

***Journal seminar
(the second semester)***

M1 Hiroto Kimura

イントロダクション

超短パルス光源

Ti:Sレーザ (従来)



× 大型・高価・長期動作不可

ファイバレーザ



○ 小型・安価・堅牢

【ニーズ】 超短パルス光を用いた実用的な応用計測

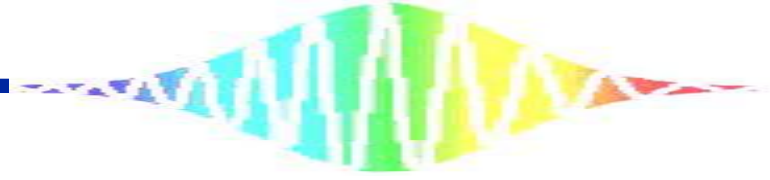
機械式遅延ステージ

○ タイミングジッター
× 測定時間・周波数分解能
にトレードオフの関係

非同期光サンプリング法

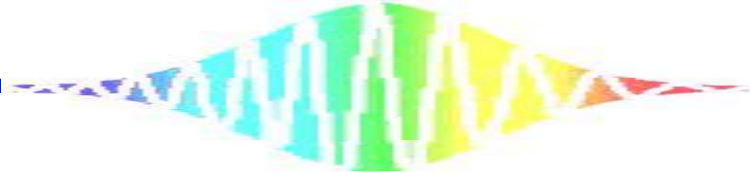
○ 測定時間・周波数分解能
× タイミングジッター

※2台のレーザを使うため!

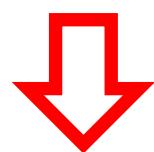
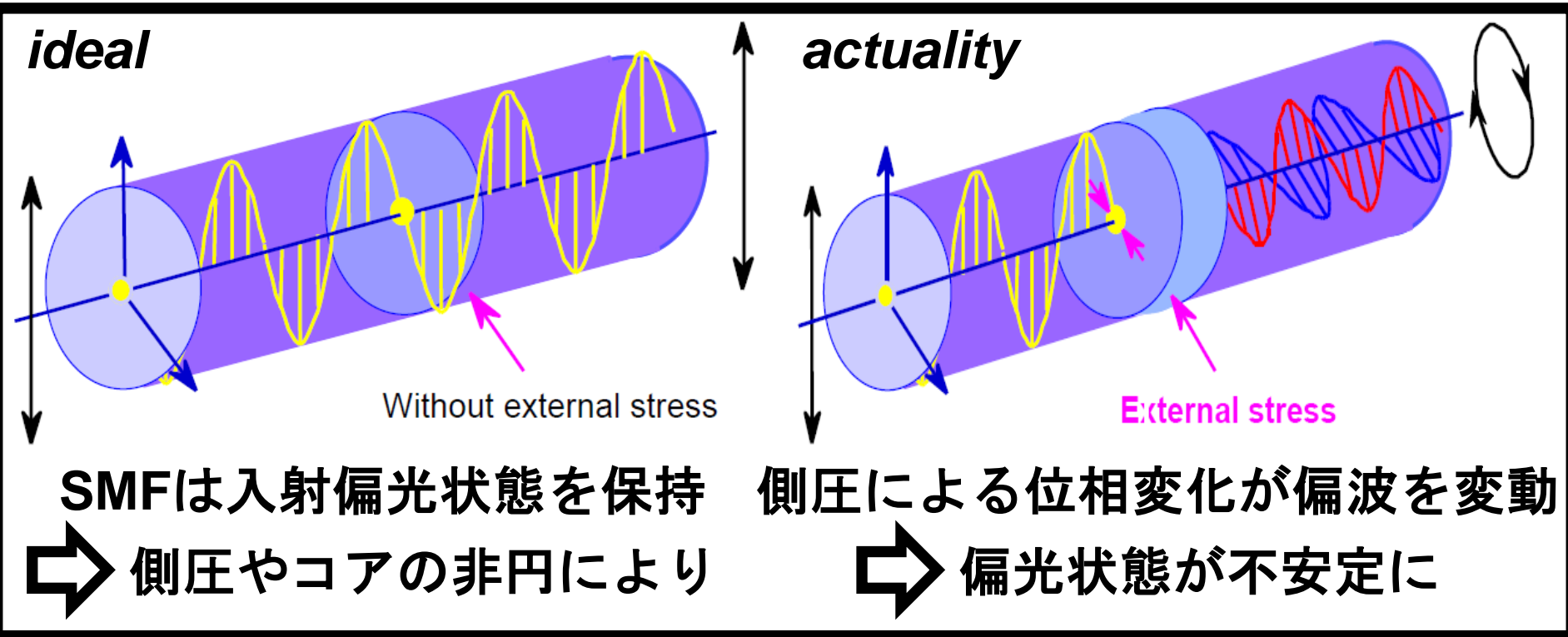


***Characterization of a self-starting,
passively mode-locked fiber ring laser
that exploits nonlinear polarization
evolution***

