

分子プレカーサー法による カーボンナノチューブ含有銅薄膜の形成

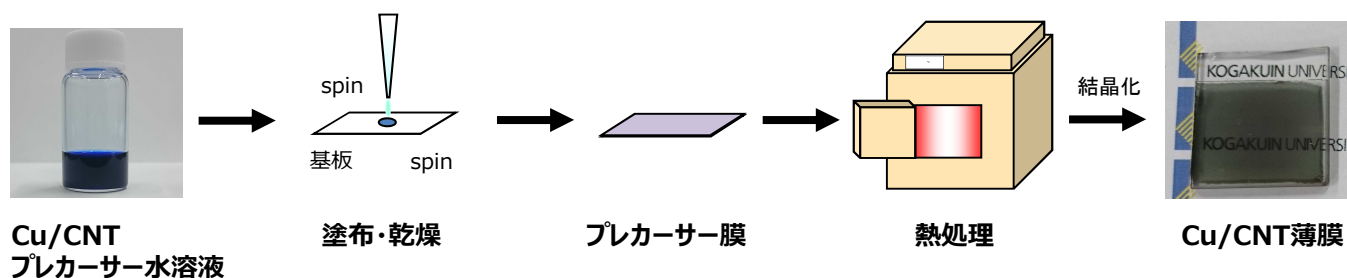
永井 裕己 先進工学部 応用物理学科 助教 / 佐藤 光史 先進工学部 応用物理学科 教授

キーワード：化学的湿式法，銅形成，カーボンナノチューブ

概要

Ultra-Large Scale Integration (ULSI) デバイスには，銅配線が適用されています。ULSIの高集積化により，配線に流れる電流密度は上昇し，近年，高集積化は限界を迎えると予測されています。カーボンナノチューブ（CNT）を含有した銅は，銅単独に比べて3桁以上高い電流密度を流すことが報告され，ULSIの新配線材料として期待されています。分子プレカーサー法は，溶液の塗布と熱処理のみで，均一な銅薄膜を形成できる化学的湿式法です。昨年度， SiO_2 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，エタノール溶媒の銅プレカーサー溶液を用いて，欠陥なく銅を埋め込むことに成功しました。

本年度は，CNTを分散させた分子プレカーサー水溶液を新たに調製し，水溶液の塗布，熱処理のみでCNTを含有する銅薄膜の形成を達成しました。



アピール ポイント

1. 長期保存可能な水溶液を用いた安価なCNT含有銅薄膜形成法
2. 触媒やアンカーエッチング不要なCNT含有銅薄膜形成法
3. 水素還元，真空装置不要なCNT含有銅薄膜形成法
4. 複雑な形状にも適用可能
5. ガラス，金属等に密着したCNT含有銅薄膜形成が可能
6. 高い導電性をもつCNT含有銅薄膜

利用・用途 応用分野

1. トレンチ内のCNT含有銅形成
2. 複雑形状へのCNT含有銅薄膜形成
3. 大面積基板上へのCNT含有銅薄膜形成

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（特許出願中）
- 関連論文 = H. Nagai, T. Suzuki, T. Nakano, 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.
H. Nagai, S. Mita, I. Takano, T. Honda, and M. Sato, Conductive and semi-transparent Cu thin film fabricated using molecular precursor solutions, Materials Letters (2015), 235-237.
- 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。

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？

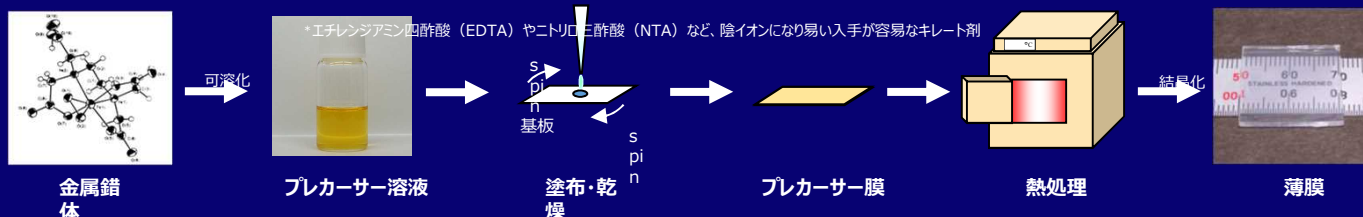
この疑問に答える薄膜形成法が分子プレカーサー法で、成型加工・コーティングの視点で錯体を設計し、電子材料から医療用材料まで広い分野への適用をめざしています。錯体（配位化合物）や有機・無機複合体の応用技術です。



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

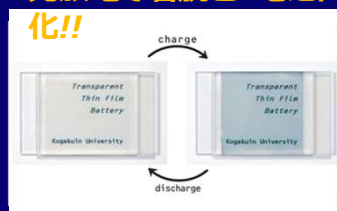
分子プレカーサー法は、汎用有機多座配位子*を結合させた錯体とアルキルアミンを組み合わせたプレカーサー溶液を用います。プレカーサー溶液を基板に塗布・乾燥し、プレカーサー膜を熱処理して、均一・透明な金属酸化物薄膜などを簡単に形成できます。



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。

H. Nagai, M. Wara, M. Enomoto, C. Mochizuki, T. Honda, I. Takano, M. Sato, *Functional Materials Letters*, **6** (2013) 1-8.

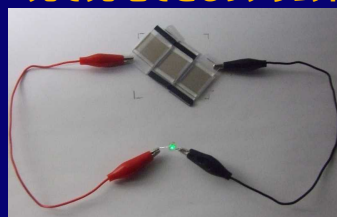
ガラスに密着した低抵抗な銅薄膜!!



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.

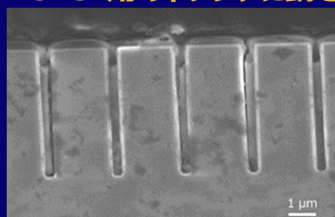
光で充電できるリチウムイオン電池!!



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。

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

ULSI用のトレンチに銅を埋入!



ULSI デバイスの高集積化、高性能化に伴い、Cu 配線の適用が検討されています。分子プレカーサー法で、200 nm 幅の微細形状へ隙間なく銅を埋めました。

H. Nagai, T. Suzuki, T. Nakano, M. Sato, *Materials Letters*, **182** (2016) 206-209.

研究成果

下記の書籍は、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 (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.

Available from: <https://www.intechopen.com/books/modern-technologies-for-creating-the-thin-film-systems-and-coatings>



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>



Laboratory for Nano and Bio Materials
Laboratory for oxide electronics
Department of Applied Physics, School of Advanced Engineering
Mitsunobu Sato, Professor
e-mail: 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