

## 研究成果（小テーマにつき2ページ以内でまとめてください）

|  |
|--|
| <p>サブテーマ名：5 電界電子放出型光源技術の開発<br/>小テーマ名：5-1 電界電子放出型光源技術の開発</p>  |
| <p>サブテマリーダー（所属、役職、氏名）<br/>（財）高知県産業振興センター 専門研究員 西村 一仁</p> <p>研究従事者（所属、役職、氏名）<br/>（財）高知県産業振興センター 主任研究員 笹岡 秀紀<br/>（財）高知県産業振興センター 研究員 加藤 策臣<br/>（財）高知県産業振興センター 研究員 大岡 昌洋</p>   |
| <p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>研究の概要<br/>本研究目的は、炭素系電子放出素子を用いた電界放出型光源（FEL: field emission lamp）の開発を行なうことにある。電界放出型光源の原理は、ブラウン管と同じカソードルミネッセンスによる発光を得るものであるが、電子放出源として熱フィラメントに代わって、トンネル効果を原理とする電界放出型素子（エミッタ）を使用することで平面型の高効率な光源とすることができる。FELは、蛍光灯などのほとんどの一般照明器具で使用されている水銀を使用しないため、次世代の一般照明器具として大きな市場が見込まれる。電界放出型光源の開発要素には1）電子放出素子、2）蛍光体、3）電子線引き出し電極構造、4）高圧電源、5）真空封止（脱ガス）がある。このうち1）、2）は材料開発が主軸となるため製造装置、製造設備をコア研究室、高知大学にて整え、開発ならびにサンプル提供を行なう。また、3）については、平成17年度に共同研究機関となった富士重工業（株）にて、供給されたサンプルを使用した電極構造を開発する。4）、5）に関しては、封止、電源回路に関する技術を持つ企業に委託することでガラス管封止された試作FELを完成させる。この試作FELの駆動実験を行なうことで、FELの基本性能とポテンシャルの実証的確認と、事業化に必要な生産技術開発にあたっての問題点の抽出を行なう。本事業の最終年度には、本事業によって得られたデータによりFELの事業化の可否を判断と事業化への枠組みの構築を行なう。</p> <p>研究の独自性・新規性<br/>研究グループでは、FEL用電子放出素子としてグラファイト系の電子放出材料であるカーボンナノウォール（CNW: Carbon nanowall）を技術シーズとして、より優れた電子放出源と、その生産方法についての研究を進めてきた。その過程で17年度に開発したナノダイヤモンド（ND: nano diamond）をCNW上に積層させたND/CNWエミッタの開発に成功した。このND/CNWエミッタは、閾値電界強度（電子放出密度1mA/cm<sup>2</sup>をもたらす電界強度）が0.9V/μm以下と世界でもトップレベルの優れた電子放出特性とダイヤモンドに由来する高い耐久性を持ち、おなじ電子放出素子材料であるカーボンナノチューブ（CNT: Carbon nanotube）に比べて高い耐久性を持っている。</p> <p>CNTを利用したFELの開発に着手し、電子線引き出し技術にアドバンテージをもっていた富士重工業（株）グループと平成17年度に共同研究契約を締結し、両者の技術を補完的に組み合わせることで、連続点灯が可能な面型FELの試作品を世界に先駆けて作ることに成功した。</p> <p>研究の目標（フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に）</p> <p>フェーズ<br/>・電子放出素子の高性能化を図り、1mA/cm<sup>2</sup>の電子放出をもたらす電界強度（閾値電界強度）が1V/μm以下、印加電界強度3V/μmにおいて電流密度を10mA/cm<sup>2</sup>の特性を達成する。<br/>・電子放出素子の成膜面積の大面积化、成膜の効率化<br/>・電子放出素子を用いた電界放出型蛍光管、面発光光源の原型開発</p> <p>フェーズ<br/>・フェーズにおいて開発した素子を用いた電界放出型光源の組立技術、真空封止技術を開発し、車載用面発光光源を試作する。</p> <p>フェーズ<br/>・FEL事業化のための新会社を立ち上げ、FELの商品見本の開発と生産ラインの構築を行なう。</p> |
| <p>研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）</p> <p>フェーズ<br/>フェーズの立ち上げ当初は、基盤設備の充実を図りながら、コア研究グループに技術シーズであったCNWの成膜技術の最適化を行なった。また、ワイヤ型CNWエミッタ利用したチューブ状FELの試作とその駆動方法について研究を行ない、得られた成果の権利化を行なった。また、それらの成果を、新たに電子放出素子の研究・販売を目的とする新会社ダイヤライトジャパン（株）へ移転した。</p> <p>フェーズ<br/>その後、CNW上に適正なND膜を積層させることで電子放出特性を向上させたND/CNWエミッタ</p>   |

の開発に成功した。ND/CNW エミッタは閾値電界強度が 0.9V/μm 以下で、10mA/cm<sup>2</sup> の電子放出 (@ 駆動電界強度 1.5V/μm 以下) にも堪える高い耐久性を備え、フェーズ における電子放出素子特性の目標値を大きく上回る特性を持つ。ただ、ND/CNW の開発当初は歩留まりに問題があったが、基板前処理技術の改善、分光的な基板温度、放射率計測法の開発、成膜装置の改良により安定な成膜方法の確立し、100mm×100mm のエリアで安定に成膜することが可能となった。また、それらの技術について権利化を行ない、新たに高知県内に設立された ND/CNW の生産会社である(株)ND マテリアルに技術供与を行なった。