V. J. Matsas, D. J. Richardson, T. P. Newson, and D. N. Payne
Optics Letters, Vol. 18, Issue 5, pp. 358-360 (1993)

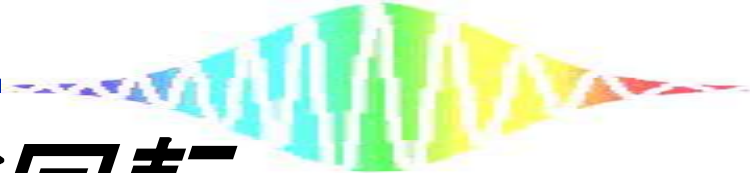


SMFの偏波伝送



この特徴を活かして

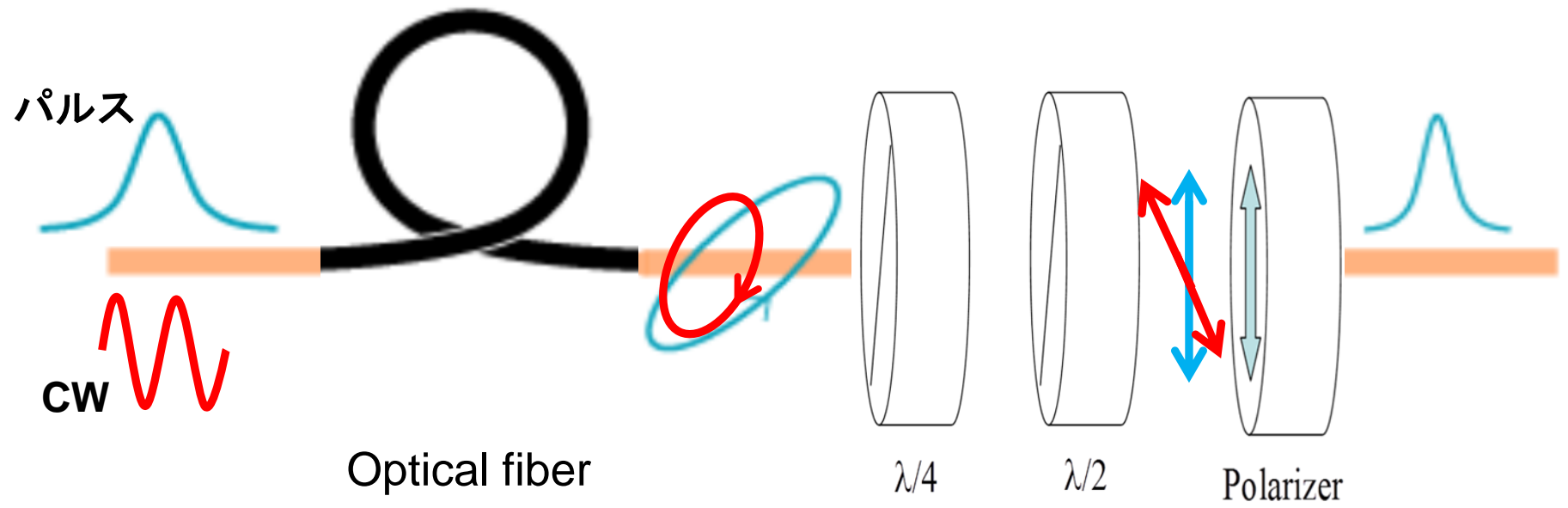
非線形偏波回転（非線形偏光発展）によるパルス生成



非線形偏波回転

Nonlinear Polarization Rotation : NPR

- **光強度に依存**して伝播光の直交する2つの偏光成分間に位相差が生じ，両成分から構成される楕円偏波面自身が超高速に回転する現象



ピーク強度
パルス > **CW**

パルス光のみが
 非線形屈折率変化を受ける

$n = n_0 + n_2 I$

偏光子がパルス光のみを通すように波長板を調整

Lo-Biスパンファイバ

「スパンファイバとは？」

作製時に母材を一定の率で回転させながら、線引きされたファイバ
イギリスのサウスハンプトン大学で開発

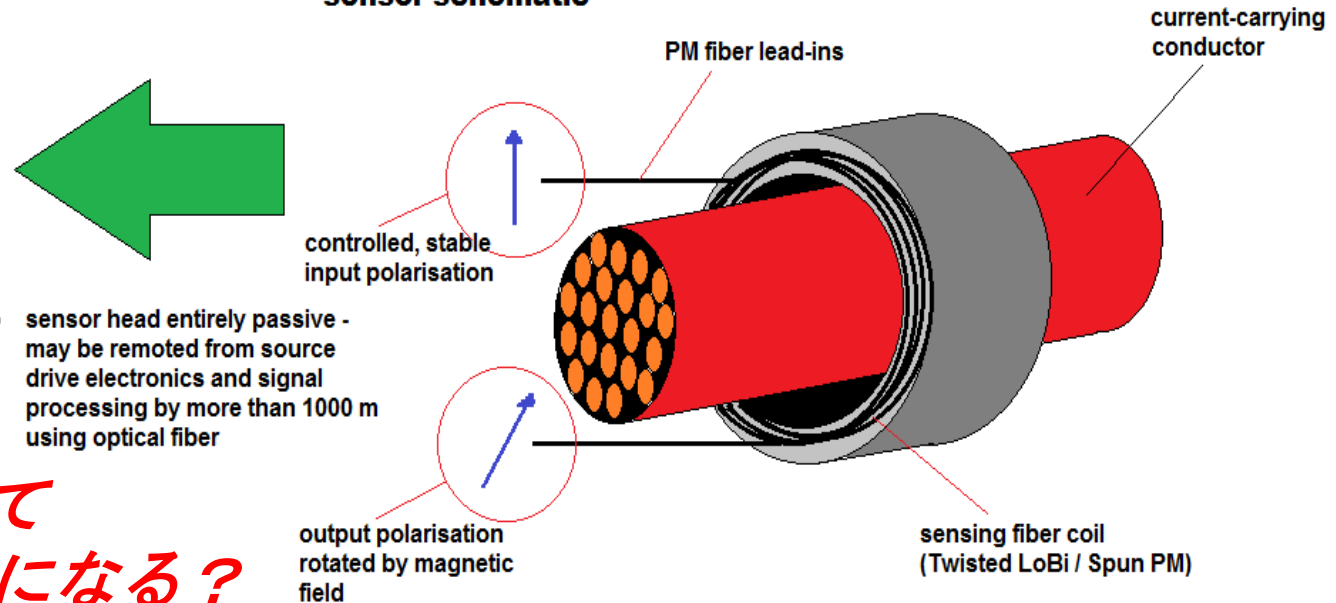
「SMFとの違い」

SMFで問題になってくる残留歪を平均化、雑音や不安定性を除去可能

「スパンファイバの用途」

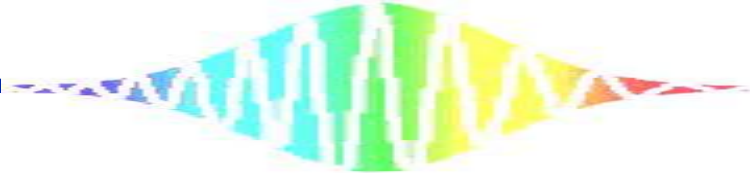
光ファイバ電流センサ

Fig.II: Faraday effect current sensor schematic

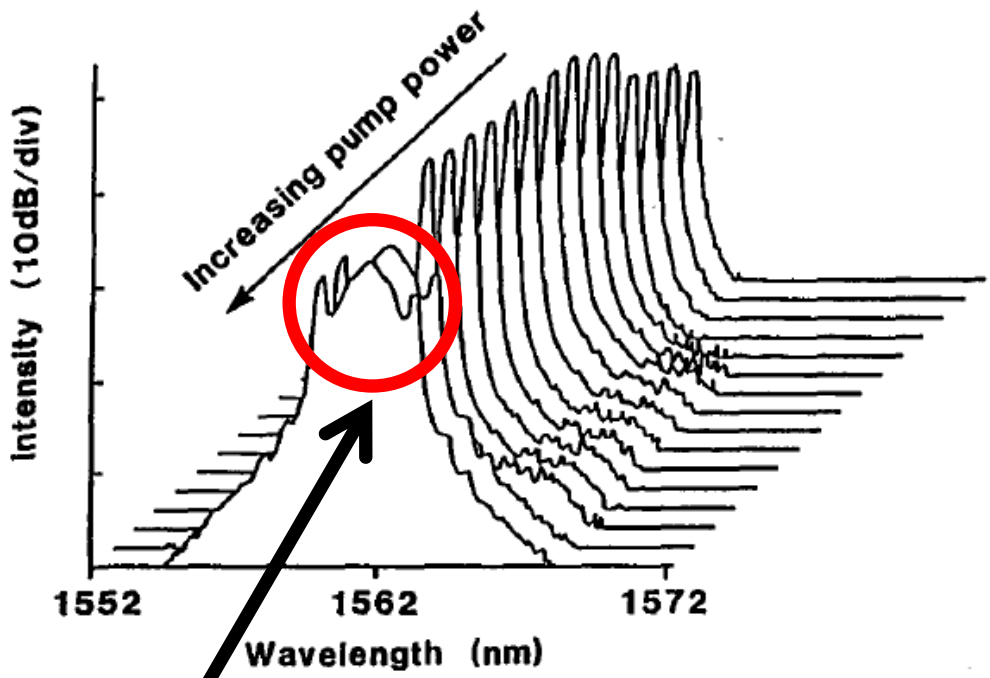
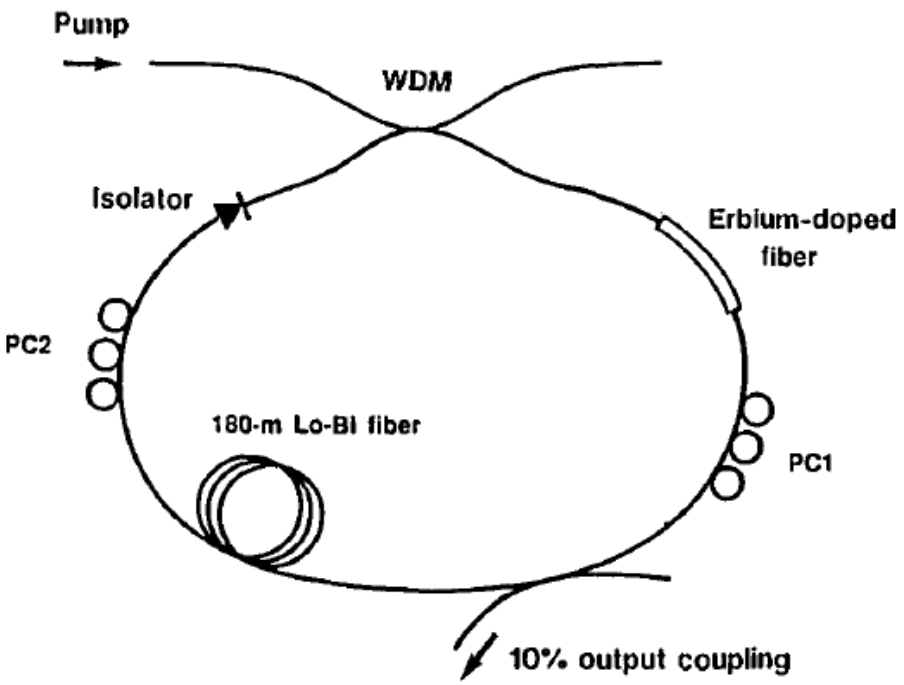


