

ナノ開口付きカンチレバーチップと近接場 THz 検出器による レーザーテラヘルツ放射顕微鏡の開発

Development of Laser Terahertz Emission Microscope with a Cantilever Tip having a Nano-scale Aperture and a Near-field Terahertz Detector

阪大レーザー研, [○]李 治賢, 芹田 和則, 村上 博成, 斗内 政吉

ILE, Osaka Univ., [○](M2)Zhixian Li, Kazunori Serita, Hironaru Murakami, Masayoshi Tonouchi

E-mail: tonouchi@ile.osaka-u.ac.jp

近年、半導体素子のナノサイズ化とデバイスの高密度化が進み、量子サイズ効果を利用した素子開発が注目されている[1]。微細化が進んだデバイスの解析や評価、また更なる性能向上のためには、ナノスケールでの電極-基板間または接触界面や絶縁薄膜中でのキャリアダイナミクスを詳細に評価・理解することが必要である。斗内研究室で開発されたレーザーテラヘルツ放射顕微鏡(LTEM)は、様々な材料がキャリアを生成することによって放射されるテラヘルツ(THz)波をセンシングに利用した顕微鏡である[2]。LTEM の空間分解能は励起レーザーの集光スポット径によって定義されるため、THz パルス放射特性を計測することで、電子材料やデバイスにおける局所場光励起キャリアの運動を観測することができる。これまでに原子間力顕微鏡(AFM)と組み合わせ、微小開口付きカンチレバーチップにフェムト秒(fs)レーザーを集光することで近接場光を発生させ、近接場励起によって発生する THz 波を利用したナノスケール空間分解能を有する LTEM の開発を行ってきた[3]。一方、微弱な THz 信号を高感度で検出するためには、近接場による THz 検出が必要となる。本研究では、近接場 THz 検出機構を導入した LTEM を構築し、高効率な THz 検出とナノスケール空間分解能達成を目的とする。

図1(a)に、構築したLTEMシステムの概略図を示す。AFMチップ先端の $\phi 500\text{nm}$ の開口に、fsレーザーを集光し裏面で近接場光を発生させる。この近接場光により励起されたTHzパルス信号を近接場THz検出器(TeraSpike, Protomics GmbH)を用いて検出する。図1(b)は、この検出器のセッティング位置について、励起点からの距離依存性を計測したものである。検出されるTHz波強度は励起点に近いほど大きくなることが分かる。

図2は、Fe ドープ InP 基板上に作製した幅 $2\mu\text{m}$ の金製ライン&スペースに0.3Vのバイアスを印加した時の凹凸(TOPO)像と、それに対応する THz 像および図中の点線に

おけるラインプロファイルである。検出器は、励起位置から水平方向で約 1mm の地点(図1(b)中の点D)にセッした。これより、幅 $2\mu\text{m}$ のライン&スペース構造を THz 像において観測できていることが分かる。THz 像の空間分解能は理論的には開口サイズ以下まで到達できると考えられ、励起手法と検出手法の最適化を行っていく。また、光伝導アンテナなどその他の材料からの THz 放射特性についても議論を行う。

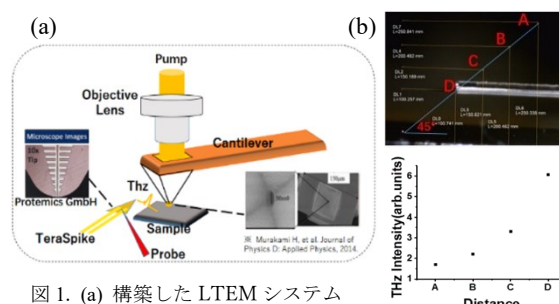


図1. (a) 構築した LTEM システム

(b) 近接場 THz 検出器の距離依存性

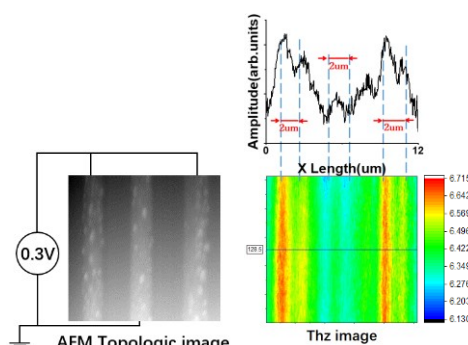


図2. Fe ドープ InP の TOPO 像と THz 像およびラインプロファイル

参考文献

- [1] T. Kang et al., *Nanophotonics* **9**, 435-451 (2020).
- [2] M. Tonouchi, *Nature Photon.* **1**, 97-105 (2007).
- [3] H. Murakami et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.* **47**, 374007 (2014).