

# 物性研究所客員所員を経験して

大阪大学産業科学研究所 金崎 順一

小森教授のお世話により、2015年度前期にナノスケール物性研究部門の客員准教授として半導体表面におけるキャリア動力学を研究する機会を得ることができました。期間中極限コヒーレント光科学研究センターの高次高調波レーザーを用いた時間分解光電子分光測定を行いました。物性研の多くの方にご協力いただきました。まずは、本稿を借りまして皆様に感謝とお礼を申し上げます。

私は、半導体結晶における光誘起構造変化現象の解明に長年取り組んでまいりました。固体物性論の諸概念の多くは、断熱的描像を基本的前提として議論されておりますが、この描像の下では、固体は電子系と格子系に区分され、互いに独立にふるまうものとして取り扱われます。しかし、実際の物質では、電子系の励起により基底状態において成立していた原子間の力の均衡が破れ、その構造は電子系と格子系の協力的相互作用(電子格子相互作用)を駆動力として新しい平衡点を目指して大きく変化する可能性を内包しています。半導体結晶の場合、電子系の励起によりボンド切断、原子移動、更には表面構造相転移などの励起誘起構造変化が表面において発現することが知られています。私は、主要半導体結晶におけるレーザー光誘起表面構造の変化をトンネル顕微鏡で直接観察すると共に、ここ数年は、光学遷移により発生した励起キャリアの超高速動力学をフェムト秒2光子光電子分光法により研究してまいりました。光励起現象における一次過程は外部電磁場と固体電子系との相互作用による励起キャリアの生成であり、光励起直後には通常、結晶表面から励起光の波長程度の深さに渡って非平衡励起キャリア系が生成されます。100フェムト秒程度の時間幅を持つポンプパルスにより伝導帯に光注入された励起電子系を、励起からの遅延時間を制御したプローブパルスにより光電子として放出させるフェムト秒2光子光電子分光法は、エネルギー・運動量空間における励起電子系の密度分布を実時間追跡することが可能です。大阪大学では、この手法を用いてバルク励起電子系の密度分布をエネルギー・運動量空間上で明確に特定し、その緩和動力学を直接観察することに成功いたしました。得られたキャリア系の緩和動力学に関する知見と光誘起表面現象を結びつけるためには、緩和したバルクキャリア系が表面状態へ散乱する過程や表面におけるエネルギー・運動量緩和、更に、表面キャリアの局在過程を明確にすることが本質的に重要ですが、大阪大学の装置ではプローブ光エネルギーの制約により表面感度が不十分でした。極限コヒーレント光科学研究センターの高次高調波レーザーを用いた時間分解光電子分光装置は表面感度において格段に優れており、本装置を利用して半導体表面におけるキャリア系の緩和動力学に関する直接的知見を得ることが客員期間の目的でありました。残念ながら本来の目的を終えることはなりませんでした。光誘起構造相転移に起因する半導体表面バンド構造の変化という新たな現象の直接観察に成功いたしました。高強度フェムト秒レーザー光によりGe(001)-c(4x2)表面に高密度キャリアを注入すると、この基底表面構造に特徴的な半導体的バンド構造が激変し、表面バンドギャップ中に励起電子系が分布します。この結果は、高強度光励起下において半導体-金属構造相転移が表面で発現することを示しており、この半導体表面における光誘起構造相転移機構の電子論的立場からの解明に迫る手がかりをつかむことができました。

半年間という限られた期間で計画した実験を行うことはなかなかできませんでしたが、今後物性研の皆様と協力して追求していきべき新たな研究課題を得られたことで客員所員として多少なりとも貢献できたのではと安堵しております。小森先生、岡崎先生、松田先生、飯盛様を始め、実験に協力いただいた物性研の皆様には大変お世話になりました。また、末元教授、加藤准教授、谷助教には、研究に関する議論や実験設備の見学などに貴重なお時間を割いていただきました。さらに、滞在期間中自身の研究内容について講演する機会をいただき、多数の方々に聴講いただくと共に、貴重なご意見をいただきました。本稿の最後に、改めて皆様に深く感謝申し上げます。

