

平成21年度「近接テラヘルツセンサシステムのための超短パルス光源の研究開発」の開発成果について

1. 施策の目標

光ファイバー通信素子として活用されている近赤外半導体レーザーやニオブ酸リチウム(LN)光変調器を用いることにより、オンサイトで利用を想定した、小型で耐環境性に優れ、かつ汎用的な、テラヘルツ波による物質分光分析システムに使用可能な、超短パルス光源を開発する。

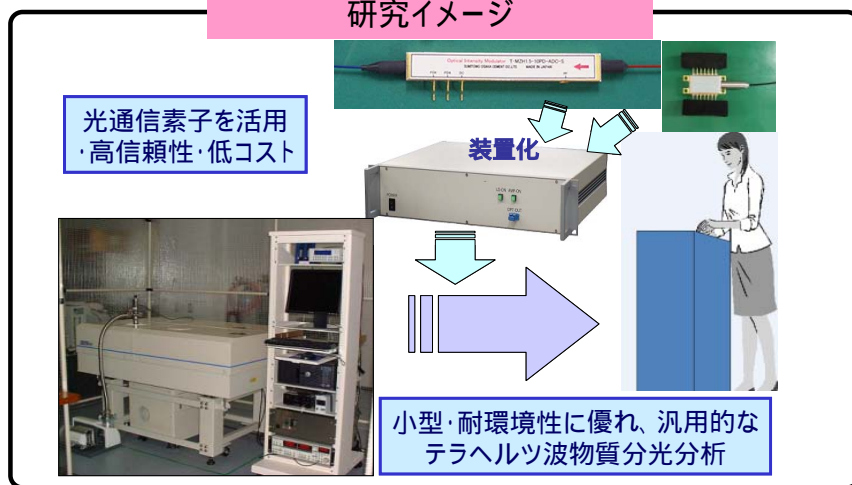
2. 研究開発の背景

テラヘルツセンサ技術は全世界に注目され、さまざまな技術が開発されているが、現状では装置が高価かつ大型であることが技術普及の障壁となっており、装置が高価となる要因として、現在テラヘルツ発生光源として利用されているフェムト秒レーザーの価格が高いことが挙げられている。したがって、産業応用の推進に向けては装置の更なる小型化、低価格化が必須であり、光ファイバー光学系を利用した小型・高性能のテラヘルツセンサに必要な超短パルス光源の開発は意義が大きいものと考えられる。

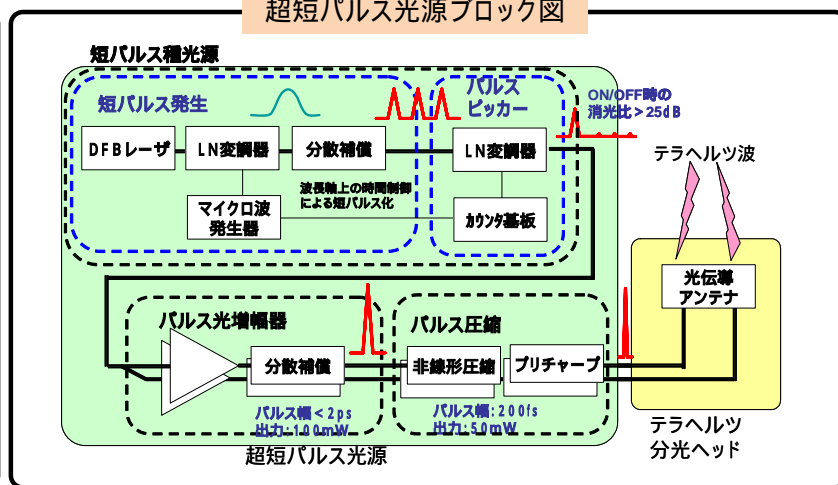
3. 研究開発の概要と期待される効果

マッハツェンダ型光変調器を用いた光コム発生器による短パルス種光源の開発、種光源から出力されたパルス光のピーク出力をファイバ増幅器によって高める高ピーク出力化技術の研究開発、高ピーク出力光のパルス幅を、非線形効果を利用したパルス圧縮によって超短パルス化する超短パルス光の生成技術の研究開発、およびこれらにより開発された超短パルス光源を用いて実現すべき分光分析システム概念検討を行う。これらの研究開発により、最大周波数1.5THzのテラヘルツ時間領域計測を念頭に置いた、小型軽量の近接テラヘルツセンサシステムに使用することができる超短パルス光源が実現されることが期待される。

