

研究成果最適展開支援プログラム A-STEP 企業主導フェーズ NexTEP-B タイプ 事後評価報告書

- 開発実施企業 : 福島 SiC 応用技研株式会社
- 代表研究者 : 豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 准教授 河野 剛士
- 研究開発課題名 : Si ナノプローブエミッタと SiC パワー回路を用いた超小型 X 線源

1. 開発の目的

X 線を用いた検査は、医療分野だけでなく、物質の非破壊検査、手荷物検査、結晶構造解析など広く用いられている。近年検査自体の増加に伴い、各用途とも検査装置の小型、低消費電力、長寿命の要求が増しており、その対応が求められている。

従来の X 線検査装置の線源は熱電子放出型が主流である。この場合の X 線管は、加熱により熱電子を放出させる電子源と、その電子を電場で加速してターゲットに衝突させ X 線を発生させる装置のすべてを収納し、さらに付随装置としてターゲットの冷却システムが必要である。装置全体としては高圧電源を加えて、大規模な据え置き型が主流である。

本課題では、大幅な小型軽量化のため、電子源は Si 結晶成長法で作成する Si ナノプローブを用い、加熱を必要としない電界電子放出型とし、電子を加速する高圧電源には SiC パワーデバイスを用いた低消費電力高電圧電源を利用することで、これまでにない小型・高性能・低消費電力の X 線源を開発する。

本開発により、現在据え置き型である各種 X 線検査装置の小型化・可搬化に加え、X 線検査装置の用途自体の拡大も期待される。

2. 開発の概要

小型 X 線源としての具体的な開発品は、ガラス管型の電界電子放出型 X 線管と、SiC ダイオードを利用した高圧電源の 2 つである。

前者は原権利者である豊橋技術科学大学の技術を用い、シリコン基板に VLS (vapor-liquid-solid) 成長法で針状に成長させた数十万本の Si ナノプローブをエミッタとして使用することで、従来の電子源を熱放出型から電界放出型に転換し、小形、低消費電力、長寿命を実現するものである。

後者は SiC ショットキーバリアダイオードを集積した SiC ダイオードを製作し、それを実装したコッククロフト・ウォルトン回路を用いることで、電圧を 1.5V から数 10kV まで昇圧できる、体積が従来比約 1/5 の小型、高効率電源を開発するものである。

小型 X 線源の目標としては【加速電圧、管電流、寿命】を、小電力型、大電力型の 2 種類にて各々【150kV、0.3mA、15,000 時間】、【150kV、100mA、15,000 時間】と設定。小電力型では、本開発の X 線管と高圧電源で目標の電圧、電流を達成し、X 線透過像撮影にも成功した。寿命については熱放出型の 15,000 時間に対し、電界放出型では 100 万ショットで同等と換算し、70 万ショットまで確認した。また、大電力型については設計検証において、ナノプローブと電源に各々改善を加えることで、加速電圧と管電流の実現可能性が示された。

3. 総合所見

小型 X 線源としては、「加速電圧 150kV、管電流 0.3mA、寿命 70 万ショット」まで確認し、寿命は現時点で 70%ではあるが、目標としたレベルはほぼ達成している。大電力型については顧客要求により仕様が大きく異なるため、「加速電圧 150kV、管電流 100mA」の実現可能性の検証にとどめた。

X 線管のガラス封止技術を持つ事業者が少なく、試作に時間を要したため開発は遅延した。このため製品化の目途はついたものの、量産レベルの見極めには至っておらず、量産に向けては、今後も電子管製造など周辺技術確立への注力が必要である。従来型 X 線源に対して具体的に優位性を示せることができれば、最適な用途確立から事業化の促進が図れると考える。

よって、本開発は目標通りの成果が得られ、事業化に至る可能性があると評価する。

以上