

レーザー干渉加工における位相・振幅制御による メタ材料の直接作製 2

Fabrication of metamaterials by interfering laser processing with phase and intensity variation II

阪大レーザー研¹ °中田 芳樹¹, 松葉 良生¹, 村川 恵一¹, 宮永 憲明¹

Osaka Univ.¹, °Yoshiki Nakata¹, Yoshiki Matsuba¹, Keiichi Murakawa¹, Noriaki Miyanaga¹

E-mail: nakata-y@ile.osaka-u.ac.jp

光の波長オーダーサイズの単位構造（メタ原子）を周期配列すると、バルクとは全く異なる電磁波応答を示し、これをメタ材料と呼ぶ。可視から赤外に対応するのは同程度以下のサイズのメタ原子構造からなる周期配列である。従来の作製方法にはリソグラフィーやイオンビーム加工法などのトップダウン的手法、あるいは結晶成長や光重合を利用したボトムアップ的手法が有るが、加工速度などの問題がある。一方我々は干渉したレーザーを用いたナノ周期構造の一括加工に関する研究を進めており、これまでにナノサイズの金属メタ原子が周期配列したメタ材料を作製してきた。加工形状は干渉パターンを反映するが、光束数や光束間の位相及び振幅を変調することで、干渉パターンが非常に複雑に変化する[1,2]。本発表では、干渉レーザー加工におけるメタ原子構造の多様性を調べた結果について報告する。

図 1 は 6 光束干渉パターンのシミュレーション結果である。波長は 785nm, 干渉角は 14.6° を仮定している。図 1(a)は全ビームが同強度かつ位相差が無い場合であり、フルエンスが高い赤色の部分が正三角形のマトリクス上に配列している。橙と青のマッピングはフルエンスのピーク値に対して異なる閾値で色分けした図であり（上左 95%, 上右 90%, 中左 85%, 中右 80%, 下左 50%, 下右 20%）、フルエンスによる加工形状の変化を表している（青が非加工部分）。一本のビームに位相差 π を加えた(b)の場合、95-80%では縦のラインの間にドットが並んでおり、これを金属薄膜の形状に当てはめると”two-level cut-wire “と呼ばれるメタ材料に相当する。(c)は隣り合う 2 本のビームの電界強度が半分かつ $\pi/2$ の位相差を加えた場合であるが、90-85%の形状は”Split-ring resonator (SRR)”と呼ばれるメタ材料である。(d)は一つ間隔を空けた 2 本のビームの電界強度が半分かつ π の位相差を加えた場合であり、90-80%の形状はクロス形状になっている。様々な条件をサーベイし、4 光束の場合を 21 パターン、6 光束の場合を 32 パターンへ分類した。

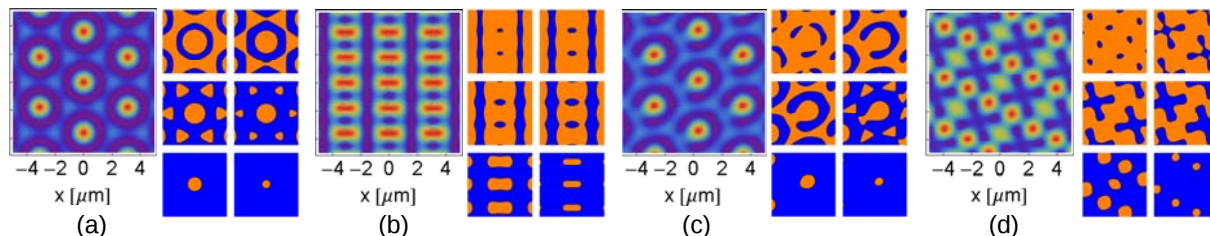


図 1 6 光束干渉パターンのシミュレーション結果。波長は 785nm, 干渉角は 14.6° を仮定。

参考文献：[1] Y. Nakata et al., Appl. Opt. **51**, 5004-5010 (2012). [2] Y. Nakata et al., Appl. Phys. A, DOI: 10.1007/s00339-012-7239-1.