

<p>&lt; 1 - 2 &gt; 超高密度フォトン反応制御技術の開発  サブテーマ名： 応用のための計測・制御技術の開発  小テーマ名： 非熱加工のための計測・制御 ~ ファイバー利用加工 (フェーズ , )</p>
<p>サブテーマリーダー： 光科学技術研究振興財団 コア研究室 研究リーダー 青島 紳一郎  研究従事者： 光科学技術研究振興財団 コア研究室 研究員 浦上恒幸、伊藤晴康、竹内宏之、野嶋芳紀、奥村秀生、東 孝憲、西川慎二</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標  研究の概要  高強度フェムト秒レーザーを産業応用する際に重要となる、高強度フェムト秒パルス光のファイバー伝送について研究を実施した。高強度フェムト秒パルス光のファイバー伝送を実現するために、材質の検討、集光条件の検討、構造の検討を系統的に実施し、有用な基礎データを蓄積した。  最終的に、中空ファイバーに着目し、光入射部も含めてこれを真空化することで、高強度フェムト秒パルス光のファイバー伝送を実現するとともに、伝送パルスを用いて被加工物を移動しない方式でのフェムト秒加工をおこなった。さらに、PET樹脂加工に適用して、その有効性を確認した。  研究の独自性・新規性  複数のパラメータと高強度フェムト秒パルスのファイバー伝送特性との関連について系統的に研究した例は皆無に等しい。高い技術レベルの超高速光計測技術、分光計測技術を駆使して計測するとともに、フェムト秒レーザー光がファイバー中を実際にどのように伝播しているかを独自の計測技術であるFTOPを用いて調べ、有用なデータを取得した。  また、本事業で開発した小型・高効率・高耐光強度 フェムト秒波形整形器を用いて100 m 程度マルチモードファイバーから170 fsの光パルスを、世界で初めて出力することに成功した。さらに、真空化中空ファイバーで、高強度フェムト秒パルス光のファイバー伝送を実現するとともに、伝送パルスを用いて被加工物を移動しない方式でのフェムト秒加工を世界で初めて実現した。この過程で、ファイバー出射部に独創的な機構を取り入れ、特許出願した。  以上、独自の研究を実施し、新規で有用な研究成果が得られた。  研究の目標  フェーズ : 超高密度フォトン利用実証レーザーシステムを実現する際に必要となるファイバー伝送技術を構築するために、高強度フェムト秒パルス光がファイバー中を伝播する際に発生する諸現象に対して、各種材質との関連性等の基礎データを取得すると共に高いエネルギーを効率良く伝送する条件を模索する。  フェーズ : 実証レーザーシステムを産業応用分野に適応するために、フェーズ で蓄積された要素技術を融合することによって、高強度フェムト秒パルス光伝送システムを構築する。同時に、非熱加工のための計測・制御技術の構築を図ると共に、前記システムを用いた各種材料の非熱加工を行い、操作性の良い高精度加工を実証する。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況  フェーズ で、平成13年度から、&lt; 1 - 2 &gt; 超高密度フォトン反応制御技術の開発のうちの&lt; 1-2-a &gt; 計測・制御技術の開発のなかで、ファイバー伝送という小テーマで研究を開始した。ファイバー伝送の基本特性の評価、FTOPによるガラス媒質中の伝播特性測定などを検討した。  フェーズ では、フェーズ で取得した基礎データを元に、より実用化に近い研究開発を実施するために、&lt; 1 - 2 &gt; 高密度フォトン反応制御技術の開発「~ 応用のための計測・制御技術の開発」の中の小テーマ(2) 非熱加工のための計測・制御 で、ファイバー利用加工として研究を推進した。  以上、フェーズ 、 のそれぞれにおいて、本研究テーマに関連する研究は順調に進捗し、プレス発表を行うなど、世界で初めての研究成果を複数得ることができた。  予定していた以上の成果が得られたため、目標達成度は目標達成率は 120 % であった。</p>
<p>主な成果  具体的な成果内容：  ファイバー伝送の基本特性の評価  高強度フェムト秒パルス光のファイバー伝送を実現するために、a) 石英ガラス、Geドープ石英ガラス、多成分ガラス等のファイバー材質の検討、b) 光入射端面の平坦度による違いや異なる集光レンズを用いた場合等の集光条件の検討、c) コア径の異なるGI型ファイバーやSI型ファイバー等の構造の検討を系統的に実施し、有用な基礎データを蓄積した。ファイバー入射端面が破壊されないためには、焦点距離 200 mmのレンズを用いて、レンズ集光点から 約30 ~ 50 mm離れた位置にファイバー入射端面を設置するのが良いことなどが明らかになった。  FTOP によるガラス媒質中の伝播特性測定  フェムト秒レーザー光がファイバー中を実際にどのように伝播しているかを独自の計測技術であるFTOPを用いて調べ、有用なデータを取得した。</p>

