

くし形パターン電極上に置かれた熔融状態フィルムの形状変化

山形大工 ○水落優, 杉本昌隆, 谷口貴志, 小山清人

Surface profile change of melting polymer film on interdigitated array electrode

Y. Mizuochi, M. Sugimoto, T. Taniguchi, and K. Koyama

Department of Polymer Science and Engineering, Yamagata University

ABSTRACT: In this study, we investigated change of surface profile of a melted polymer film on an interdigitated array pattern electrode by applying an electric field. We found that the surface of polymer film rises on between anode and cathode, and the magnitude of surface deformation is proportional to 1.48 power of the applied voltage.

1. はじめに

誘電率差のある非相溶液体のブレンドに電場を印加した場合、電気力線が誘電率の高い物質を通ろうとする力に起因して液体の相分離構造の変化が起こり、分散相が電極間を架橋した円柱構造が形成される[1].

現在までに、このような液体の構造形成を材料の成形に応用する研究が行われており、本研究室では硬化性の樹脂を液体に分散させ、電場印加することで、円柱構造を固定することに成功した[2]. また、Russell らは、電極板間に高分子フィルムを積層させ、電場によって電極を架橋する円柱構造の作製を行った[3]. このような方法による成形は微細な構造を作ることができる技術であり、新しい機能性をもつ材料開発に応用できると考えられる.

電場による液体の構造形成は、印加される電場の方向に依存するため、他の電場の印加の様式により様々な形状変化を与えることができると考えられる. そこで、電場による材料の成形の新たなアプローチとして、平面パターン電極の上で液体フィルムを変形させることを考えた. 電場による界面の変形は、誘電率差に応

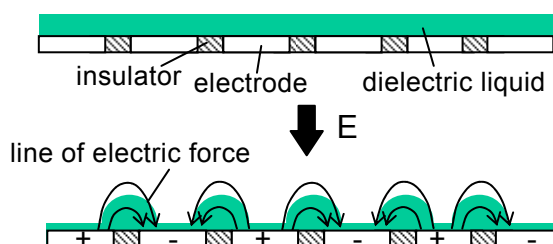


Fig. 1 Change of surface profile of dielectric liquid on patterned electrode by applying an electric field.

じて作用するマクスウェル応力 ($f = \Delta\epsilon E^2/2$, $\Delta\epsilon$: 誘電率差, E : 電場強度) によるものだと考えられる. Fig.1 のように、正・負電極を平行に並べた場合、フィルムは電場強度が強い正・負の電極間で、盛り上がるように変形すると予想される. 本研究では、くし形パターン電極上で、熔融状態の高分子フィルムに電場を印加した場合、どのような形状変化を示すか調査した.

2. 実験方法

実験方法の概略図を Fig. 2 に示す. くし形電極は、カプトンフィルムにネガ・パターンの形状にテープを貼り、上から金蒸着を行い、テープをはがして作製した. 電極幅は 1 mm, 電極間は 0.5 mm である.

試料はポリスチレン、分子量 $M_w=90,000$, ゼロせん断粘度 $2600 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ (170°C)を用いた. フィルムは電極の両脇にレール状にカプトンテープを重ねてはり、電極上で試料を溶解させ、スライドガラスで押しつぶして作製した.

