

Oral presentation | 16 Amorphous and Microcrystalline Materials : 16.2 Energy Harvesting

📅 Tue. Sep 17, 2024 3:30 PM - 4:45 PM JST | Tue. Sep 17, 2024 6:30 AM - 7:45 AM UTC 🏢 A37 (TOKI MESSE 3F)

[17p-A37-7~11] 16.2 Energy Harvesting

Daisuke Yamane(Ritsumeikan Univ.)

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[17p-A37-7]

Enhancement of Piezoelectric Properties for Layered Structure of PZT and Rubber

○Tatsuya Ota¹, Shogo Mamada¹ (1.RTRI)

🎯 Presentation by Applicant for JSAP Young Scientists Presentation Award 🎯 English Presentation

3:45 PM - 4:00 PM JST | 6:45 AM - 7:00 AM UTC

[17p-A37-8]

High Efficient Piezoelectric Nanogenerators with TiO₂-NFs-Doped P(VDF-TrFE) Copolymers via Ultraviolet Thermal Annealing

○(D)TzuChuan Yang¹, TzuWei Hsu¹, TingHan Lin¹, MingChung Wu^{1,2}, JerChyi Wang^{1,2,3} (1.Chang Gung Univ., 2.Chang Gung Memorial Hospital at Linkou, 3.Ming Chi Univ. of Tech.)

🎯 Presentation by Applicant for JSAP Young Scientists Presentation Award

4:00 PM - 4:15 PM JST | 7:00 AM - 7:15 AM UTC

[17p-A37-9]

Improvement of Output Performance of Triboelectric Nanogenerator by Adding Ionic Liquid into Polydimethylsiloxane

<gdiv></gdiv><gdiv></gdiv>

○(D)Qingyang Zhou¹, Yumeng Zhen¹, Kentaro Kinoshita¹, Takashi Ikuno¹ (1.Tokyo Univ. of Sci.)

🎯 Presentation by Applicant for JSAP Young Scientists Presentation Award

4:15 PM - 4:30 PM JST | 7:15 AM - 7:30 AM UTC

[17p-A37-10]

Energy harvesting clothes based on three-layered textile triboelectric nanogenerator

○Yushi Umemura¹, Yutaka Ohno^{1,2}, Masahiro Matsunaga² (1.Nagoya Univ., 2.IMaSS, Nagoya Univ.)

4:30 PM - 4:45 PM JST | 7:30 AM - 7:45 AM UTC

[17p-A37-11]

A Study on Electrical Characteristics of Self-Assembled Electrets for SOI- MEMS Vibrational Energy Harvesters

○Yuichiro Sunagawa¹, Kyoichi Kakuno¹, Satoru Hosoi¹, Ruichen Li¹, Yuya Tanaka², Daisuke Yamane¹ (1.Ritsumeikan Univ., 2.Gunma Univ)

ゴム材料の積層による PZT の圧電性能向上

Enhancement of Piezoelectric Properties for Layered Structure of PZT and Rubber

鉄道総研¹ °太田 達哉¹, 間々田 祥吾¹

Railway Technical Research Institute¹, °Tatsuya Ota¹, Shogo Mamada¹

E-mail: ota.tatsuya.34@rtri.or.jp

1. 緒言

圧電材料には、機械エネルギーを電気エネルギーに変換する圧電効果がある。圧電効果の利用例として、近年では圧電材料を省電力の無線モジュールにおける駆動電源として活用する手法などが提案されている¹⁾。圧電材料を電源として活用する場合、機械エネルギー（振動など）から電気エネルギー（電力など）への変換効率である圧電性能が高いことが求められる。しかし、一般的に圧電性能が高いといわれる PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）でも、様々な装置の駆動に必要な十分な電力が得られにくいことが課題である。そこで、本稿では PZT の圧電性能を向上させる試みとして、PZT とゴム材料を積層させた PZT-ゴム積層体の圧電性能を評価した結果を報告する。

