

課題番号 : F-19-NM-0062
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 液体窒素プローバシステムを用いた金属有機構造体の電気特性評価
 Program Title(English) : Electrical characterization of metal-organic frameworks utilizing LN₂ prober
 利用者名(日本語) : 高相圭
 Username(English) : S. Koh
 所属名(日本語) : 東京理科大学大学院理学研究科
 Affiliation(English) : Graduate school of Sci., Tokyo Univ. of Sci.
 キーワード/Keyword : マテリアルサイエンス、電気計測、Metal-Organic Frameworks、Cu₃(btc)₂

1. 概要(Summary)

金属有機構造体は金属イオンと有機配位子の配位結合により自己組織的に形成されるナノ多孔性材料である。組み合わせる金属・有機配位子の種類によって規則的に配列される nm オーダーの細孔を自由自在に設計でき、巨大な表面積を実現できることから主にガス分離や触媒の分野で研究が盛んな材料である[1]。しかし、デバイスへの応用に関しては報告例が少なく、電気伝導メカニズムすら明らかになっていない。本研究では、金属有機構造体の電氣的性質を詳細に調査し、その電気伝導メカニズムを解明することで、デバイス応用の可能性を検証する。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 液体窒素プローバシステム

金属有機構造体は多孔性材料であるが故に、大気中では毛細管現象によって細孔内に空気中の水分が自然に吸い込まれる。従って、孔内に何も含まない、材料固有の電気特性を調査するためには、真空チャンバーと試料ステージの加熱機構を備える「液体窒素プローバシステム」による電気測定が必須となる。

【実験方法】 合成した Cu₃(btc)₂ 単結晶に Au ペーストを塗布し、それを電極とすることで 2 端子電気特性評価を行った。また、真空チャンバー内での評価により外部雰囲気電気が電気特性に与える影響を調査した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Cu₃(btc)₂ 単結晶の電流-電圧(*I-V*)特性を Fig. 1 に示す。大気中では、室温で測定した場合(丸プロット)に比べ、110 °C に加熱した場合(三角プロット)だと電流値が劇的に減少することが確認された。熱重量測定の結果、室温から 100 °C 近傍までの温度上昇過程において、細孔内からの水の脱離に起因する重量の減少が確認された。故に、温度増加による電流値の減少は細孔からの水の脱離が原因であると考えられる。従って、この温度範囲

では、毛細管現象によって細孔内に満たされた水の電気分解及び水に溶解した不純物イオンによる電気伝導が支配的であると示唆される。また、吸着水及び外部雰囲気からの影響を切り分けるため、真空下(1.5×10^{-1} Pa 以下)において *I-V* 測定を行った結果、吸着水の脱離に加えて外部からのイオン供給が無くなることにより、電流値が検出下限値(2.0×10^{-12} A)以下となることが確認された(四角プロット)。以上の結果から、プロトン或いは水酸化物イオン等をキャリアとするイオン伝導が Cu₃(btc)₂ の電気伝導において支配的であることが示唆される。

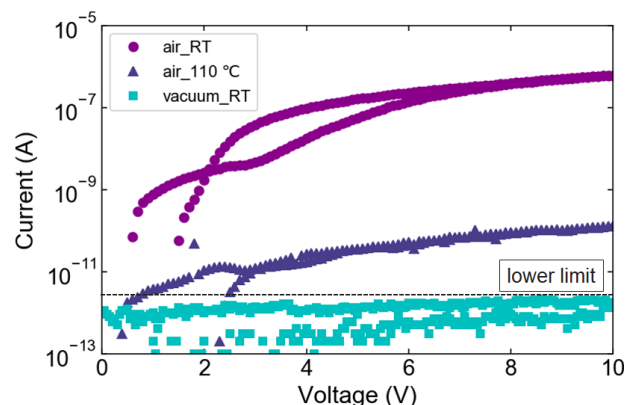


Fig. 1 Current voltage characteristics of Cu₃(btc)₂ single crystals measured in air and vacuum. The dashed line shows a lower limit of the measurement system.

4. その他・特記事項(Others)

・参考文献:[1] H. Furukawa *et al.*, Science, 329, 5990, pp.424-428 (2010).

・技術支援者: 渡辺 英一郎 (NIMS 微細加工 PF)

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) 高相圭 他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会 (2020 年 3 月, 東京都), 14a-A408-7.

(2) S.-G. Koh *et al.*, 237th ECS Meeting (May 2020, Montreal), #L04-2710, accepted.

6. 関連特許(Patent) なし