

# 平成22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

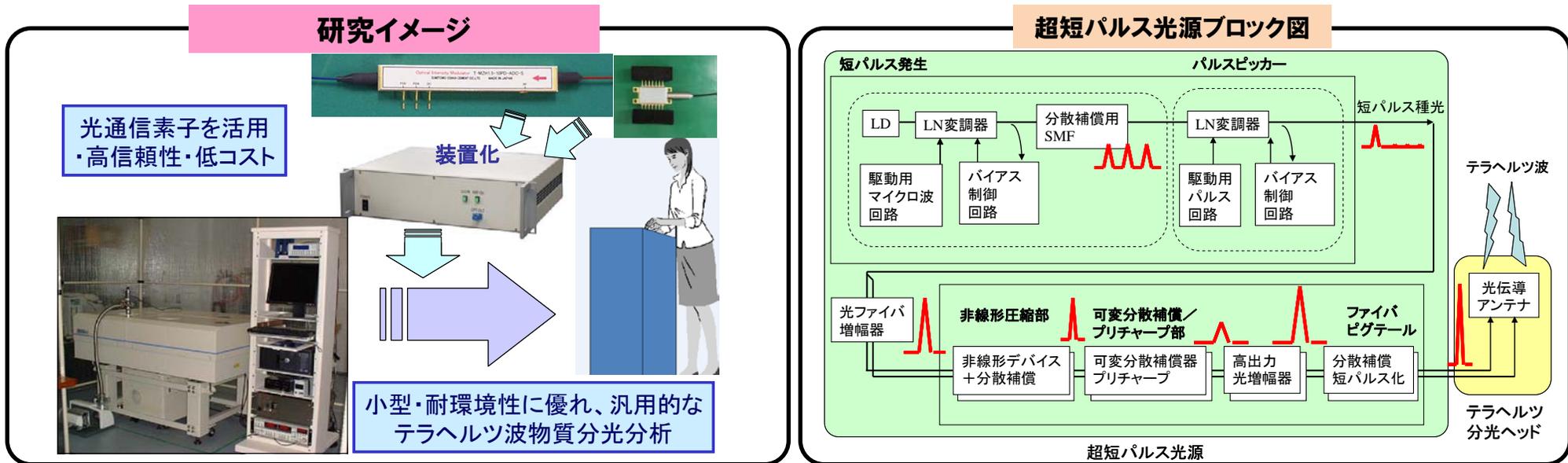
光ファイバー通信素子として活用されている近赤外半導体レーザーやニオブ酸リチウム(LN)光変調器を用いることにより、オンサイトでの利用を想定した、小型で耐環境性に優れ、かつ汎用的な、テラヘルツ波による物質分光分析システムに使用可能な、超短パルス光源を開発する。

## 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

マツ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のプロトタイプを行う。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。



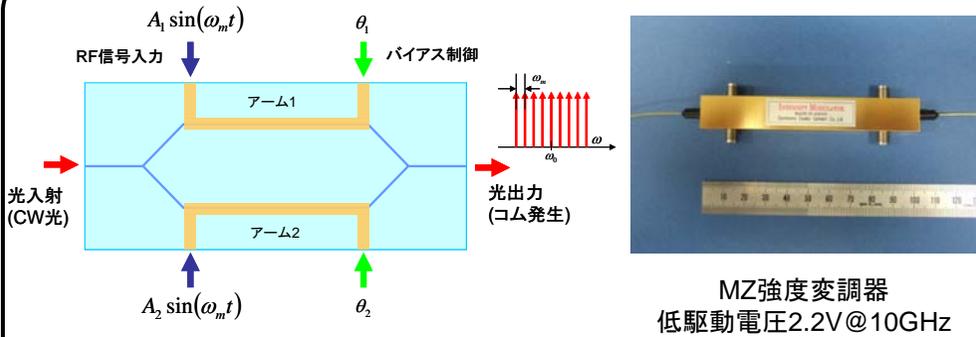
## 4. 研究開発の期間及び体制

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)

