

# 通常より低い加熱温度での LaB<sub>6</sub> 熱電子銃 の平均輝度およびリチャードソン定数の推定

## Brightness and Richardson constant of LaB<sub>6</sub> thermionic emission in low-temperature operation

名城大理工 °岡田 風杜, 梶田 龍太郎, 村田 英一, 田中 崇之, 六田 英治

Meijo Univ., °F. Okada, C. Kajita, H. Murata, T. Tanaka, E. Rokuta

E-mail: 223427008@ccmail.meijo-u.ac.jp

### 1. はじめに

次世代の電子線リソグラフィ装置や電子顕微鏡の性能向上のため、高性能電子源が必要不可欠である。これの実現のために (1) 高輝度・大電流の同時達成、(2) 長寿命化、(3) 放出電流の高安定性の条件を満たす電子銃を開発することが重要である。我々はこれまで、上記の条件を満たす六ホウ化ランタン (LaB<sub>6</sub>) を用いた電子源の開発を行ってきた。昨年の研究では、温度によって仕事関数が異なることを確認した[1]。今回は、さらに実験を進めると共に、実験条件と同様なシミュレーションを行い、平均輝度とリチャードソン定数の推定を行ったので報告する。

### 2. 実験方法

本実験は、Fig. 1 に示すような実験系で行った。陰極を負の高圧に浮いたフローティング電流源を用いて通電加熱し、 $10^{-7} \sim 10^{-5}$  Pa 台の真空中で熱電子放出させた。温度計測は光高温計を用いて行い、スクリーン電流  $I_s$  とスクリーンの後方に設置したファラデーカップでピンポイントのビーム電流 (ファラデーカップ電流  $I_F$ ) を測定した。

### 3. 実験結果

昨年の実験よりも計測精度を向上させるため、加速電圧  $V_a = -2200$  V で一定の状態では放出電流が一定となるまで時間を経過させた後、ファラデーカップ電流を計測した。このとき、エミッタ先端には電界が印加されているので、正確にはショットキー放出となるが、ショットキー効果による仕事関数の低下分は考慮に入れて計測および計算を行っている。これらより、得られたデータを基にして、リチャードソン・プロットを描かせたところ、Fig. 2 が得られた。仕事関数を算出した結果、仕事関数  $\phi_w$  は 1580 ~ 1680 K 全体で 3.43 eV であり、1620 K を境に 1620 K 以上の時は 2.94 eV、1620 K 以下の時は 4.53 eV であることが分かった。これらの値から、LaB<sub>6</sub> エミッタの最低動作温度は昨年求めた 1700 K よりも若干低い 1620 K 程度だと思われる。

また、本実験装置を忠実にモデル化した熱電子放出実験のシミュレーションを行い、平均輝度および換算平均輝度を算出した。結果、平均輝度は  $8.5 \times 10^5$  A/cm<sup>2</sup>sr、

換算平均輝度は 38.8 A/cm<sup>2</sup>sr eV となった。熱電子放出の換算平均輝度は数 10 ~ 100 A/cm<sup>2</sup>sr eV とされているが、曲率半径が 10  $\mu$ m と大きいこと、陰極温度が 1670 K と低いことを考慮に入れば、この値は妥当であると言える。さらに、リチャードソン定数を求めたところ、73 A/cm<sup>2</sup>K<sup>2</sup> となった。実験により求められるリチャードソン定数は、60 ~ 120 A/cm<sup>2</sup>K<sup>2</sup> になると言われているので、この値は妥当であると言える。

### 4. まとめ

LaB<sub>6</sub> 熱電子放出実験を行い、仕事関数を算出した結果、最低動作温度は 1620 K であることが分かった。実験とシミュレーションにより換算平均輝度を算出した結果、38.8 A/cm<sup>2</sup>sr eV となった。さらに、リチャードソン定数を算出した結果、73 A/cm<sup>2</sup>K<sup>2</sup> となった。

[1] 梶田 他：第 83 回応用物理学会秋季学術講演会 21a-C306-7 (2022).

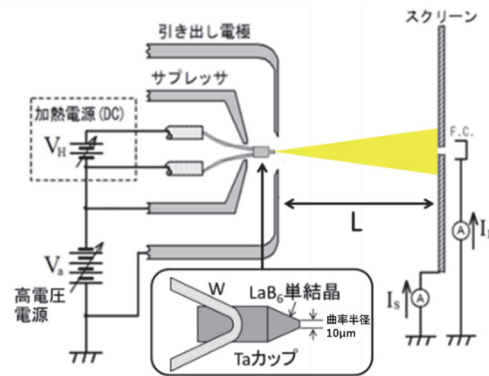


Fig. 1 Experimental system

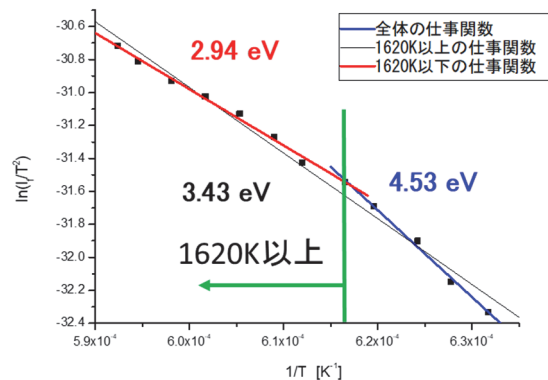


Fig. 2 Richardson plot of LaB<sub>6</sub> emitter