

SAGA-LS 佐賀大学ビームラインにおける時間分解光電子分光

高橋 和敏

佐賀大学シンクロトン光応用研究センター

種々の光半導体材料やナノ材料が示す機能の発現機構を理解するためには、高エネルギー分解能の光電子分光からの定常状態に対する知見に加えて、非占有状態や過渡的な励起状態についての知見が重要である。現在までに我々は、九州シンクロトン光研究センター(SAGA-LS)内に表面・界面における電子ダイナミクスを調べることを目的としたビームラインを整備し、平面型アンジュレータからの放射光と短パルスレーザーとの組み合わせによる時間分解光電子分光法やレーザー 2 光子光電子分光法により、半導体ヘテロ接合などでの光起電力ダイナミクスやナノ物質の非占有領域での電子ダイナミクス研究を進めている。

金属酸化物によるワイドギャップ半導体は深紫外までの光電変換デバイスやパワーデバイスなどの材料として広い応用が期待される。これらの多くでは、酸素空孔や格子間サイトの金属原子に起因して n 型ドーパが容易に得られる一方で、良質な p 型ドーパは未だ困難である。このため、種々の p 型半導体材料とのヘテロ接合について精力的な研究が進められている。我々は ZnO と ZnTe とのヘテロ接合界面における光起電力の緩和ダイナミクスを調べる目的で、ゲート検出法を用いたマイクロ秒領域時間分解内殻光電子分光実験を行った。図 1 に、光子エネルギー 3.1eV のポンプ光 (8.9 μ J/cm², 20kHz) を照射した時の Zn3d 内殻ピークのシフトから求めた光起電力の時間変化を示す。n-ZnO/p-ZnTe および p-ZnTe 基板で観測される正方向への起電力は、n/p 接合領域や表面バンドベンディング領域での表面方向への電子輸送により説明され、n-ZnO/p-ZnTe においては、電子と正孔がそれぞれ ZnO 層と ZnTe 基板内へと分離されるために再結合が抑制された結果、長い寿命を示すものと理解される。

また、その起電力は低温でより長寿命となることや ZnO/ZnTe 間のバンドオフセットの大きさに大きく依存することがわかった。一方、p-ZnTe/n-ZnO においては負方向への初期シフトと正方向へのパイルアップ成分が共存しており、ZnO 基板への電子輸送と ZnO 基板のバンドベンディング領域での電子蓄積の緩和過程を考慮する必要があることを示唆している。

フェムト秒レーザーによる時間分解 2 光子光電子分光からは非占有領域での電子ダイナミクスを明らかにできる。講演では、界面修飾した SiC 上グラフェンの π^* 状態、グラフェンを基板として作製した Bi(110)超薄膜、Ge(111)-Bi $\sqrt{3} \times \sqrt{3} R30^\circ$ 表面での時間分解 2 光子光電子分光測定の結果を紹介する。

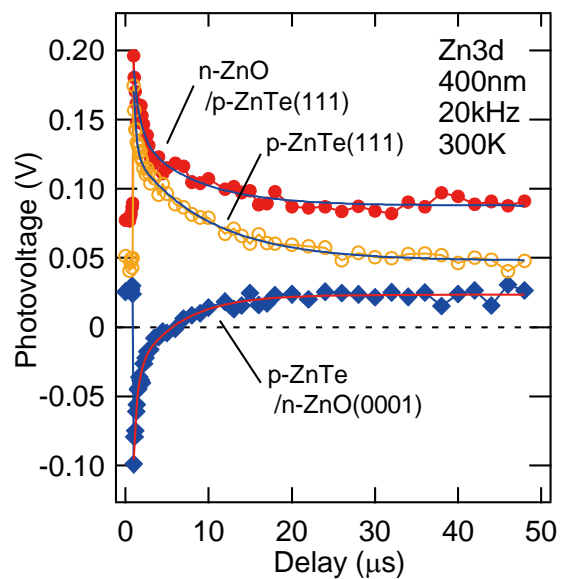


図 1 Zn3d 時間分解内殻スペクトルのシフトから求めた起電力の時間変化.