自己組織化エレクトレット型振動発電素子の動作機構解析

Operation mechanism of self-assembled electret-based vibrational energy generator

千葉大先進 [1]，千葉大院融合 [2]，千葉大工 [3]，JST さきがけ [4]，千葉大分子キラリティ [5]
○田中 有弥 [1,2,3,4]，松浦 寛恭 [2]，大原 正裕 [2]，田雑 友貴 [2]，栢口 英之 [3]，石井 久夫 [1,2,3,5]
CFS, Chiba Univ. [1], GSSE, Chiba Univ. [2], FoE, Chiba Univ. [3], JST PRESTO [4], MCRC, Chiba Univ. [2],
°Yuya Tanaka [1,2,3,4], N. Matsuura [2], M. Ohara [2], Y. Tazo [2], H. Kayaguchi [3], Hisao Ishii [1,2,3,5]
E-mail: y-tanaka@chiba-u.jp

現在身の周りにある振動から電気エネルギーを得ることができるエレクトレット型の振動発電素子（Vibrational Energy Generator (VEG)）の研究が盛んに行われている．一般的に VEG は図 1(a)のようにエレクトレットと空隙が上部の振動電極, 下部の固定電極にはさまれたコンデンサ構造をしている. エレクトレットがつくる電界によりコンデンサは充電されるため, 電極が振動すると VEG の静電容量が変化して外部に電流が流れる. 通常エレクトレットの作製には荷電処理が必須であり，VEG の製造を難化させる一つの要因であったが, 我々は自己組織化エレクトレット（SAE）を使用することで，荷電処理を一切必要としない VEG を開発した[1]．SAE は自発配向する極性有機分子からなり, 図 1(b)に示すように膜の表面と裏面には正負の分極電荷が存在している. つまり電気力線は SAE 内部で閉じており, SAE-VEG においては SAE の表面電位（V_{sp}）と振動電極の電荷密度（σ_0）の相関は明らかではなかった．そこで本研究ではエネルギーダイアグラムを用い，SAE-VEG の動作機構の解明を試みた．

図 1(c)にそのダイアグラムを示す. 真空の誘電率（ε_0），空隙間の距離（l_{gap}），電位（V_{gap}）を使うと, ガウスの法則より$\sigma_0 = \varepsilon_0(V_{\mathrm{gap}}/l_{\mathrm{gap}})$が得られる．また図 1(c)より，素電荷を$e$，振動電極の仕事関数を$\Phi_{\mathrm{vib}}$とすれば，$eV_{\mathrm{sp}} = eV_{\mathrm{gap}} + \Phi_{\mathrm{vib}}$となる．結局振動電極には,

$$\sigma_0 = \varepsilon_0 \frac{V_{\mathrm{sp}} - \dfrac{\Phi_{\mathrm{vib}}}{e}}{l_{\mathrm{gap}}}$$

の電荷が誘起されることになる．電極を振動させた際に流れる電流（j）は$j = d\sigma_0/dt$であるから，$j \propto V_{\mathrm{sp}}$が予想される．

SAE のV_{sp}はその膜厚に比例して増加する．そこで様々な膜厚の SAE-VEG 素子を作製し，そのjとV_{sp}の関係を調べた．その結果を図 2 に示す． jはV_{sp}に比例して増加しており，SAE-VEG はV_{sp}により駆動していることがわかる．

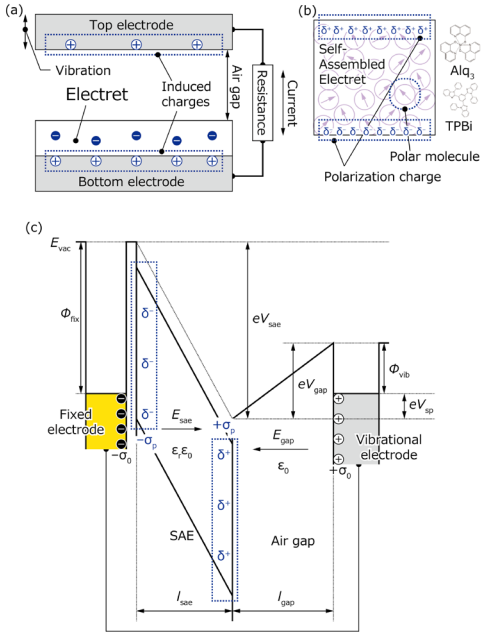

Fig. 1(a) Device structure of VEG, (b) SAE and polar molecules, (c) Energy diagram of SAE-based VEG.

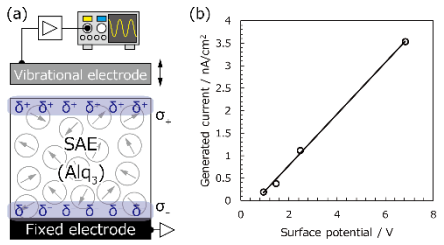

Fig. 2(a) Device structure and measurement setup, (b) Relationship between j and V_{sp}.

本研究は JST さきがけ（JPMJPR17R6）の支援を受けたものである．

[1] Y. Tanaka et al., *Sci. Rep.* **10**, 6648 (2020).

© 2020年 応用物理学会