

## 平成 2 2 年度実施方針

機械システム技術開発部

1. 件名：プログラム名     ロボット・新機械イノベーションプログラム  
      (大項目)     「高出力多波長複合レーザー加工基盤技術開発プロジェクト」

2. 根拠法：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 1 5 条第 1 項第 2 号

### 3. 背景及び目的・目標

#### (1) 研究開発の目的

我が国におけるものづくりは、高精度・高効率の加工技術と高度な材料技術等に支えられ、タクトタイムの短縮、省エネ・省資源の実現等により、製造コストを抑制し、国際競争力のある商品を生み出している。最近では、低炭素社会の実現に向けた次世代製品の軽量化、高強度化、高機能化に対応した次世代加工技術の必要性が年々高まっている。一方で、従来加工技術のブレークスルーとしてかつ先進材料の非接触、高品位、高速加工を実現する技術として、レーザー加工技術が急速な進展を見せており、これまでの生産技術を革新する新しい基盤技術となりつつある。しかしながら、2001 年度以降、我が国においてレーザー技術に関する国家プロジェクトが実施されてこなかった一方で、欧米では大規模な国家支援が継続されており、こうした背景を受けて、レーザー技術の最先端領域であり市場拡大が著しい半導体ファイバーレーザーの分野を欧米に席卷されているのが現状である。低炭素社会に資する次世代製品の実現に先進的な我が国ユーザー企業は、レーザー加工装置を海外から調達して、先進材料の新しい加工技術の開発に着手しているものの、装置の導入コスト高、メンテナンスサービスの遅延やコスト高、ブラックボックス化等により、安心して開発が進められないだけでなく、その導入競争においても海外ライバル企業から遅れをとる懸念が生じている。

そこで本プロジェクトでは、我が国におけるレーザー技術を集積することによって高出力・高品位半導体ファイバーレーザー技術の開発を推進し、他国に先駆けて革新的なものづくり基盤技術として、軽くて強いが加工難易度が極めて高い炭素繊維複合材料等の先進材料の加工や、次世代製品の短時間で高品質な低コスト製造を実現する加工技術の確立を目指す。これにより本プロジェクト成果を活用した半導体ファイバーレーザー及びそれを搭載したレーザー加工機の実用化・事業化が見込まれ、レーザー加工機の国内市場を獲得したと想定した場合、約 2,300 億円の市場が期待される。なお、本プロジェクトは、我が国のものづくりを支えるコア技術の国際競争力強化を図る「ロボット・新機械イノベーションプログラム」の一環として行う。

#### (2) 研究開発の目標

(最終目標) 平成 2 6 年度

本プロジェクトでは、次の①～③の 3 項目を最終目標とし、各項目間で連携しながら、「ユーザーニーズに適応した」かつ「国際競争力のある」高出力・高品位の半導体ファイバーレーザー発

振技術及びそれを利用した加工技術を開発するとともに、次世代製品に向けたレーザー加工の基盤技術を確立する。

#### 研究開発項目①「レーザー高出力化技術の開発」

##### 1) 半導体レーザーの高出力化技術、低コスト化技術の開発

・波長 : 近赤外帯 (研究開発項目②のレーザー励起に適していること)

・シングルエミッタ

出力	:	20 W
電気-光変換効率	:	65%
信頼性 (寿命)	:	50,000 時間以上

・アレイ

出力	:	300 W
電気-光変換効率	:	60%
信頼性 (寿命)	:	50,000 時間以上

※アレイにおいて自動組み立てが可能であること。

##### 2) 半導体レーザーのファイバーカップル技術の開発

・シングルエミッタ

ファイバー結合効率 (ファイバーコア径 105  $\mu$  m、NA0.15 相当) : 90%以上

・アレイ

ファイバー結合効率 (ファイバーコア径 105  $\mu$  m、NA0.15 相当) : 70%以上

#### 研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」

加工目的に適した下記のような性能を達成する一つ又は複数のレーザーを開発すること。

##### 1) ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発

- ・基本波長 : 1  $\mu$  m 帯
- ・ビーム品質 : シングルモード、 $M^2 < 1.5$
- ・平均出力 : 10 ~ 200 W
- ・パルス幅 : 0.5 ~ 200 ns
- ・周波数 : 1~1000 kHz

