

共同レーザー開発打合せ

24th Jan. 2012

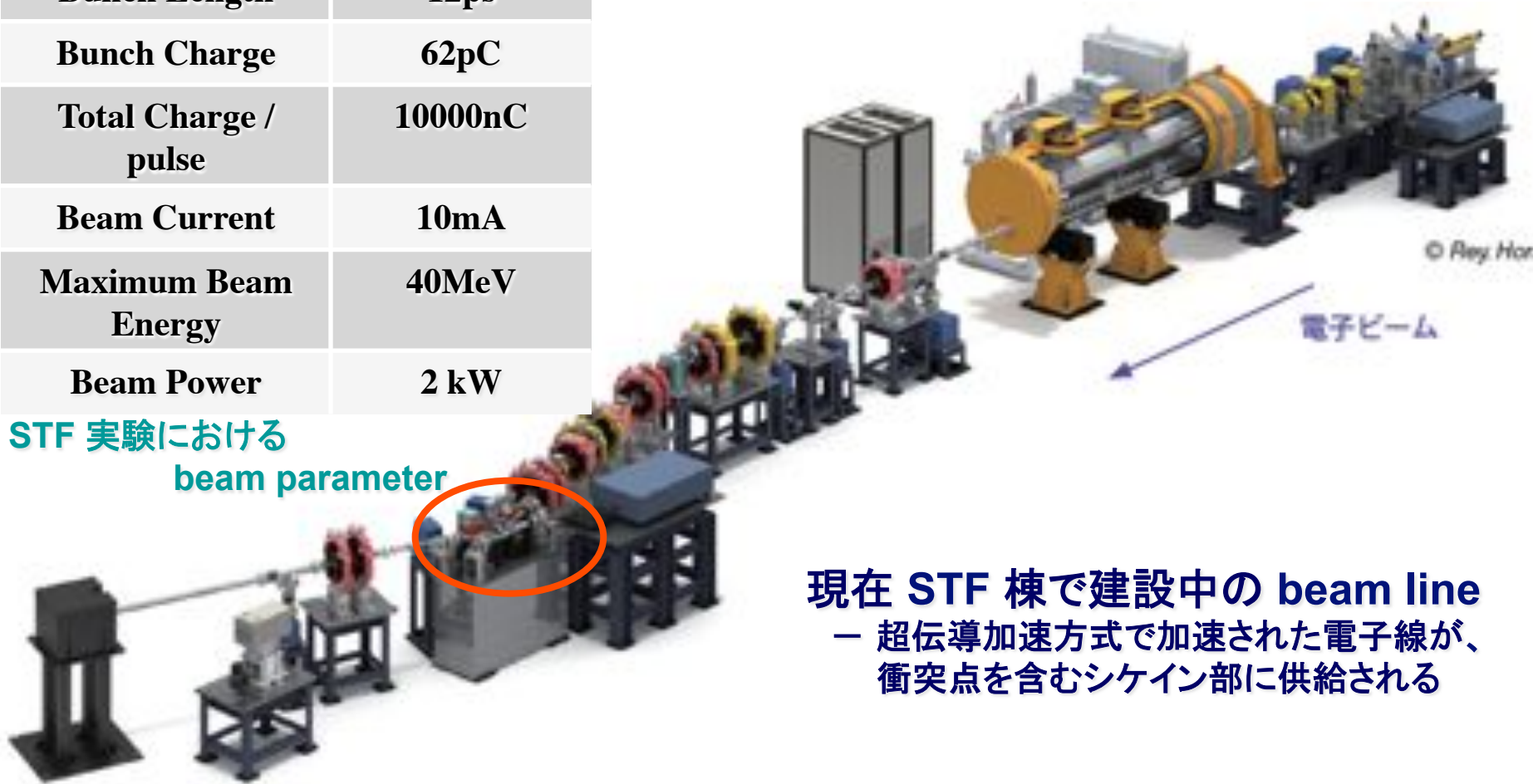
目次

- 「量子ビーム基盤技術開発プログラム」におけるレーザー開発
- 現在の発振器開発の方針
- 発振器の安定化への取り組み
- 今後の開発予定

量子ビーム基盤技術開発プログラム」におけるレーザー開発

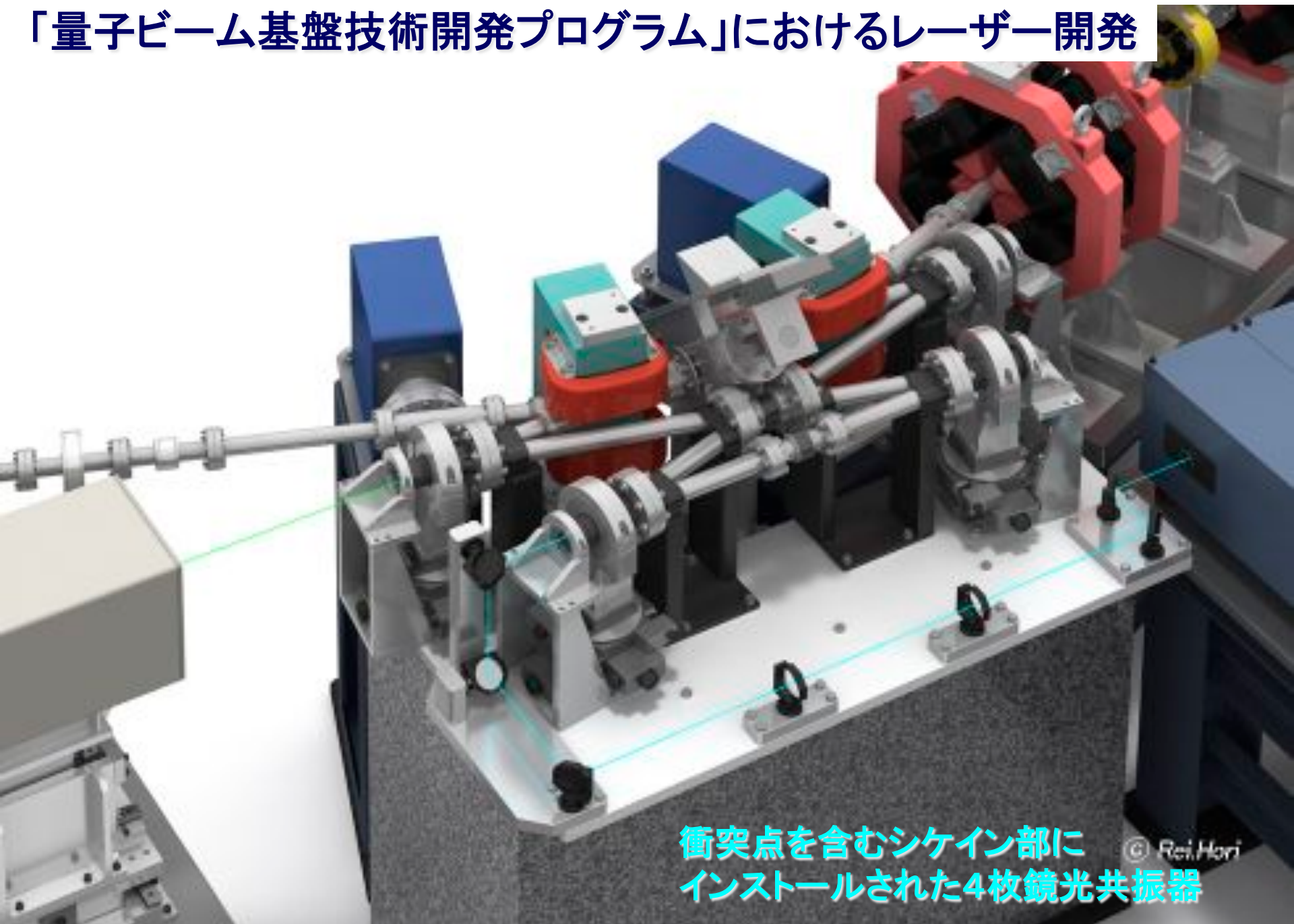
Pulse Length	1ms
Repetition Rate	5Hz
Bunch Spacing	6.15ns
# of Bunch / pulse	162500
Bunch Length	12ps
Bunch Charge	62pC
Total Charge / pulse	10000nC
Beam Current	10mA
Maximum Beam Energy	40MeV
Beam Power	2 kW

