

二次元物質によるアルカリ単原子層プラズモン応答の変調

¹京大院理, ²分子科学研究所, ³豊田理化学研究所, ⁴JST さきがけ
○吉田龍矢¹, 田中駿介¹, 渡邊一也¹, 杉本敏樹^{2,4}, 松本吉泰³

Modulation of plasmonic response of alkali atomic layer by two-dimensional materials

○Tatsuya Yoshida¹, Shunsuke Tanaka¹, Kazuya Watanabe¹, Toshiki Sugimoto^{2,4},
Yoshiyasu Matsumoto³

¹ *Department of Chemistry, Kyoto University, Japan*

² *Institute for Molecular Science, Okazaki, Japan*

³ *Toyota Institute of Physical and Chemical Research, Nagakute, Japan*

⁴ *Japan Precursory Research for Embryonic Science and Technology (PRESTO), Japan
Science and Technology Agency (JST), Saitama, Japan*

【Abstract】 In this work, we study modulations of plasmonic response of alkali metal atomic layer induced by direct contact with two-dimensional materials: graphene and hexagonal boron nitride. Steady state reflectivity measurement in visible region revealed that the absorption spectra due to overlayer plasmon of cesium monolayer on Ir(111) shows significant narrowing in its band width when the cesium layer is intercalated between the two dimensional material and Ir substrate. Ultrafast responses of the plasmon were studied by transient reflectivity measurements with laser pulses in resonance with the plasmon transition, and the responses exhibit coherent transients whose structure depends on the interaction with the two-dimensional materials.

【序】 近年、金属ナノ構造におけるプラズモン応答が盛んに研究されているが、プラズモンを保持する金属とその周囲の媒体との相互作用がプラズモンの特性に及ぼす影響については不明な点が多い。我々は Ir(111) 上のアルカリ金属原子層に誘起されたオーバーレイヤープラズモンに注目し、グラフェンおよび窒化ホウ素との相互作用による変調を可視域の定常反射率測定およびフェムト秒時間分解測定により調べた。

【実験】

実験はすべて超高真空下 ($< 5.0 \times 10^{-8}$ Pa) で行った。Ir(111) 単結晶清浄表面にアルカリ原子(Cs, K)を曝露する、あるいは、化学気相蒸着法により Ir 表面に h-BN またはグラフェンを作成しその後アルカリ原子を曝露することで、Cs 単原子層および 2 次元物質にアルカリ原子が層間挿入した試料を作成した。定常反射スペクトル測定は、光源にハロゲンランプまたは D₂ ランプを用いてアルカリ金属被覆率に依存した反射率スペクトルを計測した。フェムト秒時間分解測定は、Ti:sapphire 再生増幅器をベースとした OPA の出力 (570 nm, 30 fs) を光源として反射型の pump-probe 計測により行った。

【結果・考察】

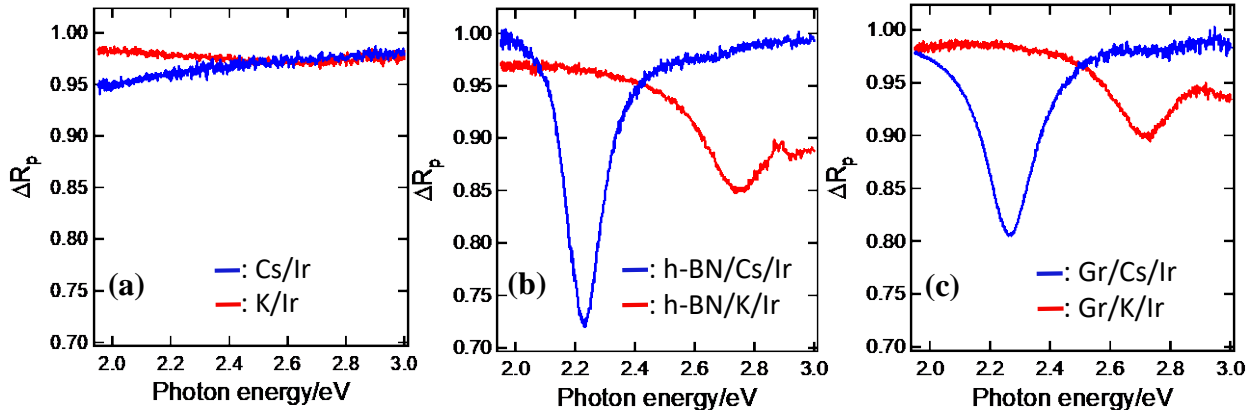


Fig. 1. Reflectivity change of Ir(111) induced by alkali atom deposition: (a) Clean Ir(111), 120 K, (b) h-BN covered Ir(111), 120 K, and (c) graphene covered Ir(111), 293 K

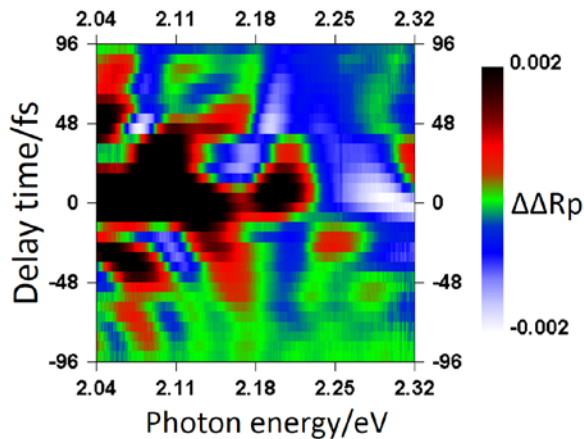


Fig. 1 にアルカリ原子の吸着による p 偏光反射率変化スペクトルの測定結果を示す。Fig. 1 (a) は清浄 Ir(111)表面、(b), (c) はそれぞれ h-BN、グラフェンで覆われた Ir(111)での結果である。Fig. 1 (a) のブロードな反射率変化は Cs 単原子層における表面垂直方向の電荷密度揺らぎによるオーバーレイプラズモンと帰属されている[1]。h-BN またはグラフェン

の存在によりオーバーレイプラズモンのスペクトル形状が著しく変化し、Cs の場合(青線)は h-BN では 2.21eV、グラフェンでは 2.25 eV にピークを持つ共鳴吸収帯が現れた。同様の共鳴ピークの先鋭化は Cs の代わりに K を用いた場合(赤線)にも観測され、これは 2次元物質によらず、アルカリオーバーレイプラズモンに共通して観測される現象と考えられる。

Fig. 2 に h-BN/Cs/Ir (Fig. 1 (b)の青線) に対して時間分解計測を行った結果を示す。負の遅延時間には、遅延時間に依存した周期の振動構造がスペクトルに現れ、これは perturbed-free induction decay によるものと考えられる。時間原点付近では、共鳴ピークより低エネルギー側で反射率の増大が起き、これは励起光のスペクトルが共鳴吸収帯の全体をカバーしているにも関わらず、著しく非対称な変調が起きていることを意味する。正の遅延時間に現れるスペクトル構造は、定常反射スペクトルには観測されない周期的な変調を有し、単なる熱化による信号ではないコヒーレント過渡応答が含まれていると考えている。また、h-BN のない場合の Cs 単原子層の応答では異なる周期のスペクトル構造が観測されたことから、2次元物質との相互作用により時間領域の応答も大きく変調を受けていることが分かった。

【参考文献】

- [1] A. Liebsch *et al.* *Phys. Rev. B.* **41**, 15 (1990)