研究イメージ



超短パルス光源ブロック図



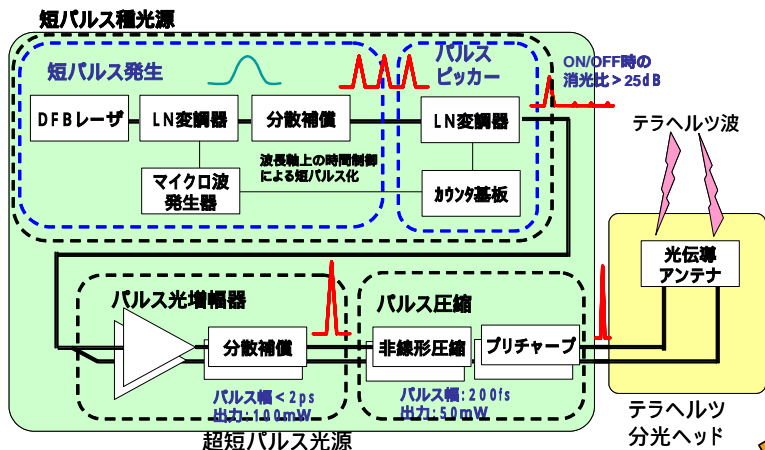
4. 研究開発の期間及び体制

平成21年度～平成23年度(3年間)

NICT委託研究(住友大阪セメント株式会社、株式会社オプトハブ)

超短パルス光源開発の主な成果

超短パルス光源ブロック図



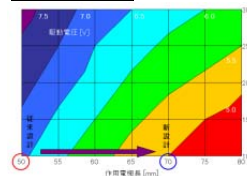
短パルス種光源

専用低V 変調器の試作と光コムが発生

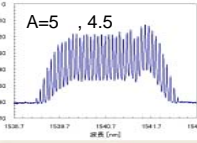
1W以下のパワ(Vp-pで20V以下)で3 ps以下を実現するためには、10GHzでV が5V以下が必要。目標として4 V以下

光コム発生実験

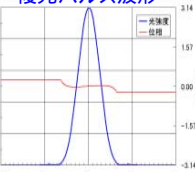
変調器の設計: 電極の長尺化



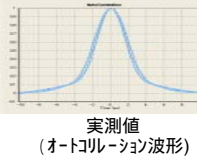
スペクトル波形



復元パルス波形



電極の長尺化に加えてプロセス改善により4.3Vを達成



チャープ特性

パルス幅 3 ps以下を達成

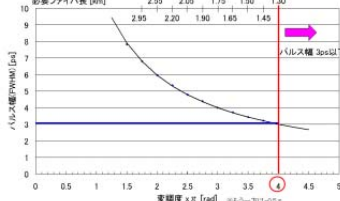
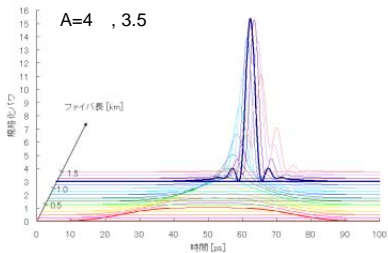
短パルス種光源

シミュレーション環境の立上と動作条件の最適化

短パルス発生部のシミュレーションモデルを構築。変調器の駆動条件、ファイバ長とパルス特性の関係を算出し、動作条件決定

時間波形: 分散補償によるパルス圧縮

変調度とパルス幅の関係(10GHz)



変調周波数10GHzでは4 以上の変調をかけることで3ps以下のパルスを実現できる

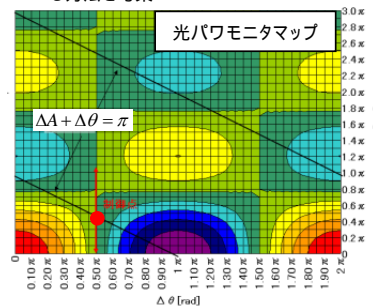
短パルス種光源

シミュレーションによる光コム制御方式の検討

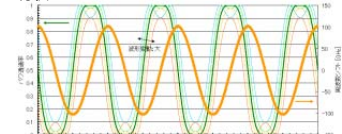
変調器の駆動動作点を光コム最適点に合わせるためのフィードバック方法を構築。より安定動作する変調器の構成を理論検討

