

Continuously Tunable Acoustic Metasurface for Transmitted Wavefront Modulation

Sheng-Dong Zhao, A-Li Chen, Yue-Sheng Wang, and Chuanzeng Zhang

Institute of Engineering Mechanics, Beijing Jiaotong University, China

Department of Mechanics, School of Mechanical Engineering, Tianjin University, China

Department of Civil Engineering, University of Siegen, Germany

PHYSICAL REVIEW APPLIED **10**, 054066 (2018)

音響メタマテリアルとは音響波よりも小さな共振構造を持ち、自然界の物質が持たない特性を示す人工物質である。これらの特性の一例として波の遮蔽[1]や波面変調[2]が挙げられ革新的な音響デバイスへの応用が期待されている。音響メタマテリアルのうち、2次元構造の薄い板状のものは特に音響メタサーフェスと呼ばれている。この音響メタサーフェスの持つ特異な振る舞いは共振構造に由来するため、従来の音響メタサーフェスは特定周波数でしか機能しないという欠点がある。この問題を解決するために、様々な周波数の音響波に対して機能する音響メタサーフェスの開発が望まれている。

本研究の目的は、音響波の周波数に合わせて連続的に構造を調節することで機能する音響メタサーフェスを開発することである。本論文では異なる周波数の音響波をそれぞれ波面変調によって集束させることで音響メタサーフェスの調整機能を実証している。音響メタサーフェスの構造は図1のようにねじ穴の開いた基盤と螺旋シリンダーから成る。螺旋シリンダーのねじ込み深さによって音響波の経路長が決まるため、位相遅延を連続的に調整できる構造になっている。メタサーフェスに沿って徐々に位相遅延を行うことで自由に波面の変調ができ、適切に各螺旋シリンダーのねじ込み深さを決めることで3.9~6.3kHzの各周波数の音響波に対してシミュレーション、実験とともに音響波集束が確認されている。この構造によって任意の周波数の音響波の波面を3次元的に制御することで音響場を自在に操ることが期待できる。

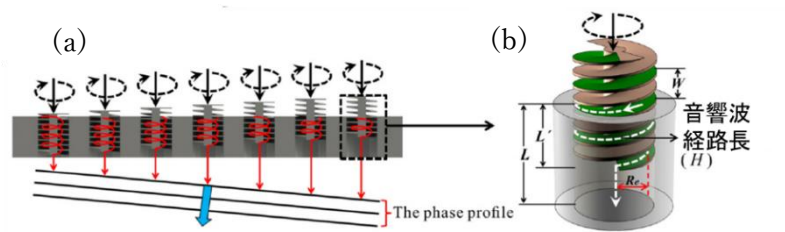


図1：本研究で開発された音響メタサーフェスの構造(a)紙面上から垂直に入射した音響波が屈折し、斜めに透過する(b)単位構造

[1] Y. Li and B. M. Assouar, Appl.Phys. Lett. **108**, 063502 (2016),

[2] Z. Liang and J. Li, Phys. Rev. Lett. **108**, 114301(2012)

Chemical and structural analysis of sub-20 nm graphene patterns generated by scanning probe lithography

Arancha I. Dago ^a, Soraya Sangiao ^{b, c}, Rodrigo Fernandez-Pacheco ^b,

Jose Maria De Teresa ^{b, c, d}, Ricardo Garcia ^a

^a *Materials Science Factory, Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC*, ^b *Laboratorio de Microscopías Avanzadas, Instituto de Nanociencia de Aragon, Universidad de Zaragoza*,

^c *Departamento de Física de la Materia Condensada, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza*,

^d *Instituto de Ciencia de Materiales de Aragon, Universidad de Zaragoza - CSIC*

Carbon **129**, 281-285 (2018)

グラフェンは高いキャリア移動度を持つことから、電子デバイスへの応用が期待されている。現在、量子ドットや電界効果トランジスタなどのデバイス材料として用いるために、グラフェンでの電荷キャリアの量子閉じ込め効果の実現が必要とされている。そのための方法として、化学修飾による輸送領域の制限がある。その中でも、近年、走査型プローブ酸化リソグラフィ(ο-SPL)による化学修飾が注目を集めている。輸送領域が制限されたグラフェンでは、輸送領域の不純物や制限領域の形状によって電子輸送特性が変化すると知られている。ο-SPL は超高真空や低温条件を必要とせず、また、フォトリソグラフィに見られるようなレジストによる試料の汚染がないこと、プローブ操作によってナノスケールのパターンニングが可能であることから、デバイス作製に有用であると考えられている。しかし、ο-SPL によるナノパターン領域とその周辺の状態について、ナノスケールで高い空間分解能での構造・化学的解析による詳細な研究はまだ行われていない。