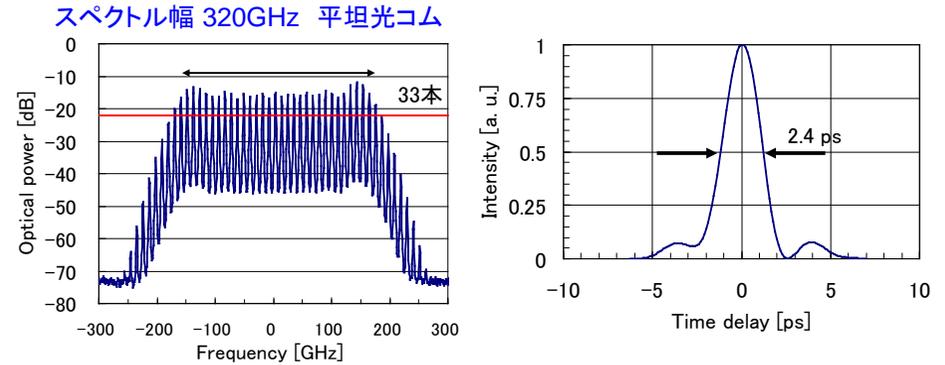
# 課題1 光コムを用いた短パルス発生技術 の主な成果

## 光変調器を用いた光コム発生



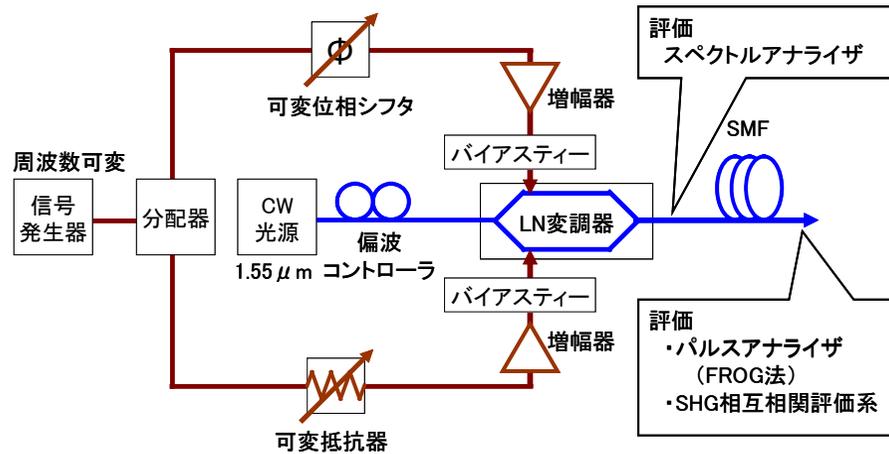
- 光コム発生用LN変調器へのRF信号とバイアス制御信号入力条件の最適化
- 低駆動電圧LN変調器の開発

## 平坦光コムの発生と短パルス生成



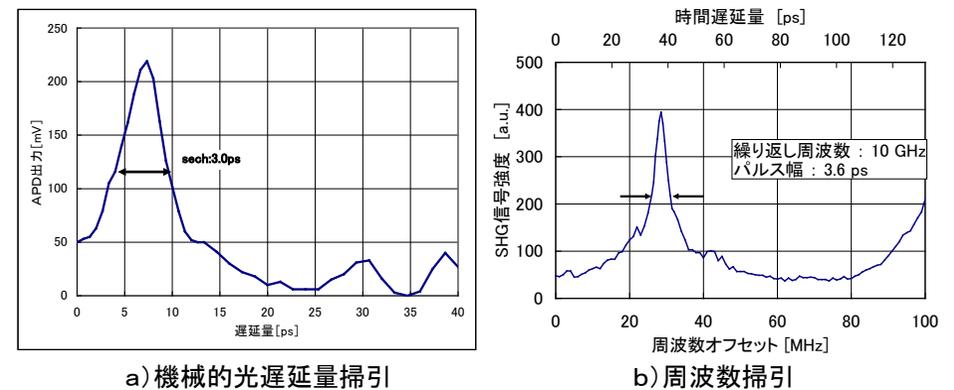
- 低駆動電圧LN変調器によりスペクトル幅320GHzに及ぶ平坦光コムを発生
- 平坦光コム出力を分散補償してパルス幅2.4psの短パルスを発生