低複屈折率のため
ビート長を長く設定可

長距離伝播において
SMFより良い結果になる？



実験装置 & スペクトル



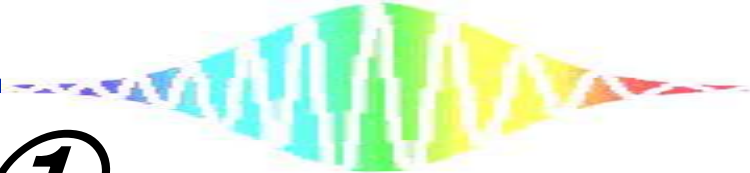
励起光源

安定化Ti : Sレーザ
 中心波長 : 980nm

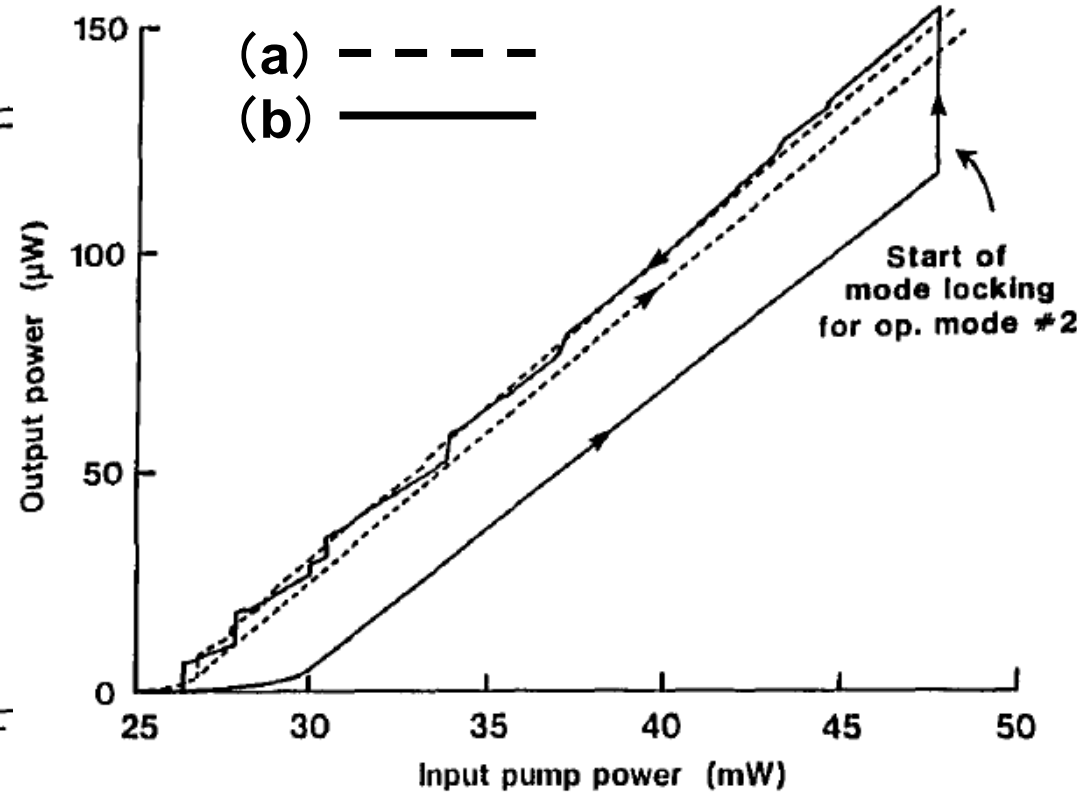
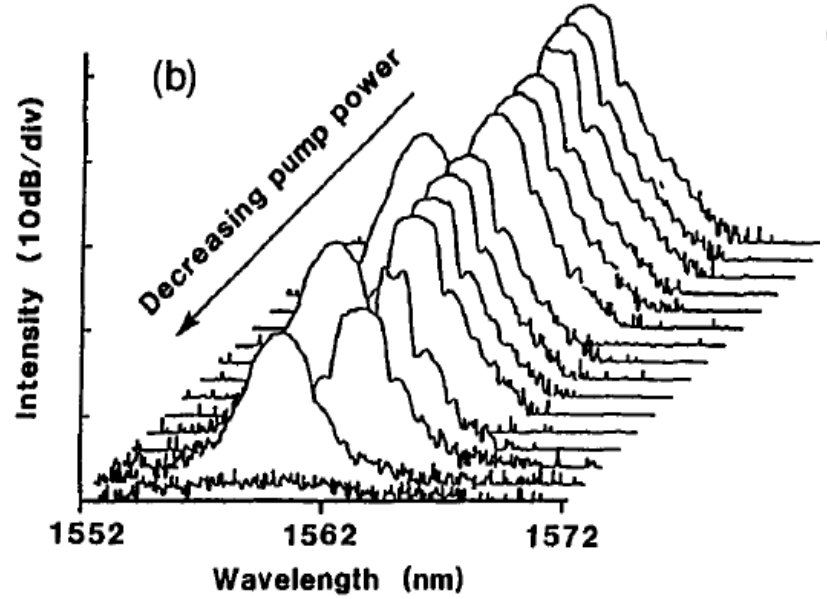
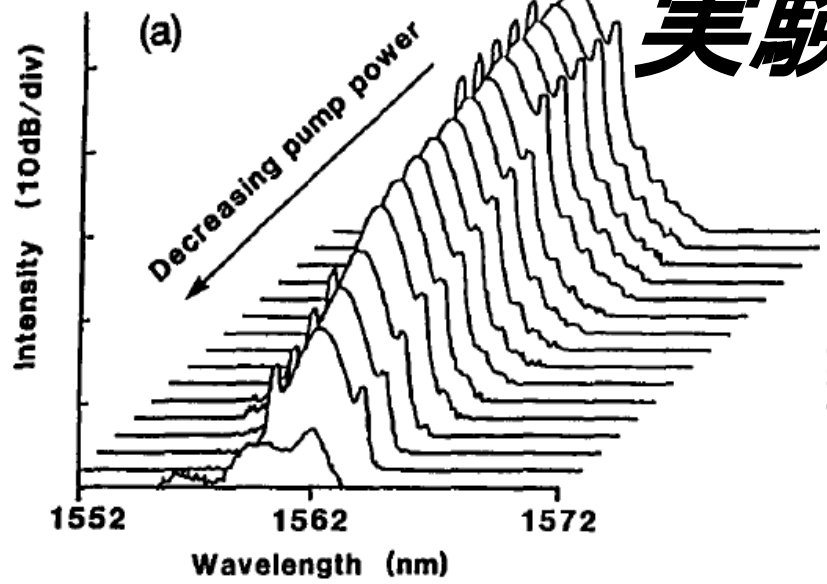
ソリトンパルス発生

モード同期開始
 CW成分は励起パワーにより抑制可

パルス幅 : 2ps@150mW
 1.55ps@30mW

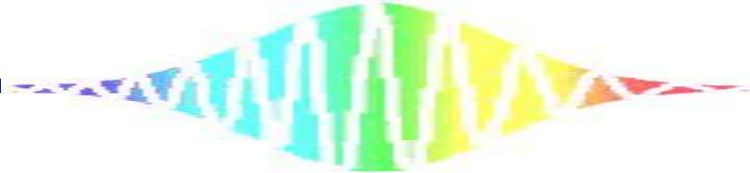


実験結果①



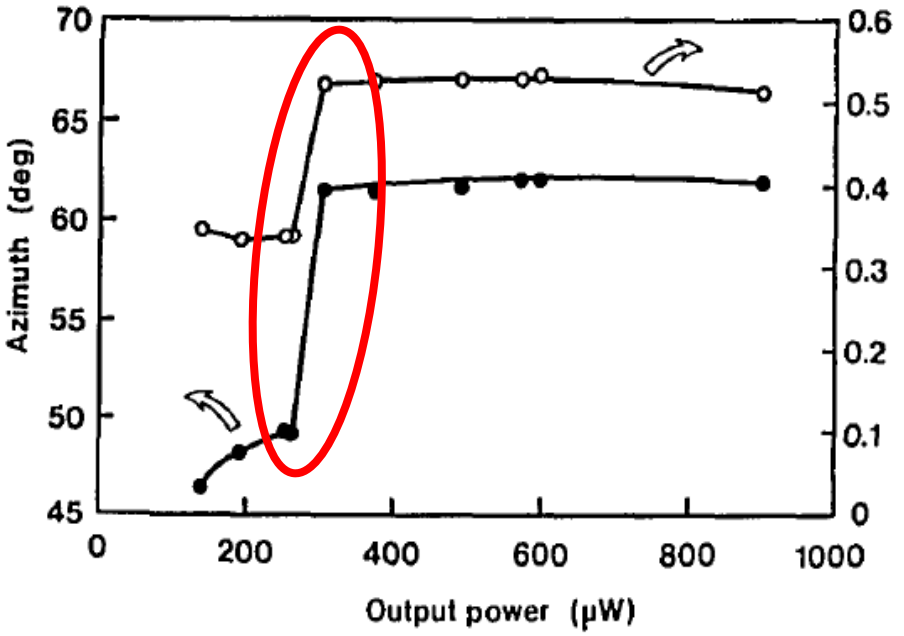
	CW動作	セルフスタート
(a)	<27mW	<70mW
(b)	<30mW	<47mW

