

<p>< 1 - 2 > 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： 短寿命放射性同位体生成のための計測・制御 (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 青島紳一郎、藤本正俊、伊藤晴康、浦上恒幸、高橋宏典、松門宏治、沖原伸一郎</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>研究の概要 実証レーザーシステムに必要とされる、高強度フェムト秒光パルスの時間波形を制御する技術を研究・開発するとともに、光パルスの時間波形を詳細に計測する種々の技術を系統的に研究した。また、時間波形制御の有効性を確認する実験を試行し、フィードバック制御についても検討した。新規な計測法であるFTOP (Femtosecond Time-resolved Optical Polarigraphy) で、フェムト秒パルスの振る舞いに対する新たな知見を得た。デフォーダブルミラー等による光の空間特性の制御をおこなった。このために、波面センサーで空間特性の計測も合わせておこなった。テラワットのフェムト秒光パルスの波形制御と計測を実現するとともに、実証レーザーシステムへの適用を図った。また、波形制御された高強度レーザー光 (再生増幅光パルス、およびテラワット光パルス) の応用を試行した。開発する実証レーザーシステムにおいて、現象やプロセスに対するレーザーの特性を空間的計測法で観測して、反応生成物との関係を調べ、結果をフィードバックし適切なレーザーパラメータを得ることにより、生成効率を向上することなどをおこなった。</p> <p>研究の独自性・新規性 FTOPは、参加企業が新規に開発し、独自に保有していた先端技術である。この技術を代表として、超高速光計測技術および時間波形制御技術は、高い技術レベルにあり、これをさらに発展させて利用する研究開発は、新規かつ独自となる。本事業において、高強度フェムト秒光パルス計測してこれを制御する機能が付加されることにより、超高密度フォトン利用実証レーザーシステムを構築でき、高強度レーザーの産業応用が期待される。よって、本小テーマにおける成果は、いずれも独自性や新規性の高いものである。</p> <p>研究の目標 フェーズ : レーザー光を計測・評価するためのFROGの高速化・高感度化、高密度パルス光や相互作用現象を計測するためのFTOPの高感度化、超高速時間領域における波形整形をおこなうためのデバイスの高耐性化や開発などをおこなう。数値目標として、時間分解能 100 fs、空間分解能 5 μm を同時に満足する超高速二次元計測を達成する。 フェーズ : テラワットのフェムト秒光パルスの波形制御と計測を実現するとともに、実証レーザーシステムへの適用を図る。また、波形制御された高強度レーザー光 (再生増幅光パルスおよびテラワット光パルス) の応用を試行し、産業応用として有望なものはテーマ< 2 - a > 探索研究で実施する。開発する実証レーザーシステムにおいて、現象やプロセスに対するレーザーの特性をFTOP等の空間的計測法で観測して、反応生成物との関係を調べ、結果を波形整形器や可変形反射鏡等にフィードバックし適切な時間波形や波面を得ることにより、生成効率を向上することなどをおこなう。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況</p> <p>フェーズ で、平成12年度から、< 1 - 2 > 高密度フォトン反応制御技術の開発 のサブテーマ< 1 - 2 - a > 計測・制御技術の開発 において、2つの小テーマ 時間波形に関するパルス特性の計測と制御 空間強度分布に関するパルス特性の計測と制御 として進めた。これを、平成14年度に1つの小テーマへと統合し、パルス特性の計測と制御 という小テーマで研究を継続した。 さらに、フェーズ で、平成15年度以降、< 1 - 2 > 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 短寿命放射性同位体生成のための計測・制御 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、本小テーマに関連する研究は順調に進捗した。さらに、予定していた成果以外の成果も得られた。よって、目標達成度は 120 % である。</p>
<p>主な成果</p> <p>フェムト秒光パルスの時間波形の計測 時間波形を計測する装置を種々試作し、比較・検討して適用条件を明らかにした。 再生増幅フェムト秒光パルスの波形整形 小型・高効率・高耐光強度 フェムト秒波形整形器を試作し、瞬時強度 10 GWのフェムト秒パルスの波形制御に成功した。</p>