## 周波数掃引方法



- 機械駆動なしでパルス遅延量を可変させるための駆動周波数掃引系を開発

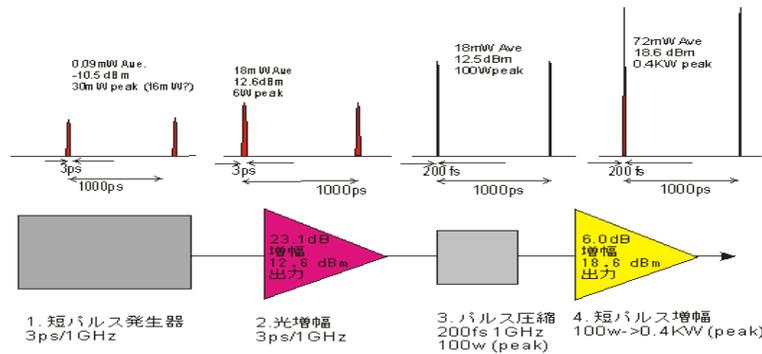
## 周波数掃引動作検証



- OSHG相互相関評価系によるパルス波形測定を実施し、LN変調器駆動周波数掃引により光遅延量掃引ができることを確認

# 課題2. 高ピーク出力化技術の研究開発

## 高ピーク出力化のための増幅システム



システム構成図

○非線形パルス圧縮(3)と組み合わせることで最適な出力を得るため、特性を合わせてパルス圧縮入力用(2)及び超短パルス増幅用(4)の光増幅器を開発。

## パルス圧縮用増幅器及び超短パルス増幅器の検討

### 開発する増幅器(EDFA):

1. パルス圧縮入力用EDFA  
偏波保持、26dBm出力 パルス幅3ps
2. 超短パルス増幅用EDFA  
偏波保持、30dBm出力 広帯域(最終目標)

### 特徴:

- a. 偏波保持ファイバ、空間光学系(マイクロオプティクス)を用いた偏波保持機構の採用
- b. EDFA内部の光配線の短尺化
- c. 増幅用EDFの短尺化による非線形効果の低減

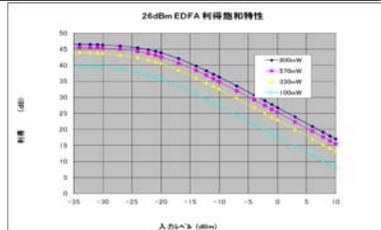
### 実験結果:

1. パルス圧縮入力用EDFA: 基本動作確認。出力光をパルス圧縮器に入力し、目標通りパルス幅200fs、ピークパワー0.1kWの超短パルス光を発生。
2. 超短パルス増幅用EDFA: 基本動作確認。波長帯域を広げるための検討を次年度実施。