2. 実験方法

PZT-ゴム積層体の PZT には、厚さ 2mm、直径 50mm の板材（以下、PZT 板材）を用いた。PZT-ゴム積層体に積層させるゴム材料は種々用意したが、本稿では、硬度 65°、直径 30mm の天然ゴムを厚さ 1mm~30mm の範囲で変化させた場合の結果について述べる。PZT-ゴム積層体の例を図 1 に示す。

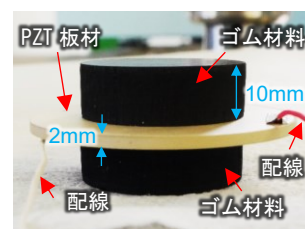


図 1 PZT-ゴム積層体の例

PZT-ゴム積層体の圧電性能を評価するため、図 1 に示す状態で PZT 板材の分極方向に対して動的な荷重を加える動的加振試験を実施した。動的加振試験では、動的な荷重を加えた際に発生した電荷を単位荷重で除すことにより、圧電ひずみ定数 d_{33} を求めた。なお、本稿で示す動的加振試験の試験条件は、 $1300\text{N} \pm 400\text{N}$ 、10Hz の正弦波である。

3. 結果

PZT-ゴム積層体における天然ゴムの厚さを変更した際の天然ゴムの厚さと d_{33} の関係を図 2 に示す。

図 2 より、PZT-ゴム積層体の d_{33} は天然ゴムの厚さの増加に伴って急激に増加し、厚さが 10mm/枚の場合には、天然ゴムを積層させていない場合と比較して d_{33} が約 4 倍となった。ただし、その後の厚さの増加に伴う変化は小さく、ほぼ横ばいであった。

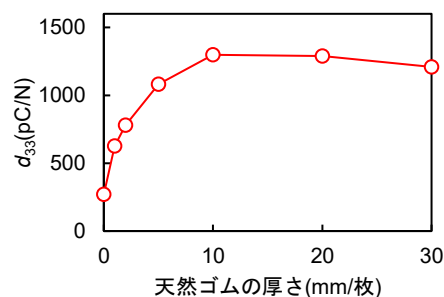


図 2 PZT-ゴム積層体における天然ゴムの厚さと d_{33} の関係

4. まとめ

PZT の圧電性能向上を目的として、PZT とゴム材料を積層させた結果、積層させるゴム材料の厚さの増加に伴って圧電性能が大幅に向上することを見出した。

[参考文献]

- 1) 神野伊策：圧電材料を用いた振動発電技術、ニューセラミックスレター、No.68 p.3 2018

High Efficient Piezoelectric Nanogenerators with TiO₂-NFs-Doped P(VDF-TrFE) Copolymers via Ultraviolet Thermal Annealing

Chang Gung Univ.¹, Chang Gung Memorial Hospital at Linkou², Ming Chi Univ. of Tech.³

Tzu-Chuan Yang¹, Tzu-Wei Hsu¹, Ting-Han Lin¹, Ming-Chung Wu^{1,2}, and Jer-Chyi Wang^{1,2,3,*}