波形整形再生増幅光パルスの非熱加工への応用
 再生増幅パルス光を波形整形して、アクリル加工の高工率化と高精度化を同時に実現した。
 フェムト秒時間分解偏光画像化計測法 (FTOP)
 時間分解能 45 fs、空間分解能 3.3 μmを同時に満足する超高速二次元計測を達成した。また、0.4 ps 間隔の8つの時点での計測を世界で初めて実現した。
 短寿命放射性同位体のモニター装置の整備
 モニター装置を整備し、レーザー生成放射性同位体検出を効率化した。
 戻り光対策
 レーザー装置における戻り光を低減し、レーザー損傷問題を解決する手法を考案し実証した。
 テラワットパルスのパルス面の計測・制御
 パルス面を計測・制御することで、レーザー集光強度を増大させた。
 テラワットパルスの時間波形の制御
 高密度フォトン発生・計測実験装置において、テラワットパルスの波形整形を実現した。
 波形制御したテラワットパルスを用いた高速粒子生成
 照射するテラワットパルスの波形に応じた高速粒子生成の様子の変化を確認した。
 テラワットパルスの波面補償
 波面ひずみを補償し、集光点の最大強度を5倍程度増強することに成功した。テラワットパルスの波形整形(前記)と波面補償を同時に達成したのは世界にも類がない。
 波面制御したテラワットパルスを用いた高速粒子生成
 波面補償して、重陽子の発生効率の向上と高エネルギー化を同時に実現することができた。
 特許件数： 7 論文数： 6 口頭発表件数： 20

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

フェムト秒光パルスを用いた光と物質との相互作用に関する研究は、世界的に見ても注目されているが、レーザーシステムの問題を解決し、元々有していた高度の技術をさらに発展して適用し、波形制御、波形計測、波面制御、波面計測のすべてを実現した例は皆無である。また、得られた技術や知見は、レーザーによる短寿命放射性同位体の生成という先端的な研究に大きく寄与した。このように、世界的にも他に類を見ない高水準の研究レベルで事業を推進して完了した。

2 実用化に向けた波及効果

開発された超高密度フォトン反応制御技術を用いることにより光と物質との相互作用を制御できる可能性がある。反応を任意に制御することによって、新しい加工技術、物質改変技術、テラヘルツ応用などへの展開が期待される。また、実証レーザーシステムに対する付加的な要求を新たに発見できた。これより、本研究で得られた成果は大きな波及効果をもたらすと考えられる。

残された課題と対応方針について

本研究テーマでは、フェーズ 2 における目標を達成した。よって、フェーズ 2 におこなう予定だった内容に関して、残された課題は特にない。「<2>新規産業開発研究」の「物質改変」での「レーザーによる陽電子放出核種生成実験」に適用しているため、フェーズ 2 においては、参画企業においてリーディングプロジェクト等を利用して研究を継続していく。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合 計
	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計	
人件費	341	1,709	1,920	3,097	4,879	2,784	14,730	341	1,709	1,920	1,939	2,182	1,558	9,649	24,379
設備費	16,010	8,728	20,448	10,624	17,408	1,307	74,525	0	0	0	0	0	0	0	74,525
その他研究費 (消耗品費、材料費等)	382	0	2,938	1,502	3,271	1,446	9,539	0	0	0	0	0	0	0	9,539
旅費	0	0	384	286	334	148	1,152	0	0	0	0	0	0	0	1,152
その他	106	292	775	438	614	746	2,971	0	0	0	0	0	0	0	2,971
小 計	16,839	10,729	26,465	15,947	26,506	6,431	102,917	341	1,709	1,920	1,939	2,182	1,558	9,649	112,566

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、液晶空間光変調器
 光学除振台、ファイバーレーザー

地域負担による設備：