PCの調節により2種類のソリトンパルス



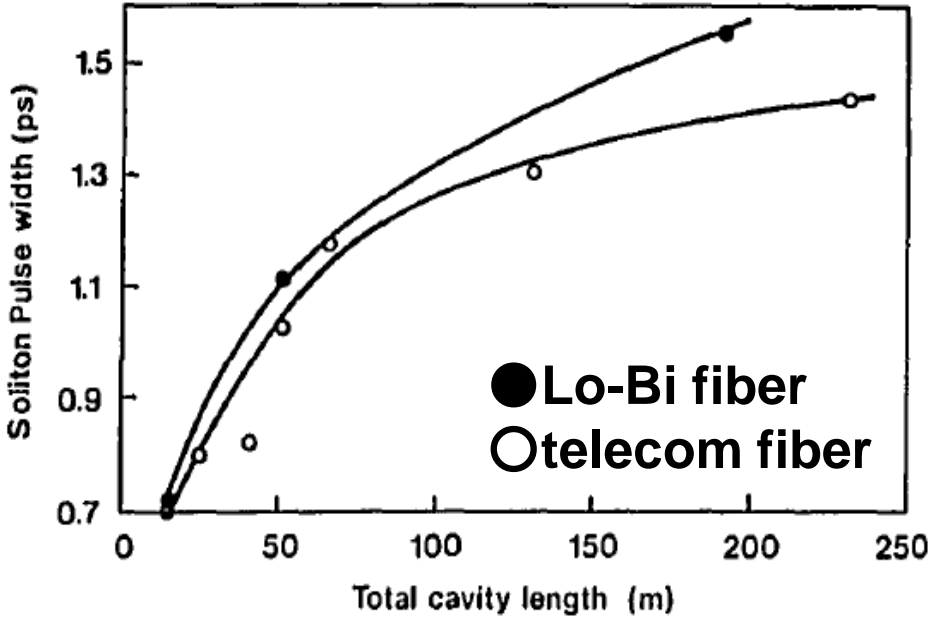
実験結果②

Lo-Biスパンファイバは外部環境変化に強い！



CW動作の時は一定！

モード同期すると急峻な変化

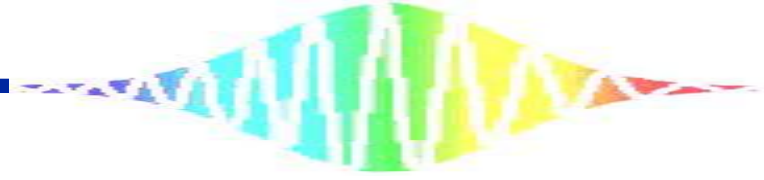


最短パルス幅

●720fs

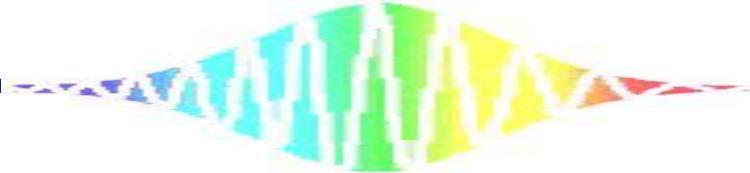
○700fs

安定な長距離伝送可能！

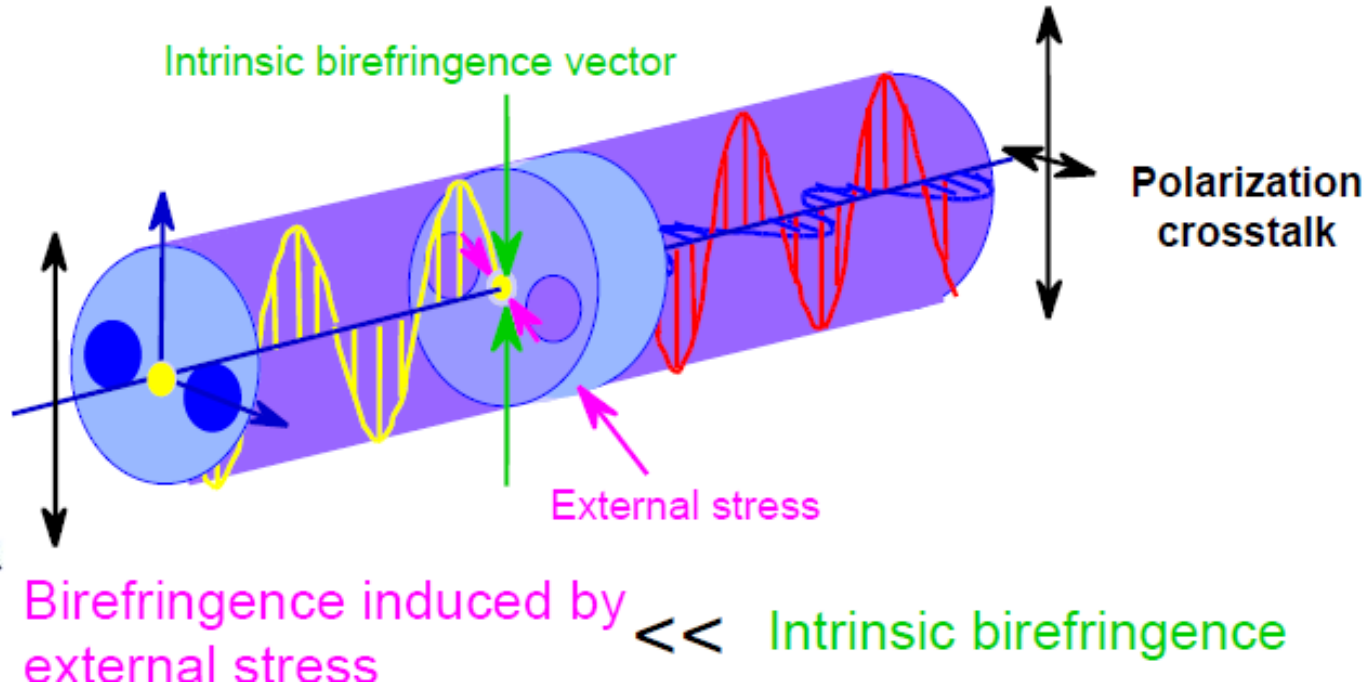
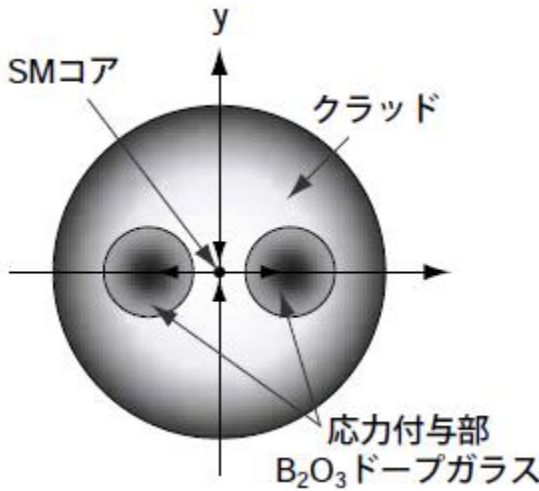


***Simultaneous generation of wavelength
Tunable two-colored femtosecond
Soliton pulse using optical fibers***

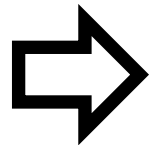
N. Nishizawa, R. Okamura, and T. Goto
IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS
Vol. 11, No.4, pp. 421-423 (1999)