E-mail: jcwang@mail.cgu.edu.tw

Poly(vinylidene fluoride–trifluoroethylene) (P(VDF-TrFE))-based piezoelectric nanogenerators (PENGs) have been considered as promising self-powered devices owing to their excellent flexibility, easy fabrication, and lightweight. P(VDF-TrFE) can form α -, β -, and γ -phase crystallinities depending on its molecular arrangement via thermal annealing, where β -phase displays the best piezoelectric properties due to the well-aligned C-F bonds. In this study, a novel crystallization process for P(VDF-TrFE) copolymers was proposed. TiO₂-nanofibers (TiO₂-NFs) were first doped into P(VDF-TrFE), and then the thermal annealing was performed with ultraviolet (UV) light exposure to assist dipole alignment (**Fig. 1(a)**), which was called ultraviolet thermal annealing (UTA). In **Fig. 1(b)**, the characteristic peaks at 475, 840, 1288, and 1400 cm⁻¹ corresponding to β -phase crystallinity of P(VDF-TrFE) in FTIR spectra were obtained for the significant enhancement of the sample under the UTA with an UV light exposure at 20 mW/cm² (UTA-20). In the SEM image (**Fig. 1(c)**), the needle-like-shaped P(VDF-TrFE) can be observed, confirming the β -phase crystallinity. For the PENG measurement (**Fig. 1(d)**), a maximum output voltage of approximately 4 V was observed in the UTA-20 sample. To investigate the power density of PENGs, different load resistances were in series with the device to measure the output voltage (**Fig. 1(e)**). The maximum power density of 35 mW/m² was calculated via the formula of $P=V^2/R$ for the sample with a 1-M Ω load resistor. In summary, the TiO₂-NFs-doped P(VDF-TrFE) showed a significant enhancement in β -phase formation for both FTIR and SEM under a 20-mW/cm² UTA treatment and a superior output performance of the PENGs was demonstrated, providing a brilliant future for the development in self-powered devices.

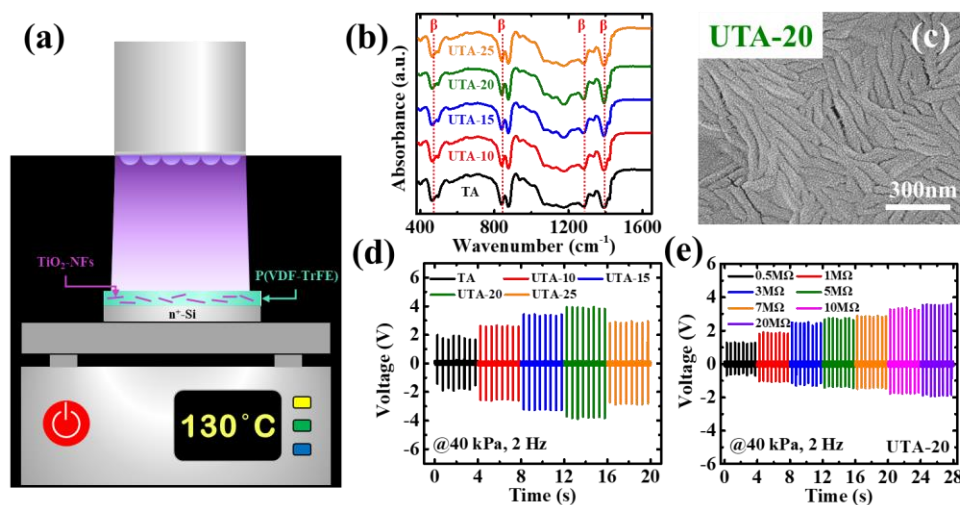


Fig. 1. (a) Schematic diagram of UTA treatment. (b) FTIR spectra and (c) SEM image of the TiO₂-NFs-doped P(VDF-TrFE) with UTA treatment. Output performance of (d) PENGs under the UTA at different UV light power densities and (e) the UTA-20 PENG in series with different load resistances.

PDMS へのイオン液体添加によるトライボ発電の出力向上

Improvement of Output Performance of Triboelectric Nanogenerator by Adding Ionic Liquid into Polydimethylsiloxane

東理大先進工, °(D1)周 青陽, 鄭 雨萌, 木下 健太郎, 生野 孝

Tokyo Univ. of Science, °Qingyang Zhou, Yumeng Zhen, Kentaro Kinoshita, Takashi Ikuno

E-mail: tikuno@rs.tus.ac.jp

【研究背景】トライボ発電 (TENG) の出力を向上させるには, 2つの材料の組み合わせを変える必要があるが, 組み合わせパターンは限られている[1-3]. 本研究では, 材料の組み合わせを固定したまま表面電荷密度を高め, TENG の出力を向上させる方法を提案する. TENG 材料を事前にコロナ放電に曝すと, ポリマーの表面に固定電荷が生成され出力向上することが知られている[1]. ただし, 固定電荷は時間の経過とともに消散するという課題があった. この問題を解決するために, ポリマー内部を移動できるイオンを埋め込むことにより, 接触分離による表面電荷層とイオンが重畳し出力が増加するという仮説を立てた. 本研究では, イオン液体のポリジメチルシロキサン (PDMS) への埋め込みが TENG の出力に与える影響について調べた.

