

< 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： 波長域拡大技術の開発 (フェーズ ,)

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 研究員 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 黒柳和良、藤本正俊、青島紳一郎、高橋宏典

研究の概要、新規性及び目標

研究の概要

フェーズIでは、再生増幅パルス光を光源とするTHz波発生用測定系を構築し、大口径GaAsアンテナ、BNA、DAST、ZnTe等からのTHz波放射の実験をおこなった。大口径アンテナでは、従来に比べ、ピーク電界強度235倍(光強度換算55,000倍)の高輝度化が達成できた。また、DAST結晶から5 THzまでの発生を確認した。DAST結晶では、高輝度のTHz波が得られる条件を解析し、入射光の偏光により、放射されるTHz波の強度やスペクトルの制御が可能であることを見出した。さらに、有機結晶のBNA結晶は無機結晶のZnTeやGaPより高輝度のTHz波を放射できることを明らかにした。THz波計測において、短時間でスペクトルが得られる周波数ドメイン分光(FDS)を導入し、2秒毎にデータが得られた。X線発生では、真空環境実験装置を整備して、アルミニウム金属およびマイラー(ポリエステル)フィルムに高密度レーザー光を集光照射してパルスX線発生を試みた。検出器として、電離箱式サーベイメーターを用いてX線発生の検出をおこない、ハードX線が発生していることを確認した。

フェーズIIでは、中間評価の結果を踏まえTHz波に集中して平成15年度終了まで研究を実施した。高輝度THz波発生が有望な結晶としてBNA結晶を取り上げ、非線形光学テンソル成分、THz波領域の複素屈折率等の基礎特性を計測し、BNA結晶は、屈折率が小さく、THz波を効率良く取り出せることを明らかにした。また、プローブ光透過型測定系を構築し、従来の反射型測定系と同程度のS/Nを得た。さらに、入射光を波形整形してTHz波を放射し、THz波のスペクトル制御をおこなった。以上、THz波の適用範囲を拡大するための高輝度化・高機能化の検討をおこなった。

研究の独自性・新規性

高強度フェムト秒パルスを用いた波長域拡大技術の開発をおこない、特に、遠赤外THz波発生においては、我々が着目したBNA結晶は、唯一合成することのできる大阪市立大学との共同研究により本事業で初めてなされたものであり、得られた成果は独自で新規なものである。また、計測において、オリジナル技術であるFDS法導入による計測時間の短縮もおこなえ、独自の研究成果を得ることができた。

研究の目標

フェーズI： THz波発生に関しては、非線形感受率と結晶の耐光強度の向上を目指して、BNA、DASTを中心にした新規な有機非線形光学結晶の材料開発をおこない、周波数 0.1 ~ 5 THzの広帯域の遠赤外THz波を発生させる基盤技術を開発する。X線に関して、ガスやクラスターにおいて、レーザー光を効率良く集光する方法等の検討をおこなう。また、波形整形技術を適用して、波長域拡大の高効率化を狙う。

フェーズII： 発生するTHz波の適用範囲を拡大するため、高輝度化の検討を継続しておこなう。THz波発生に有望な有機結晶を利用し、この材料に適したTHz波発生条件に関する検討、入射する再生増幅パルス光を波形整形することで、発生するTHz波の周波数などの制御、フィードバック制御をかけるなどのTHz波発生・計測の高機能化の検討をおこなう。波長域拡大された変換光の産業応用の検討については、<2-a>先導的探索研究で実施する。

研究の進め方及び進捗状況

フェーズIでは、超高密度フォトン反応制御において、発生・計測・制御できる波長域をX線から遠赤外線(THz波)まで拡大するために、超高密度フェムト秒パルス光を用いた発生方法の開発を行った。THz波は、光と電波の中間に位置し生体に安全な光である。低温GaAs基板上に形成した光アンテナ素子や有機結晶などの非線形光学結晶等にフェムト秒光パルスを照射することによってパルスTHz波を発生させた。参加企業のオリジナル技術であるFDS法の導入をおこない、計測時間の短縮もおこなった。