雰囲気温度 170°C で加熱し、試料が熔融した状態で直流電場を印加した. 10 分間電場を印加し、試料を変形させ、電場印加したまま室

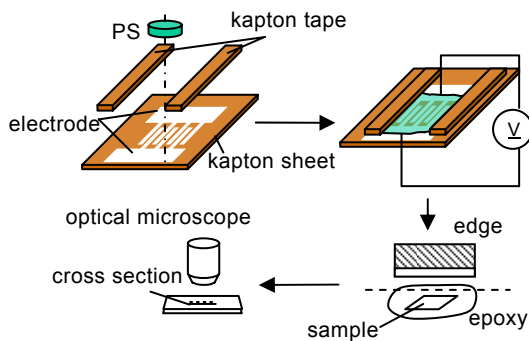


Fig. 2 Schema of our experimental methodology

温まで徐冷し，固化させた。

試料の変形は固化した試料の断面から観察した。試料を電極ごとエポキシ系接着剤で包んで固め，カッターで押し切り，断面を Leica 社製透過型光学顕微鏡で観察した。

3. 結果・考察

顕微鏡によって得られたフィルムの断面の様子を Fig.3 に示す。写真は別々に撮影した部分をつなげた顕微鏡像であり，下の線画はフィルム界面と電極基盤の輪郭図である。矢印は基盤表面に金電極がある部分を示しており，隣り合う正・負の電極間上でフィルムが隆起していることが確認できた。

同様の実験系で形成させる膜厚(h)を $340\mu\text{m}$ に固定し，印加電圧(V)を変化させて実験を行った。各印加電圧で変形させたフィルムの顕微鏡像から，隣り合う山と谷の高低差を測定した結果を Fig.4 に示す。電場によって界面に働くマクスウェル応力は電場強度の2乗に比例する力であるため，高低差は電圧の2乗で変化すると予想した。しかし，プロットを最小2乗法で累乗近似したところ，高低差が電圧の1.48乗に比例する結果が得られた。これは電場強度が膜厚方向で変化していることや表面張力の影響が考えられる。

同様に電圧を固定し，形成させる膜厚を変化させたときの高低差の変化を Fig.5 に示す。膜厚が $220\mu\text{m}$ のとき高低差が最大になり，さらに薄くすると高低差は減少した。これは電場強度は強い基盤表面で最も強くなり，膜厚が薄く，界面が基盤に近い場合，界面を変形させる力は大きくなるが，変形する PS の量自体も減少す



Fig.3 Optical micrograph of cross section $V=4\text{ kV}$, Initial thickness: $330\mu\text{m}$ Scale bar: 1 mm, Image is magnified two times in vertical direction.

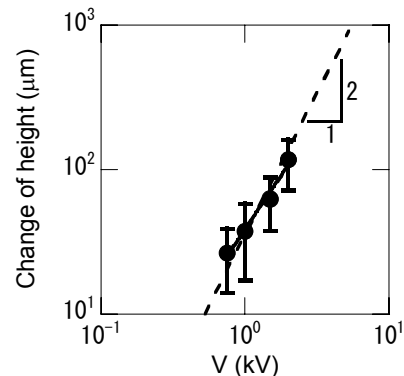


Fig.4 Variation of surface profile by changing an applied voltage (V). $h=340\mu\text{m}$

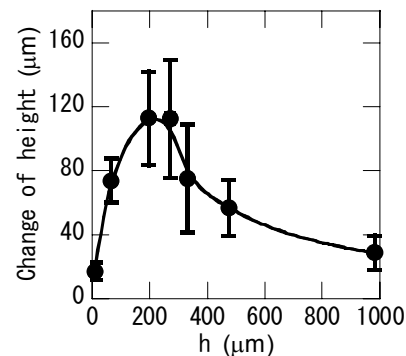


Fig.5 Variation of surface profile by changing the initial film thickness (h). $V=3\text{ kV DC}$

るため形成される凹凸が小さくなるのだと考えられる。

パターン電極上でのフィルムの変形を制御する場合，変形していく界面にかかる電場強度がどのように変化していくかを知ることが重要となる。

4. 参考文献

- [1] H. Kimura, K. Aikawa, Y. Masubuchi, J. Takimoto, K. Koyama and T. Uemara "Positive" and "Negative" Electro-Rheological Effect of Liquid Blends" *J. Non-Newtonian Fluid Mech.* **76**, 199-211 (1998)
- [2] 加々谷智 山形大工 学士学位論文 (2005)
- [3] Schaffer, E., Thurn-Albrecht, T., Russell, T. P. & Steiner, U. "Electrically induced structure formation and pattern transfer." *Nature* **403**, 874-877 (2000)