フェーズ より引き続いて ND/CNW を利用した平面状 FEL 試作し、試作 FEL の運用試験によって、エミッタの成膜、利用方法についての問題点の抽出と改善を行なった。その過程で 17 年度に富士重工業(株)を共同研究機関として迎え、(財)高知県産業振興センターの技術と同社の技術を融合させることで、より安定性に優れた三極型(エミッタ、ゲート、蛍光板)FEL を開発した。この三極型 FEL の試作と評価を繰り返すことで、蛍光灯とほぼ同レベルの効率をもつ 2.5W クラスの FEL ランプの試作に成功している。また、この三極型 FEL において、封止管内にエミッタを複数配置することで、200×50mm の FEL を試作し、この手法で FEL を大型化できることを実証的に確認した。

#### フェーズ

本事業によって既存ランプに対する FEL の優位性を実証的に確認できたため、県内企業((株)山崎技研、(有)釜原鋳鋼所)と蛍光体、真空封止などの各要素技術を持つ会社の合同出資による FEL 製造、販売会社の平成 20 年内の立ち上げを検討している。

#### 主な成果

平成 16 年：CNW 成膜技術の民間移転      ダイアライトジャパン(株)設立  
 平成 18 年：ND/CNW 成膜技術の民間移転      (株)ND マテリアル設立  
 平成 20 年：高知県内企業と富士重工業(株)の FEL 関係グループと共同出資による FEL 製造会社を立ち上げる予定。  
 特許件数：37 件      査読論文数：16 件(高知大学との共著含む)      口頭発表件数：34 件

#### 研究成果に関する評価

##### 1. 国内外における水準との対比

ND/CNW エミッタは、電子放出特性においてラボレベルでの SWCNT (single wall CNT) のそれと同等であり、その耐久性においては、数分の電子放出で劣化が起こる SWCNT に対して、ND/CNW エミッタは数ヶ月の試作 FEL の運用実験において劣化が見られないことを確認できている。

##### 2. 実用化に向けた波及効果

ND/CNW の開発により、運用実験が可能な FEL を試作することが可能となった。これにより FEL のポテンシャルが実用化するに足るものであることが確認できたため、要素技術をもつ企業群が資本を出し合い、高知県に FEL 製造会社を立ち上げることが予定されている。

#### 残された課題と対応方針について

これまでの FEL の試作には、各要素技術について技術情報の開示が限定的なものであったことと、暫定的なパラメータに基づいての外部発注に頼っていた部分が多いため、試作 FEL の問題点の抽出と改善に限界あった。今後は、FEL 開発の拠点を、各要素技術をもつ企業の共同出資による会社に移し、すべての要素技術の開発を一体となっていくことで、2 年以内に、FEL の商品見本とその生産ラインを立ち上げる。

|                           | J S T 負担分(千円) |        |        |        |        |        |         | 地域負担分(千円) |        |        |        |        |        |         | 合計      |
|---------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
|                           | H 14          | H 15   | H 16   | H 17   | H 18   | H 19   | 小計      | H 14      | H 15   | H 16   | H 17   | H 18   | H 19   | 小計      |         |
| 人件費                       | 0             | 29,572 | 4,494  | 11,329 | 13,796 | 11,607 | 70,798  | 1,891     | 11,377 | 16,425 | 19,503 | 17,511 | 16,022 | 82,729  | 153,527 |
| 設備費                       | 14,962        | 44,699 | 1,958  | 44,117 | 19,647 | 2,572  | 127,955 | 0         | 0      | 0      | 2,821  | 0      | 0      | 2,821   | 130,776 |
| その他研究費<br>(消耗品費、<br>材料費等) | 0             | 5,179  | 12,722 | 11,270 | 10,719 | 10,210 | 50,100  | 1,053     | 7,730  | 10,112 | 12,592 | 6,566  | 6,286  | 44,339  | 94,439  |
| 旅費                        | 120           | 2,334  | 383    | 3,710  | 3,249  | 2,443  | 12,239  | 343       | 882    | 1,294  | 0      | 0      | 0      | 2,519   | 14,758  |
| その他                       | 366           | 98     | 329    | 1,265  | 633    | 1,194  | 3,885   | 0         | 5,048  | 5,147  | 0      | 0      | 0      | 10,195  | 14,080  |
| 小計                        | 15,448        | 81,882 | 19,886 | 71,691 | 48,044 | 28,026 | 264,977 | 3,287     | 25,037 | 32,978 | 34,916 | 24,077 | 22,308 | 142,603 | 407,580 |

#### 代表的な設備名と仕様 [既存(事業開始前)の設備含む]

J S T 負担による設備：炭素系エミッタ膜合成装置、アレー電極型 DC プラズマ CVD 装置  
 地域負担による設備：

複数の研究課題に共通した経費については按分する。