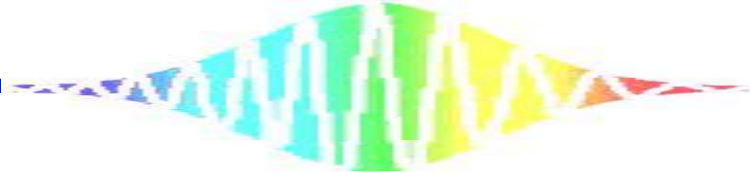
偏波保持ファイバ



X方向：引っ張り応力
Y方向：圧縮応力



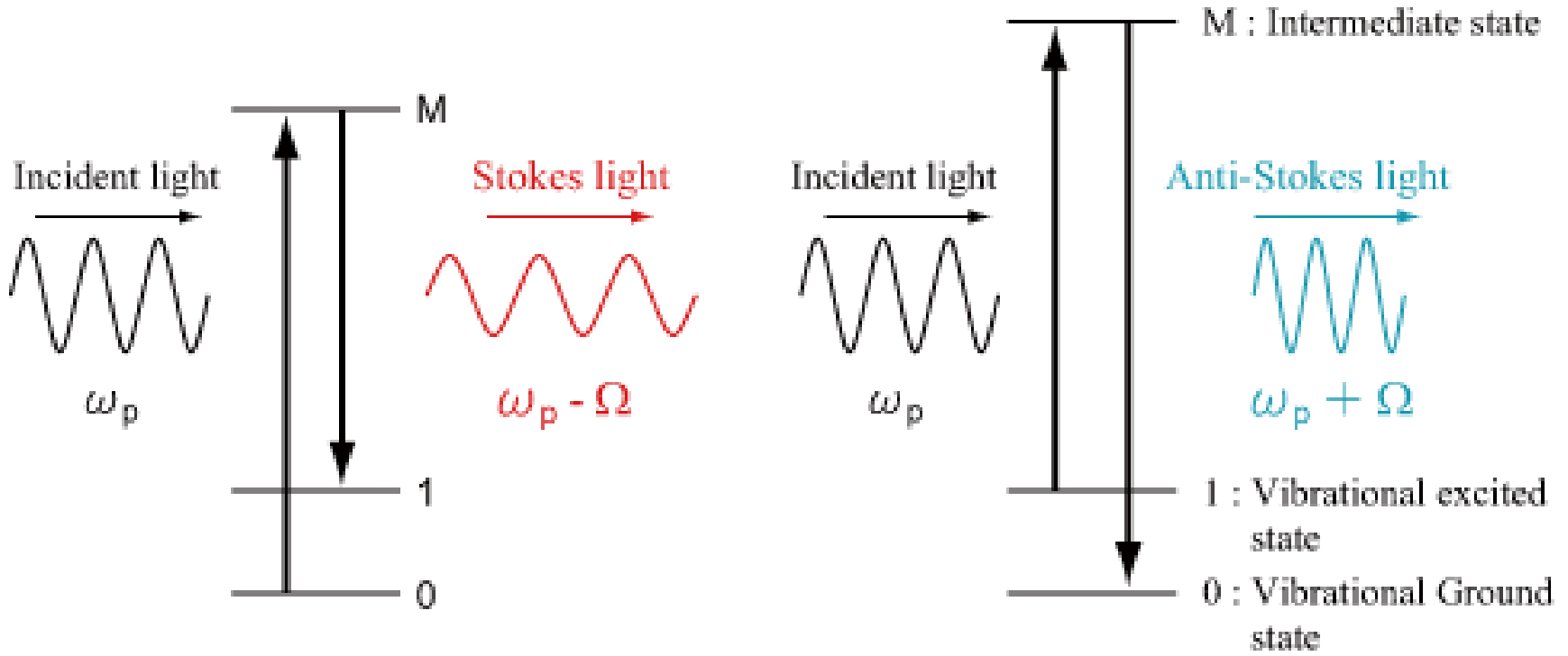
高い複屈折率を誘起



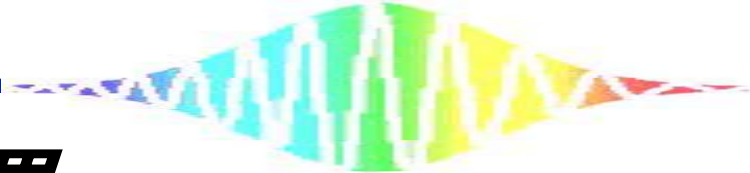
誘導ラマン散乱

(SRS : Stimulated Raman Scattering)

非線形媒質に強いポンプ光が入射するとき



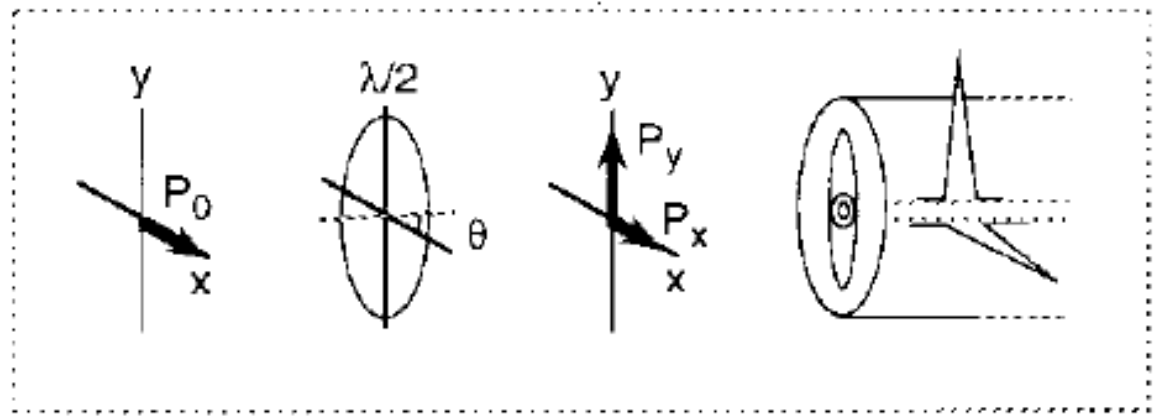
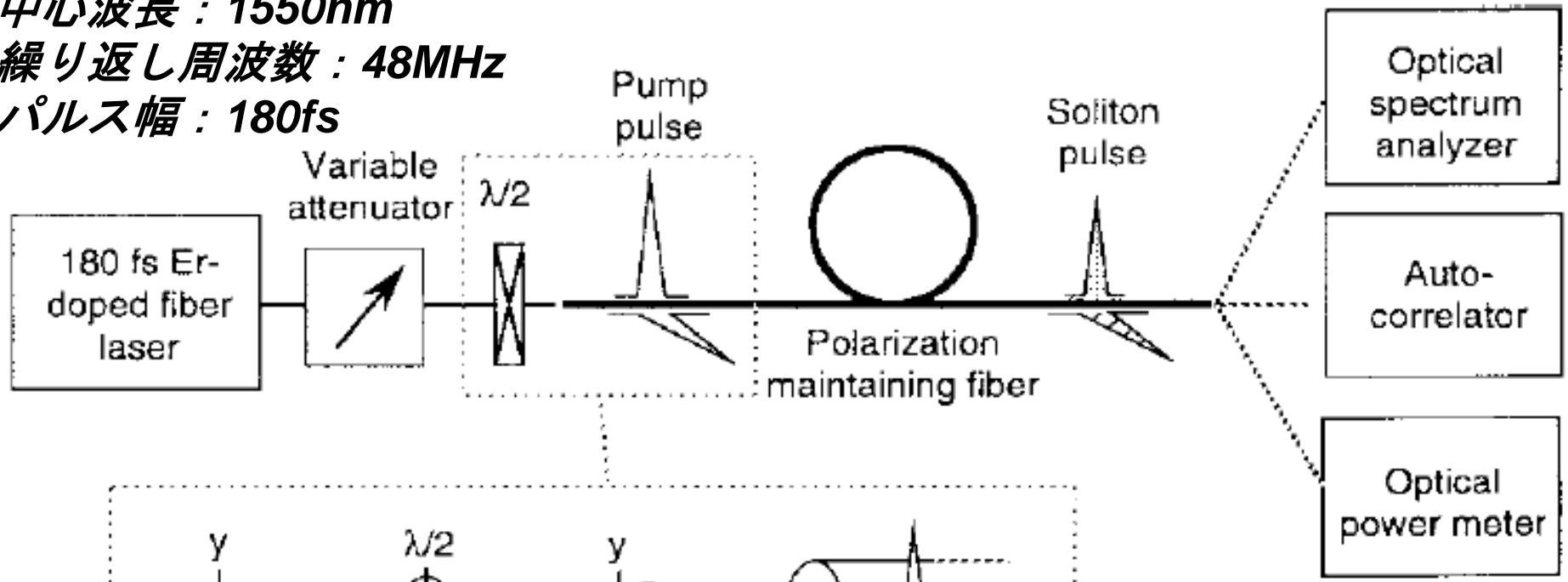
高周波の変換はほとんど起こらない



実験装置

励起光源

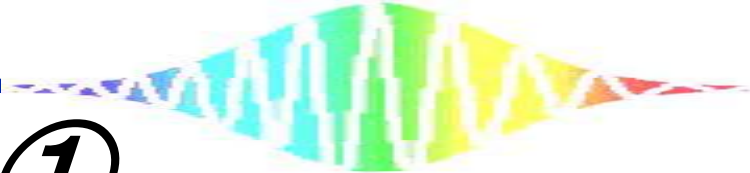
中心波長 : 1550nm
繰り返し周波数 : 48MHz
パルス幅 : 180fs