【実験方法】まず, PDMS と BMIM-TFSI を混合した複合フィルムを TENG 材料として作製し, Fig. 1 に示すように Al 板を対電極として発電特性を評価した. 次に, LCR メーターとプローバーを使用してフィルムの比誘電率を測定した. 最後に SEM/EDX を使用し, フィルムの表面観察と BMIM-TFSI の存在を確認した. BMIM-TFSI を構成する元素フッ素, 硫黄を TENG 発電前後で分析した.

【実験結果】Fig.2 に示すように, PDMS フィルムに BMIM-TFSI を添加することで, 純粋な PDMS フィルムの TENG の出力性能を 2 倍に向上させることができた. EDX から, BMIM-TFSI の陰イオンが接触・分離によりフィルムの表面に偏析することが示唆された. 出力性能が向上した理由は, TENG 発電中に PDMS 表面に生成された負電荷と PDMS 表面に分離された BMIM-TFSI の陰イオンの二重の効果であると考えられる. この新しいアプローチは, 他のイオン液体やポリマーを使用した TENG のさまざまな材料の組み合わせに適用され, TENG の出力性能を高めることが期待される.

[1] Q. Zhou, R. Takita, and T. Ikuno, *Nanomaterials* **13**, 832 (2023).

[2] Q. Zhou and T. Ikuno, *Jpn. J. Appl. Phys* **62**, 058001 (2023).

[3] Q. Zhou and T. Ikuno, *J. Appl. Phys* **63**, 01SP01 (2024).

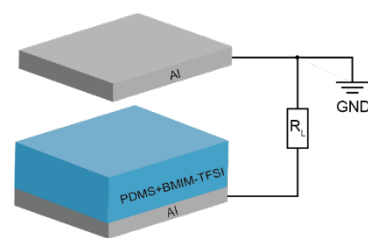


Fig. 1. Schematic illustration of the film as TENG material.

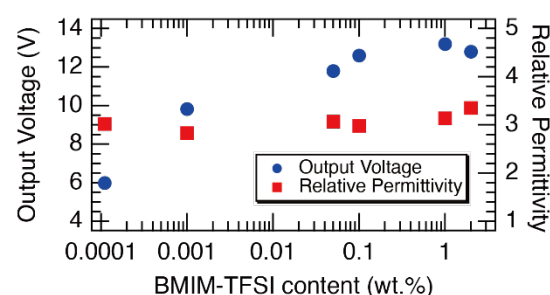


Fig. 2. The output voltage and relative permittivity of the films with different content of BMIM-TFSI.

3層構造テキスタイル摩擦発電を用いた衣服型エネルギーハーベスタ

Energy harvesting clothes based on three-layered textile triboelectric nanogenerator

名大工¹, 名大未来研² ○梅村 侑史¹, 大野 雄高^{1,2}, 松永 正広²

¹Dept. Electronics, Nagoya Univ., ²IMaSS, Nagoya Univ.,

○Yushi Umemura¹, Yutaka Ohno^{1,2}, and Masahiro Matsunaga²

E-mail: matsunaga.masahiro.r0@f.mail.nagoya-u.ac.jp

摩擦帯電型ナノ発電機(TENG)は摩擦帯電と静電誘導によって機械的エネルギーを電気エネルギーに変換する振動発電デバイスの一種であり、高出力、低コスト、高い材料自由度などの特徴を持つ[1]。その材料自由度の高さを生かしたテキスタイル型 TENG が数多く報告されているが[2]、外部配線や裁断・縫製等に課題がある。前回、我々は非導電系と導電系を3層構造に編み込むことで、自在な裁断・縫製を可能としたテキスタイル TENG を提案した[3]。本研究では、テキスタイル TENG を衣服型 TENG に加工し、身体動作からの発電可能性を検証した。

