

シリコン表面近傍における光注入価電子正孔系の超高速緩和現象

Ultrafast relaxation processes of photoinjected valence holes on silicon surface

大阪市大院工¹, 阪大産研², 佐賀大シンクロトン光応用研究センター³, 東京大院総合文化⁴○(M1) 佐藤悠介¹, 金崎順一¹, 谷村克己², 山本勇³, 東純平³, 深津晋⁴Osaka City Univ.¹, Osaka Univ.², Saga Univ.³, Tokyo Univ.⁴○(M1) Y. Satoh¹, J. Kanasaki¹, K. Tanimura², I. Yamamoto³, J. Azuma³, S. Fukatsu⁴

励起キャリア系の緩和過程は半導体物理学や半導体工学において極めて重要な基礎的概念であり、電子系と正孔系両面からその全貌の解明が期待されている。本研究では、時間・角度分解光電子分光法とその差分分光法を利用して、光励起によるシリコンバルク価電子帯バンド構造の変化と注入された正孔系のエネルギー・運動量空間での緩和素過程に関する知見を得た。

励起光 (1.49eV, 200fs, s-pol.) を Si(111)-7x7 試料に照射し、遅延時間を制御したプローブ光 (5.96 eV p-pol.) により価電子帯から光電子を放出させ、エネルギー・運動量空間における光電子イメージ及び励起前後の差分光電子イメージを励起直後から 1ns 後までの時間領域において実時間追跡した。ポンプ励起前 1.5ps 及び励起時 0ps において観測された光電子イメージを試料温度 10K において測定した結果を Fig. 1 に示す。イメージ中で強く観測される構造は、heavy hole 価電子バンドから真空準位より上に位置する自由電子様バンドへの共鳴遷移によるものである。結果より、励起により光電子イメージが大きく変化してすることがわかる。光励起による光電子イメージの変化を明確にするため、放出角 15 度 (図中白線にて示す) における光電子スペクトルの時間発展を Fig 2(a)及び(b)に示した。励起直後においてピーク強度の減少、ピーク幅の増幅及び低エネルギー側へのピークシフトが観測された。遅延時間に対するピーク形状の変化を図(b), (c)及び(d)に示した。ピーク幅及びエネルギーシフトは励起直後に急激に変化した後、3ps までに完全に回復するのに対して、ピーク強度の減少は同じ時間領域において一部回復した後、1ns 程度まで緩やかに緩和していく。講演では、励起強度・試料温度とスペクトル形状変化との相関を明確にして光電子スペクトル形状の超高速変化現象の物理的機構を議論するとともに、エネルギー・運動量空間における価電子正孔系密度分布の時間発展について報告する。

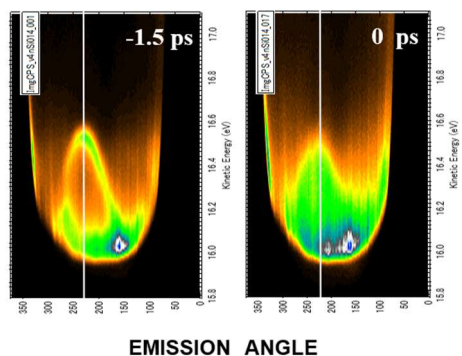


Fig. 1 2PPE images acquired at delay times -1.5ps, (a), and 0 ps, (b), respectively.

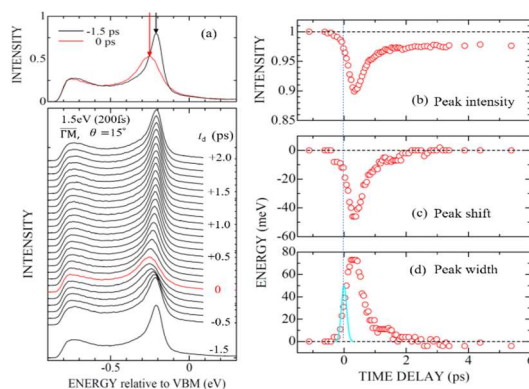


Fig. 2 The temporal evolution of photoelectron spectra.