鉛直照射型電子パルス発生法による超高速ポンププローブ電子顕微鏡法の開発

Ultrafast pump-probe measurement of scanning electron microscopy by vertically illuminating configuration

筑波大数理 [1]　江本 悠河 [1]，山本 祐揮 [1]，嵐田 雄介 [1]，赤田 圭史 [1]，吉田 昭二 [1]，藤田 淳一 [1]

Univ. of Tsukuba[1], Yuuga Emoto[1], Yuki Yamamoto [1], Yusuke Arashida [1], Keishi Akada [1], Shoji Yoshida[1], Jun-ichi Fujita[1]

E-mail: fujita@bk.tsukuba.ac.jp

走査型電子顕微鏡法 SEM はナノメートルの空間分解能と 10^4 に及ぶ高い倍率可変性能を持つ顕微鏡法であり、材料等の 3 次元的形状評価に広く用いられている。SEM とフェムト秒レーザーと組み合わせることで超高速時間領域における高周波デバイスなどの特性評価の実現が期待されている[1]。近年は画像歪みの低減と長期安定化の観点から電子銃室側面に光学窓を持たない SEM が多く市販されている。本研究ではそのような汎用型 SEM において電子線と同軸対向方向から電子銃に紫外レーザーを照射し電子線パルスを発生させることで時間分解 SEM 装置の開発を行なっている[2]。

装置の概略を Fig. 1 に示す。レーザー光源として Yb:KGW フェムト秒レーザー増幅器(中心波長 1030 nm, パルス幅 290 fs, 繰返し周波数 100 kHz)を用いた。これを基本波として 3 倍波(中心波長 343 nm)を発生させ、SEM (JSM-7200M, JEOL)内に置いた 45°傾斜ミラーによって鉛直上向きに反射させ ZrO/W 熱電界放出型電子銃に照射することで電子パルス（プローブ）を発生させた。予めビームスプリッタで分割した基本波に時間遅延を付加して試料への励起光（ポンプ）とすることで、ポンププローブ法により 2 次電子量の遅延時間依存性を測定した。

半導体 Ge 単結晶をフルエンス 8.4 mJ/cm^2 のポンプ光でバンド間励起することで得られた 2 次電子量の時間変化を Fig. 2 に示す。電子線の加速電圧は 5 kV とした。ポンプ光と電子プローブの遅延時間に依存しておよそ 290 ps（半値全幅）の時間幅を持つ応答が現れた。この応答の起源は高密度励起によるキャリア散乱を反映したキャリア寿命と考えられ、その時間幅は電子プローブパルスで律速されていると考えられる。本研究は基盤研究 A(19H00847)と防衛装備庁安全保障技術推進制度(JPJ004596)の支援を受けたものです。 [1] D. J. Fannigan *et al.*, *Acc. Chem. Res.* **45**, 1828 (2012). [2]2021 年秋季応物学会, 10a-N401-8, 10a-N401-9.

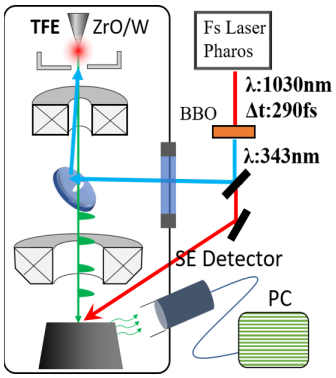

Fig.1. Configuration of pump-probe SEM.

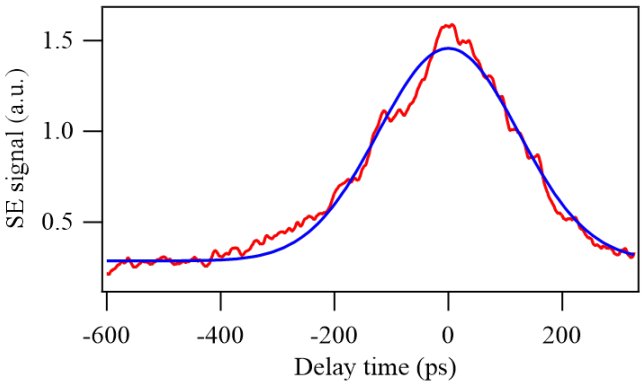

Fig. 2. Transient change of SE signal.