

超高速時間分解 SEM を用いた金属-半導体界面における空乏層形状

変化の可視化

Visualization of depletion layer dynamics at metal–semiconductor interfaces using scanning ultrafast electron microscopy

筑波大数理, [○]岡本 ニコライ岳, 三浦 研介, 鄭 サムエル, 吉田 昭二, 藤田 淳一,
嵐田 雄介

Univ. of Tsukuba, [○]Nikolai Gaku Okamoto, Kensuke Miura, Samuel Jeong, Shoji Yoshida,
Jun-ichi Fujita, Yusuke Arashida

E-mail: arashida.yusuke.kb@u.tsukuba.ac.jp

半導体電子デバイスの微細化によってナノスケールかつピコ秒で動作するトランジスタ等が実現している一方で、表面状態や移動度等の不均一性を評価する手法が求められている。本研究では微細電子デバイス的高速動作を直接的に理解するためにピコ秒領域における電位の顕微イメージング技術を開発している。これまでに我々は光電子パルスを探プローブとするポンププローブ方式の時間分解 SEM を開発し光伝導アンテナにおける金属電極の電位の変化を 43 ps の時間分解能で可視化することに成功している[1]。今回、2 次電子量をロックイン検出することで測定感度を向上させ、金属と半導体の電位を同時に時間分解イメージングすることに成功した。

実験では、中心波長 1030 nm, パルス幅 190 fs, 繰返し 200 kHz の再生増幅レーザーを用い、この 4 倍波(4.8 eV)を SEM(JEOL 7200F)内のタングステン電子銃(4.5 eV)に照射することで光電子パルスを発生させプローブとして用いた。ポンプにはレーザーの 2 倍波(2.4 eV)を用い、DC で充電された光伝導アンテナに照射することで電極間の電位差を瞬間的にスイッチングした。ポンプ光に対して遅延時間変調法を用い[2]、2 次電子量をロックイン検出することで時間分解 SEM 画像を取得した。図にポンプ照射から 300 ps 後の光伝導アンテナ (Au 電極 on GaAs 基板) の SEM 像を示す。左の T 字部分がカソード電極であり、その周りの暗くなっている部分が GaAs 基板の空乏層形状を表している。今回、遅延時間を 5 ns まで変化させることで光励起後の空乏層幅が 0.6 $\mu\text{m}/\text{ns}$ で拡大している様子を観測した。この結果は金属電極と半導体の電位の同時可視化に成功したことを意味しており、今後、先端的な半導体デバイス動作の直接解明技術への適用が期待される。

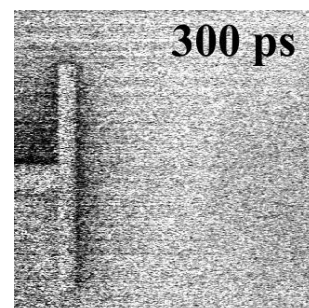


Fig. Time-resolved SEM image
of the photoconductive antenna

[1] Y. Arashida *et al.*, *ACS Photon.*, 11, 2171 (2024).

[2] H. Mogi *et al.*, *npj 2D Mater. Appl.* 6, 72 (2022)