上記1)の最終目標は下記条件を満たすことが必須である。ただし、パルスレーザー増幅 (ブースター) を用いずに下記2)の最終目標が達成できるのであればこの限りではない。

※ブースターの種光として使用できること。ただし、ブースターを用いなくても開発項目③で使用できる場合は、種光として使用できなくても良い。

※開発項目③「多波長複合加工技術の開発」で使用でき、かつパルス波形制御ができること。

##### 2) パルスレーザー増幅 (ブースター) 技術の開発

- ・基本波長 : 1  $\mu$  m 帯
- ・平均出力 : 1 ~ 2 kW
- ・パルス幅 : 0.5 ~ 100 ns
- ・周波数 : 1~150 kHz

※開発項目③「多波長複合加工技術の開発」で使用できるコヒーレンス制御が可能であること。

### 3) 高出力波長変換技術の開発

- ・kW 級基本波パルス光に対して、基本波から 2 倍高調波への変換効率：30%以上
- ・kW 級基本波パルス光に対して、基本波から 3 倍高調波への変換効率：10%以上

## 研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」

### 1) 切断接合技術の開発

- ・切断および接合加工速度：6m/min 以上（大型部材として 1m 級サイズ以上、中型・小型部材として 50cm 級サイズ以上の CFRP 基材に対して、基材厚み 3mm 以上）
- ・加工品位
  - 切断：切断面において反応層の厚みが 100  $\mu$ m 以下
  - レーザー切断処理試料の引張り強度を 10%未満の低減に抑制
  - 接合：CFRP と金属板との接合において、凝集剥離で引張りせん断強度 100 MPa 以上

### 2) 表面処理技術の開発

- ・ワイドビーム：幅 500 mm 以上、集光幅 40  $\mu$ m 程度（FWHM）@グリーンレーザー
- ・ビーム照射不均一性： $\pm 7\%$ 以内（平均強度分布）
- ・ビーム測定精度： $\pm 2\%$ 以内
- ・測定空間分解能：5  $\mu$ m 以下

### 3) 粉末成形技術の開発

- ・成形精度の向上と高速化
  - 成形精度： $\pm 0.1$  mm（100 mm サイズ基準パーツ）
  - 成形時間：16 時間以内（高さ 100 mm サイズ基準パーツ）
  - 引張り強度：チタン合金 840 MPa 以上（生体部品用途）

（中間目標）平成 24 年度

## 研究開発項目①「レーザー高出力化技術の開発」

### 1) 半導体レーザーの高出力化技術、低コスト化技術の開発

- ・波長：近赤外帯（研究開発項目②のレーザー励起に適していること）
- ・シングルエミッタ

出力	:	15 W
電気－光変換効率	:	60%
信頼性（寿命）	:	20,000 時間以上

- ・アレイ

出力	:	200 W
電気－光変換効率	:	55%
信頼性（寿命）	:	20,000 時間以上

※アレイにおいて自動組み立てが可能であること。

## 2) 半導体レーザーのファイバーカップル技術の開発

- ・シングルエミッタ

ファイバー結合効率（ファイバーコア径 105  $\mu$  m、NA0.15 相当）： 80%以上

- ・アレイ

ファイバー結合効率（ファイバーコア径 105  $\mu$  m、NA0.15 相当）： 60%以上

## 研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」

### 1) ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発

- ・基本波長：1  $\mu$  m 帯
- ・ビーム品質：シングルモード、 $M^2 < 1.5$
- ・平均出力：5 ~ 100 W
- ・パルス幅：0.5 ~ 200 ns
- ・周波数：1~1000 kHz

上記1)の最終目標は下記条件を満たすことが必須である。ただし、パルスレーザー増幅（ブースター）を用いずに下記2)の最終目標が達成できるのであればこの限りではない。