また、真空チャンバー内のターゲット材料に高強度フェムト秒レーザーを集光照射することによって、パルスX線を発生させた。

フェーズIIでは、中間評価の結果を踏まえ、THz波に集中して研究を実施した。フェーズIの成果を踏まえ、開発した個別の要素技術を融合し、<2-a>先導的実証研究に重要となる計測・制御技術の高度化・適用化の検討をおこなった。本小テーマは、平成15年度からは、「THz波応用のための計測・制御」に引き継がれた。また、テーマ<1-2>での研究は平成15年度をもって終了し、平成16年度からは、テーマ<2-a>先導的探索研究のTHz波応用へ統合した。

本事業における目標の達成度は 100 %である。

主な成果

シード光を用いた測定系の構築

シード光を用いた測定系を構築し、基礎的な実験に着手した。

再生増幅器を用いた測定系の構築

再生増幅器を用いた測定系を構築し、シード光を用いた測定系と比較・検討した。

結晶の違いによるTHz波放射強度の比較

種々の非線形光学結晶からのTHz波放射強度を計測し、有機結晶の応用の可能性を探った。

DAST結晶の回転によるTHz波放射スペクトルの変化

入射光の偏光を変化して、DAST結晶から放射されるTHz波のスペクトル制御をおこなった。

周波数ドメイン分光(FDS)法による測定時間短縮の検討

高速測定のためにFDS法を導入した。

X線発生

X線発生のための真空実験系を整備し、レーザー励起でパルスX線発生を観測した。

BNA結晶の回転によるTHz波放射スペクトルの変化

入射光の偏光を変化してBNA結晶から放射されるTHz波のスペクトルを計測し、有効な非線形光学
テンソル成分を明らかにした。

BNA結晶の屈折率の測定

THz波領域におけるBNA結晶の屈折率、吸収係数を評価し、屈折率が低いことを明らかにした。

プローブ光透過型測定系の構築

高周波までの計測やイメージングに対応するため、プローブ光透過型の測定系を構築した。

波形整形によるTHz波放射スペクトルの変化

波形整形により入射光を制御することで、放射されるTHz波のスペクトルが制御できた。

特許件数： 1 論文数： 1 口頭発表件数： 4

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

THz波発生効率の向上、高強度THz波を得るといふ観点から、世界的にみても、ほとんど未着手の有機結晶に着目した研究をおこなった。世界で初めてBNA結晶を用いたTHz波の研究を実施した。また、FDS法を導入することで計測時間の短縮を図る試みを行った点でも優れた成果を挙げた。以上、THz波計測に関しては、国内外において、他に見られないほどの高水準な研究レベルで事業を推進した。

2 実用化に向けた波及効果

本事業において、THz波発生に着目したBNA結晶は、有毒元素を含まず、環境対応の点からも有望である。潮解性が無い点でも使いやすい結晶であり、本研究で得られた成果の波及効果は大きい。また、FDS法による計測時間の短縮は、計測の高速化の基盤技術として、今後のTHz波計測の産業応用への足がかりとなると考えられる。これらの観点から、本事業のTHzに関する成果は実用化に向けて大きな波及効果をもたらすものと考えられる。

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 において当初の目標を達成し、平成16年度からは、テーマ<2-a>先導的実証研究のTHz波応用にて継続し、本研究を終了した。

	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	120	603	678	442	0	0	1,843	120	603	678	277	0	0	1,678	3,521
設備費	8,005	8,788	5,197	332	0	0	22,322	0	0	0	0	0	0	0	22,322
その他研究費 (消耗品費、材 料費等)	154	652	926	509	0	0	2,241	0	0	0	0	0	0	0	2,241
旅費	58	58	136	60	0	0	312	0	0	0	0	0	0	0	312
その他	53	146	371	287	0	0	857	0	0	0	0	0	0	0	857
小 計	8,390	10,247	7,308	1,630	0	0	27,575	120	603	678	277	0	0	1,678	29,253

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：微弱信号検出装置、ステージコントロールシステム、
電離箱式サーベイメーター

地域負担による設備：テラヘルツ波計測用光学系、差動増幅器