

共振型 3次元メタマテリアルの作製と機能評価

Three-dimensional resonant metamaterials - fabrication and evaluation

理研¹, 北大電子研² ○田中拓男^{1,2}

RIKEN¹, Hokkaido Univ.² ○Takuo Tanaka^{1,2}

E-mail: t-tanaka@riken.jp

光波と共鳴相互作用する金属共振器を光の波長より小さなナノサイズで設計し、これをホストとなる物質中に無数に集積化すると、光には個々の共振器の存在やその構造は感知できなくなり、構造体があたかも均質な物質として振る舞う。このような共振構造を利用して物質の光学特性を人工的に操作した物質が、共振型メタマテリアルである。共振型メタマテリアルでは、金属構造と光波との強い共鳴相互作用を利用するので、共振を利用しないものと比較して、少ない構造体や小さなボリュームで大きな光学特性の変化を得る事ができるというメリットがある。しかし、共振器のQ値がその特性に大きく影響を及ぼし、また、その共振周波数において強く光が吸収されたり、光学特性の変化は周波数帯域が共振周波数付近に制限されるといった欠点を持つ。

我々はこれまで、メタマテリアルを構成する金属共振器構造の光学特性を解析し、特に可視光領域において人工的な磁性を発現できるメタマテリアルについて、その最適な構造を明らかにしてきた[1, 2]。そして光の磁場に対する応答特性を付与したメタマテリアルの応用として、s偏光のブリュースターの発現とそれを利用した偏向無依存ブリュースター素子などを提案した[3]。

メタマテリアルを作るにあたり、とりわけ等方的なメタマテリアルを実現するには、その金属構造はあらゆる方向の光波と一様に相互作用できなければならないが、そのためには3次元的な金属構造体が必要になる。ところが、現在の微細加工技術はこの3次元構造の加工という点を苦手としており適当な手法がない。すなわち、等方的な特性を持ちボリュームのあるメタマテリアルを実現するには、3次元的でナノメートルスケールの金属構造を加工できる新たな手法の開発が必要であった。我々は、この問題の解決する手段として、2光子吸収還元法と呼ばれる新しいレーザー加工方法の開発を行い、光の回折限界を超えた100nmの空間分解能で、金属構造を加工できることを示した[4, 5, 6]。本研究プロジェクトでは、このようなトップダウン的な加工手段の他にも、物質の自己組織化を利用したボトムアップ的手段や、大面積のメタマテリアルの加工を視野に入れた新しいナノ構造加工法にも範囲を広げて、メタマテリアルの実現を目指した手法を網羅的に研究している。発表では、共振型メタマテリアルのメカニズムを明らかにしながら、これらの研究成果を報告する。

- 1) A. Ishikawa, T. Tanaka, and S. Kawata, Phys. Rev. Lett. **95** (2005) 237401.
- 2) A. Ishikawa, T. Tanaka, and S. Kawata, J. Opt. Soc. Am. B **24** (2007) 510.
- 3) T. Tanaka, A. Ishikawa, and S. Kawata, Phys. Rev. B **73** (2006) 125423.
- 4) T. Tanaka, A. Ishikawa, and S. Kawata, Appl. Phys. Lett. **88** (2006) 81107.
- 5) A. Ishikawa, T. Tanaka, and S. Kawata, Appl. Phys. Lett. **91** (2007) 113118.
- 6) Y. Cao, N. Takeyasu, T. Tanaka, X. Duan, and S. Kawata, Small **5** (2009) 1144.