## 短パルス用光増幅器



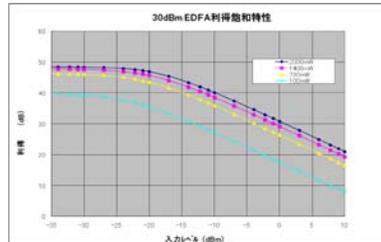
パルス圧縮入力用26dBm EDFA



26dBm EDFA ゲイン出力特性

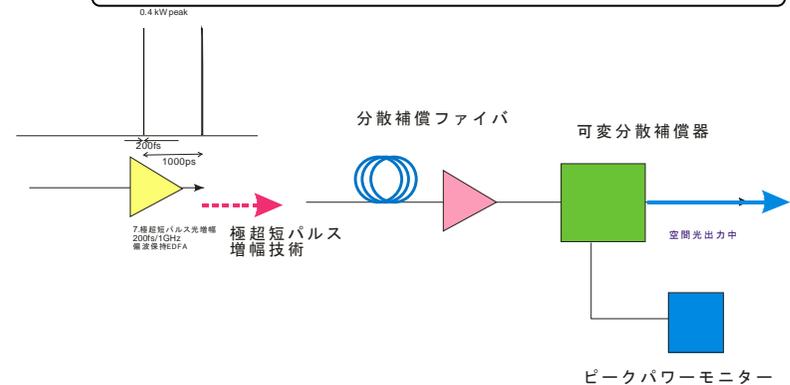


超短パルス増幅用30dBm EDFA



30dBm EDFA ゲイン出力特性

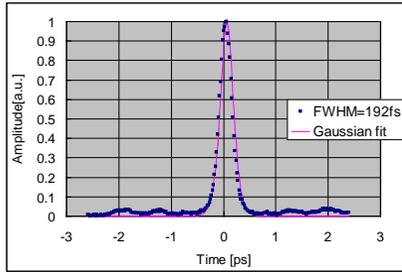
## 超短パルス用光増幅システムの検討



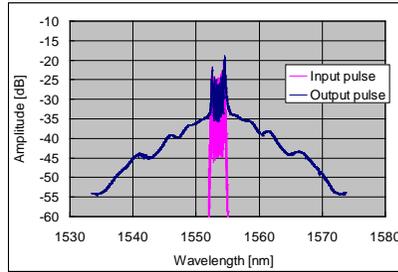
- 超短パルスを増幅するため、可変分散補償器と、2光子吸収を用いたピークパワーモニターを開発。
- ※ 可変分散補償器によるパルス圧縮時に、その出力をピークパワーモニターにて観測し、最適な分散補償量を求める。

# 課題3, 4 超短パルス光の生成技術、分光システムの概念検討の主な成果

## 非線形圧縮による超短パルス発生



時間波形



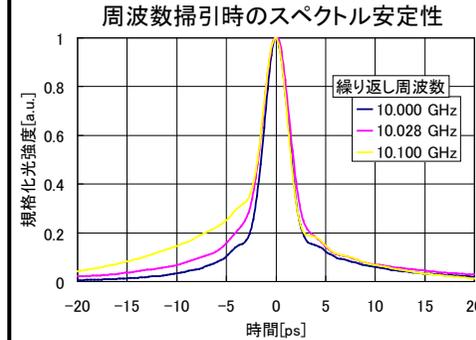
スペクトル波形

### <種パルス光源の駆動条件>

変調周波数: 10GHz  
 変調度:  $4.0\pi, 4.5\pi$   
 ファイバ長: 0.8 km

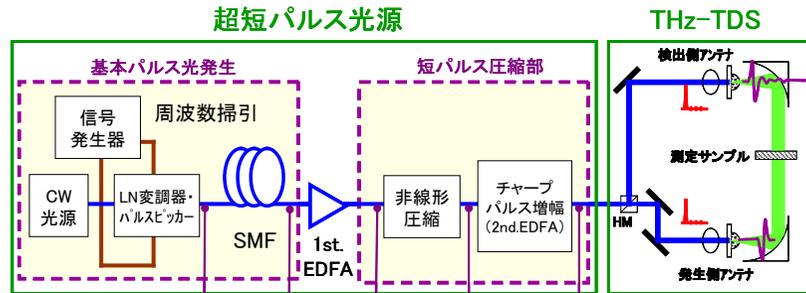
0.3.2psの短パルス光から非線形圧縮により200fsの超短パルス光を発生

## 周波数掃引型短パルス光源 試作機



	項目	最終目標	2年目到達値
超短パルス光源	ピークパワー	~0.4kW	0.1kW
	繰り返し周波数	$\leq 1\text{GHz}$	1GHz
	パルス幅	<200fs	190fs

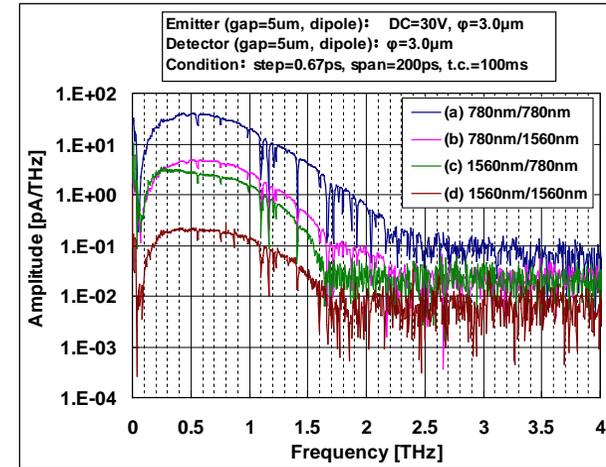
## 機械的駆動部のないTDSの構成



繰り返し周波数:	1GHz	1GHz	1GHz	1GHz	1GHz
パルス幅:	50ps	3ps	3ps	200fs	200fs
ピーク出力:	0.04W	0.4W	10W	0.1kW	0.4kW

機械的駆動部なしで光遅延量を掃引するテラヘルツ時間領域分光(THz-TDS)実験系

## GaAsアンテナ素子によるTHz波発生・検出



○GaAsアンテナ素子における1.5um帯光源励起によるテラヘルツ波発生・検出の手法を提案

## 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	14 (見込み)	1	1	7	0	6	0