



ムーンショット目標 10

2050 年までに、フュージョンエネルギーの多面的な活用により、
地球環境と調和し、
資源制約から解放された活力ある社会を実現

実施状況報告書

2025 年度版

青紫色半導体レーザーによる
慣性核融合モジュールの構築

森 芳孝

株式会社 EX-Fusion



MOONSHOT
RESEARCH & DEVELOPMENT PROGRAM



【目 次】

青紫色半導体レーザーによる慣性核融合モジュールの構築	1
PM：森芳孝（株式会社 EX-Fusion 取締役ファウンダー）	
短パルス化・高電流密度化	3
課題推進者：宮嶋孝夫（名城大学 教授）	
縦積層化	5
課題推進者：竹内哲也（名城大学 教授）	
アレイ化・排熱設計	7
課題推進者：竹内哲也（名城大学 教授）	
波面制御	9
課題推進者：岩見健太郎（東京農工大学 教授）	
ビーム集光・統合	11
課題推進者：上原日和（核融合科学研究所 准教授）	

2025 年度研究開発プロジェクト実施報告書

ムーンショット型研究開発事業・目標 10

2050 年までに、フュージョンエネルギーの多面的な活用により、
地球環境と調和し、資源制約から解放された活力ある社会を実現

青紫色半導体レーザーによる慣性核融合モジュールの構築

PM：

森芳孝（株式会社 EX-Fusion 取締役ファウンダー）

1. 研究進捗状況と成果

初年度として、研究開発項目1「積層型青紫色半導体レーザー」を構成する5研究開発課題（短パルス化・高電流密度化、縦積層化、アレイ化・排熱設計、波面制御、ビーム集光・統合）の全てについて、必要な装置の手配、評価系の構築、シミュレーション環境の整備を完了し、第一世代パルス電源の全開発拠点配備を含む課題横断の共通評価基盤を整えた。

統合最小モジュールに至る段階的な統合マイルストーンと、対応するパッケージング工程の階段設計を整理し、各要素技術のタイミングを揃えたSGロードマップとして体系化した。課題横断の測定項目・評価指標の整理および評価体制の構築については、次年度以降の本格運用に向けた準備に着手した。

プロジェクト運営会議体を定期開催してガバナンスを確立し、プロジェクト紹介HPおよび紹介動画の公開等の広報を推進した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

1-1) 短パルス化・高電流密度化（宮嶋 PI）：第一世代パルス電源試作機を完納し全開発拠点へ配備、ナノ秒パルス駆動評価の共通基盤を確立。青紫色 VCSEL の組立・実装指針を文書化。

1-2) 縦積層化（竹内 PI）：複数段積層 LED で光出力の段数比例則と再現性を確認、より多段の試作結果から飽和要因が発熱主導であることを実証し、排熱設計の強化が鍵となる設計指針を明確化。

1-3) アレイ化・排熱設計（竹内 PI）：実測整合の熱シミュレーションモデルを構築、簡易な素子表面側排熱構造の導入によりアレイ素子温度上昇を大幅に抑制できる設計見通しを獲得。

1-4) 波面制御（岩見 PI）：シングルモードからマルチモードまで広範な動作モードで代替 VCSEL のビームパラメータを取得、多点・多層発光に対応するメタレンズの設計パラメータを確立。

1-5) ビーム集光・統合（上原 PI）：レンズ曲面最適化プログラムと光線追跡シミュレーションを連携した設計環境を構築、外部研究機関の微細加工環境による試作着手の道筋を確定。

1-6) PM マネジメント・広報：

SG に至る統合マイルストーンと要素技術同期を整理した SG ロードマップを策定。

プロジェクト運営会議体（運営・進捗・知財）を定期開催。

プロジェクト紹介 HP (<https://ms10-sparkle.jp>) および、

紹介動画 YouTube 公開 (https://www.youtube.com/@ms10_mori)。

2) 代表的な論文

なし

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

【ムーンショット型研究開発事業・目標 10

2050 年までに、フュージョンエネルギーの多面的な活用により、
地球環境と調和し、資源制約から解放された活力ある社会を実現
・青紫色半導体レーザーによる慣性核融合モジュールの構築】

