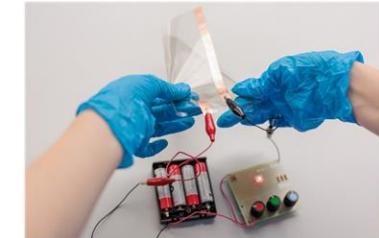


折り曲げ可能な 金属フリー透明フレキシブル導電膜

キーワード：分子プレカーサー法、溶液法、透明導電膜、フレキシブル、金属フリー

概要

カーボンナノチューブを分散させたケイ素錯体含有プレカーサー溶液をPET基板に塗布・酸処理のみで高い透明性を持つフィルム導電膜を形成しました。この導電膜は、金属を使用せず、曲げても利用可能な特性を有しています。また、溶液塗布で膜形成が可能なため、複雑な形状の基材に対しても導電性を付与することが可能です。



アピール ポイント

- 紫外線・赤外線に高透明な金属フリーの透明導電膜
- 溶液塗布と酸処理のみで膜形成が可能
- 複雑な基材への導電膜形成にも対応

利用・用途 応用分野



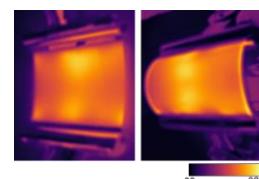
◆ 具体例1：ディスプレイ・タッチパネル

折りたたみ式スマートフォンや曲面ディスプレイなど、デザインの自由度が高い製品の実現には不可欠です。従来の硬質なITO(酸化インジウムスズ)膜では困難だった、折り曲げや曲面への追従を可能にします。



◆ 具体例2：太陽電池

軽量で柔軟性があり、さらに紫外線から赤外線まで高い透過率を持つという特性を活かし、次世代太陽電池(例：ペロブスカイト太陽電池)など、軽量かつ柔軟な構造が求められる電池の電極としての応用を目指します。



◆ 具体例3：透明ヒーター

電圧印加で発熱するこの性質を利用し、透明なヒーターとして活用できます。これにより、センサーやカメラレンズの曇り、あるいは雪の付着を防ぎ、悪天候時でもクリアな視界を確保することに貢献します。



◆ 具体例4：ウェアラブルセンサー

皮膚に直接貼り付けられるような、柔らかく伸縮性のある生体センサーへの応用も可能です。従来の硬質な透明導電膜では実現が難しかった分野です。

研究者情報

先進工学部応用物理学科
准教授 永井 裕己



お問い合わせ

工学院大学の産学官連携窓口
研究推進課
Tel: 03-3340-0398/042-628-4928
Mail: sangaku@sc.kogakuin.ac.jp



特許

特許7477889、出願2024-192440

■論文情報1

H. Nagai, N. Ogawa, and M. Sato, "Deep-Ultraviolet Transparent Conductive MWCNT/SiO₂ Composite Thin Film Fabricated by UV Irradiation at Ambient Temperature onto Spin-Coated Molecular Precursor Film." *Nanomaterials* 11(5): 1348, 2021. doi:10.3390/nano11051348.

■論文情報2

N. Ogawa, H. Nagai, Y. Kudoh, T. Onuma, T. Murayama, A. Nojima, and M. Sato, "Fabrication of Transparent and Conductive SWCNT/SiO₂ Composite Thin-Film by Photo-Irradiation of Molecular Precursor Films." *Nanomaterials* 11(12): 3404, 2021. doi:<https://doi.org/10.3390/nano11123404>.

関連文

関連URL



分子プレカーサー法による薄膜形成と応用 Molecular Precursor Method for Functional Thin Films



均一な透明薄膜の形成方法：分子プレカーサー法の提案

基板に密着した均一な透明薄膜を形成するには、どのような方法があるでしょうか。金属イオンを含む有機・無機ポリマーの溶液を用いる化学的手法としては、ゾル-ゲル法がよく知られています。それでは、ポリマーを介さずに含金属成分を直接、適切な厚さの膜にすることは可能でしょうか？この疑問に答えたのが新しい薄膜形成法である分子プレカーサー法です。本手法では、成形加工やコーティングの視点から錯体（配位化合物）を設計し、溶液を合成します。その溶液から、電子材料から医療用材料まで、幅広い分野への適用可能な薄膜形成を目指しています。