励起パワー変化

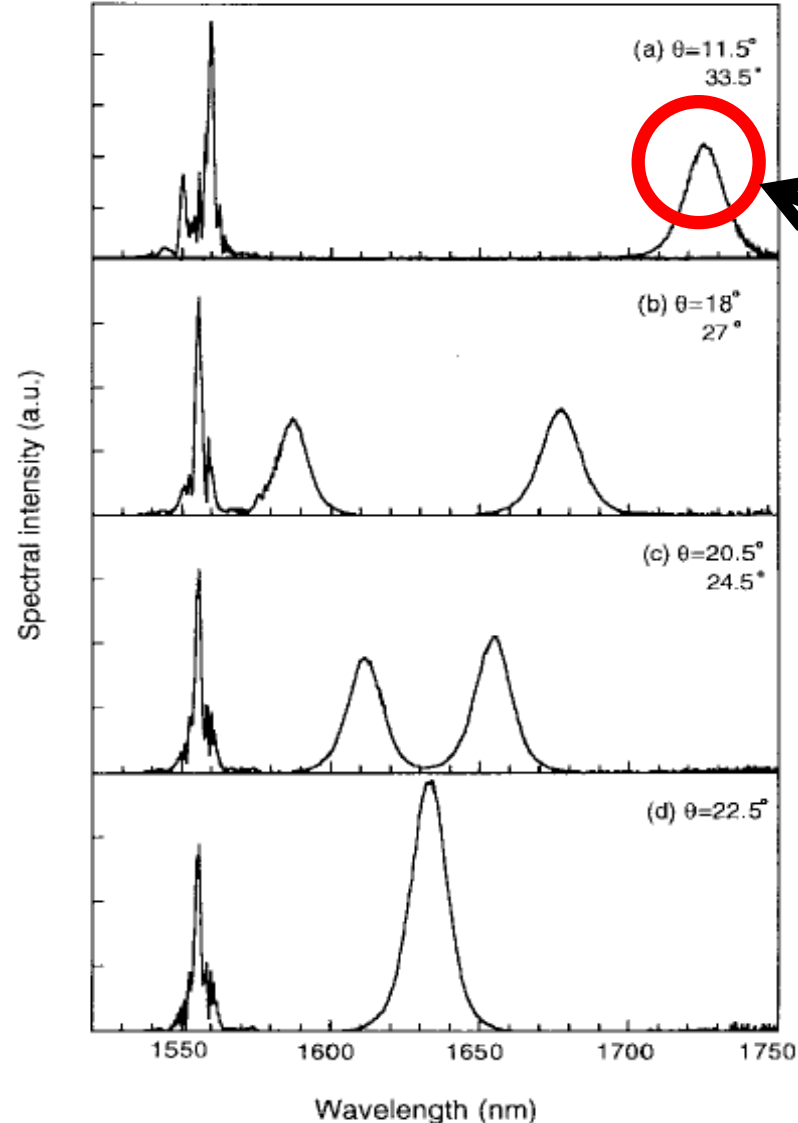


ラマンシフト量変化



実験結果①

$\theta = 1/2$ 波長板の複屈折軸と偏波ファイバの複屈折軸とのなす角



偏波保持ファイバとほぼ平行に入射



ストークス光



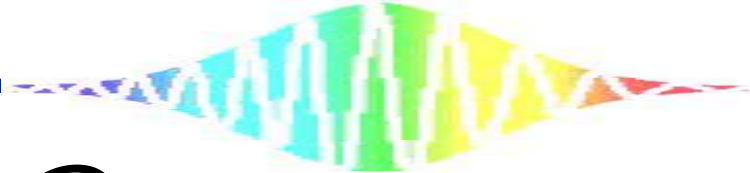
入射光の偏光を変化



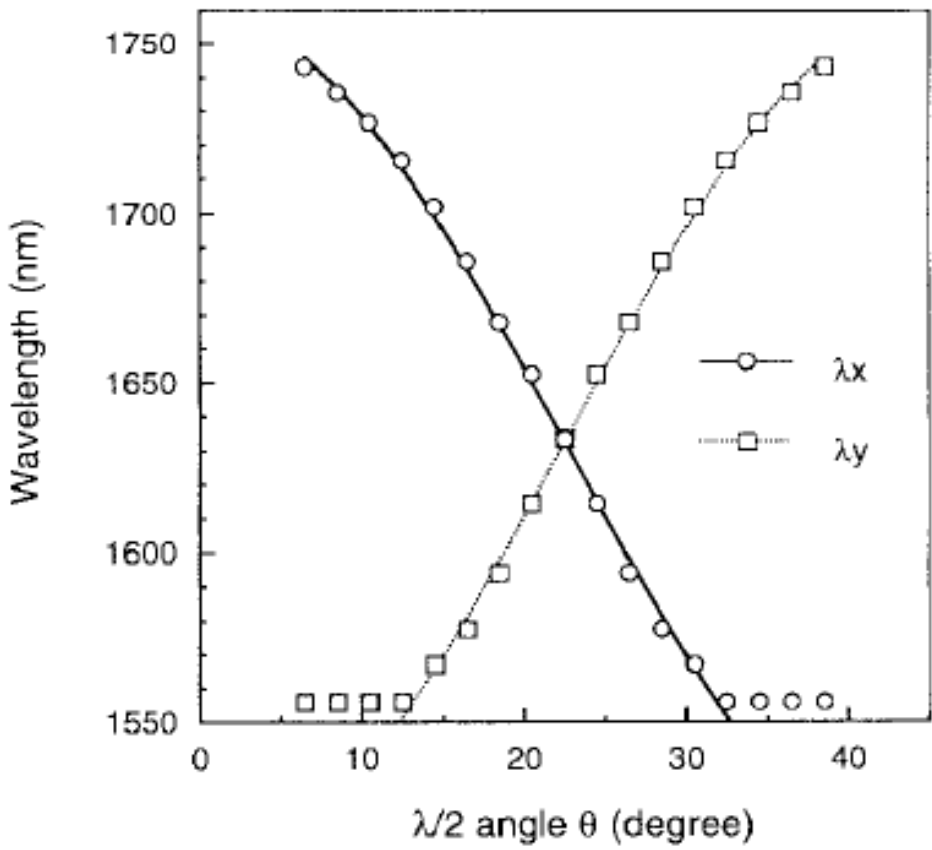
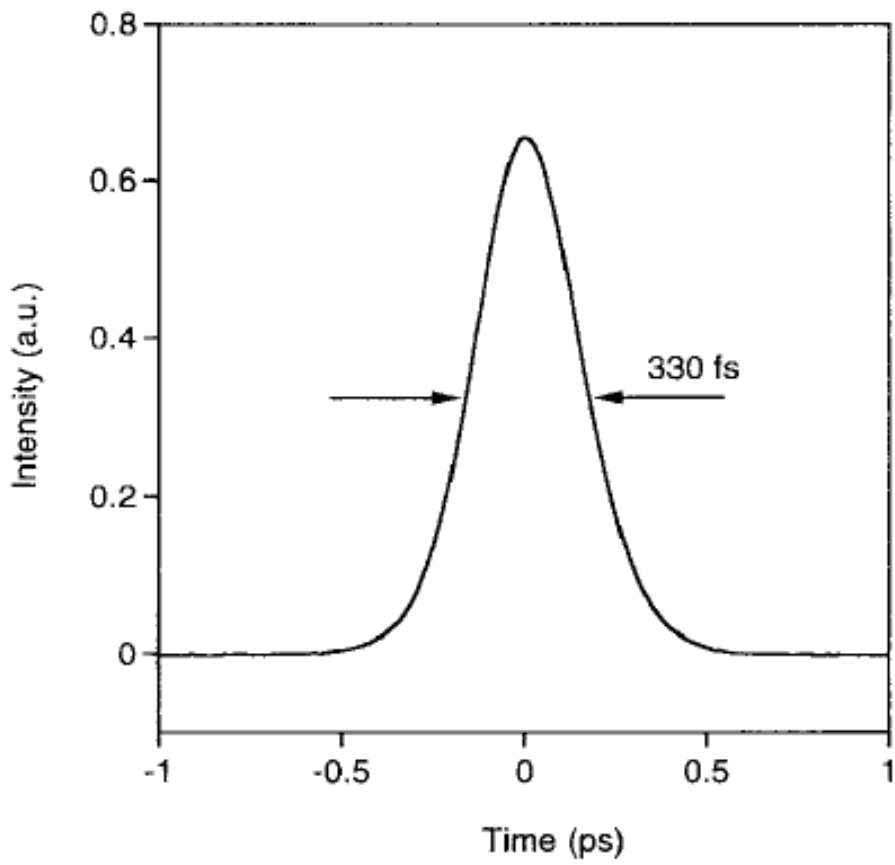
X方向・Y方向成分それぞれから
ストークス光発生



