

金ナノ構造のコヒーレント音響フォノンを用いた化学センサー

(北海道大学) ○牛越新波・志釜優斗・高橋佑輔・今枝佳祐・龍崎 奏・上野貢生
Chemical sensors using coherent acoustic phonons in Au nanostructures (*Hokkaido University*)
○Shimba Ushikoshi, Yuto Shikama, Yusuke Takahashi, Keisuke Imaeda, Sou Ryuzaki, Kosei Ueno

When metal nanostructures are irradiated with an ultrashort laser pulse, the lattice of the nanostructures is rapidly heated by electron-phonon coupling and coherent acoustic phonons are induced in the nanostructure. The frequency of the acoustic phonon is modulated by the adsorption of substances on the Au nanostructure, and therefore the acoustic phonons are expected to be utilized as chemical sensors. In this study, we investigated the coherent acoustic phonon of Au nanostructures using the time-resolved pump-probe measurements and demonstrated that the acoustic vibrations of Au nanostructures can serve as a chemical sensor.
Keywords: coherent acoustic phonon; time-resolved measurement; chemical sensor

金ナノ構造にフェムト秒パルスレーザーを照射すると、電子-フォノン結合により格子が急速に加熱され熱膨張することでコヒーレント音響フォノンが誘起される。このコヒーレント音響フォノンの周波数は、ナノ構造表面に物質が吸着することにより変調されるため化学センサーとしての応用が期待される。本研究では、金ナノ構造のコヒーレント音響フォノンを用いた化学センサーを開発することを目的した。

ポンプ・プローブ法によるコヒーレント音響フォノン測定系を構築した。光源にはモードロックチタンサファイアレーザー（中心波長 800 nm, 繰り返し周波数 80 MHz）を用いた。ビームを二つに分割し、片方の第二高調波（波長 400 nm）をポンプ光として、もう片方の基本波（波長 800 nm）をプローブ光として用いた。ポンプ光およびプローブ光を試料に照射し、プローブ光の透過光強度を検出した。電子線リソグラフィ／リフトオフ法により、金ナノブロック構造をガラス基板上に作製した。原子層堆積装置を用いてアルミナ層を金ナノ構造に積層し、コヒーレント音響フォノン測定を行った。堆積するアルミナの層数を制御することで、アルミナの堆積量とコヒーレント音響フォノンの周波数の関係を調べた。また、ビオチン-ストレプトアビジンを金ナノ構造に吸着させた系についてもコヒーレント音響フォノン測定を行った。

時間分解透過光強度には、遅延時間 0 fs から約 69 ps の周期で振動する成分が観測された。金ナノ構造のサイズ依存性から、観測された振動成分は金ナノブロック構造の呼吸モードに由来することがわかった。また、アルミナを堆積した金ナノ構造で同様の測定を行った結果、アルミナの堆積量が大きくなるにしたがって、コヒーレント音響フォノンの周波数が増大することが明らかとなった。これは、アルミナが堆積されることでナノ構造全体の平均質量密度が小さくなるためだと考えられる。さらに、ビオチン修飾された金ナノ構造にストレプトアビジンを反応により固定したところ、アルミナの堆積と同様に音響フォノン周波数が増大した。これらの結果は、コヒーレント音響フォノンの変調が化学センサーとして利用できることを示唆している。