



深紫外透明導電薄膜の常温形成

永井 裕己 先進工学部応用物理学科 准教授 / 佐藤 光史 先進工学部応用物理学科 教授

キーワード：深紫外透明導電膜，常温形成，分子プレカーサー法

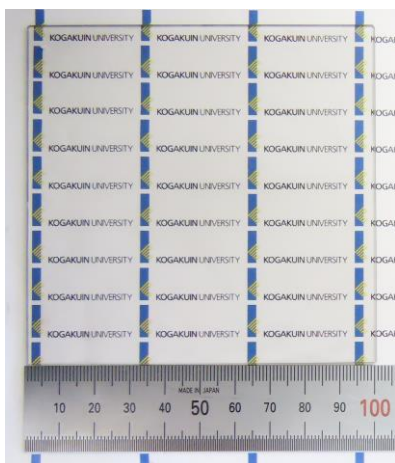
概要

化学的湿式法の分子プレカーサー法によって、**深紫外～近赤外の広い領域で透明な導電薄膜を常温形成**しました。**カーボンナノチューブを分散**できる**ポットライフの長い安定なケイ素錯体溶液**を設計し、スピコートにも適した**透明導電膜プレカーサー**を実現しました。そのエタノール溶液を石英ガラス基板に塗布，乾燥したプレカーサー膜に常温で紫外光照射して形成した薄膜は、**ガラス基板に強く密着**しており、**耐薬品性や耐熱性**も備えています。多用されているフッ素ドープ酸化スズ（FTO）やスズドープ酸化インジウム（ITO）の導電膜には望めない深紫外領域の高い透明性や，金属元素を含まないことが特徴です。深紫外LEDや太陽電池の大型電極としての応用が期待できます。

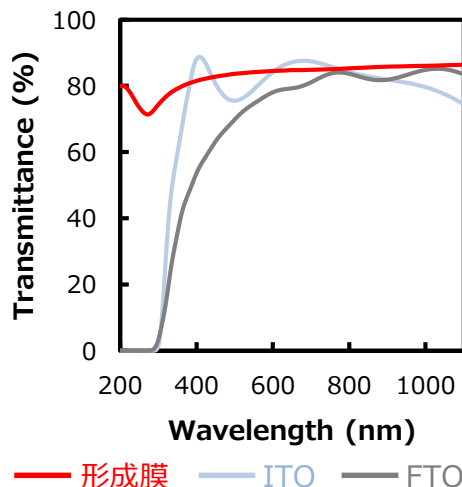
アピールポイント

1. **安定性，均一性，混和性，基板への塗布性**に優れている溶液
2. 常温での塗布・光照射のみの形成プロセスで **$10^{-3} \Omega \text{ cm}$ の抵抗率を示す導電膜**
3. **70～80%以上**（深紫外～近赤外領域）の高い透過率
4. 鉛筆硬度試験で**4H以上の硬度**をもつ薄膜（熱処理で9H以上確保可能）
5. 屈折率が**1.49**で，石英ガラスと同レベル
6. 基本組成は、**ケイ素，酸素，炭素**のみ（希少金属を用いない組成）
7. 500℃の空気中での熱処理や塩酸に対しても抵抗率が変化しない**耐熱性，耐薬品性**

形成膜の写真



透過スペクトル



利用・用途 応用分野

- ・太陽電池の電極
- ・紫外線発光素子やディスプレイの導電膜
- ・紫外線受光，変換素子の導電膜など

関連情報

- 知的財産権 = 機能性膜、機能性膜積層体、機能性膜形成用組成物、機能性膜形成用組成物の製造方法及び機能性膜積層体の製造方法（WO/2021/039669）
- 関連論文 = H. Nagai, N. Ogawa, 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** (2021) 1348.
doi:10.3390/nano11051348.
- 関連 URL = <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwf1017/>

工学院大学 産学連携室

〒163-8677 東京都新宿区西新宿一丁目24番2号 〒192-0015 東京都八王子市中野町2665-1
TEL:03-3340-3440 FAX:03-3342-5304 TEL:042-628-4940 FAX:042-626-6726
E-Mail: sangaku@sc.kogakuin.ac.jp URL: <https://www.kogakuin.ac.jp>



工学院大学
KOGAKUIN UNIVERSITY

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



省資源・省エネルギーのために、材料表面の高機能化が有効です。表面修飾技術を支える原料および機能付与法として分子プレカーサー法は開発されました。

基板に密着した均一な透明薄膜の形成は、どのようにできるでしょうか？化学的には、金属イオンを含む有機・無機ポリマーの溶液を用いるゾルゲル法が知られています。では、ポリマーを経由せずに、含金属成分を適当な厚さの膜にするのは可能でしょうか？この疑問に答える薄膜形成法が分子プレカーサー法で、成型加工・コーティングの視点で錯体を設計し、電子材料から医療用材料まで広い分野への適用をめざしています。錯体（配位化合物）や有機・無機複合体の応用技術です。

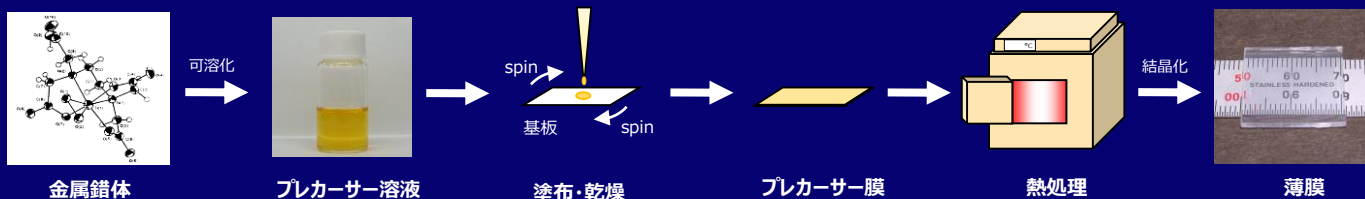


分子プレカーサー法で初めて形成したスピネル型 Co_3O_4 薄膜

分子プレカーサー法

分子プレカーサー法は、汎用有機多座配位子*を結合させた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単に形成できます。

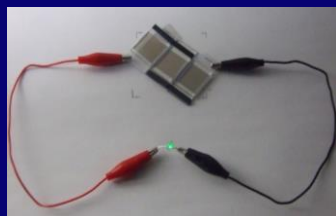
*エチレンジアミン四酢酸（EDTA）やニトリロ三酢酸（NTA）など、陰イオンになりやすい入手が容易なキレート剤



応用とプロジェクト



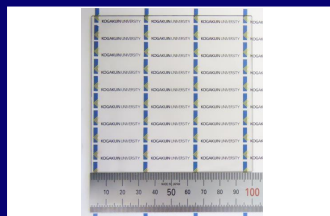
光で充電できるリチウムイオン電池!!



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!!

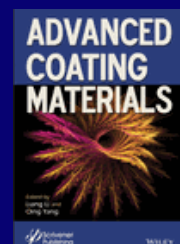


銅錯体溶液の塗布・低温熱処理で、ガラス基板によく密着した低抵抗な銅薄膜を形成しました。透過率や反射率など、膜厚で制御できます。

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

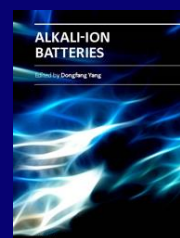
研究成果（書籍）

これらの研究成果は、書籍でもご覧いただけます。Intech社の書籍は、オープンアクセスです。記載したキーワードで検索してください。自由にダウンロードできます。



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_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_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_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.