

単結晶ほう化ランタン熱電子放射陰極

研究者	大阪大学産業科学研究所 教授 (元)科学技術庁無機材質研究所 総合研究官	河 合 七 雄
開発企業	電気化学工業株式会社 代表取締役社長 (推薦者 東京工業大学 名誉教授	篠 原 晃 鈴 木 弘 茂)



河 合 七 雄 氏



篠 原 晃 氏

1 技 術 の 背 景

電子顕微鏡や電子ビーム露光機などの電子源には、従来タングステンの熱電子放射陰極が用いられていたが、この熱電子放射陰極は、輝度が低く、寿命も短いため、電子顕微鏡では分解能が不足し、また電子ビーム露光機においても作業能率が悪いなど問題があり、高輝度、高安定、長寿命の熱電子放射陰極の出現が望まれていた。

ほう化ランタンは電子を放出しやすく、またイオン衝撃に強いので、古くから高性能熱電子放射陰極材として注目されていたが、融点が高いうえその熔融体は蒸発しやすく、また他の物質とも反応しやすいので、熔融して大型の単結晶を育成することは困難であった。このため低温で行えるフラックス法による単結晶が開発されているが、単結晶に不純物が混入しやすく、また小さな結晶しか得られず、熱電子放射陰極に加工する場合、形状や結晶方位などに大きな制約があった。そこでほう化ランタン粉末の焼結体を用いた高輝度用熱電子放射陰極が開発されたが、焼結体の表面に多数存在する気孔のため、電子ビームの安定性が悪く、強度分布も不均一なうえ不純物の影響で十分な寿命が得られ

ず、実用上問題の多いものであった。

2 技 術 の 概 要

本技術は、浮遊帯域熔融法により高純度で大型のほう化ランタン単結晶を育成し、これを加工して高輝度、高安定、長寿命の高性能熱電子放射陰極を製造するものである。

ほう化ランタン粉末を棒状に焼結し、これを高圧アルゴンガス雰囲気中で上から下へ移動させながら高周波コイルで加熱し、端から徐々に熔融・再結晶させて単結晶を育成する。この場合、ほう化ランタンの熔融体は、表面張力が小さく、熔融の際に熔融体の部分がたれ下がって落下しやすいため、再結晶部分をわずかに早く引き下げることで、熔融体の落下を防いでいる。この帯域熔融をくり返して精製を行い、高純度化を図っている。この方式により、大型(15 ϕ ×150mm)で高純度のほう化ランタン単結晶が、世界で初めて育成できるようになった。

この単結晶を切り出し、先端を研磨して縦横0.5mm、長さ2mm程度の針状チップに加工するが、結晶方位、先端角度、曲率半径など、用途に応じて条件を変えている。この単結晶チップを、加熱用の発熱体ではさんで熱電子放射陰極とする。この発熱体には、タングステンあるいはバイロリティックグラファイトがあるが、タングstenはほう化ランタンと強く反応し、またバイロリティックグラファイトも電気抵抗の経時変化が大きいため、使用することができない。そこで熱硬化性樹脂を特殊加工し、電気抵抗の経時変化が極めて少なく、ほう化ランタンとの反応性がない発熱体を新たに開発した。

このようにして製造されたほう化ランタン単結晶による熱電子放射陰極は、輝度、安定性、寿命の点で世界最高の性能を有し、また電子顕微鏡などの従来の電子ビーム機器にも特に装置を改造することなく使用できる。

3 効 果

本技術によるほう化ランタン単結晶熱陰極は、

- (1) 高輝度である。
- (2) 電子ビームの安定性が良い。
- (3) 電子ビームの強度分布が均一である。

(4) 長寿命である。

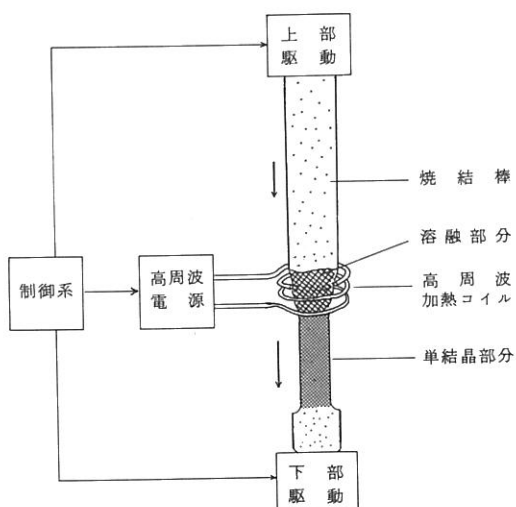
(5) 従来の電子ビーム応用機器に、装置改造をせずそのまま使用できる。

などの特徴を有しており、電子顕微鏡の分解能が向上し、ミクロの観察、科学技術の進歩に貢献している。また電子ビーム露光機の高性能化に貢献し、超LSIをはじめとする半導体の製造に不可欠のものとなっている。

なお、他の熱陰極と性能を比較すると次のとおりである。

種類 性能	ほう化ランタン 単結晶	ほう化ランタン 焼結体	タングステン
輝度	$10^6 \text{ A/cm}^2 \text{ str}$	$4 \times 10^5 \text{ A/cm}^2 \text{ str}$	$10^5 \text{ A/cm}^2 \text{ str}$
電流安定度	1%/h 以下	5~10%/h	1%/h
寿命	2000 時間以上	250 時間	数十時間

単結晶育成



熱電子放射陰極

