

半導体中の光キャリアダイナミクスのイメージング

Imaging of photo-carrier dynamics in semiconductors

東工大¹, JST-CREST², JST-PRESTO³○ 福本 恵紀^{1,2}, 山田 友輝¹, 恩田 健^{1,3}, 腰原 伸也^{1,2}Titech¹, JST-CREST², JST-PRESTO³○ Keiki Fukumoto^{1,2}, Yuki Yamada¹, Ken Onda^{1,3}, Shin-ya Koshihara^{1,2}

E-mail: fukumoto.k.ab@m.titech.ac.jp

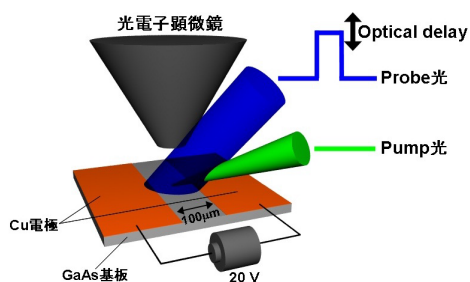


図 1: 時間分解 PEEM 法の装置概要.

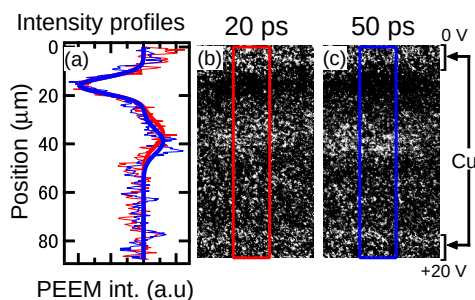


図 2: (b), (c): Pump 光照射後 20 ps と 50 ps の PEEM 像. (a): 赤と青で囲んだ領域の縦方向の強度プロファイル.

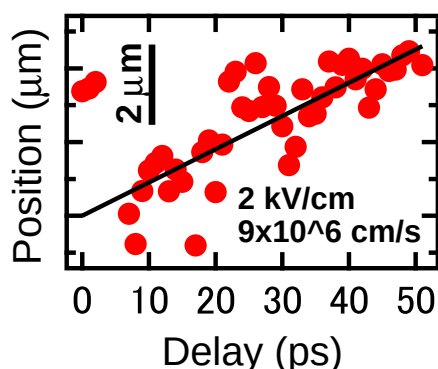


図 3: 図 2 と同様にして得られた光キャリアの位置を時間に対してプロット.

半導体デバイスにおいて、電荷キャリアの移動特性がその性能を決定しており、これまでに様々な手法で電荷移動度、再結合寿命などが評価されてきた。しかし、デバイスの微細化に伴い、ナノメートルスケールでキャリア移動特性を観測する手法が必要とされ、同時にそのスケールでの移動時間からフェムト秒の時間分解能も必要とされるようになってきた。そこで、フェムト秒レーザーを利用したポンプ-プローブ法と光電子顕微鏡を組み合わせた手法(時間分解 PEEM)を開発し、半導体 GaAs 表面に光励起した電子が電場勾配により移動する過程のイメージングに成功した。

装置概要を図 1 に示す。1.2 eV で発振するパルスレーザーは 2 つに分割され、一方は光キャリアを生成するために第 2 次高調波 (2.4 eV) に変換されている (ポンプ光)。他方は、伝導電子の密度分布を光電子放出によりイメージングするために仕事関数を超える第 4 次高調波 (4.8 eV) である (プローブ光)。プローブ光の径は約 1 mm で試料表面の広い領域を照射しており、ポンプ光は試料表面で約 10 μm に集光されている。

図 2(b) と (c) は、ポンプ光照射後 20 ps と 50 ps の時間分解 Laser-PEEM 像である。GaAs 表面には 100 μm のギャップを開けて電極が蒸着されており (図中、上下に見える白い領域)、電位差 20 V が印加されている。図中約 40 μm 付近に見られる白い領域が伝導電子の密度分布である。図 2(a) は、図 2(b) と (c) の赤と青で囲んだ領域の強度プロファイルであり、フィッティングカーブから (太線)、下方向へ数 μm の移動が見られる。

図 3 には、図 2 と同様にして得られた電子の位置を時間に対してプロットした。その傾きが電子の移動速度を表し、その電場勾配から移動度を導出した。電場勾配に比例した電子移動速度も検出できている。今後の利用方法なども含めて、本公演で紹介する。