

SiN 導波路を用いた広帯域オクターブ光発生

日大生産工 ○阿部紘大 中野晶博
日大生産工(院) 佐野直哉 黒岩芽生
日大生産工 野邑寿仁 蛭 石澤淳

1. まえがき

電気光学変調(EO)コムは、極低ノイズマイクロ波発生を発生させるため、絶対周波数安定化が重要である。安定化の方法として発生させたコムを信号発生器にフィードバック制御させて安定化させる方法がある。そのためには、広帯域2/3オクターブ帯域光を発生させ、 $2f$ - $3f$ 自己干渉計によるキャリアエンベロープオフセット(CEO)周波数検出が必要である。本報告では、広帯域2/3オクターブ光発生のためHLNFによる短パルスレーザー光発生と、SiN導波路を用いた広帯域2/3オクターブ光発生の実験結果について報告する。

2.1 EOコム

EOコムは狭線幅レーザーダイオードから出力された光を、RF信号発生器から25GHz正弦波信号で駆動する強度変調器と位相変調器によって変調する光コムである。EOコムの繰り返し周波数は位相変調器の駆動周波数に依存するため、広範囲に繰り返しを可変させることができる。Fig. 1にEOコムの光スペクトルを示す。

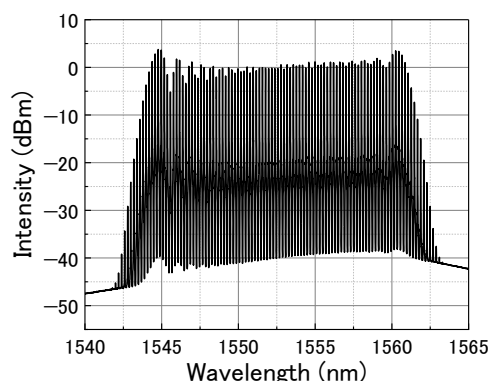


Fig. 1 EOコム波形図

位相変調器を4台利用することで、サイドバンドが広いEOコムを発生させることができ、20 nmの帯域幅となる。

2.2 SiN導波路

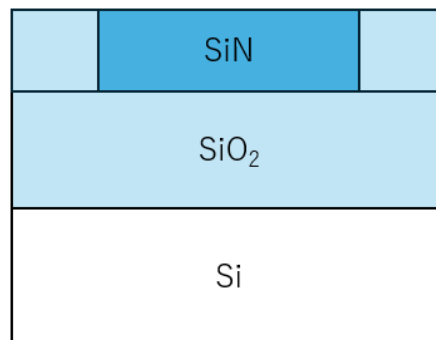


Fig. 2 SiN導波路構成図

Fig. 2はSiN導波路の構成図であり、SiN膜は電子サイクロトロン共鳴プラズマ化学蒸着法を200℃の温度で堆積したもので、この時の原料ガスは水素を取り除いた重水素化シランを用いた。広帯域光発生に最適な構造分散を制御するために、1.1 μm 、1.3 μm 、1.5 μm 、および1.7 μm の幅を持つ導波路を作製する。

3. 実験方法

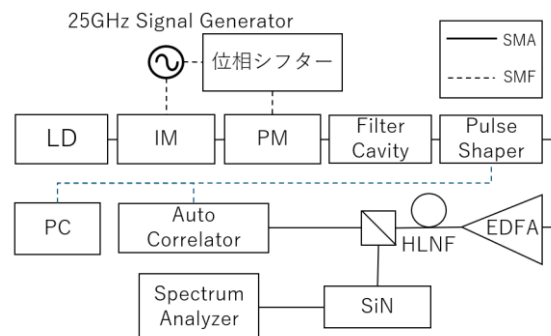


Fig. 3 実験構成図

25GHz Signal Generator : 25GHz信号発生器
LD : レーザーダイオード IM : 強度変調器
PM : 位相変調器 Filter Cavity : フィルタキャビティ Pulse Shaper : 分散補償器 EDFA : エルビウム添加ファイバー光増幅器 HLNF : 高非線形ファイバー SiN : SiN導波路 Auto Correlator : 自己相関計 PC : コンピューター

Broadband octave light generation using SiN waveguides

Kodai ABE, Akihiro NAKANO, Naoya SANO, Mei KUROIWA,
Junia NOMURA and Atsushi ISHIZAWA

