

# FDTD 計算による CNT フォレストの赤外応答

1180079 島田 真伍 (先進エネルギーナノ材料研究室)  
(指導教員 古田 寛 准教授)

## 1. 本研究の目的

エネルギー諸問題解決のため、省エネデバイスや創エネデバイスの開発が必要で、デバイス開発の要素技術としてナノテクノロジーに注目が集まっており、ナノテクノロジーの素材として、CNTs (カーボンナノチューブ: Carbon\_nanotubes) が特に注目されている。本研究室では CNT を束上に生やした CNTs フォレスト (CNTs\_forests) の構造制御や光学特性、電気特性評価などエネルギーデバイス開発の研究が行われている。CNT フォレストの特性は CNT 本数密度、体積密度、CNT の直径、CNT 基板に対する配向性や触媒金属や合金金属、活性ガスなどの要因により、特性が大きく変化する報告がなされてきた。CNT フォレストを用いた光デバイス応用には、CNT フォレスト構造の違いによる光学特性変化を理解することが大変重要である。本研究では、CNT フォレストの CNT 直径依存性や密度依存性、電磁波に対する CNT の配向性依存性などを、FDTD 計算を行い明らかにすることを目的とする。

## 2. 実験方法

FDTD 計算ソフトウェアである Meep を用いて、電磁波の透過・反射のスペクトルを計算し、さらに、電磁波の伝播を画像から解析することで、誘電体の直径依存性、誘電体の配向依存性、誘電体の間隔依存性、周波数依存性を求めた。

## 3. 実験結果

図 1 に反射および透過率の周波数特性スペクトルを示し、図 2 は入射電磁波の電場方向の配向した CNT に対する入射電磁波の伝播の時間変化を画像で示す。図 1 は電界方向  $E_z$  に対して誘電体の配向性が  $z$  軸方向で、誘電体の間隔  $xp=8$  で繰り返し周期が 1 回のとき、透過率は高周波域では高く、低周波域ではほぼ透過していないことがわかる。また、反射率は高周波域では低く、低周波域ではほぼ反射しているのがわかる。これは、図 2 の伝播様子を見て取れるように、中心周波数が高い光源からの波は透過側が色濃く見て取れて、中心周波数が低い光源からの波は反射側が色濃く見れる。

## 4. まとめ

周波数依存性: 周波数特性を調べ、周波数が低い域では高い反射率を示した。高い域では高い透過率を示した。これは、電磁波のシミュレーションと定量計算を同時に行い、電磁波の伝播を表した gif ファイルと反射・透過のスペクトル波形は一致した。

直径依存性:  $E_z$  に対して  $z$  方向に配向したナノロッドの直径依存性を調べ、直径があがると、高周波域での反射があがり、透過が下がった。

電界向き依存性: 電磁波の入射向きに対するナノロッドの配向依存性を調べ、電界の向きがナノロッドの配向性と平行成分がなかったときに反射と透過の影響が少なかった。平行であるときは応答が見られた。

メタナノロッドの間隔依存性:

$E_z$  に対して  $z$  方向に配向したナノロッドの配置間隔の依存性を調べ、周波数依存性に関しては間隔が狭くなるほど、より高い周波数域でも反射が増加した。

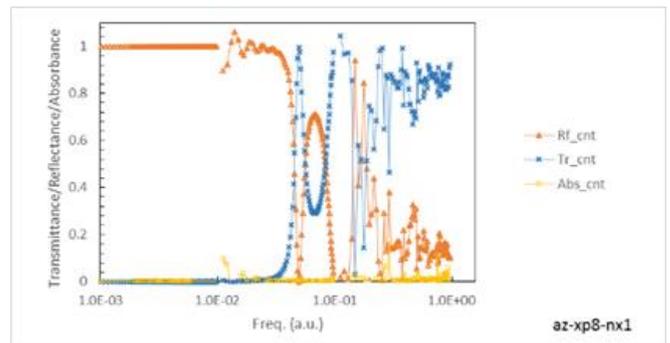


図 1  $E_z$  に対する金属ロッドの光学応答

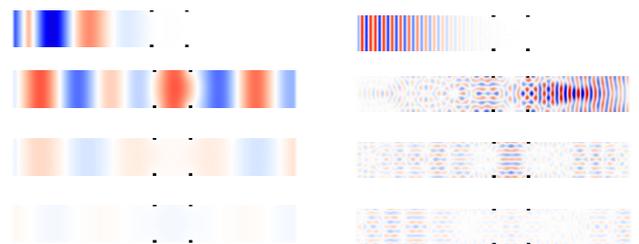


図 2 中心周波数が異なるときの電磁波の伝播様子 (左図低周波  $fcen=0.05$  右図高周波  $fcen=0.5$ )