

光トラップ効率増大に向けたフォトニック結晶構造設計
—電極吸収を考慮した設計—

Design of photonic crystal for enhancing Light-Trapping Efficiency
-With consideration of optical absorption of electrodes-

京大院工, [○]川本洋輔, 田中良典, 石崎賢司, De Zoysa Menaka, 野田進
Kyoto Univ., [○]Y. Kawamoto, Y. Tanaka, K. Ishizaki, M. De Zoysa and S. Noda
E-mail: kawamoto@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

我々は、薄膜微結晶 Si($\mu\text{c-Si}$)太陽電池への光吸収量、特に Si の電子バンド端に近い波長 600-1000 nm の波長帯域の光吸収量を、フォトニック結晶のバンド端効果を利用して増大させ、光電変換効率を向上させることを検討している¹⁻²⁾。我々はこれまでに、フォトニック結晶の誘電率変化に対する光吸収量の微分係数を感度解析法により計算し、これを利用した光吸収量の大きいフォトニック結晶の設計を行ってきた²⁾。ただし、従来の検討では太陽電池の構成要素である透明導電膜および裏面電極の光吸収を無視した場合について検討してきたが、現実的な設計を行うためには、これらの影響を考慮したフォトニック結晶構造設計が必要であると考えられる。そこで今回、透明導電膜および裏面電極の光吸収を考慮したフォトニック結晶構造設計を検討したので報告する。

解析モデルの断面図を図 1 に示す。感度解析法による設計においては、Si 層に吸収されるエネルギーを目的関数 F 、設計変数 p_i ($0 \leq p_i \leq 1$) を PC 面内の点 i の誘電率が $\epsilon_i = \epsilon_{\min} + p_i(\epsilon_{\max} - \epsilon_{\min})$ となるように設定する。ここで今回、透明導電膜および裏面電極の光吸収を取り込んだ上で、 F として、 $F =$

$\int_{\text{Si layer}} \frac{\alpha c}{n} \frac{1}{2} \epsilon E^2 dV dt$ (n は屈折率、 α は吸収係数、 c は真空中の光速、 ϵ は誘電率、 E は電界)を用いることで、Si 層のみの光吸収を評価することが可能となる。そして、 $\partial F / \partial p_i$ を計算することにより、点 i の誘電率変化に対する Si 層に吸収されるエネルギー F の変化割合を求め、これに従って構造を設計する。図 1 の右下に示す構造を初期構造として、FDTD 法により、上述の微分係数の空間分布を求め、これを基に構造設計を行うことを繰り返した。その結果、入射光として中心波

長 800 nm、半値全幅 160 nm のパルスを用いた場合、Si 層でのパルス吸収率変化は図 2 のようになり(同図には構造の変化も併せて示している)、光吸収の増大が実現できていることが示された。以上の設計は、Si の材料パラメータとしてパルスの中心波長 800 nm に対応するものを用いたため、材料分散を考慮できていないが、当日は中心波長の異なる複数のパルスを用い、材料分散を考慮した場合の構造設計の結果についても報告する。なお、本研究の一部は CREST による支援を受けた。[参考文献] 1)Y. Tanaka, et al., *Opt. Exp.*, **21**, 20111 (2013). 2)Y. Kawamoto, et al., *IEEE Photonics Journal*, **6**, 4700110 (2014).

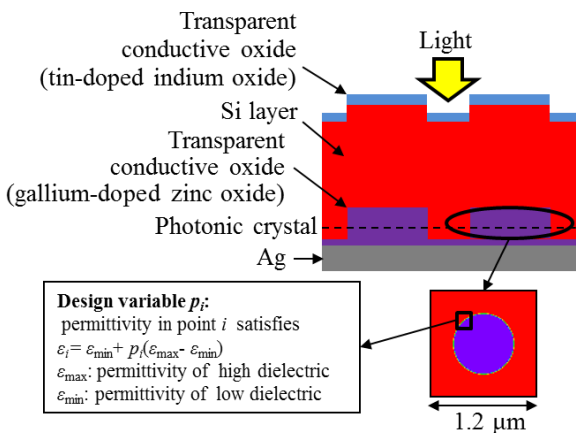


Fig.1 Numerical model

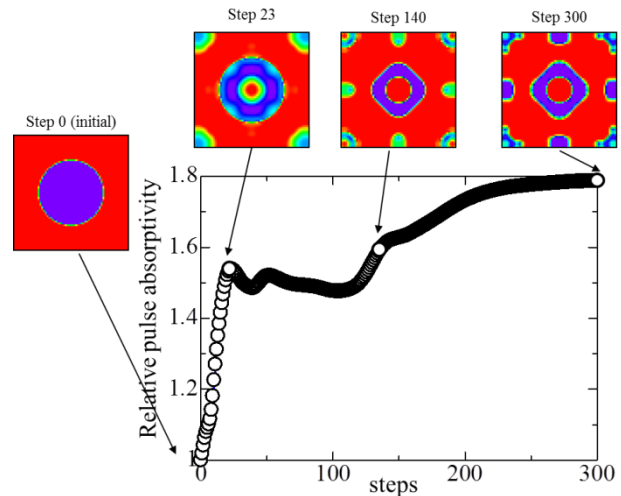


Fig.2 Change in pulse absorption in Si layer with iteration counts