実験構成をFig. 3に示す。中心波長1552.5 nmの狭線幅レーザダイオード(LD)を種光源とし、そのレーザ光を電気光学変調器により変化させ、EOコムを発生させる。次にフィルタキャビティによりEOコムの自然放出光増幅(ASE)雑音を抑制し、その後、エルビウム添加ファイバー光増幅器(EDFA)により、光信号を5 W(37 dBm)まで増幅させる。ASE雑音はフィルタキャビティにより、20 dB抑圧される。高非線形ファイバーによる帯域拡大と分散補償器(PulseShaper)による2次および3次分散を補償することで短光パルス発生を行う。

4. 実験結果

HLNFによる短パルス化の結果をFig. 4に示す。

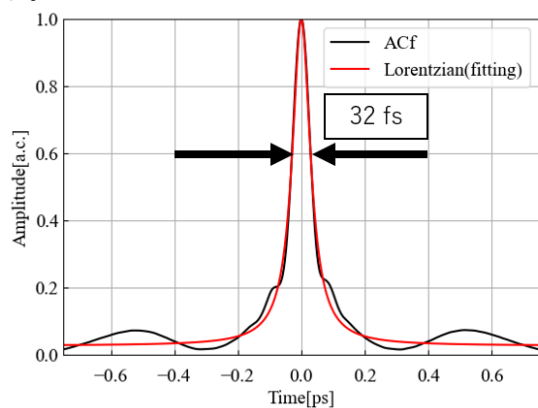


Fig. 4 短パルス化後の波形

パルス圧縮を行った結果、PulseShaperによる2次分散、3次分散の高精度制御によりローレンツフィッティング33 fsの短パルス化に成功した。

次に、25 GHz繰り返し、パルス幅33 fsの光パルスを非球面レンズでSiN導波路に空間結合し、広帯域光のスペクトル測定を行った。SiN導波路は導波路幅1.1 μm から1.7 μm まで可変させ、励起レーザの波長帯域の分散を制御するように設計されている。Fig. 5にSiN導波路に入射後の光スペクトルを示す。

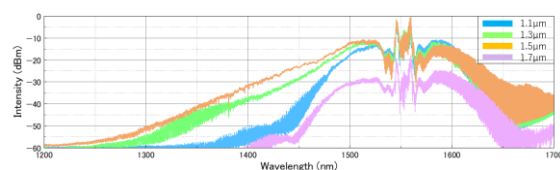


Fig. 5 SiN導波路入射後の波形

導波路にパルス光を入射し測定した結果、4つの導波路幅において広帯域光が発生し、導波路幅1.5 μm のSiN導波路にTEモードで光結合をした際、もっとも広帯域な2/3オクターブ帯域光の発生に成功した。

5. 結論及び今後の展望

HLNFとPulseShaperによるパルス圧縮により33 fsの短パルス化を行った。さらに短パルス化したレーザ光をSiN導波路に入射させることで2/3オクターブ帯域の広帯域光を発生することに成功した。入射後の波形では1.3 μm と1.5 μm が帯域が広く、光の強度も含めると種光源として利用したLDの中心波長1552.5 nmと合致する1.5 μm が最も強いことも確認できた。SiN導波路の導波路幅は、光の中心波長と合致するところでもっとも広帯域光となり、光の強度の最も強いことが分かった。

今後は $2f-3f$ 自己干渉計によるCEO周波数の検出、および絶対周波数安定化を目指す。

参考文献

- 1) 石澤淳, 光周波数コムの最新状況と応用展開特集 2-3 電気光学変調コム, 電子情報通信学会誌 Vol. 103 2020,, pp. 1-2
- 2) Yugo Kikkawa, Sub-30-fs fibre-coupled electro-optic modulation comb at 1.5 μm with a 25-GHz repetition rate, pp.1-3 Electronics Letters, 2023
- 3) 美濃島薫, 光周波数コムの開発の歴史と革新的応用への展開, 電子情報通信学会誌, Vol. 103 2020, pp. 1-2
- 4) 単一光源による「電気光学変調ベース光周波数コム(光の物差し)」の周波数安定化に成功～高速・大容量な光通信への応用やマイクロ波発生・評価装置の精度向上に貢献～, NTT (2023) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2023/07/21/230721a.html>, (参照 2024-10-11)
- 5) 超小型・高密度集積に向けた光導波路技術, NTT技術ジャーナル (2016) <https://journal.ntt.co.jp/backnumber2/1611/files/jn20161114.pdf>, (参照2024-10-11)