

光の透過率制御に向けたメタマテリアル設計の基礎検討

Basic Study of Metamaterial Design for Light Transmission Control

都木 慶吾[†] 岸本 誠也[†] 大貫 進一郎[†]

Keigo TAKAGI[†] Seiya KISHIMOTO[†] Shinichiro OHNUKI[†]

[†] 日本大学理工学部

[†] College of Science and Technology, Nihon University

1. はじめに

近年、微細な単位構造を周期的に配列したメタマテリアルとナノサイズの磁性体を用いて磁気カイラル効果を促す研究が行われている[1]。磁気カイラル効果を光学素子に応用するには特定の波長の透過率制御が必要となる。

本報告では、金属によって構成されるメタマテリアルの単位構造を用いた光の波長帯における透過率制御について検討する。

2. 解析手法

金属中の電子運動を考慮するために、ADE-FDTD (Auxiliary differential equation Finite Difference Time Domain)法[2]を用いて電磁界解析を行う。以下の電子の運動方程式を補助方程式として用いる。

$$\frac{\partial^2 P}{\partial t^2} + \Gamma_j \frac{\partial P}{\partial t} + \omega_j^2 P = \varepsilon_0 f_j \omega_p^2 E \quad (1)$$

ここで、 Γ_j , ω_j , f_j , ω_p はそれぞれ、衝突係数、角周波数、強度係数、プラズマ周波数である。解析し得られた電磁界の時間応答に高速フーリエ変換を行い、透過率の波長特性を得る。

3. 解析結果

図1は金属棒にて構成されたメタマテリアル単位構造の解析モデルである。材質はアルミニウムとし、光の波長帯における透過率制御について考慮するため、nmサイズの構造体について検討する。

金属棒間の距離 $r = 210\text{nm}$ および $r = 310\text{nm}$ における透過率の波長特性を図2に示す。金属棒のパラメータは $A = 40\text{nm}$, $B = 100\text{nm}$ とした。 $r = 210\text{nm}$ では波長 300nm 付近, $r = 310\text{nm}$ では波長 400nm 付近で透過率の低下がみられる。

金属棒間の距離 $r = 310\text{nm}$ に固定し、金属棒のパラメータ A, B を変化させた場合の波長特性を図3に示す。棒の断面辺 A を大きくした場合は波長 400nm 付近, 棒の長さ B を大きくした場合は波長 300nm 付近で、透過率が低下していることがわかる。これらの結果より、金属棒の寸法によって透過率の波長特性を変化させることが可能であることがわかる。

4. まとめ

本報告では、金属によって構成されるメタマテリアルの単位構造について電磁界解析を行った。構造によって、特定の波長における透過率制御が可能であることを示した。

今後は、磁性体とメタマテリアル間の相互作用を考慮した複合物理解析を開発する予定である。

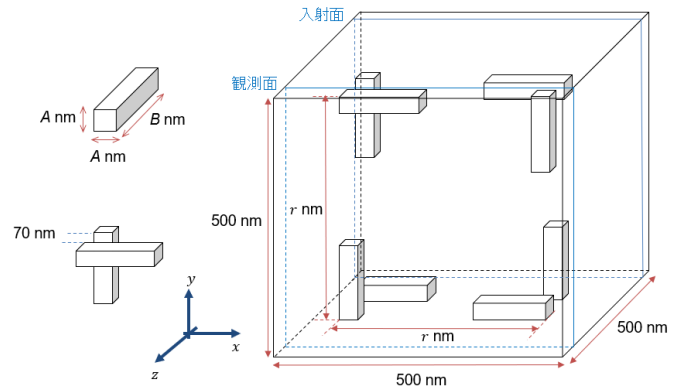


図1 メタマテリアル単位構造の解析モデル

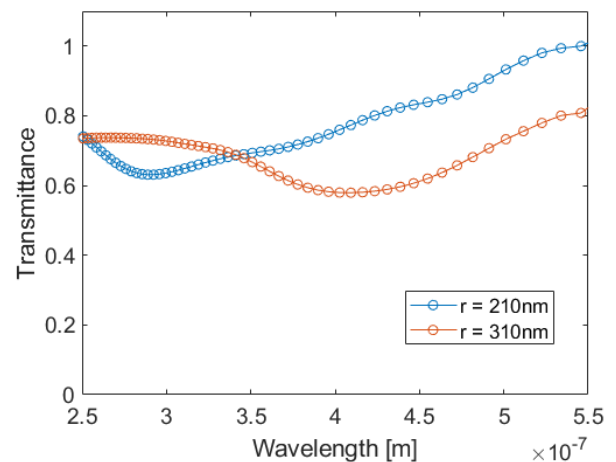


図2 金属棒間の距離 r による透過率の波長特性

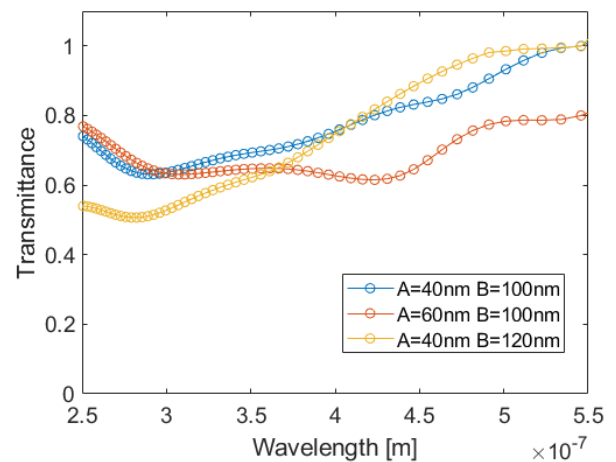


図3 棒の断面辺 A , 棒の長さ B による透過率の波長特性

参考文献

- [1] H. Kurosawa and S. inoue, Physical. Review., vol. 98, no. 5, pp 053805 – 1–5, 2018
 [2] T. Yamaguchi and T. Hinata, Optics. Express., vol. 15, no.18, 11481–11491, 2007