【短パルス化・高電流密度化】

課題推進者：

宮嶋孝夫（名城大学 教授）

1. 研究進捗状況と成果

研究状況について：

- ①近赤外 VCSEL を用いたナノ秒光パルスの発生系およびその評価系を構築した。
- ②青紫色 VCSEL を製造する後工程を以下の 4 つの工程に分割。基板薄膜化、無反射コート形成、チップ化、サブマウントを使った組立（ダイボンド）・金ワイヤ配線・封止。更に各工程を再現性良く確実に実施できる最適ベンダーを選定し、条件だしを開始するとともに、本内容を文書化した。
- ③第一世代パルス電源の仕様を確定して試作発注を完了し、試作機を各開発拠点へ配備した。試作機のピーク電流は、目標値 1A を上回り、5A を超えた。

成果について：最適ベンダーを組み合わせた後工程のサプライチェーンを整備し、デバイス設計に基づいた青紫色 VCSEL を再現よく製造できる基盤技術を整えた。また、ナノ秒光パルスの発生・評価系及び第一世代パルス電源を用意し、製造した青紫色 VCSEL の性能評価を行う準備を整えた。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

成果について：

青紫色 VCSEL の後工程の設計・サプライチェーンの整備を行った。これにより、青紫色 VCSEL 製造後のナノ秒パルス駆動下での光パルス測定とともに、目的に応じた効果の評価（サブマウント設計およびジャンクションダウン実装による活性層温度抑制効果）に着手可能な体制が整った。

2) 代表的な論文

なし

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

【ムーンショット型研究開発事業・目標 10

2050 年までに、フュージョンエネルギーの多面的な活用により、
地球環境と調和し、資源制約から解放された活力ある社会を実現
・青紫色半導体レーザーによる慣性核融合モジュールの構築】

【縦積層化】

課題推進者：

竹内哲也（名城大学 教授）

1. 研究進捗状況と成果

研究状況について：

- ①低段数積層 LED で光出力の段数比例の再現性を確認するとともに、より多段の試作・解析から、構造劣化ではなく発熱が支配的要因であるとの技術的仮説と検証計画を整理した。
- ②縦積層構造の結晶成長・デバイスプロセス・評価手順を標準化し、トンネル接合の成長条件移設を含めて次年度の多段 VCSEL 実証に向けた基盤を整備した。
- ③高段数構造に適用すべき電流経路制御手法について加工技術の検証準備を進めた。
- ④パルス駆動 VCSEL 評価装置の仕様を確定し、発注を完了した。

成果について：

低段数領域での光出力比例則と再現性の確立、高段数領域における飽和要因の発熱主導としての特定、および次年度実証に向けた評価基盤の整備を達成した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

成果について：

複数段積層 LED において光出力の段数比例則と再現性を確認するとともに、より多段の試作結果から飽和要因が発熱であることを実証的に示した。

次年度以降の VCSEL 縦積層化において、結晶品質ではなく排熱設計の強化が鍵となる指針が明確化された。

2) 代表的な論文

なし

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

【ムーンショット型研究開発事業・目標 10

2050 年までに、フュージョンエネルギーの多面的な活用により、
地球環境と調和し、資源制約から解放された活力ある社会を実現
・青紫色半導体レーザーによる慣性核融合モジュールの構築】

【アレイ化・排熱設計】

課題推進者：

竹内哲也（名城大学 教授）

1. 研究進捗状況と成果

研究状況について：

- ①アレイ構造のマスクおよびプロセスフローを確定し、低駆動電圧を実現する電極設計の標準化を進めて試作に着手した。
- ②LED アレイの実測データと整合する熱シミュレーションモデルを構築し、ピッチ依存性と大規模アレイへの展開則を導出のうえ、目標熱抵抗の達成に向けた素子表面側排熱構造の構造検討を開始した。
- ③表面排熱構造導入に必要な金メッキ装置の仕様を確定し、発注を完了した。