各種（石英、中空）ファイバーのパルス時間的・空間的伝送特性評価  
 ファイバー伝送前後のパルス幅、スペクトルの変化を高い技術レベルの超高速光計測技術、分光計測技術を駆使して計測した。高強度フェムト秒パルス光の伝送に中空ファイバーが有効であることが明らかになった。

波形制御を用いたフェムト秒光パルスの石英ファイバー伝送

本事業で開発した小型・高効率・高耐光強度 フェムト秒波形整形器を用いて、長さ100 mのGI型マルチモードファイバーから170 fsの光パルスを、世界で初めて出力することに成功した。

中空ファイバーによる高強度フェムト秒光パルスのファイバー伝送

中空ファイバーの高強度フェムト秒光パルス伝送について、出力光の特性評価を行った。中空ファイバー（長さ1.5 m、コア径 700 μm）を曲げずに用いた場合において伝送効率は約 80 %であり、石英ファイバー以上の効率が得られることがわかった。しかし、約 200 μJ以上のパルスエネルギーでは空気のブレイクダウンが生じ、伝送効率の低下、パルス波形の歪等が生じることが確認された。

真空中空ファイバーによる高強度フェムト秒光パルスのファイバー伝送

中空ファイバーの入・出射部に真空部品を装着し、真空度を 0.2 Paに減圧することを着想した。真空化中空ファイバーで、高強度フェムト秒パルス光のファイバー伝送を実現するとともに、伝送パルスを用いて被加工物を移動しない方式でのフェムト秒加工を世界で初めて実現した。この過程で、ファイバー出射部に独創的な機構を取り入れ、特許出願した。

特許件数：4 論文数：1 口頭発表件数：6 プレス発表件数：1

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

本事業で開発した小型・高効率・高耐光強度 フェムト秒波形整形器を用いて長さ100 m、コア径50 μmのGI型マルチモードファイバーから170 fsの光パルスを、世界で初めて出力することに成功した。また、真空化中空ファイバーで、高強度フェムト秒パルス光のファイバー伝送を実現するとともに、伝送パルスを用いて被加工物を移動しない方式でのフェムト秒加工を世界で初めて実現した。この過程で、ファイバー出射部に独創的な機構を取り入れ、特許出願した。

以上、国内外において、高い水準で研究開発を実施し、世界で初めての研究成果を複数得ることができ、高い水準で研究開発を完了した。

2 実用化に向けた波及効果

産業応用に向けて強い要求があった高強度フェムト秒パルス光のファイバー伝送を実現するとともに、伝送パルスを用いて被加工物を移動しない方式でのフェムト秒加工を実現した。ファイバー出力高強度フェムト秒パルスによる局所X線発生の可能性が拓け、フレキシブルX線源による生体治療など、全く新しい応用が可能になる。

残された課題と対応方針について

フェーズ までの事業の目標を十分満足して完了した。フェーズ では、参画企業において、ネット販売などを試行し、ニーズ調査を実施しつつ具体的な産業展開を図る。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合計
	H12	H13	H14	H15	H16	H17	小計	H12	H13	H14	H15	H16	H17	小計	
人件費	120	603	678	1,548	2,439	1,455	6,843	120	603	678	970	1,091	814	4,276	11,119
設備費	8,005	999	2,677	3,531	0	63	15,275	0	0	0	0	0	0	0	15,275
その他研究費 (消耗品費、材料費等)	191	1,922	2,401	2,418	2,681	330	9,943	0	0	0	0	0	0	0	9,943
旅費	0	41	26	0	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0	67
その他	53	146	370	350	479	670	2,068	0	0	0	0	0	0	0	2,068
小計	8,369	3,711	6,152	7,847	5,599	2,518	34,196	120	603	678	970	1,091	814	4,276	38,472

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：高密度フォトン発生計測装置、オシロスコープ、光学除振台、  
 ビームビューアナライザ、金属顕微鏡

地域負担による設備：