

(ロボット・新機械イノベーションプログラム)
「次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト」基本計画

ロボット・機械システム部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

本事業は、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。）において、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目的とした「ロボット・新機械イノベーションプログラム」の一環として実施するものとする。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。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り、特に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として期待されている。

②国内外の状況

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、欧米では莫大な開発予算による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取り組みを行う我が国企業は、レーザー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。

③本事業のねらい

本事業では、今後大きな市場の成長が期待されるファイバーレーザーの分野において我が国の競争力を高めることを目的に、ファイバーレーザーを用いた新たな加工領域を開拓することとし、自動車用として拡大が見込まれる炭素繊維複合材料（CFRP）を対象としたファイバーレーザー加工技術、粉末成型技術を開発する。また、今後の需要の伸びが期待させる高精細ディスプレイ等の表面処理について、当該市場での我が国の競争力確保のため、既存のレーザー技術を凌駕する新しいレーザー用いた加工技術を開発する。

④本事業のアウトカム

これらの取り組みにより、例えば高出力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普及が見込まれ、2030年に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2,200億円の市場が期待される。

(2) 研究開発の目標

本事業では、「ユーザーニーズに適応した」かつ「国際競争力のある」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。

具体的な目標としては、プロジェクト終了時において（別紙 1）研究開発計画の研究開発項目の①から③の最終目標を達成することとする。

（3）研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について各項目間の連携にも配慮しながら、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業であり、原則、委託事業として実施する。ただし、上記以外のもの^(※1)は、共同研究事業（NEDO負担率：2/3）として実施する。

※1 民間企業単独、民間企業のみでの連携、大学等の単独等、産学官連携とならないもの。
[委託事業、（共同研究事業（NEDO負担率：2/3））]

- 1 CFRP 切断加工技術の開発
- 2 大面積表面処理技術の開発
- 3 粉末成形技術の開発

2. 研究開発の実施方式

（1）研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDOが単独ないし複数の企業、大学等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。）から公募によって研究開発実施者を選定後、必要に応じて共同研究契約等を締結する研究体を構築し、委託（または、共同研究）して実施する。

共同研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体にはNEDOが委託先決定後に委嘱する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

本研究開発の実施にあたっては、NEDOが研究開発の進捗を見ながら積極的に関与して推進する。

（2）研究開発の運営管理

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。また、外部有識者の意見を運営管理に反映させる。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成22年度から平成26年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

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、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成24年度、事後評価を平成27年度に実施し、中間評価結果を踏まえ、必要に応じその結果を後年度の研究開発に反映することとする。なお、平成26年度までの各年度中に推進委員会等で各研究開発内容を評価し、必要に応じ、プロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状

況に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 成果の取扱い

①成果の普及

得られた研究成果については、可能な限り、保有する特許等の活用も含め、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。

②成果の産業化

- a) 実施者は、本研究開発から得られる研究開発成果の産業面での着実な活用を図るため、本研究開発の終了後に実施すべき取組のあり方や研究開発成果の産業面での活用のビジネスモデルを本研究開発の目的・目標に沿って立案するとともに、立案した取組のあり方とビジネスモデルについて、研究開発の進捗等を考慮して、本研究開発期間中に必要な見直しを行う。
- b) 実施者は、上記 a) で立案した取組とビジネスモデルを本研究開発終了後、実行に移し、成果の産業面での活用に努めるものとする。

③知的財産権の帰属

委託研究開発（および共同研究）の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて受託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、産業技術政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号ハに基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 平成22年3月、制定。
- (2) 平成23年3月、研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」の中間目標の変更により、改訂
- (3) 平成24年3月、平成24年度の勘定の一般会計から特別会計への変更に伴い、プロジェクト名称改訂
- (4) 平成25年2月、中間評価反映等に伴う、研究内容の見直しによる改訂
- (5) 平成26年4月、組織改編に伴う部署名の変更

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目 1 「CFRP 切断加工技術の開発」

1. 研究開発の必要性

CFRP(炭素繊維強化複合材料)等の複合材料は、自動車・航空機等の輸送機器の抜本的軽量化技術として期待されている。CFRPの切断において、ウォータージェットやミリング機械加工が用いられているが、素材構造の破壊や剥離等の障害が発生するため加工品質が不十分であるばかりでなく、量産に耐えうる生産性の達成が極めて困難である。

