

誘電分極による摩擦発電で流れる過渡電流の解析

Analyzing transient current during triboelectric generation as a polarization energy transfer process

東工大¹, °田口 大¹, 間中 孝彰¹, 岩本 光正¹

Tokyo Tech.¹, °Dai Taguchi¹, Takaaki Manaka¹, Mitsumasa Iwamoto¹

E-mail: iwamoto@pe.titech.ac.jp

はじめに 摩擦発電は、ものともを擦り合わせることで発生する摩擦電気から電力を取り出します。わたしたちは、そのマイクロ起源である電荷変位と双極子回転の両方の発電材料中での振る舞いを明確化することが重要と考え、これらを選択的に可視化する光第二次高調波発生 (SHG) を新しい評価法として展開し[1,2]、双極子による発電特性を報告しました[3]。本発表では、双極子の脱分極過程で流れる過渡電流を解析し、変位電流が摩擦によって蓄えられた分極エネルギーを負荷に運ぶ過程として摩擦発電をモデル化した結果を報告します。

摩擦発電による過渡電流の発生 Fig.1 は摩擦により永久双極子が配向して分極 P_0 がつけられ、脱分極して過渡電流 I が流れ負荷 R が電力を消費すると考えたモデルです。分極 P_0 が電極電荷 Q を誘導し、等温脱分極に伴い電極電荷が負荷 R を流れます。 E は起電力、 V は端子電圧で、 P_e は電子分極です。本モデルから、負荷 R に流れる電流 I は次式で与えられます。

$$I = -\frac{dQ(t)}{dt}, \text{ ただし } Q(t) = P_0 \frac{\beta}{\alpha-1} e^{\alpha t} - P_0 \frac{1}{\alpha-1} e^{\beta t}, \quad (1)$$

α^{-1} と β^{-1} は時定数であり、発電材料の誘電率及び誘電緩和時間 τ と負荷 R の関数です。Fig. 2 は接続する負荷 R を変えた場合の過渡電流波形です。電力整合条件 $C_s R = \tau$ を満たす場合に、時刻 τ でピーク値をとります (C_s : 発電材料の静電容量)。このとき消費電力が最大化し、分極エネルギー $P_0^2/2C_s$ の半分を負荷に取り出すことができます。

まとめ 摩擦により材料内部に蓄えた分極エネルギーを、過渡電流が負荷に運ぶ過程として摩擦発電をモデル化し、負荷 R と過渡電流波形の関係を解析しました。電力整合条件 $C_s R = \tau$ で過渡電流は誘電緩和時間 τ でピークをとり、このとき消費電力が最大化します。

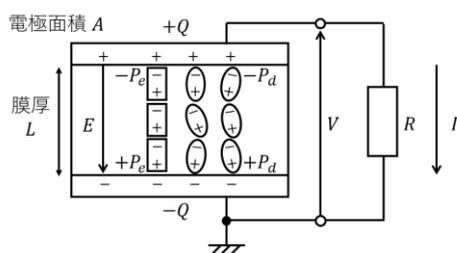


Fig.1 Model for analyzing transient current by triboelectric generator.

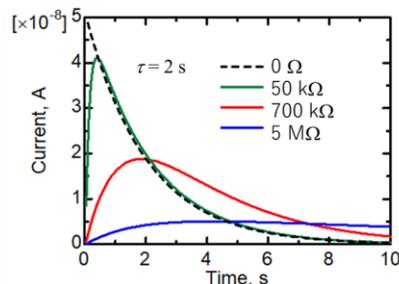


Fig.2 Analytical solution for the transient current. The maximum power is available under matching condition $R=700 \text{ k}\Omega$ where transient current gives a peak at dielectric relaxation time $\tau = 2 \text{ s}$.

- [1] D. Taguchi, T. Manaka, M. Iwamoto, Appl. Phys. Lett. 114, 233301/1-5 (2019). [2] (招待論文) 田口, 間中, 岩本, 電子情報通信学会論文誌, J103-C, pp.395-402. [3] 田口, 間中, 岩本, 2021年 第67回応用物理学会春季学術講演会, 16a-P01-3.