一致する



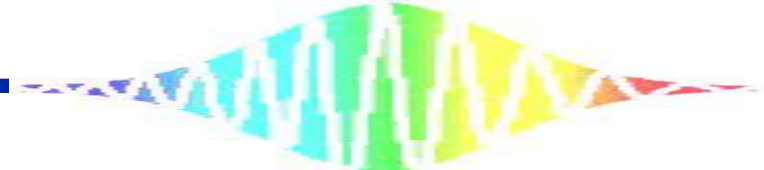
実験結果②



210fsと推定
 スペクトル幅からの
 フーリエ変換限界パルス幅と一致

○ : 水平偏光
 □ : 垂直偏光

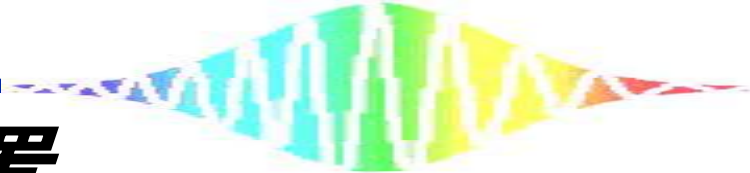
1.56~1.70μm間で波長可変な2波長パルス



Switchable, dual-wavelength passively mode-locked ultrafast fiber laser based on a single-wall carbon nanotube modelocker and intracavity loss tuning

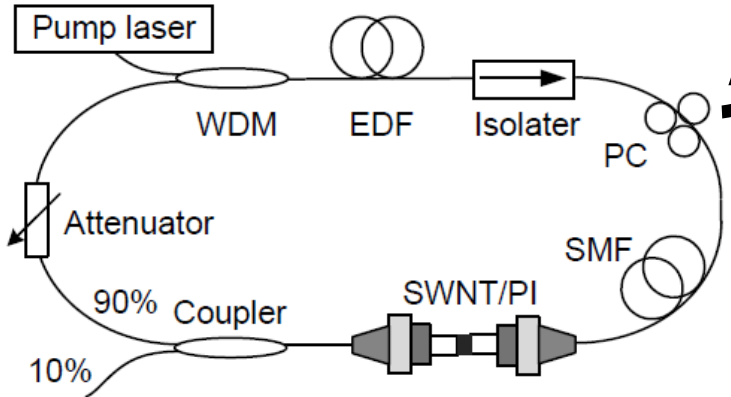
Xin Zhao, Zheng Aheng, Lei Liu, Ya Liu, Yaxing Jiang, Xin Yang,
and Jinsong Zhu

Optics Express, Vol. 19, No.2, pp. 1168-1173 (2011)

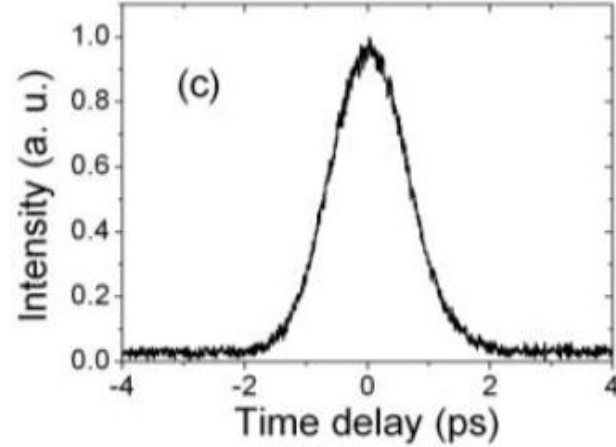
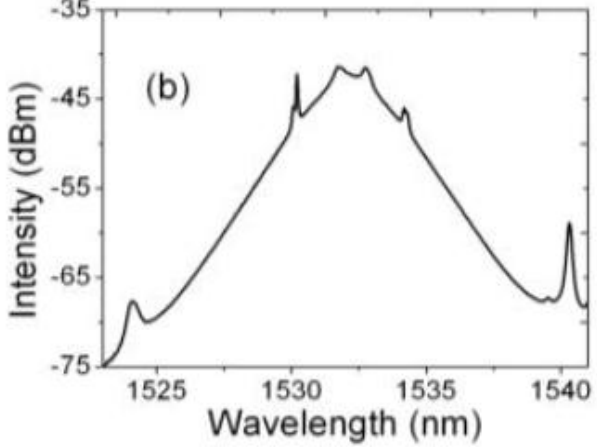
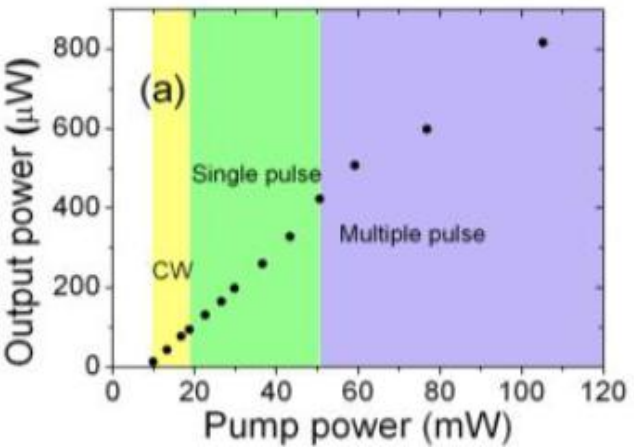
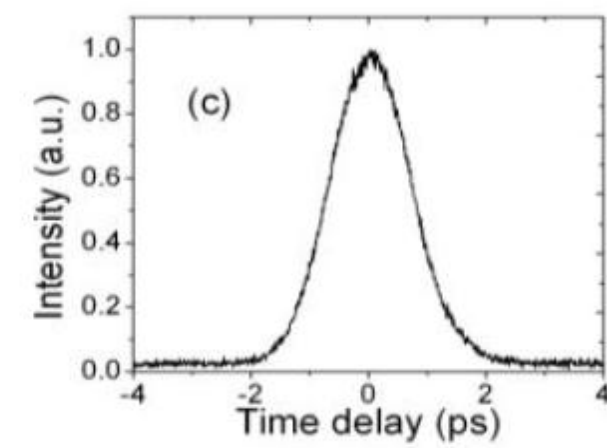
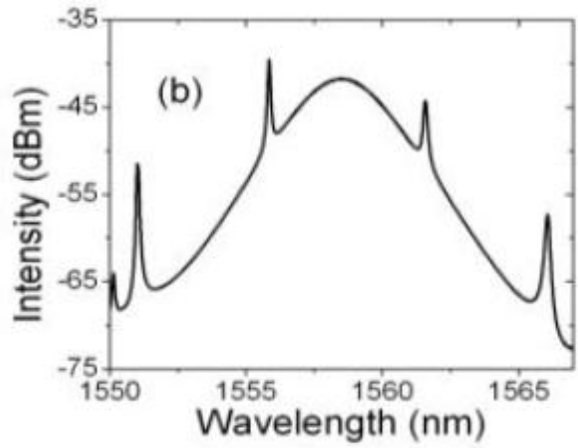
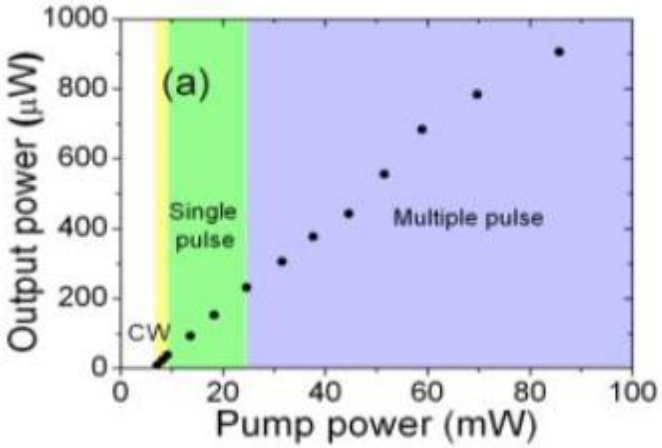


