

フォトニック結晶を有する光起電力素子の誘電率分布の フーリエ空間解析 —構造変調効果の検討—

Fourier space analysis of dielectric distribution in photovoltaic devices
with modified photonic crystal structure

京大院工 °田中良典, 川本洋輔, Ardavan Oskooi, 野田進
Kyoto Univ. °Y. Tanaka, Y. Kawamoto, A. Oskooi, and S. Noda
E-mail: ytanaka@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp

我々は、フォトニック結晶(PC)のバンド端効果を利用して光起電力素子の光電変換効率を向上させることを検討している¹⁻³⁾。これまでに、理論面からの検討により、光吸収材料の吸収係数(Q_{abs})と、バンド端モード・外部入射光間の結合(Q_v)とを整合することで、バンド端波長における光吸収を増大できることを示し、またバンド端を複数生成するため、厚さ方向の高次モードの利用、フォトニック超格子構造の導入を検討してきた。さらに、感度解析法を用いたトポロジー最適化法を利用することで、吸収量がさらに大きい構造についての探索を行った⁴⁾。今回、トポロジー最適化法を用いて、現在までに得られている構造に対して、誘電率分布のフーリエ変換の観点から考察を行ったので報告する。

初期構造(図 1(a))とトポロジー最適化により現在までに得られている変調構造(図 1(b))に対する光吸収スペクトル(800-950nm の範囲を拡大したもの)を図 2 に示す。初期構造と比較して、変調構造により得られた吸収スペクトルのピークの高さが全体的に高くなっている。ここで、初期構造と比較して変調構造によってピーク強度が高くなった、波長 804, 832, 932nm の 3 つのピークに着目し、これらの共振モードの電磁界分布を FDTD 法で計算した結果を図 2 中に合わせて示す。電磁界分布から、各々のモードはそれぞれ $k=(\pm\pi/a, \pm\pi/a)$, $k=(\pm 3\pi/2a, 0)$, $k=(\pm 2\pi/a, 0)$ の波数が支配的であることがわかる。

一方、図 1 に示す初期構造および変調構造により得られた誘電率分布を、フーリエ変換した結果を図 3 に示す。ここで前述の $k=(\pm\pi/a, \pm\pi/a)$, $(\pm 3\pi/2a, 0)$, $(\pm 2\pi/a, 0)$ の成分の大きさを図 4 に示すが、いずれの成分についても初期構造から増大していることがわかる。バンド端モード・外部入射光間の結合の強さ Q_v は、フォトニック結晶による回折効果の強さにより決まると考えられる。ここで、これらのフーリエ成分が増加したことに伴い、対応する波数成分をもつモードに対する回折効果が増加した結果、波長 804, 832, 932nm のバンド端の Q_v が小さくなり、光吸収材料の吸収 Q_{abs} とより整合するようになったために、ピーク強度が高くなったと考えられる。詳細は当日報告する。

[謝辞] 本研究の一部は CREST の支援を受けた。

[文献] 1)重田他 2010 年秋応物 16p-J-8. 2) 田中他 2011 年春応物 15p-E5-16. 3) 田中他 2012 年秋応物 13p-B1-15. 4) 川本他 本応物予稿集。

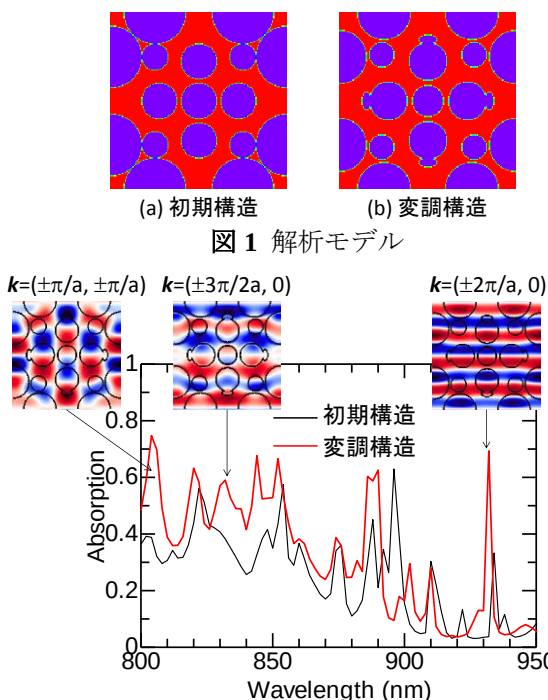


図 2 光吸収スペクトルと電磁界分布

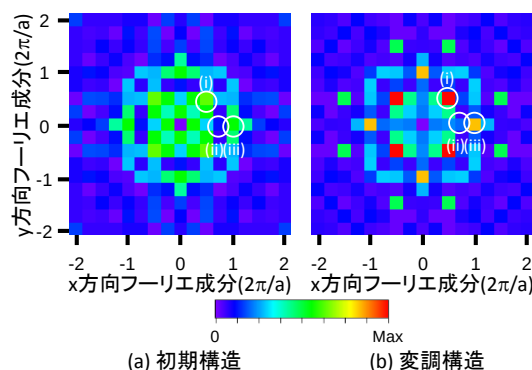


図 3 誘電率分布のフーリエ変換

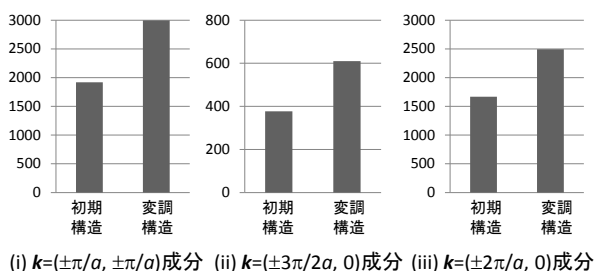


図 4 誘電率分布のフーリエ成分の比較