fs レーザー励起による Cold-FE チップからの電子放出特性

Electron Emission Characteristics from Cold-FE Tip using fs Laser Excitation

筑波大数理<sup>1 0</sup>川崎 康平<sup>1</sup>, 江本 悠河<sup>1</sup>, 山本 祐揮<sup>1</sup>, 嵐田 雄介<sup>1</sup>, 吉田 昭二<sup>1</sup>,

岸部 義也 ¹,赤田 圭史 ¹, 藤田 淳一 ¹

Univ. of Tsukuba<sup>1</sup> <sup>O</sup>Kohei Kawasaki<sup>1</sup>, Yuuga Emoto<sup>1</sup>, Yuki Yamamoto<sup>1</sup>, Yusuke Arashida<sup>1</sup>,

Shoji Yoshida<sup>1</sup>, Yoshiya Kishibe<sup>1</sup>, Keishi Akada<sup>1</sup>, Jun-ichi Fujita<sup>1</sup>

E-mail: s1810967@s.tsukuba.ac,jp

冷陰極型高分解能 STEM(HF5000, HITACHI)を用いた高分解超高速可視化技術開発を目的と して、フェムト秒レーザー励起による Cold-FE エミッタからの電子パルス放出特性について調 べたので報告する。本研究で作成したエミッタアセンブリは、先端半径 20 nm のタングステン チップを電解研磨法により作成し、Fig.1 に示すようにエミッタチップとして配置した。引出電 極はグランド電位とし、中央には直径 1.5 mm の電子線通過用オリフィスが形成されている。エ ミッタチップ先端と引出電極の間隔は 7 mm としてエミッタには 0~5 keV の負電位がバイアス されている。このアセンブリを 6.5×10<sup>-6</sup> Pa の真空チャンバー内に設置した。光源は波長 1030 nm、パルス幅 290 fs のパルスレーザー(Pharos, Light Conversion 社)を繰り返し周波数 100 kHz で用いた。BBO 結晶で 4 倍波の 257 nm(4.8 eV)を生成し、ロックイン増幅用チョッパー、焦点 距離 250 mm の収束レンズを通してチップに照射した。この時、実際の HF5000 内での光学系を 考慮してレンズ後にアイリスを配置し、レーザーの収束角が 10 mRad になるように調整し、レ ーザーパワーは 45 mW であった。エミッション電流はエミッタと直列に接続された 1 MΩ抵抗 の両端電圧をチョッパーと同期したロックインアンプ出力で計測した。

引出電圧を操作してエミッション電流を計測した結果を Fig. 2 の FN プロットに示す。励起レ ーザーが無い場合(青点)に示すように、引出電圧が 2 keV 以上から通常の電界放出が起こる。 ここで、形状因子k = 5を設定した場合、チップ先端半径が 26 nm と算出され、SEM 像で確認し た大きさと近い値であった。一方で、励起レーザーを導入することにより 2 keV 以下の領域でも エミッション(橙点)が観測される。しかし、FN プロットにおける傾きが異なり、FN 型電界 放出ではなく、光励起による光電効果が支配的となっていることがわかる。レーザー励起による Cold-FE を放出させるために、引出電位 2 keV 以下で動作させたところ、100 kHz の繰り返し で、200 nA 程度のエミッションが得られた。

謝辞:本研究は、防衛装備庁安全保障技術研究推進制度 JPJ004596 の支援を受けて実施した。



Fig.1. Schematic diagram of optical path and emitter



Fig.2. Fowler-Nordheim Plot from the FE-Tip