分子プレカーサー法で初めて形成したスピネル型 Co_3O_4 薄膜

分子プレカーサー法

分子プレカーサー法は、金属錯体とアルキルアミンを組み合わせたプレカーサー溶液を用います。プレカーサー溶液を基板に塗布・乾燥し、プレカーサー膜を熱処理して、均一透明な金属酸化物薄膜などを簡便に形成できます。

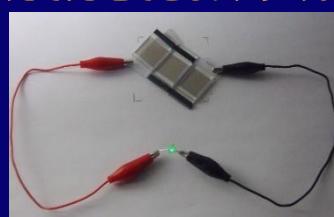
*エチレンジアミン四酢酸（EDTA）やニトロ三酢酸（NTA）など、陰イオンになり易い入手が容易なキレート剤



応用とプロジェクト



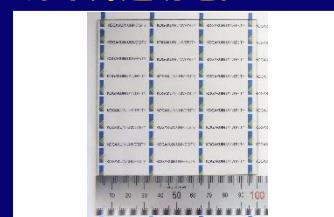
光で充電できるリチウムイオン電池!!



透明薄膜のリチウムイオン電池を応用し、光充電でLEDを点灯できるレベルのリチウムイオン電池を作製しました。現在は、全固体化と新規太陽電池への応用を検討しています。

H. Nagai, T. Suzuki, Y. Takahashi, M. Sato, *Functional Materials Letters*, **9** (2016) 1-4.

深紫外透明電極!!



分子プレカーサー膜への紫外光照射で深紫外透明導電薄膜を常温で形成しました。形成した膜は、ガラス基板によく密着しており、耐薬品性や耐熱性を示します。

H. Nagai, N. Ogawa, M. Sato, *Nanomaterials*, **11** (2021) 1348.

透明な金属酸化物薄膜太陽電池!!



高いホール移動度をもち、かつ純粋なp型 Cu_2O 薄膜を化学的に初めて形成しました。その膜を利用して、p-n接合型太陽電池を作製しました。

H. Nagai, T. Suzuki, H. Hara, T. Segawa, C. Mochizuki, and M. Sato, *World Renewable Energy Forum*, 2012, vol. 3.

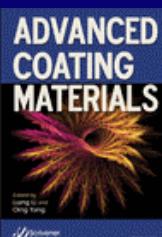
ガラスに密着した低抵抗な銅薄膜!!



錯体溶液の塗布・低温熱処理で、ガラス基板によく密着した低抵抗な銅薄膜を形成しました。透過率や反射率など、膜厚で制御できます。

H. Nagai, S. Mita, I. Takano, T. Honda, M. Sato, *Materials Letters*, **141** (2014) 235-237.

研究成果（書籍）



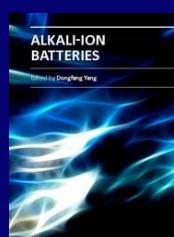
Keyword; Wiley_molecular_precursor

Hiroki Nagai and Mitsunobu Sato (2018). *The Science of Molecular Precursor Method, Advanced Coating Materials*, Dr. Liang Li, Dr. Qing Yang (Ed.), Wiley, DOI: 10.1002/9781119407652.



Keyword; Intech_molecular_precursor

Hiroki Nagai and Mitsunobu Sato (2012). *Heat Treatment in Molecular Precursor Method for Fabricating Metal Oxide Thin Films, Heat Treatment - Conventional and Novel Applications*, Dr. Frank Czerwinski (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/50676.



Keyword; Intech_highly_lithium

Hiroki Nagai and Mitsunobu Sato (2016). *Highly Functionalized Lithium-Ion Battery, Alkali-ion Batteries*, Dr. Dongfang Yang (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/63491.



Keyword; Intech_Cu2O

Hiroki Nagai and Mitsunobu Sato (2017). *Molecular Precursor Method for Fabricating p-Type Cu_2O and Metallic Cu Thin Films*, Dr. Nikolay N. Nikitenkov (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/63326.