

新たな生産プロセス構築のための電子やイオン等の能動的制御による革新的反応技術の創出

2020年度採択研究代表者

2022年度  
年次報告書

吉信 淳

東京大学 物性研究所  
教授

時空間で精密制御した輻射場による表面反応プロセス

主たる共同研究者:

渡邊 一也 (京都大学 大学院理学研究科 教授)

## 研究成果の概要

物性研グループは、主に広帯域 THz パルスの評価とそれを用いた表面反応ダイナミクスの研究を行った。金属表面における第二高調波発生 (SHG) 光と空気分子による THz 誘起 SHG を干渉させることにより、広帯域 THz パルスのヘテロダイン検出を行った。観測した時間波形をフーリエ変換することにより、サブ THz から数十 THz までの領域を評価する新たな方法を開発した。この広帯域 THz パルスと近赤外超短パルスレーザーを使った振動共鳴和周波発生 (SFG) 分光法を開発し、遠赤外から中赤外にわたる振動スペクトルを一度に測定できるようになった。近赤外フェムト秒パルスを吸着分子に照射したときの光脱離を四重極質量分析計で飛行時間計測するシステムを構築した。いくつかの吸着系に対し近赤外+THz パルス照射による光脱離実験を行い、THz パルスによる光脱離過程への変調について研究した。また、狭帯域 THz パルスによる固体音響フォノン生成や固体内のディラック電子が示す光励起キャリアダイナミクスといった固体超高速分光への展開を進めた。

京大グループは、超高真空下で 7 eV 付近に強い吸収を示すインジウム (In) ナノクラスターの作製に成功した。走査トンネル顕微鏡 (STM) による評価でその吸着構造を明らかにし、プラズモン応答と粒子構造の対応を明らかにした。さらに前吸着した Ni をシードとして、その上に In を蒸着し成長させることで、深紫外吸収強度が 3 倍程度増大することを見出した。現在、STM による構造解析を進めている。作製した In クラスターに、ベンゼンや水分子を共吸着することで引き起こされる反射率変化を超高真空下で計測し、状態分裂を示唆する大きなスペクトル形状の変化が起きることを見出した。STM によりグラフェン表面の銀ナノ粒子形成機構を詳細に検討し、クラスターを均一分布させる作製条件を確立した。また、局在プラズモンと分子の複合系の状態分裂について予測を可能にする新規理論モデルの構築を行った。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) “Stimulated Rayleigh Scattering Enhanced by a Longitudinal Plasma Mode in a Periodically Driven Dirac Semimetal  $\text{Cd}_3\text{As}_2$ ”, Y. Murotani et al., *Phys. Rev. Lett.*, **129**, 207402, 2022.
- 2) “Adsorption, Desorption, and Decomposition of Formic Acid on Cu(977): The Importance of Facet of the Step”, W. Osada et al., *J. Phys. Chem. C*, **126**, 8354-8363, 2022.
- 3) “The quantitative study of methane adsorption on the Pt (997) step surface as the initial process for reforming reactions”, Young Hyun Choi et al., *Surface Science*, **732**, 12284, 2023.
- 4) “Proton Configuration in Water Chain on Pt(533)”, N. Nagatsuka et al., *J. Phys. Chem. Lett.* **13**, 7660–7666, 2022.
- 5) “Structure and electronic states of strongly interacting metal-organic interfaces: CuPc on Cu(100) and Cu(110)”, H. Okuyama et al., *Surf. Sci.* **723**, 122126, 2022.