※ブースターの種光として使用できること。ただし、ブースターを用いなくても開発項目③で使用できる場合は、種光として使用できなくても良い。

※開発項目③「多波長複合加工技術の開発」で使用でき、かつパルス波形制御ができること。

### 2) パルスレーザー増幅（ブースター）技術の開発

- ・基本波長：1  $\mu$  m 帯
- ・平均出力：200 ~ 700 W
- ・パルス幅：0.5 ~ 100 ns
- ・周波数：1~150 kHz

※開発項目③「多波長複合加工技術の開発」で使用できるコヒーレンス制御が可能であること。

### 3) 高出力波長変換技術の開発

- ・数百 W 級基本波パルス光に対して、基本波から 2 倍高調波への変換効率：20%以上
- ・数百 W 級基本波パルス光に対して、基本波から 3 倍高調波への変換効率：6%以上

## 研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」

### 1) 切断接合技術の開発

- ・異なる発振形式及び波長のレーザーを用いた複合レーザー照射方法を確立すること。
- ・複合レーザー照射による加工メカニズムを明確にしつつ、加工プロセスを最適化すること。
- ・複合レーザー照射を可能とする光学系、及びリモート加工が可能な加工ヘッドを設計すること。
- ・レーザー加工試料の評価技術を構築すること。

### 2) 表面処理技術の開発

- ・高精度加工された異形レンズ類を用いた高度ホモジナイズ技術（基礎ホモジナイズ光学系技術）とワイドビーム整形光学系技術を開発するとともに、光学シミュレーション技術を確立

すること。

- ・大型異形光学部品の研磨加工技術を開発すること。
- ・ワイドビームの形状の評価、及び照射均一性を確保するためのビームプロファイラーを開発すること。

### 3) 粉末成形技術の開発

- ・真空下においても動作可能な粉末焼結積層造形機構を開発すること。
- ・異なる発振形式のレーザーを用いた複合レーザー照射方法を確立すること。
- ・複合レーザー照射による粉末積層造形メカニズムを明確にしつつ、加工プロセス（照射条件、予備加熱条件）を最適化すること。
- ・レーザー加工試料の評価技術を構築すること。

## 4. 事業内容

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）がプロジェクトリーダーを指名し、以下の研究開発を実施する。実施体制については、別紙を参照のこと。

### 4. 1 平成22年度（委託または共同研究）事業内容

#### 研究開発項目①「レーザー高出力化技術の開発」

##### （1）半導体レーザーの高出力化技術、高信頼化技術の開発

発熱抑制について、結晶成長技術及び作製プロセスの開発を行うとともに、従来構造に比べ、飛躍的な高出力化を図るための結晶構造、新規素子構造、作製プロセスの検討等を行う。排熱について、これまで培った従来型の放熱技術を取り入れるとともに、最適化を図る。

##### （2）半導体レーザーのファイバーカップル技術の開発

素子の配置設計、光ファイバー構造の検討を行い、半導体レーザーから発生させたレーザー光を無駄なく光ファイバーに伝送出来る技術を開発する。また、高速調心ソフトの開発を行い、精密自動制御技術を採用した半導体レーザー製造プロセスを確立する。

#### 研究開発項目② レーザー高品位化技術の開発

##### （1）ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発

任意のパルス波形の発生が可能な光源とパルス波形整形された光をファイバー増幅し、所望のパワーまで出力を向上させる機能を有するレーザーを開発する。また、任意波形制御パルスファイバーレーザー光源出力をパルスレーザー増幅器（ブースター）で増幅出来得る出力まで高めるための希土類元素添加レーザー用ファイバーで構成されるファイバーアンプの開発を行う。

##### （2）パルスレーザー増幅（ブースター）技術の開発

ファイバーレーザーからの出力を増幅するための増幅器（半導体レーザー励起セラミック近赤外固体レーザー増幅器等）を開発する。具体的には、半導体レーザーモジュールの高輝度化による強励起密度の実現、新たなセラミックレーザー技術の開発、十分な冷却性能を有する増幅器構

造、及びコンパクトな多重パス増幅光路の設計を行う。

### (3) 高出力波長変換技術の開発

波長変換結晶により高出力レーザー光（基本波）を2倍高調波及び3倍高調波に高効率変換するための技術開発を行う。具体的には、変換効率向上のために、波長変換結晶のマウント技術、冷却方式の最適化技術等の温度分布制御技術の開発を行う。