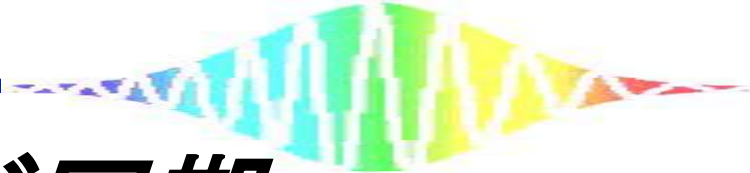
実験装置

SWNT : 単層カーボンナノチューブ
 → 過飽和吸収体の働き

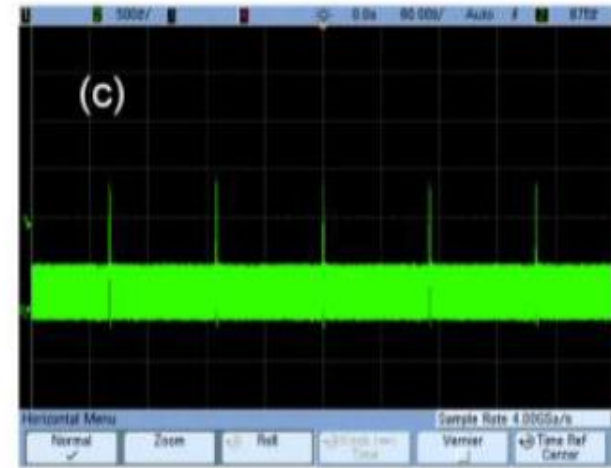
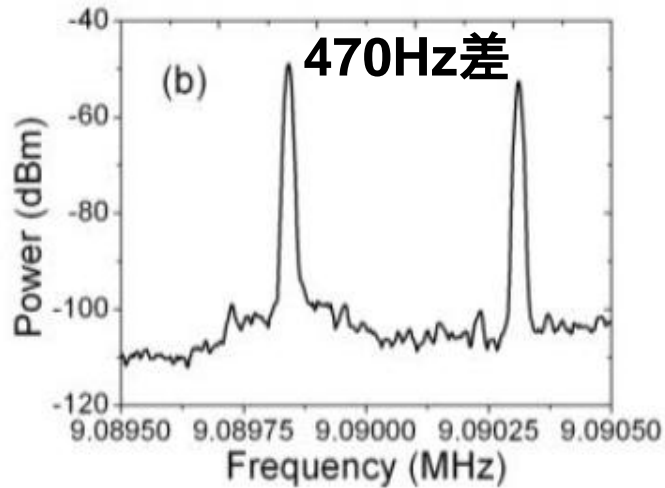
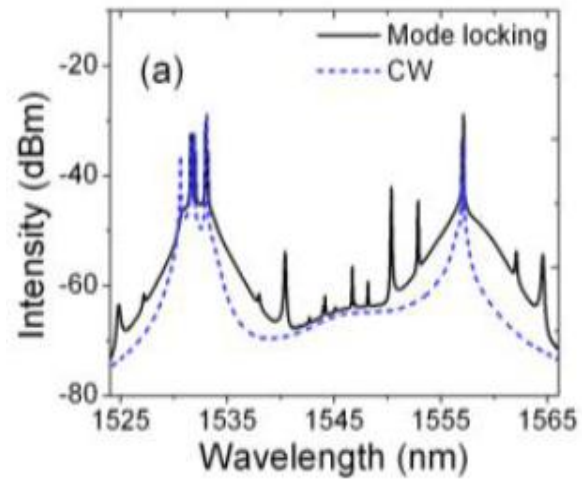


上 : アッテネータ (0dB)
 下 : アッテネータ (3dB)

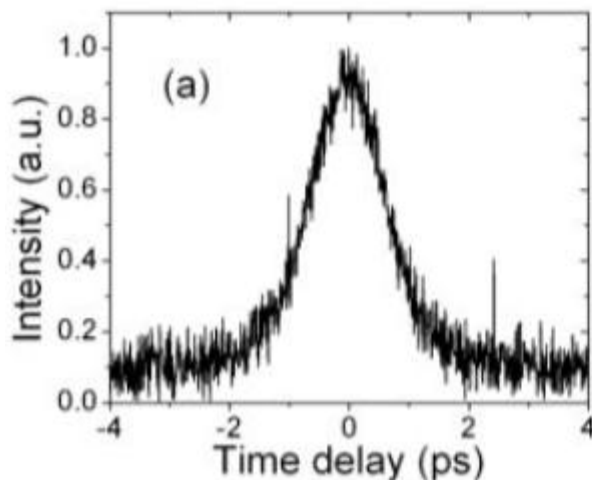




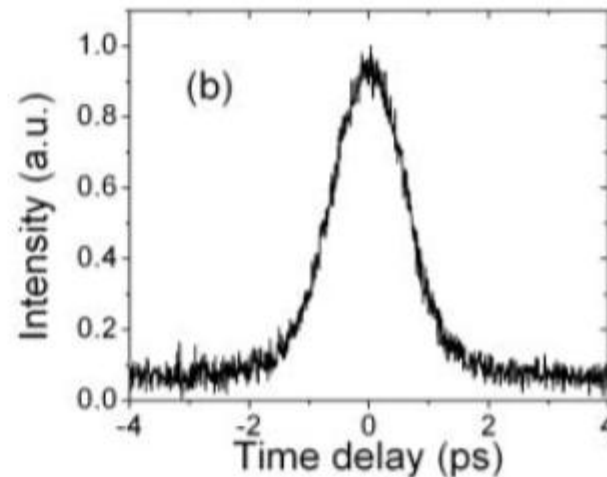
2波長モード同期



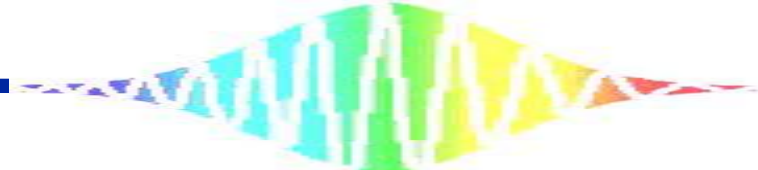
アッテネータ (2.2dB) にセット



0.99ps @1532.3nm



0.95ps @1557.3nm

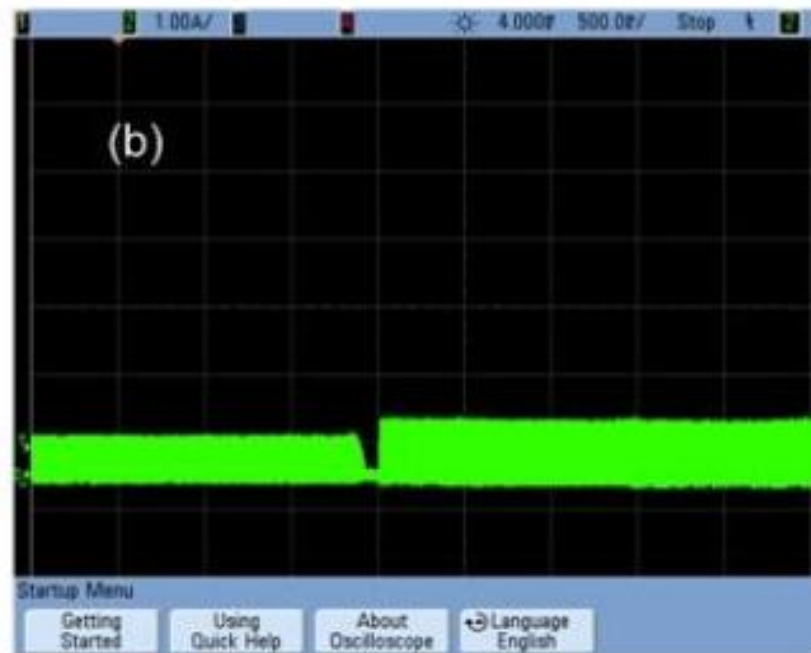


スイッチングモード同期

励起パワー : 46mW ランダムパルスの集まり

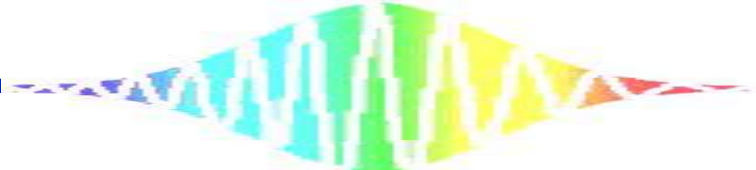


アッテネータ : 0dB → 3dB
中心波長 : 1557nm → 1532nm
変位時間 : ~1.3s



アッテネータ : 3dB → 0dB
中心波長 : 1532nm → 1557nm
変位時間 : ~130ms

1557nmのセルフスタート閾値が低い



まとめ

- Lo-BiスパンファイバとSMFとの比較
- 非線形偏波回転のメカニズム
- 偏波保持ファイバによる2波長パルス発振
- 誘導ラマン散乱による周波数シフトも可能
- 1台のレーザによる2波長パルス発振

- ☆ 2波長パルス発振の同時発生の有用性
- ☆ 2波長パルス発振は比較的容易に発生可能
- ☆ セットアップの小型化