一方、現在の加工技術を代替する技術として、金属等の切断、溶接に用いられてきた近赤外～赤外域の連続発振レーザーの適用が試みられているが、低融点材料と高融点材料が混在している複合材料では熱的変性の問題が大きく実用化は困難である。

このためCFRPの本格的な導入・普及に向けて、複合材料の高加工品質と高生産性を両立する新しい加工技術の開発が喫緊の課題となっている。

そこで、CFRPの加工品質が主にレーザーパルスの諸特性(波長、パルス幅、パルスエネルギー、集光スポットサイズ)に依存し、加工速度が平均出力(パルスエネルギー×繰り返し周波数)に依存することに着目し、複合材料の高加工品質と高生産性の両立を実現する高品位・高出力パルスレーザーを用いた加工技術を実現する。

そのため、高品位・高出力パルスレーザーの開発、CFRP高速切断システム技術の開発を行うとともに、これを加工システムとして統合し、将来のCFRP加工機設計・開発に必要な、様々なCFRP材料に対する加工条件(パラメーター)を獲得する。

2. 研究開発の具体的内容

(1)高品位・高出力パルスレーザーの開発

①パルスレーザー高品位・高出力化技術の開発

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により増幅し所望のパワーまで出力を向上させる技術を開発する。

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kWクラスまで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。また、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。

②励起用半導体レーザー技術開発

ファイバーレーザーの更なる高性能化、低コスト化のためには、励起用半導体レーザーの高出力化、高効率化、高信頼性が不可欠である。このため、高出力領域での効率と信頼性を両立した高出力半導体レーザー及び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。

(2)CFRP加工技術の開発

①CFRP高速切断技術の開発

高品位・高速加工を実現する高速走査重畳照射技術の開発、複合レーザー照射によるリモート加工が可能な複合レーザー加工ヘッドの開発を行う。また、可動部の軽量化と高剛性化ならびに高速倣い技術の開発を行う(高速倣い技術:ワークと加工ノズルのギャップを一定に保つ技術)。

②CFRP 加工プロセス・評価技術の開発

CFRP 加工プロセスの最適化のため、インプロセスモニタリング技術、レーザー照射時の反応層（熱損傷層）を極力低減する材料構造の最適化及び加工後試料の特性評価手法を確立する。また、様々な CFRP 材料に対する加工条件（パラメータ）を確立する。

(3)パルスレーザーCFRP 用加工システムの開発

高品位・高出力パルスレーザーと CFRP 加工技術を統合した加工システムを開発し、CFRP の高品位・高速加工技術を確立する。

3. 達成目標

最終目標（平成26年度）

各種 CFRP 材の切断加工の適否等について系統的な加工データを取得し、代表的な材料を対象に、以下の加工条件品位が可能な CFRP 加工(切断)装置のグランドデザインを完成させる。

- ・ 切断加工速度：6 m/min 以上
- ・ 加工品位：切断面において反応層の厚みが 100 μm 以下。
(基材厚み 3 mm 以上)

【参考：高品位・高出力パルスレーザーに係る技術目標】

- ① パルスレーザー高品位・高出力化技術の開発
 - ・ ビーム品質：シングルモード、 $M^2 = 2-3$
 - ・ 平均出力：1.5kW 程度（1 μm 帯）
 - ・ 周波数：75-1000 kHz
 - ・ パルス幅：サブナノ秒 ~ 10 ns の範囲で選択
- ② 励起用半導体レーザー技術開発
 - ・ シングルエミッタ：出力 20W、電気-光変換効率 65%、素子信頼性(寿命) 20,000 時間以上、ファイバー結合効率 90%以上（ファイバーコア径 105 μm 、NA0.15 相当）
 - ・ アレイ：出力 300 W、電気-光変換効率 60%

4. 特記事項

- (1) 社会情勢の変化、他国の動向等を踏まえ、必要に応じて目標の見直しを行うこととする。
- (2) 開発する加工システムによる実証研究の結果を随時フィードバックしつつ研究開発を実施する。実証研究にあっては、成果の有効性を検証できるユーザー機関を協力機関として確保する。

研究開発項目2 「大面積表面処理技術の開発」

1. 研究開発の必要性

低温ポリシリコン (LTPS) による薄膜トランジスタ (TFT) を用いた、液晶 (LCD) や有機発光ダイオード (OLED) は、高精細、高画質なフラットパネルディスプレイとして注目されており、特に中小型ディスプレイを中心に、今後その市場が大きく成長すると期待されている。この低温ポリシリコン TFT の製造を支える重要な工程が、アモルファスシリコン膜を低温ポリシリコン膜に改質するレーザーによる表面処理 (アニール) であり、現状ではエキシマレーザーを用いた装置により処理が行われている。

