

導電性ポリマーを配合したナノセルロース薄膜のテラヘルツ複素伝導度

THz Complex Conductivity of Nanocellulose Films Containing Conductive Polymers

長岡技科大¹、オーボ・アカデミー大²、東フィンランド大³

○小鷹 尚也¹、小林 想¹、鵜沼 毅也¹、R. Koppolu²、M. Toivakka²、J. J. Saarinen³

Nagaoka Univ. of Technology¹, Åbo Akademi Univ.², Univ. of Eastern Finland³

S. Kotaka¹, O. Kobayashi¹, T. Unuma¹, R. Koppolu², M. Toivakka², J. J. Saarinen³

E-mail: s183123@stn.nagaokaut.ac.jp

【はじめに】

ナノセルロースは光学的に透明、軽量でフレキシブル、環境に優しいといった特長を持つバイオマテリアルである。結晶性の高いセルロースナノクリスタル(CNC)と非晶質なセルロースナノファイバー(CNF)は代表格であり、これらに導電性を付与した複合材料の開発が有機光エレクトロニクスへの応用に向けて盛んに行われている。しかし、ナノセルロースにおけるキャリアの性質がどう制御されるのか、またセルロースのタイプによってどう影響されるのかはよくわかっていない。本研究では、導電性ポリマーPEDOT:PSSを様々な割合で配合したCNC薄膜とCNF薄膜の複素伝導度スペクトルを、テラヘルツ透過分光によって調べた。

【実験方法】

PEDOT:PSS 配合割合を0%から50%まで変化させたCNCとCNFの自立膜(厚さ約20 μm)を、ドロップキャスト法で作製した[1,2]。それぞれの試料について、テラヘルツ透過電場の時間波形を測定し、PEDOT:PSSによって誘起されるキャリアの複素伝導度スペクトルを算出した。さらに、局在性を持つキャリアの電荷輸送を記述するDrude-Smithモデル[3]を用いて複素伝導度スペクトルを解析し、フィッティングパラメータであるキャリアの密度、局在度、および散乱時間を求めた。

【結果と考察】

CNC薄膜内のPEDOT:PSS配合割合が増加すると共に、テラヘルツ透過波形には系統的な時間遅延と振幅減少が現れた。これは、試料の屈折率と消衰係数が増加したことを意味する。得られた複素伝導度スペクトルにおいては、周波数が減少するにしたがって実部は有限値に向かって徐々に減少し、虚部は負の値を保つことがわかった。これらの特徴は、キャリアが空間的にある程度局在していることを示している。さらに、CNF薄膜でもよく類似した複素伝導度スペクトル形状が観測された。これは、セルロースのタイプの違いがキャリアの性質に本質的な影響を及ぼしていないことを示唆しており、先行研究において純粋なCNCがセルロース源に依存して異なるテラヘルツ誘電特性を持つという報告[4]があることを考えると意外な結果である。複素伝導度スペクトルのフィッティング解析から、配合割合が増加すると共にCNC薄膜内のキャリア局在度は低くなることが明らかになった。キャリア密度は配合割合50%のとき $8.2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ まで増加し、散乱時間は配合割合に依らずに約27 fsであった。

【謝辞】

本研究は、JSPS 科研費 JP19K21966 の助成を受けたものである。

【参考文献】

- 1) T. Unuma, O. Kobayashi, I. F. A. Hamdany, V. Kumar, and J. J. Saarinen, *Cellulose* **26** (2019) 3247.
- 2) T. Unuma, O. Kobayashi, S. Kotaka, R. Koppolu, M. Toivakka, and J. J. Saarinen, *Cellulose* **27** (2020) 10019.
- 3) N. V. Smith, *Phys. Rev. B* **64** (2001) 155106.
- 4) B. N. Carnio, B. Ahvazi, and A. Y. Elezzabi, *J. Infrared Millim. Terahertz Waves* **37** (2016) 281.