そこで、本論文ではシリコンカーバイド(SiC)上でエピタキシャル結晶成長させたグラフェンに ο-SPL でパターンニングを施し、高い空間分解能での高解像度透過型電子顕微鏡(HRTEM)による構造的な、走査型透過電子顕微鏡(STEM)を用いたエネルギー分散型 X 線分光法(EDX)と電子エネルギー損失分光法(EELS)による化学的な解析を行った。その結果、グラフェン上に 20nm 幅以下のパターンが作製可能であり、酸化時間や印加バイアスの調整によって酸化領域を制限できることを明らかにした。さらに、STEM を用いた化学的特性解析から、パターンニング領域での酸化と、それ以外の領域では酸化がみられないことも確認された。この研究は、ο-SPL によるグラフェンの輸送特性を損なわせないナノパターンニングの可能性を示唆し、高性能グラフェンデバイス開発への足掛かりとなるものである。

Polarization control of isolated high-harmonic pulses

P. Huang, C.Hernandez-Garcia, J.Huang, P.Huang, C.Lu, L.Rego, D.D.Hickstein, J.L. Ellis, A.Jaron-Becker, A.Becker, S.Yang, C.G.Durfee, L.Plaja, H.C.Kapteyn, M.M.Murnane, A.H. Kung and M.Chen

Nature Photonics, vol.12, 349-354 (2018)

高次高調波発生(HHG)とは、高強度のレーザーパルスと原子、分子との非線形相互作用によって元のレーザーの整数倍の周波数の光が発生する現象であり、そのパルス幅の短さからフェムト秒～アト秒スケールの超高速現象の観測が可能である。しかし、レーザーの偏光を円偏光にした場合には、高調波発生が起こらない。このため、コヒーレントな円偏光の短波長光源はシンクロトロン放射や自由電子レーザーなどの大型の設備を必要とするものに限られていた。しかしごく最近になって基本波と逆の偏光方向を持つ 2 倍波を同時に入射させるという方法や、互いに逆回りの基本波を非同軸で入射させる方法によって円偏光高次高調波の発生が可能になった。これにより、物質の磁気特性やキラル分子のダイナミクスの観測などへの利用が期待されている

本論文では、左回りと右回りの偏光方向を持つ光を非同軸で入射させる方法で高次高調波発生を行い、基本波の偏光を完全円偏光から直線偏光まで操作した場合について、発生した高調波の偏光の変化を測定した。計測された EUV 光の楕円度は、元のレーザーの楕円度と $\varepsilon_{EUV} \propto \varepsilon_{IR}^{4.8}$ という関係を持っており、高強度場近似 (SFA) とフラウンホーファー回折をもとにした半古典モデル(TSM)から得られた関係とほぼ一致した。またスペクトル分布は、33eV の光子エネルギーを中心に約 20~45eV にわたって広がっており、これをもとにパルス幅を見積もると 330as 程度となった。以上により、EUV 領域で偏光を自由に制御できるアト秒孤立パルスの生成に成功した。

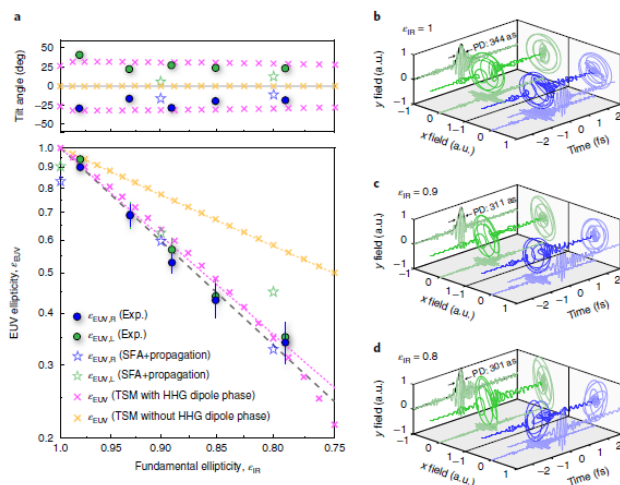


図.発生した EUV パルスの楕円度とパルス幅