変調度 A: RFタップコプラによりモニタ
バイアス点 : 低周波応答光パワモニタを用いる方法を考案

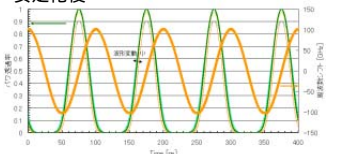
動作安定化検討(机上検討)



現状



安定化後



超短パルス光源開発の主な成果

短パルス種光源

広帯域・高消光比変調器の検討

パルスピッカを実現するために必要な20GHz以上の広帯域と25dB以上の高消光比を実現するため、LN変調器に必要なパラメータの最適化を実施。

広帯域化

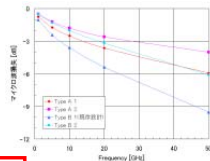
- 電極パラメータの変更
- プロセスの改善

マイクロ波
損失低減

高消光比

- 分岐部の導波路設計の最適化
- 光クロストーク低減対策

分岐比を50:50
へ近づける



パルスピッカー動作実験

専用駆動基板の試作
既存のLN変調器使用

繰り返し周波数 10GHz 1GHz
の動作を確認

分光分析システム概念検討

パルス光源への暫定要求仕様の検討

EO結晶を用いたTHz波検出実験の結果、以下の仕様でTHz波検出が可能である見込みを得た。

- [パルス光源への暫定要求仕様]
- 繰り返し周波数: 1~5GHz
 - パルスエネルギー: 0.2nJ以上
 - パルス幅: 200fs以下
 - 消光比: 20dB以上

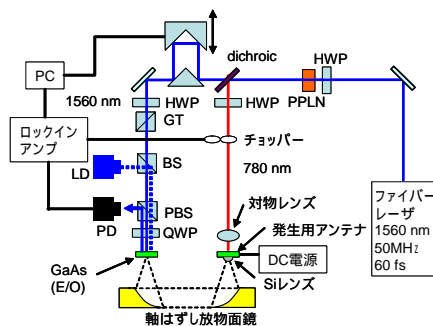


図 THz波検出実験測定系の例

パルス光増幅器

高ピーク出力光増幅器の検討

・**目標:** パルス光増幅器の目標仕様決定のための検討と市販EDFによる増幅器の試作(入力パルス光の仮定:パルス幅5ps、ピーク出力120mW)。

・**検討内容:** 市販の各種EDFを交換可能な光増幅系を構築し、パルス広がりにも最も影響が大きいと考えられる、波長分散特性を評価した。

・**成果:** EDFの波長分散特性評価手法と、分散値等による増幅系の設計手法を確立。5psの光パルス入力に対して、波長分散によるパルス広がり0.03%以下の出力パルス光が得られる見通しを得た。
上記に基づく光増幅器を試作した。今後特性評価を実施する。

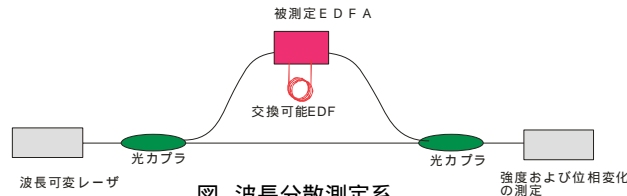


図 波長分散測定系

各種EDFの短パルス増幅特性をアクティブ状態で評価。

表 各種EDFの線形領域での波長分散特性

No	メーカー名	品名	MFD(μm)	出力(dBm)	分散値(ps/nm)
1	OF S	LRL	5.6±0.7	16.8	-0.1
2	OF S	EDF80	4.9	16.6	-0.12
3	OF S	EDF150	4.9	12.9	-0.08
4	旭硝子	T2M(ビスマスホスト)	5.8	16.4	-0.15
5	旭硝子	同上	同上	12.1	-0.1
6	旭硝子	T1L(ビスマスホスト)	6.1	8.4	-0.17
7	Liekk	80-4/125	6.5±0.5	15.2	-0.05
8	Liekk	EDF(80-8/125)	9.5±0.8	14	-0.02
9	Liekk	EDF(110-4/125)	6.5±0.5	13.5	-0.05

確立した手法による分散値の測定値を示す。使用するEDFにより入力パルスの広がりが推定可能。

1. これまで得られた研究成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	報道発表	展示会	標準化提案
近接テラヘルツセンサシステムのための超短パルス光源に関する研究開発	4件 (見込み)					4件	