

## A04 固体素子の非平衡揺らぎ・非線形光応答：ナノ光計測による揺らぎ分光イメージング

東京工業大学未来産業技術研究所 河野行雄

物質中で発生する電荷の揺らぎは、固体素子において通常ノイズとして邪魔者扱いされるが、物質の秩序形成や相変化の根幹を担うことがしばしばある。本研究では、非線形光応答と非平衡揺らぎの創発という固体物理学における重要なテーマに関して、揺らぎの空間構造・周波数スペクトルという視点からの研究を目的とする。具体的には、ナノスケールの局所的な光照射システムと被測定試料からの伝導度揺らぎ計測の2つを結合させた、新規な計測システムを創出し、固体デバイス、有機・高分子材料などにおける揺らぎ・非線形光応答の探求に応用する。この研究から、揺らぎに伴う特徴的な電荷分布形成・ダイナミクスやその発現の背後にある微視的メカニズムを解明することを目指す。

今年度は、まず装置の構築から開始した。空間イメージングだけでなく、ブロードバンドレーザーを用いて局所的な周波数スペクトルが測定できるシステムを組み上げた。これにより、空間・周波数（エネルギー）双方からの解析が可能となった。また、光応答を、散乱光と伝導度の2種類から探求可能なイメージング計測システムを開発した。

今年度のターゲットとして、光照射下におけるカーボンナノチューブとグラフェンの局所応答特性、ならびにプラズモニック構造におけるプラズモンの伝搬に関する研究を行った。カーボンナノチューブに関しては、光応答の空間イメージング測定から、異種材料界面に大

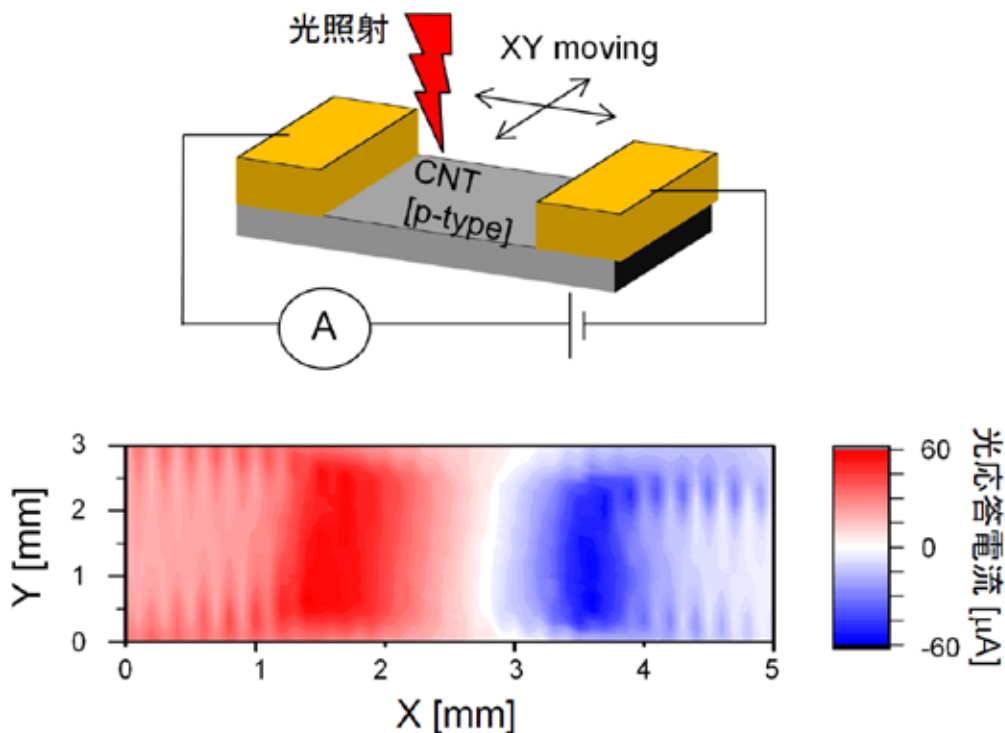


図1. カーボンナノチューブ (CNT) の光応答の空間イメージング。異種材料界面（電極との界面）で強い光応答が発生している。

きな光応答が発生することを見出した<sup>1)</sup> (図1)。熱伝導シミュレーションにより、光吸収によって熱的な非平衡状態が生じ、それに応じた電流が流れることが分かった。この効果の観測から、熱や電流の伝導状態と光応答が密接にリンクしていることが明らかになった。さらにナノスケールの光応答マッピングにより、カーボンナノチューブの層数によって光応答が大きく変わるという重要な知見を得た。

グラフェンに関しては、複数の孔の存在するグラフェン (筑波大学・伊藤准教授、東北大学・藤田准教授よりご提供) の光応答を探求した。孔の存在しないグラフェンと比べて大きな光応答が生じることが分かった。光応答のナノスケールイメージングを行うことで、孔の縁において強い光応答が発生していることが分かった。これは、縁の存在によって熱伝導が抑制され、局所的に高い非平衡状態が形成されているためと考えられる。

プラズモニック構造<sup>2)</sup>については、光の偏光に応じてプラズモンの電界分布に明暗のパターンが出現することを見出した。電磁界シミュレーションの結果とよく一致することから、プラズモン伝搬の様子を可視化できていることを確認した。

今後は、いずれの系においても、光応答と伝導 (伝搬) 機構の関連について、周波数スペクトル解析も含めて探求する予定である。

#### 参考文献：

- (1) D. Suzuki, S. Oda and Y. Kawano, *Nature Photonics* 10, 809 (2016).
- (2) X. Deng, S. Oda, and Y. Kawano, *Journal of Modeling and Simulation of Antennas and Propagation* 2, 1 (2016).