成果について：

実測整合の熱モデルを構築し、表面側排熱構造によるアレイ温度抑制設計の見通しを獲得した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

成果について：

熱クロストークを取り込んだ熱シミュレーションモデルを実測データで校正し、簡易的な素子表面側排熱構造の導入により、アレイ素子の温度上昇を大幅に抑制できる見通しを得た。次年度以降の大規模アレイ化に向けて、目標熱抵抗達成への現実性を示すものである。

2) 代表的な論文

なし

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

【ムーンショット型研究開発事業・目標 10

2050 年までに、フュージョンエネルギーの多面的な活用により、
地球環境と調和し、資源制約から解放された活力ある社会を実現

・青紫色半導体レーザーによる慣性核融合モジュールの構築】

【波面制御】

課題推進者：

岩見健太郎（東京農工大学 教授）

1. 研究進捗状況と成果

研究状況について：

①メタレンズ設計に必要な青紫色 VCSEL のビームパラメータ（発散角、 M^2 等）について、本プロジェクトで製作予定の素子と同等のパッケージ構成を持つ市販可視-赤外 VCSEL を代替光源として選定・評価系を構築し、シングルモードからマルチモードまでの広範な動作モードでパラメータを取得した。

②目標集光性能を実現するメタレンズの設計・作製環境として、波動光学的シミュレーション環境および誘電体材料のエッチング加工環境を整備し、試作に着手した。

成果について：

代替 VCSEL によるビームパラメータ取得と、マルチモード波面の整形を担うメタレンズ設計および作製プロセス環境の構築を達成した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

成果について：

シングルモードからマルチモードまでの広範な動作モードにおいて、代替 VCSEL のビームパラメータを実測し、多点・多層発光に対応するメタレンズの設計パラメータを確立した。これに基づき、波動光学的シミュレーションによるメタ原子設計と作製プロセス環境の構築まで進めた。

2) 代表的な論文

なし

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

【ムーンショット型研究開発事業・目標 10

2050 年までに、フュージョンエネルギーの多面的な活用により、
地球環境と調和し、資源制約から解放された活力ある社会を実現
・青紫色半導体レーザーによる慣性核融合モジュールの構築】

【ビーム集光・統合】

課題推進者：

上原日和（核融合科学研究所 准教授）

1. 研究進捗状況と成果

研究状況について：

- ①マイクロレンズアレイの基本設計（材料・曲率・ピッチ）のための環境として、有限要素解析ソフトウェアによる光線追跡解析環境を整備した、さらに、AI を活用し、任意の光源強度プロファイルに対応するレンズ曲面最適化プログラムを作成し、シミュレーションと構造最適化の両者を連携した設計フローを構築した。試作については外部研究機関の微細加工環境を活用し、マスクレス露光（グレースケール露光）方式にて敢行する方針を決定し、着手の道筋を確定した。
- ②集光・統合試験に必要な光学ベンチ、ビーム伝搬計測、波面センサーを含む基礎測定系を整備し、波面制御課題の測定系との互換性を確保した。
- ③ポスドクおよび特命専門員を確保し、次年度以降の統合試験に向けた人的体制を整えた。

成果について：設計・最適化・測定環境の三位一体で、マイクロレンズアレイの設計から試作までのフローを確立した。

2. 代表的な成果事例

1）目標達成に最も寄与する成果

成果について：

任意の VCSEL 光源プロファイルに対しレンズ曲面を最適化するプログラムと、光線追跡シミュレーションを連携した設計環境を構築した。外部研究機関の微細加工環境による非球面加工で試作着手の道筋を確定し、設計→試作→評価のフローを次年度の集光光学系構築に向けて整備した。

2）代表的な論文

なし

3）代表的な特許

なし