本研究で使用したテキスタイル TENG は導電系層が非導電系層で挟まれた3層構造を持ち、プレーティング編、接結を用いて横編機にて作製した。非導電系、導電系にはそれぞれウール梳毛100%、ポリエステル80%・ステンレス20%混合糸を用いた。このテキスタイル TENG を衣服型 TENG へと加工後、Fig. 1(a)に示すように衣服型 TENG をポリエステル製コンプレッションウェア上に着用し、各種身体動作を行った際に TENG-コンプレッションウェア間の摩擦により生じる負荷抵抗(R_L)間の出力電圧を測定した(Fig. 1(b))。

Fig. 2(a)に左腕および右腕の屈伸動作時の出力電圧波形を示した。身体の各部位の振動から発電可能であることが確認できた。Fig. 2(b)に両腕による腕回し動作時における出力電圧波形を示した。この波形の瞬時ピーク電圧および電圧の RMS 値より計算した電力はそれぞれ $P_{\text{peak}} = 315 \mu\text{W}$ 、 $P_{\text{rms}} = 76.3 \mu\text{W}$ ($R_L = 10 \text{ M}\Omega$)であった。この結果は衣服型 TENG のウェアラブルデバイスの代替電源への応用可能性を示すものである。

謝辞：本研究の一部は、あいち産業科学技術総合センター尾張繊維技術センターにご協力頂いた。

[1] Z. L. Wang., *Mater. Today* **20**, 74 (2017).

[2] K. R. S. D. Gunawardhana *et al.*, *iScience* **23**, 101360 (2020).

[3] Y. Umemura *et al.*, *The 71st JSAP Spring meeting*, 24a-12B-2 (2024).

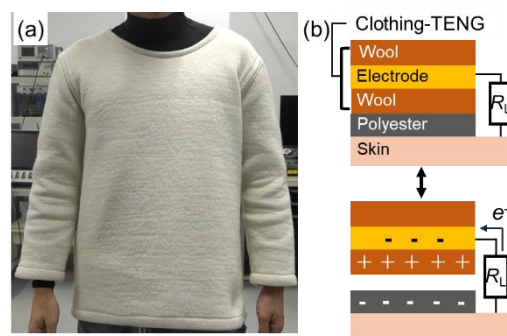


Fig. 1(a) Photograph of wearable TENG, (b) schematic working mechanism of TENG.

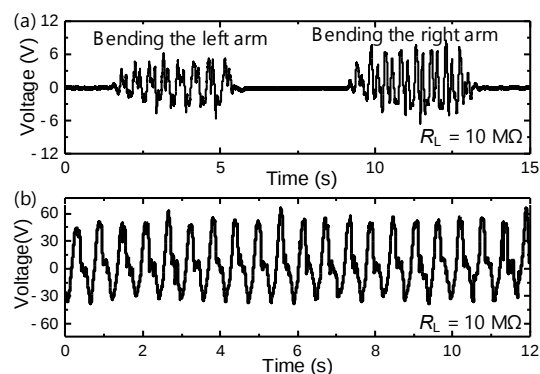


Fig. 2 Voltage profiles obtained in (a) bending arm, (b) rotating arms at load resistance of $10 \text{ M}\Omega$.