## 研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」

### (1) 切断接合技術の開発

異なる発振形式及び波長のレーザーを用いた複合レーザー照射が可能な高速掃引リモート加工ヘッドの開発、複合レーザー照射用加工ヘッド可動部の軽量化と高剛性化、ならびに、高速高精度にワークと加工ノズルのギャップを一定に保つ高速倣い技術の開発を行う。また、複合レーザー照射による高品位・高速加工を実現するための高速走査重畳照射技術の開発、ならびに、加工メカニズム明確化及び加工プロセス最適化のためのインプロセスモニタリング技術の開発を行うとともに、レーザー照射時の反応層形成を極力低減する材料構造の最適化、レーザー加工試料の特性評価手法の開発を行う。

### (2) 表面処理技術の開発

フラットパネルディスプレイ、薄膜系太陽電池等デバイスにおける大面積アモルファスシリコン基板のポリシリコン化を可能にする高品位なレーザー表面処理技術を開発する。具体的には、照射均一性を目的とした高度ホモジナイズ技術及びワイドビーム整形光学系技術の開発を行う。また、大型異形レンズの研磨加工におけるレンズ表面の表面粗さ低減を実現するため、研磨機器剛性の検討及び広域軸出し技術の開発を行うとともに、ワイドビームの形状・照射均一性を評価するためのビームプロファイラーの開発を行う。

### (3) 粉末成形技術の開発

真空下において動作可能な粉末供給システムや積層システムを開発し、真空チャンバ型の粉末焼結積層造形技術及び基本プラットフォームの開発を行う。基本プラットフォームの開発では、パルスファイバーレーザーに適した光学系システムや効率的なレーザー照射のための予備加熱機構の検討を行うとともに、内部残留応力を軽減するレーザー照射パターンの検討を行う。

## 4. 2 平成22年度事業規模

一般勘定 665百万円（新規）

（注）事業規模については、変動があり得る。

## 5. 事業の実施方式

### 5. 1 公募

研究開発項目①～③の実施者の公募を実施する。

(1) 掲載する媒体

「NEDOホームページ」及び「e-Rad ポータルサイト」に掲載する。

(2) 公募開始前の事前周知

公募開始の1ヶ月前にNEDOホームページで行う。本事業は、e-Rad 対象事業であり、e-Rad 参加の案内も併せて行う。

(3) 公募時期

平成22年3月に実施する。(1回)

(4) 公募期間

公募開始から原則30日間以上とする。

(5) 公募説明会

関東、関西で1回ずつ開催する。(計2回)

## 5. 2 採択方法

(1) 審査方法

- ・ e-Rad システムへの応募基本情報の登録は必須とする。
- ・ 実施者の選定・審査は、公募要領に合致する応募を対象にNEDOが設置する審査委員会（外部有識者で構成）で行う。審査委員会（非公開）は、提案書の内容について外部専門家（学識経験者、産業界の経験者等）を活用して行う評価（技術評価及び事業化評価）の結果を参考にし、本事業の目的の達成に有効と認められる実施者を選定した後、NEDOはその結果を踏まえて実施者を決定する。
- ・ 申請者に対して、必要に応じてヒアリング等を実施する。
- ・ 審査委員会は非公開のため、審査経過に関する問合せには応じない。

(2) 公募締切りから採択決定までの審査等の期間

公募開始から45日以内とする。

(3) 採択結果の通知

採択結果については、NEDOから申請者に通知する。なお不採択の場合は、その明確な理由を添えて通知する。

(4) 採択結果の公表

採択案件については、申請者の名称、研究開発テーマの名称・概要を公表する。

## 7. その他重要事項

### (1) 評価

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等の観点から、推進委員会等で各研究開発内容について内部評価を実施する。

### (2) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、外部有識者の意見を運営管理に反映させるほか、プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

### (3) 複数年度契約の実施

平成22～24年度の複数年度契約とする。

## 6. スケジュール

平成22年3月4日	部長会（基本計画、実施方針）
3月9日	運営会議
3月下旬	公募開始
4月上旬	公募説明会（川崎、大阪）
5月上旬	公募締切り
6月中旬	契約・助成審査委員会
6月中旬	採択決定

## 7. 実施方針の改訂履歴

(1) 平成22年3月、制定。