

赤外プラズモン共鳴からみた CNT 薄膜におけるトンネリング伝導の検証

Revisiting transport mechanism in semiconducting carbon nanotube thin films
with the aid of far-infrared plasmon response奈良先端大物質¹, JST さきがけ² (M1)大井 かなえ¹, 河合 壮¹, 野々口 斐之^{1,2}NAIST¹, JST PRESTO², Kanae Oi,¹ Tsuyoshi Kawai,¹ Yoshiyuki Nonoguchi^{1,2}

E-mail: nonoguchi@ms.naist.jp

一般的なバンド伝導 ($\sigma = e\mu N$) に対し、トンネリング伝導の範疇ではフェルミ準位変調に対し指数関数的に導電率が変化する[1]。カーボンナノチューブ (CNT) 薄膜はトンネリング伝導を示すことが知られているが、その直接的な証明は多くなされていない。本研究ではプラズモン応答とキャリア密度の関係に着目し、酸化ドーピングに対する半導体性 CNT 膜のキャリア密度-電気伝導性の関係を調査した。

非イオン性界面活性剤 Pluronic F108 を用いた密度勾配遠心法により、98%程度の純度を有する半導体性 CNT 分散液を調製した。得られた分散液から PET 基板上に CNT 薄膜 (厚み約 200 μm) を製膜した。これを任意濃度の一電子酸化剤ビス (トリフルオロメタンスルホニル) イミド銀 (AgTFSI) メタノール溶液に浸漬、乾燥することで、計測試料とした。

未精製のものに対し精製した半導体性 CNT 膜では、ブロードな遠赤外吸収が大きく減衰した。この遠赤外バンドは金属性 CNT の一次元プラズモン共鳴に帰属されるとから、半導体性 CNT の純度は 98%と推定された。この結果は可視域にみられるバンド間吸収の結果と矛盾しない。酸化ドーピングに伴い、近赤外域に見られる半導体成分のバンド間吸収 S11 が減衰し、遠赤外バンドが徐々に増加した (図 1 a)。この遠赤外バンドの積分と膜の電気伝導度をプロットしたところ、低ドーピング領域では指数関数の関係が見られた (図 1 b)。ドルーデモデル ($N \propto I_{\text{plasmon}}$) と低ドーピング域でのフェルミ準位の応答性 ($E_F \propto N$) を考慮すると、この指数関係[1]がトンネリング伝導性を意味することが支持される。

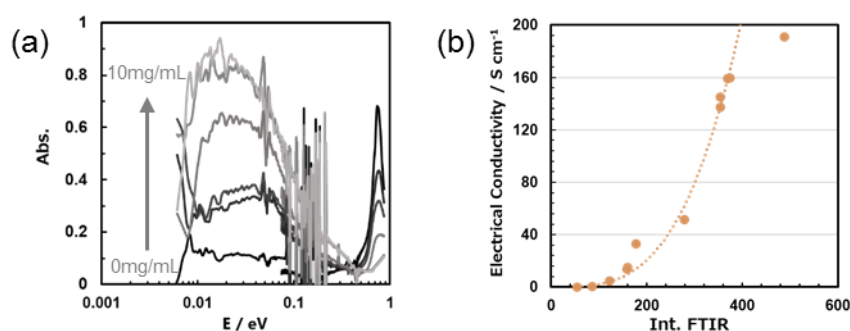


Fig.1 (a) NIR-to-FIR spectra of semiconducting SWNT films dependent on doping concentration. (b) Electrical conductivity of semiconducting SWNT films as a function of integrated plasmon resonance (0.02~0.084 eV). (A dotted curve shows an-exponential fitting line.)

[1] T. Yamamoto *et al.* J. Appl. Phys., **122**, 015308 (2017).