エキシマレーザーによるアニール装置は、レーザー発振管・光学部品の活性ガスによる損傷と活性ガス純度の劣化があり、日常的なメンテナンスが必要不可欠であり、ランニングコスト増にもなっている。このため、動作が安定で、取扱いが容易な固体レーザー装置が求められているが、産業用として求められる処理を行うためには出力が十分で無いといった課題がある。

このため、優れた安定性を持つ大出力固体レーザーと、これを用いた表面処理装置を開発し、実用化レベルで検証を行う。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 高度均質幅広ビーム整形技術の開発

レーザー照射強度分布は LTPS の電気特性に影響を与えることから、レーザー照射の均一性向上を目的とした高度均質化技術と、幅広ビーム整形のための光学系技術を開発する。

(2) 高精度ビーム評価技術の開発

整形される高度なワイドビームの品質を評価するため、ビーム全域に渡り、ビームの集光性、輝度分布、パターンを高速、高分解能で診断する技術を開発する。

(3) 固体レーザー利用大面積表面処理装置の開発

開発した高出力固体レーザーを用いた表面処理装置を開発し、これを用いた実ビームの照射による実証研究により、低温ポリシリコン成膜のための表面処理技術を確立する。

3. 達成目標

最終目標 (平成26年度)

開発した固体レーザー加工システムにより、幅 500mm 以上の表面処理を実現する。この際、ビームの目標は以下のとおりとし、表面処理後の LTPS の性能、処理速度については、ユーザーの要望に即したものとする。

- ・ビーム幅：幅 500 mm 以上、集光幅 20 μ 以内 (グリーンレーザーによる)
- ・ビーム照射不均一性： $\pm 7\%$ 以内 (平均強度分布)

4. 特記事項

- (1) 社会情勢の変化、他国の動向等を踏まえ、必要に応じて目標の見直しを行うこととする。
- (2) 開発する加工システムによる実証研究の結果を随時フィードバックしつつ研究開発を実施する。実証研究にあっては、成果の有効性を検証できるユーザー機関を協力機関として模索する。
- (3) 開発した高出力固体レーザーについては、実証研究を通じて、実用化に向けた信頼性確保に努める。

研究開発項目3 「粉末成形技術の開発」

1. 研究開発の必要性

省エネルギー・省資源の観点から、少量多品種生産の需要が年々高まっているなか、従来の鋳造法に替わる技術として積層造型技術が注目されている。特に、軽量難加工材料であるチタン合金やアルミニウム合金のレーザー焼結積層造形についての我が国産業界の要求仕様に応える技術の開発が急務であり、成形サイズ、成形精度、最小成形厚みに関して、実ユーザーの要求を反映した装置の開発が切望されている。

本研究開発では、チタン合金等の軽量難加工材料について、パルスファイバーレーザーによる粉末成形を可能にする技術を開発し、粉末成形の精度向上と高速化を図る。

2. 研究開発の具体的内容

平成24年度まで、任意の波形制御が可能な高品位・高出力パルスファイバーレーザー、連続光との複合照射技術、真空下において動作可能な粉末供給システム及び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プロトタイプ装置の開発を行ってきた。これらの開発されたパルスファイバーレーザーと装置を組み合わせ、粉末焼結積層造形システムとしての技術を確立する。

3. 達成目標

最終目標（平成25年7月末まで）

開発したパルスファイバーレーザーと装置を統合し、以下の加工を達成する、真空下において動作可能な粉末成形積層造型機構を開発する。

- ・ 成形精度と速度
成形精度：±0.1 mm（50 mm サイズ基準パーツ）
成形時間：16 時間以内（高さ 50 mm サイズ基準パーツ）

4. 特記事項

- (1) 本研究におけるパルスファイバーレーザー技術は、研究開発項目①における技術と共通の要素が含まれていることから、本研究開発項目にて開発した技術を用いて実用化を図る企業と密接な連携を図り、必要に応じて研究開発項目①にフィードバックを図る。
- (2) 開発したパルスファイバーレーザーの実用化展開を促進するため、本研究開発項目にて開発した技術の実用化を図る企業へのフォローアップを行う。