SOI-MEMS 環境振動発電素子に向けた 自己組織化エレクトレットの電気的特性に関する検討 A Study on Electrical Characteristics of Self-Assembled Electrets for SOI- MEMS Vibrational Energy Harvesters

立命館大¹, 群馬大²

°(M1) 砂川 優一朗¹, 角野 響一¹, 細井 覚¹, 李 睿宸¹

田中 有弥², 山根 大輔¹

Ritsumeikan Univ.¹, Gunma Univ.²

°Yuichiro Sunagawa¹, Kyoichi Kakuno¹, Satoru Hosoi¹, Ruichen Li¹,

Yuya Tanaka³, and Daisuke Yamane¹

E-mail: dyamane@fc.ritsumei.ac.jp

はじめに 静電型 MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 環境振動発電素子 (VEH: Vibrational Energy Harvester) は、小型無線センサ端末の自立電源応用等に向けて有用である[1]。近年、当研究グループは、荷電処理が一切不要な自己組織化エレクトレット (SAE: Self-Assembled Electret) [2]を用いて MEMS VEH[3]を実現した。さらに、製造プロセスを簡素化できることから SOI ウェハを用いた SAE MEMS-VEH の開発を進めている。本研究では、SOI ウェハに形成した中空構造内部に成膜した SAE について、電気的特性の解析モデルを検討したので報告する。

モデル検討 SAE MEMS-VEH[3]では、可動電極に形成されたスルーホールを介して、マイクロパターン化した SAE (μ -SAE) を固定電極上に真空蒸着法により成膜する。本研究では、 μ -SAE の単位セルを直方体と近似し、Si 基板上に SAE を配置した 3D モデル(図 1)を検討する。電気特性評価として、SOI ウェハのデバイス層を想定した評価面の電位分布について、有限要素法を用いたシミュレーションを実施した。なお、SAE は Alq_3 (tris(8-hydroxyquinolinato)aluminum) とした。

実験結果 今回のシミュレーションでは、有限要素法シミュレータである COMSOL Multiphysics6.2 を用いた。シミュレーション結果の一例を図 2 に示す。図 2 では、評価面と基板の距離を $10\ \mu\text{m}$ 、SAE の膜厚を $1\ \mu\text{m}$ とした。シミュレーションの結果、SAE の表面電荷密度が $1.4\ \text{mC}/\text{m}^2$ のとき [2]、評価面の電位の最大値は $40.6\ \text{V}$ であった。

結論と今後の展望 SOI を用いた中空構造内部に SAE を成膜した際の電気的特性について、解析モデルを検討した。解析モデルを検討し、デバイス層の電位分布を評価し、SOI を用いた SAE MEMS-VEH の実現に向けたシミュレーション環境構築の見通しを得た。今後、SAE の電気的特性について、シミュレーション結果と実測結果を比較し、妥当性を検証する。

謝辞 本研究は JST A-STEP JPMJTR22R5、JSPS 科研費 22H01929、サムコ科学技術振興財団、三豊科学技術振興協会、東京エレクトロン共同研究公募制度、立命館大学立命館先進研究アカデミー (RARA) を受けたものである。

参考文献 [1] H. Toshiyoshi et al., *Sci. Technol. Adv. Mater.* 20, 124-143 (2019), [2] Y. Tanaka et al., *Sci. Rep.* 10, 6648 (2020), [3] D. Yamane et al., *Appl. Phys. Lett.* 119, 254102 (2021)

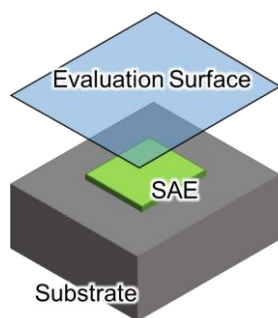


Fig.1. Simulation model

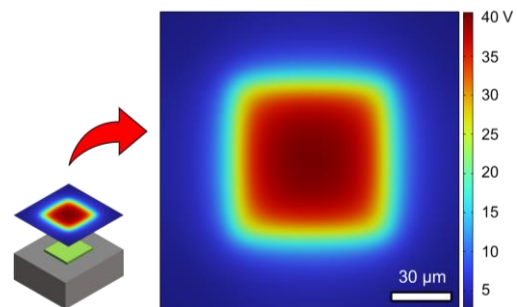


Fig. 2. Potential on evaluation surface