105**, 052907 (2014).

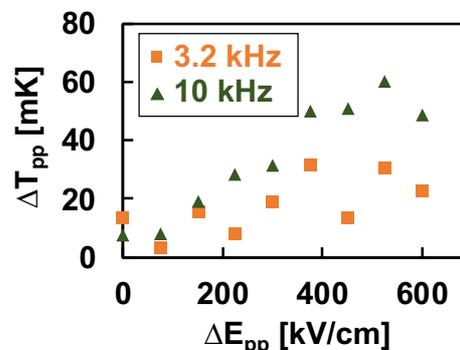


Figure EC temperature change as a function of applied electric field in P(VDF-TrFE) thin films at the frequency of 3.2 and 10 kHz.