

氏 名	いうむしぶん ちょんていか IUMSRIVUN CHONTHICHA
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 1 0 6 6 号
学位授与の日付	令和 4 年 9 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学 位 論 文 題 目	Electromechanical properties of electrospun nano/microfiber mats produced with various conditions (異なる条件で作製した電界紡糸ナノマイクロファイバ膜の電 気機械特性)
審 査 委 員	(主査)准教授 石井佑弥 教授 横山敦士 教授 鋤柄佐千子

論文内容の要旨

衣服や生体に装着し、生体情報をモニタリング可能なフレキシブル圧力センサに注目が集まっている。特に圧電特性を示すナノマイクロファイバ膜は、圧力センサ材料として機能し、かつ軽量で機械的に柔軟、また通気性にも優れる。このことから、上述のフレキシブル圧力センサ材料として高い親和性を有し、注目を集めている。最近、電界紡糸で作製したポリスチレンマイクロファイバ膜が優れた疑似圧電特性を示すことが報告された。しかし、電界紡糸条件がどのようにこの疑似圧電特性に影響を及ぼすかについては明らかになっていない。そこで本研究は、異なる電界紡糸条件(電界紡糸時間、電界紡糸電圧、材料)で電界紡糸ポリスチレンマイクロファイバ膜を作製し、この電界紡糸条件が疑似圧電特性にどのように影響を与えるかを明らかにすることを目的とした。

第 1 章では、代表的なフレキシブル圧力センサの動作方式[ピエゾ抵抗方式、静電容量方式、摩擦帯電方式、(疑似)圧電方式、静電誘導方式]について説明し、本研究で採用する疑似圧電方式の特徴について述べた。加えて、電界紡糸において変更可能な紡糸条件(電界紡糸時間、電界紡糸電圧、材料など)について述べた。その上で、本研究の意義と目的を述べた。

第 2 章では、電界紡糸ナノマイクロファイバ膜の疑似正圧電特性を、特に低負荷印加領域において厳密に明らかにすることが可能な評価法(連続押し込み評価法)について説明した。

第 3 章では、異なる電界紡糸時間と電界紡糸電圧で作製した電界紡糸ポリスチレンマイクロファイバ膜の形状や構造などを調査した。この結果、電界紡糸時間と電界紡糸電圧の違いにより、当該ファイバ膜の構造が変化することが示された。

第 4 章では、異なる電界紡糸時間と電界紡糸電圧で作製したポリスチレンマイクロファイバ膜

の疑似正圧電特性を評価した。この結果、特に電界紡糸時間の変化に伴って疑似正圧電特性が大きく変化することを明らかにした。

第 5 章では、異なる電界紡糸時間と電界紡糸電圧で作製したポリスチレンマイクロファイバ膜の機械特性や帯電特性などを明らかにし、電界紡糸時間の変化に伴って疑似正圧電特性が大きく変化した原因を明らかにした。

第 6 章では、異なるポリマーを材料として作製した電界紡糸ファイバ膜の疑似正圧電特性を評価した。異なるポリマーとして、ポリメタクリル酸メチル、ポリスチレン、ポリビニルアルコール、ポリ(L-乳酸)、ポリ(D,L-乳酸)、ポリ[(R)-3-ヒドロキシ酪酸]を用いた。この結果、異なるポリマーからなる電界紡糸ファイバ膜が、異なる疑似正圧電特性の経時特性を示すことを明らかにした。加えてこの原因を、用いたポリマー間の帯電電荷の保持特性の違いに起因するものと考察した。

第 7 章では、イソプロピルアルコールを噴霧する前後における電界紡糸ファイバ膜の疑似正圧電特性を評価した。この結果、当該ファイバ膜における帯電電荷が実電荷(表面電荷もしくは空間電荷)の帯電であることを明らかにした。

第 8 章では、本論文で得られた成果を総括した。

論文審査の結果の要旨

本研究は、異なる電界紡糸条件(電界紡糸時間、電界紡糸電圧、材料)で電界紡糸ナノマイクロファイバ膜を作製し、この電界紡糸条件が当該ファイバ膜の疑似正圧電特性にどのように影響を与えるかを明らかにすることを目的とした。これまでに、フレキシブル圧力センサの新材料として、圧電特性を示すナノマイクロファイバ膜が注目されている。最近、フィルムでは通常圧電効果を示さないポリスチレンが、電界紡糸によるマイクロファイバ膜化により、既成概念に反して圧電材料の正圧電特性に酷似した疑似正圧電特性を示すことが報告された。しかし、電界紡糸条件がどのようにこの疑似圧電特性に影響を及ぼすかについては報告されていない。したがって、本研究の目的は新規性が高い。

本研究は、異なる電界紡糸条件で作製した電界紡糸ポリスチレンマイクロファイバ膜の疑似正圧電特性を詳細に評価している。この結果、特に電界紡糸時間を変化させただけで疑似正圧電特性が大きく変化することを世界に先駆けて明らかにしている。さらに、当該ファイバ膜の機械特性や帯電特性などの各種物性を詳細に評価することにより、電界紡糸時間の変化に伴って疑似正圧電特性が大きく変化する原因を明らかにしている。また、異なるポリマーを材料として作製した電界紡糸ファイバ膜の疑似正圧電特性を評価し、ポリスチレン以外の非圧電ポリマーが材料であっても疑似正圧電特性を示すことを世界に先駆けて明らかにしている。さらに、この疑似正圧電特性の経時特性が、用いるポリマーにより異なることを明らかにし、この原因を詳細に考察し

ている。一連の研究内容は、新規性、独創性ともに高く、これまで未解明の部分が多かった疑似圧電特性を示す電界紡糸ナノマイクロファイバ膜の学理解明に大いに貢献し、学術的な意義も高い。

本論文の基礎となっている学術論文は、レフェリー制度の確立した学術雑誌に掲載されたもの2編である。全て申請者が筆頭著者であり、以下の論文において二重投稿など研究者倫理に反する事象は認められなかった。

基礎論文

1. Chonthicha Iumsrivun, Takayuki Yui, Atsushi Yokoyama, Yuya Ishii, “Quasistatic direct electromechanical responses from as-electrospun submicron/micron fiber mats of several polymers”, Polymer, Vol. 224, pp. 123732–1–123732–8, 2021
2. Chonthicha Iumsrivun, Kazuki Matsuda, Shunsaku Ohkubo and Yuya Ishii, “Variable Direct Electromechanical Properties of As-Electrospun Polystyrene Microfiber Mats with Different Electrospinning Conditions”, Polymers, Vol. 14, pp. 1840–1–1840–14, 2022

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに学術的な意義があり、博士論文として十分な水準を満たしていると審査員全員が認めた。