

共鳴ナノアンテナを用いた固体の高次高調波発生

High harmonic generation in solids with resonant nanoantennas

東大生研¹ [○](D)今坂 光太郎¹, (M2)梶 智博¹, 志村 努¹, 芦原 聡¹

IIS, The Univ. of Tokyo¹ [○]Kotaro Imasaka¹, Tomohiro Kaji¹, Tsutomu Shimura¹, Satoshi Ashihara¹

E-mail: imasaka@iis.u-tokyo.ac.jp

物質に 1 V/nm 以上の強い光電場を作用させると、摂動論の枠組みを超えた、極めて非線形性の強い応答が発現する（強電場現象）。その典型例は、気体原子のトンネリイオン化・電子加速・再衝突による高次高調波発生である。近年では、固体での高次高調波発生[1]が示されるなど、強電場現象の舞台が広がりつつある。我々は固体における強電場現象、特に『プラズモニック増強場による強電場現象の発現と制御』に取り組んでおり、これまでに光電界電子放出に成功している[2]。本研究では、赤外共鳴ナノアンテナを用いた固体の高次高調波発生とその高効率化を目的としている。赤外波長域は、可視域と比べ、大きな Ponderomotive エネルギーを得やすく材料破壊を起こしにくいという利点をもつ。

実験の模式図を Fig. 1 に示す。ZnO 結晶（(0001)面-cut、厚さ 0.5 mm）の上に、Au ナノアンテナのアレイ構造を形成した。励起光として、中心波長 2 μm 、時間幅 100 fs、ピーク電場 $E_0 = 1.0$ V/nm の中赤外パルスを用いた。FDTD 計算によると、ホットスポットにおける電場振幅は 13 V/nm、Keldysh パラメーターは $\gamma \sim 0.15$ と見積もられる。観測された高次高調波のスペクトルを Fig. 2 に示す。Au ナノアンテナのある ZnO 結晶を用いることにより、9 次（波長 222 nm）に達する高調波発生に成功した（赤線、 $\gamma = 0.15$ ）。アンテナのない ZnO 結晶（黒線、 $\gamma = 2.0$ ）と比べると、5 次と 7 次の高調波が増強されたのに加え、新たに 9 次の高調波とバンドギャップに相当するエネルギーの発光が観測された。ホットスポット体積はごく僅かであることを考慮すると、局所的には Zener トンネリングと高次高調波発生が顕著に増強されたと結論づけることができる。今後は、金属ナノ構造を利用した高次高調波のさらなる高効率化と高機能化に取り組む。

[1] S. Ghimire *et al.*, Nature Physics 7, 138 (2011). [2] F. Kusa *et al.*, AIP Advances 5, 077138 (2015).

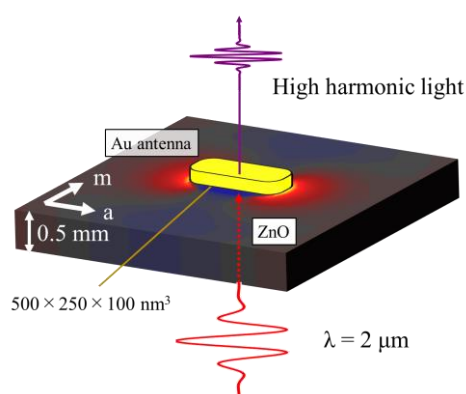


Fig.1 Schematic of the antenna-enhanced HHG.

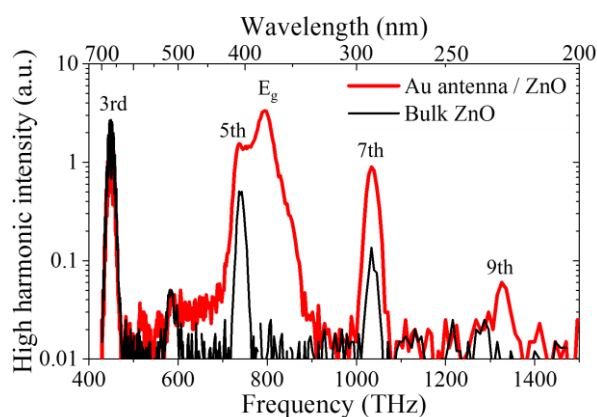


Fig.2 HHG spectra from ZnO with (red) and without (black) Au antennas.