P(VDF-TrFE)薄膜の固体ヒートポンプ応用の検討

Application of P(VDF-TrFE) thin films to solid-state heat pump

大阪府大工 °松下裕司，吉村武*，藤村紀文

Osaka Prefecture Univ., °Yuji Matsushita, Takeshi Yoshimura*, and Norifumi Fujimura

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

【はじめに】

近年、次世代の高効率固体ヒートポンプの実現への期待から、電気熱量効果（Electrocaloric effect; EC effect）に注目が集まっている[1]。EC 効果とは、電気双極子を有する物質に電界を印加/除去した際に生じる可逆的な発熱/吸熱過程を指す。材料に依らず温度変化は印加電界強度に比例することがわかっており、強電界印加に有利な薄膜において大きな EC 効果が期待される。本研究では、測定部の熱容量を下げる目的で薄膜熱電対を用いて、フッ化ビニリデン・三フッ化エチレン共重合体[P(VDF-TrFE)]薄膜における EC 効果（ΔT）の直接測定に取り組んできた[2]。今回はその結果を踏まえ、ヒートポンプ応用の観点から P(VDF-TrFE)薄膜の EC 特性について議論する。

【結果と考察】

膜厚 2 μm の P(VDF-TrFE) [75/25 mol%]薄膜は、スピンコート法により製膜した。銅コンスタンタン薄膜熱電対をスパッタ法により試料直上に製膜し、測定試料を作製した。EC 効果は分極エントロピー変化により生じるが、履歴損失によるジュール熱により可逆的な温度変化は得られなくなる。そこで分極処理した試料を用い、抗電界以下の交流電界を印加し、分極が線形に変化する領域でのΔT の測定を行った。その結果、1 kHz 以上の周波数において、印加電界強度に対し比例して増加するΔT が得られた。また、逆向きに分極処理した試料において、ΔT は逆位相で得られた。分極変化と対応しているため、これは EC 効果に由来するΔT であると結論付けた。一方、測定されたΔT は、Figure に示すように周波数依存性を有していた。これは、基板への熱の拡散に起因していると考えられるため、有限要素法（FEM）を用いてその影響を計算した。Figure に FEM による計算結果を実線で示している。なお、計算結果は 10 kHz で得られた実験値で補正している。1 kHz と 3 kHz の実験結果が計算とよく一致しており、この周波数依存性は基板への熱の拡散で説明できることが明らかになった。計算では、10 kHz 以上の周波数では、ΔT が減少することが示されているが、これは膜内に熱が閉じ込められるためと考えられる。以上の結果は、EC 効果によって得られた熱を、効率的に外部に取り出すのは容易ではないことを示している。講演では、この課題の解決方法について議論する。

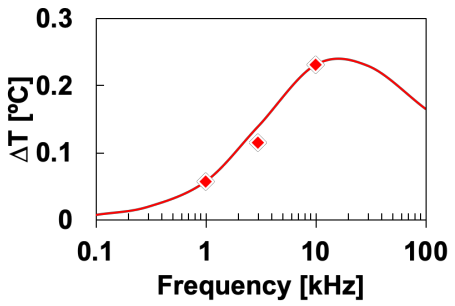

Figure. Frequency dependence on measured EC ΔT (dot) and calculated result (solid line).

【参考文献】

[1] M. S. Mischenko *et al.*, *Science* **311**, 1270 (2006).

[2] 松下他, 第 79 回応物秋(2018) 19a-133-2