

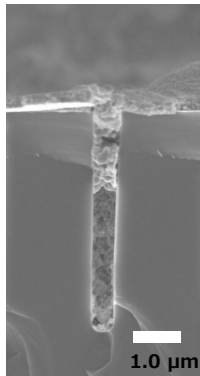
# サブミクロンサイズトレンチ内への分子プレカーサー法による銅埋入

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

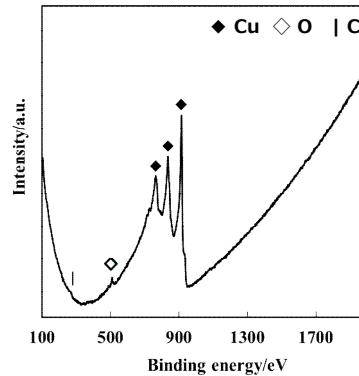
キーワード：化学的湿式法，銅形成，トレンチ

## 概要

Ultra-Large Scale Integration (ULSI) デバイスの高集積化・高性能化に耐え得る銅配線が求められています。銅配線は，あらかじめデバイス表面に形成したトレンチ（配線溝）内に銅を埋込んで作製します。さまざまな作製方法が限界に近づいており，特に高アスペクト比をもつ微細径のトレンチ内への完全埋込み方法が課題です。分子プレカーサー法は，錯体を含む低粘性のコーティング溶液の塗布・熱処理のみで均一な機能性薄膜を形成できる化学的方法です。先に，ガラス上に銅薄膜の形成を達成しました。この技術を応用した簡便で新たな方法によって，SiO<sub>2</sub>表面をもつSi基板上の幅0.2 μm・深さ6 μmの微細トレンチ内に，欠陥なく銅を埋め込むことに成功しました。



トレンチ断面



トレンチ内部のオージェ電子のエネルギースペクトル



銅薄膜

## アピールポイント

- ・長期保存可能な溶液を用いた安価な銅膜形成法
- ・触媒やアンカーエッチング不要な銅膜形成法
- ・水素還元，真空装置不要な銅膜形成法
- ・複雑な形状にも適用可能
- ・ガラス，金属等に密着した銅薄膜形成が可能

## 利用・用途 応用分野

- ・ULSIや太陽電池などの配線
- ・電磁波シールド膜
- ・熱線反射ガラス

## 関連情報

- 知的財産権 = 金属膜形成用組成物および金属膜形成方法
- 関連論文 = H. Nagai, S. Mita, I. Takano, T. Honda, and M. Sato, Embedding of copper into submicrometer trenches in a silicon substrate using the molecular precursor solutions with copper nano-powder, Materials Letters (2016), 206-209.
- 関連 URL = <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwf1017/>

# 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。表面修飾技術の発展が不可欠で、その技術を支える原料および機能付与法の開発が重要です。

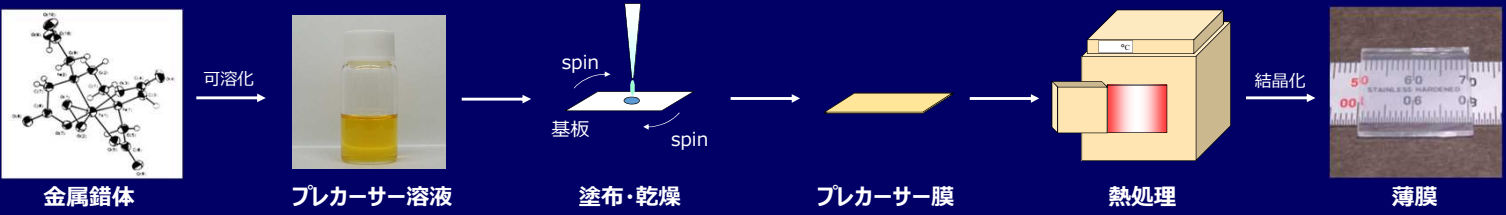


分子プレカーサー法で初めて形成したスピネル型 $\text{Co}_3\text{O}_4$ 薄膜

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** 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。

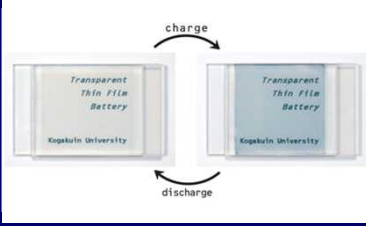
\*エチレンジアミン四酢酸 (EDTA) やニトロロ三酢酸 (NTA) など、陰イオンになり易い入手が容易なキレート剤



### 応用とプロジェクト



### 充放電で着脱色・電池内部反応の可視化!!



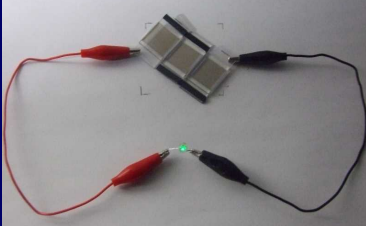
リチウムイオン電池の負極、正極活物質を形成しました。作製した無色透明なリチウムイオン電池は、充放電で着脱色し、電池内部反応をはじめて可視化できました。

### 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。この溶液を用いると、ULSI用のトレンチ内部に隙間なく銅を埋入できます。

### 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、高容量化と全固相化や軽量化を検討しています。

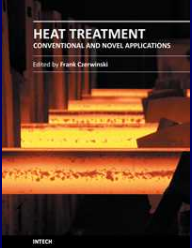
### 透明な金属酸化物薄膜太陽電池!!



高いホール移動度をもち、かつ純粋なp型 $\text{Cu}_2\text{O}$ 薄膜を化学的に初めて形成しました。その膜を利用して、薄膜トランジスタやp-n接合型太陽電池を作製しています。

### 研究成果

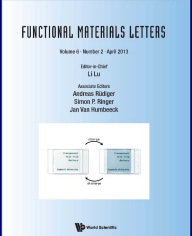
下記の書籍・論文は、オープンアクセスです。記載したURLから、自由にダウンロードできます。



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. Available from: <http://www.intechopen.com/books/heat-treatment-conventional-and-novel-applications/heat-treatment-in-molecular-precursor-method-for-fabricating-metal-oxide-thin-films>



Hiroki Nagai and Mitsunobu Sato (2016). Highly Functionalized Lithium-Ion Battery, Alkali-ion Batteries, Dr. Dongfang Yang (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/63491. Available from: <http://www.intechopen.com/books/alkali-ion-batteries/highly-functionalized-lithium-ion-battery>



Hiroki Nagai, Tatsuya Suzuki, Yoshihisa Takahashi, Mitsunobu Sato, Photovoltaic lithium-ion battery fabricated by molecular precursor method, *Functional Materials Letters*, 9, 1650046 (2016) Available from: <http://www.worldscientific.com/worldscinet/fml>



Laboratory for Nano and Bio Materials  
Department of Applied Physics, School of Advanced Engineering  
Mitsunobu Sato, Professor  
e-mail: [lccsato@cc.kogakuin.ac.jp](mailto:lccsato@cc.kogakuin.ac.jp), ext. 3397



研究戦略部 研究推進課  
〒192-0015 東京都八王子市中野町2665-1  
TEL:042-628-4940 FAX:042-626-6726  
E-Mail: [souken@sc.kogakuin.ac.jp](mailto:souken@sc.kogakuin.ac.jp)