

強誘電体薄膜における電気熱量効果を利用した 全固体ヒートポンプの検討

Investigation of all solid-state heat-pump

using electrocaloric effect in ferroelectric thin films

大阪府大工 °松田 裕司, *吉村 武, 桐谷 乃輔, 藤村 紀文

Osaka Pref. Univ., °Yuji Matsushita, *Takeshi Yoshimura, Daisuke Kiriya, and Norifumi Fujimura

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

【はじめに】

80 %を超えるカルノー効率を有するヒートポンプの実現が可能^[1]な電気熱量効果(Electrocaloric effect; EC effect)は、昨年、実測結果の最大値を更新する結果($\Delta T = 5.5^\circ\text{C}$ ^[2])が報告され、より一層注目されている。本研究ではこれまで、熱容量が小さな薄膜試料でも、高周波駆動により高い熱密度が得られることを実験・計算の両方から示し、熱拡散率の小さな有機強誘電体ポリマー薄膜のデバイス応用の可能性を提案してきた^[3]。今回、リラクサ強誘電ポリマー薄膜[P(VDF-TrFE-CFE)]薄膜の EC 効果の直接測定し、さらにその結果に基づいて高周波駆動の EC 効果を利用する全固体マイクロヒートポンプを考案した。

【結果と考察】

膜厚約 3 μm の P(VDF-TrFE-CFE)薄膜は Pt/Si 基板上にスピコート法により製膜し、T 型薄膜熱電対をスパッタ法により試料上に直接形成した。周波数 1.5 ~ 10 kHz のユニポーラ AC 電界を用いて測定を行った。Fig. 1 に得られた温度変化 (ΔT) の印加電界依存性を示す。印加電界の増加に伴い増加する EC 効果由来の ΔT (10 kHz で 0.59°C) が得られている。これより薄膜に出入りする熱密度を見積もった結果を Fig. 2 に示す。高周波になるにつれ熱密度は増加し、10 kHz で 1.54 W/cm^2 となった。また、以前に報告した P(VDF-TrFE) の結果^[3]と比較して P(VDF-TrFE-CFE)は 2 倍程度の大きな値を示している。

高周波動作のヒートポンプを実現するには、従来の流体を用いるようなメカ構造は現実的ではない。そのため、積層構造を採用した全固体ヒートポンプを考案した。各層に印加する交流電界の位相を調節することで、EC ΔT の 70% 近くの温度差を誘起できることがわかった。講演ではその詳細についても議論する。

^[1] S. Crossley *et al.*, *Phys. Rev. X* **9**, 041002 (2019).

^[2] B. Nair *et al.*, *Nature* **575**, 468 (2019).

^[3] 松田 他, 応物秋季 2019, 21a-C309-10

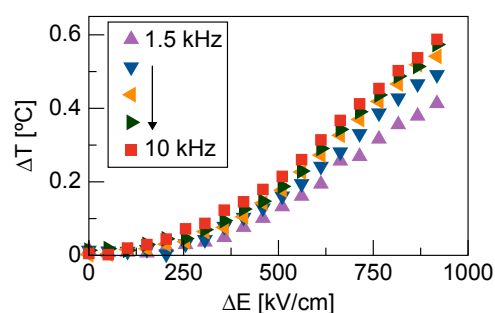


Fig. 1. EC temperature change of a relaxor polymer film as a function of an AC electric field at various frequencies.

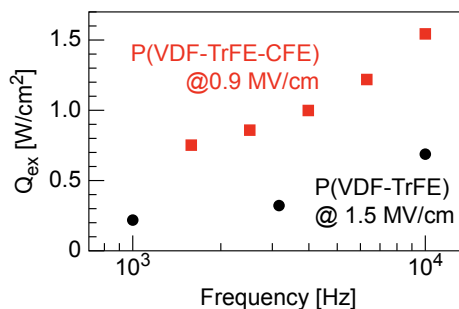


Fig. 2. Frequency dependences of the extractive heat density of P(VDF-TrFE-CFE) and P(VDF-TrFE) films