

# プラズモニック・メタマテリアルの創製と新奇光デバイスへの展開

## Plasmonic metamaterials and their extension to novel photonic devices

理研<sup>1</sup>, 北大電子研<sup>2</sup> ○田中拓男<sup>1, 2</sup>

RIKEN<sup>1</sup>, Hokkaido Univ.<sup>2</sup> ○Takuo Tanaka<sup>1,2</sup>

E-mail: t-tanaka@riken.jp

屈折率などの物質の光学特性は物質に固有のもので、物質が決まれば自動的に決まるとされてきた。しかし、人工的に設計した“構造”を物質の中に持ち込むことで、その特性を人工的に制御することが可能になってきた。具体的には、光波と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すれば、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る。そして、これをホストとなる物質中に無数に集積化すると、その構造体はあたかも均質な物質として振る舞う。これがメタマテリアルである。この金属ナノ構造体でできた疑似物質であるメタマテリアルでは、その構造をうまく設計すれば、負の屈折率物質など、これまでの常識を覆す特異な光学特性を持つ物質を生み出すことも可能であると報告されている。

我々はこれまでの研究で、メタマテリアル構造の電磁気学的特性を解析し、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の構造の最適化とその設計指針を明らかにしてきた[1, 2]。そして、メタマテリアルが作り出す特異な光学現象の1つとして、比透磁率の値を1.0より上げたメタマテリアルでは、これまでの光学では起こらないとされていたs偏光のブリュースターが発現することを示した。そして、この現象を利用すると、光の偏光方向に依存せずに、物質境界で生じる光の反射を抑制する素子ができることを提案した[3]。

現在、メタマテリアルを実現するにあたっての最大の壁は、その加工技術にある。特に等方的な特性を持つメタマテリアルを実現するには、その金属構造があらゆる方向の光波と一様に相互作用できるように、3次元的な構造体が必要になる。しかし、現在の微細加工技術は、この微細構造の3次元化に弱点があり、直接利用できる加工法がほとんどない。そこで、我々は3次元金属構造を加工する手法として、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った[4, 5]。これまでの研究で、光学系と加工条件の最適化により、光の回折限界を超えた100nmの空間分解能で、金属構造を加工することに成功している[6]。そして、実際にこの手法を用いて作製したメタマテリアル構造が、18THzの中赤外領域において光波の磁場成分と相互作用することを実験で確認した[7]。講演では、これらの成果に加えて、THz波などの低周波数光波領域において、表面プラズモンを保持できる疑似金属などの研究成果についても報告する。

- 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.
- 7) A. Ishikawa, T. Tanaka, and S. Kawata, Appl. Phys. Lett. **89** (2006) 113102.