

光励起多探針技術の開発と低次元半導体評価への応用

Development of laser-combined multiprobe technique and its applications for low dimensional semiconductors

筑波大数理¹, 都立大理² °茂木 裕幸¹, 汪 子涵¹, 高口 裕平², 遠藤 尚彦²,
 嵐田雄介¹, 吉田 昭二¹, 谷中 淳¹, 大井川 治宏¹, 宮田 耕充², 武内 修¹, 重川 秀実¹
 Univ. of Tsukuba¹, Tokyo Metropolitan Univ.², °Hiroyuki Mogi¹, Zi-han Wang¹, Takafumi Bamba¹,
 Yuhei Takaguchi², Takahiko Endo², Yusuke Arashida¹, Shoji Yoshida¹, Atsushi Taninaka¹,
 Haruhiro Oigawa¹, Yasumitsu Miyata², Osamu Takeuchi¹, and Hidemi Shigekawa¹

E-mail: mogi.hiroyuki.fp@u.tsukuba.ac.jp, <https://dora.bk.tsukuba.ac.jp/>

近年、グラフェンや遷移金属ダイカルコゲナド(TMDCs)系層状物質等に代表される低次元物質が注目される。特に TMDCs は可視光エネルギー帯・直接遷移型のバンドギャップや、高移動度を持つこと等から注目される。今後、単一分子層光電子デバイスへの応用が期待され、ナノスケールにおけるバンド構造空間分布や光伝導特性の計測・光キャリアダイナミクス計測が益々重要になる。また、表面付着物などにより敏感に特性が変化するため、同一の清浄環境で配線や局所光伝導計測を行うことが望ましい。有効な手法として、探針接触により任意位置で繰り返し伝導計測ができる多探針計測技術と光技術と組み合わせることが考えられる。

今回、多探針計測システムを用いた光励起計測法を報告する。測定系開発により探針配置部に $\sim\mu\text{m}$ の精度で光照射を行うことが可能となり、世界で初めて多探針測定系により光電流や超高速領域の時間分解計測に成功した。Fig.1 に示す様に、 SiO_2/Si 基板上の $\text{WSe}_2/\text{MoSe}_2$ 単層面内ヘテロ構造上へ 2 本の探針(PrIr coated c-AFM カンチレバー)を接触させ、疑似的に電界効果トランジスタ(FET)構造を形成した。まず、 WSe_2 , MoSe_2 の各領域にそれぞれの探針を配置し、照射位置・探針間電圧(V_{ds})を変化させながら、内部電界による電荷分離で生じる光電流(I_{ph})を計測した。Fig.2 に示す様に、 $\text{WSe}_2/\text{MoSe}_2$ 界面と探針接触部付近に照射した際にのみ I_{ph} が得られ、ゲート電圧特性の測定結果と併せて、 $\text{WSe}_2/\text{MoSe}_2$ 界面でのタイプ II 型のバンド構造や、ショットキー障壁を可視化した。次に光学的ポンププローブ法を応用し、遅延時間を持たせた ~ 150 fs の時間幅を持つ光パルス対を探針接触部へ照射し時間分解計測を行った。Fig.3 の結果のように、 WSe_2 領域において 4 つの時定数成分($\tau_1 = \sim 24$ ps, $\tau_2 = \sim 200$ ps, $\tau_3 = \sim 20$ ns, $\tau_4 = 500$ ns)を明らかにした。本手法は、さらに高度かつ複雑なデバイスを開発する上で強力な計測ツールとなる [1]。

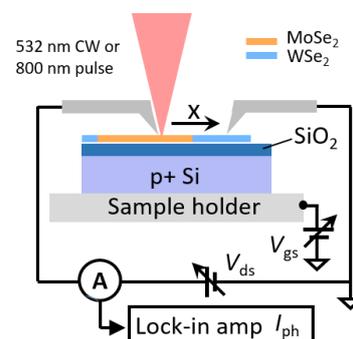


Fig. 1 光励起多探針計測の模式図

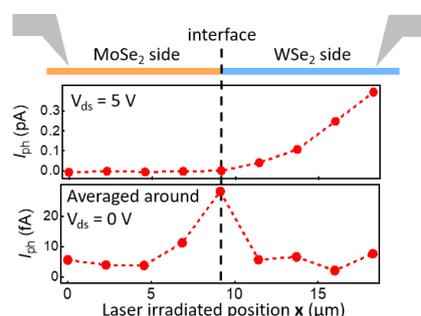


Fig. 2 光電流の照射位置依存性

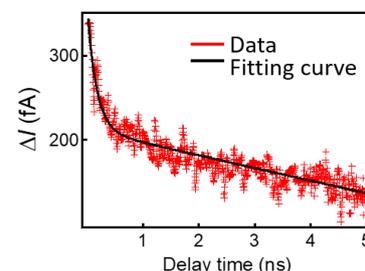


Fig. 3 WSe_2 領域での時間分解信号