STF 実験における
beam parameter



現在 STF 棟で建設中の beam line
— 超伝導加速方式で加速された電子線が、
衝突点を含むシケイン部に供給される

「量子ビーム基盤技術開発プログラム」におけるレーザー開発

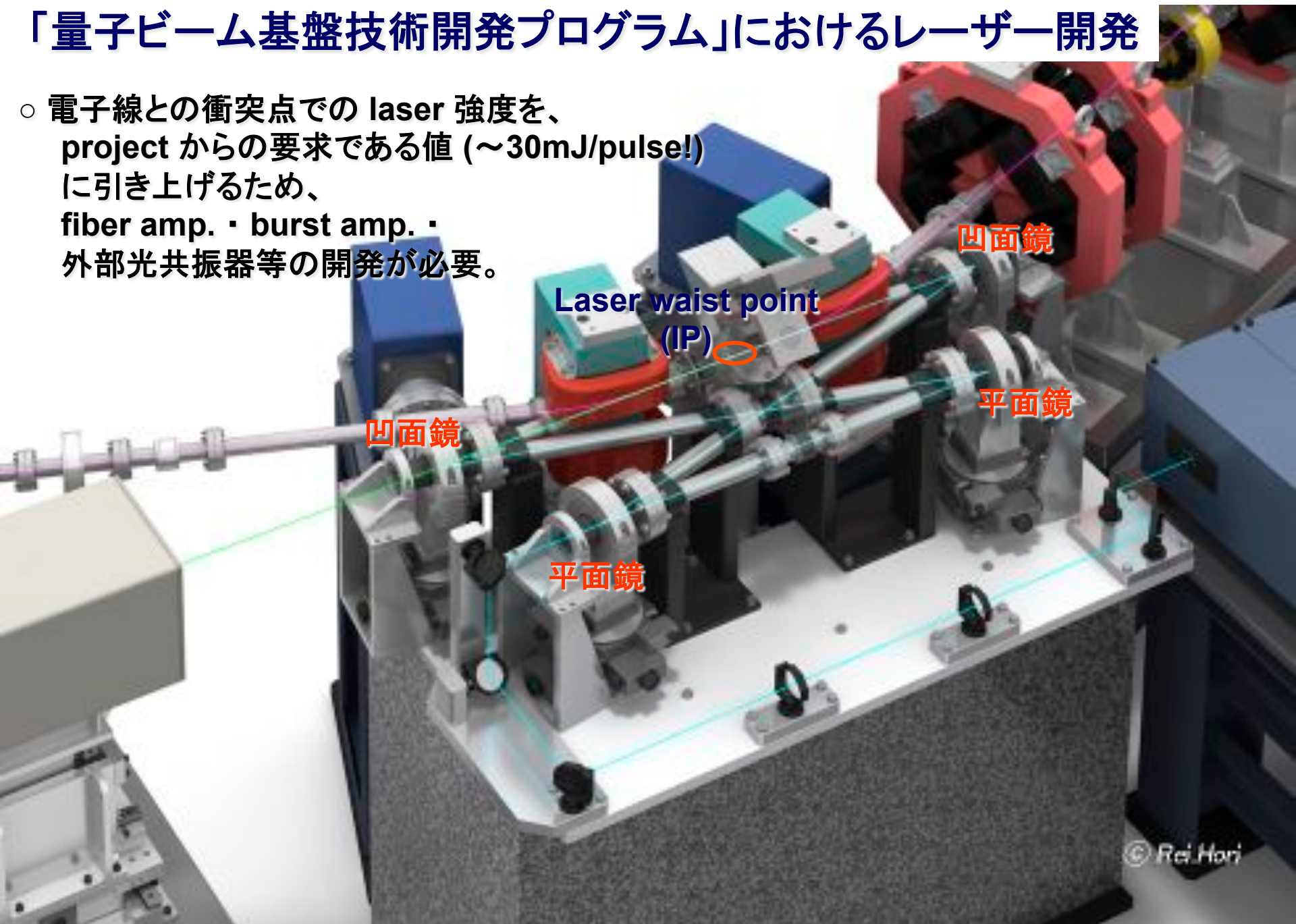


衝突点を含むシケイン部に
インストールされた4枚鏡光共振器

© Rei Hori

「量子ビーム基盤技術開発プログラム」におけるレーザー開発

- 電子線との衝突点での laser 強度を、project からの要求である値 ($\sim 30\text{mJ/pulse!}$) に引き上げるため、
fiber amp. ・ burst amp. ・
外部光共振器等の開発が必要。



「量子ビーム基盤技術開発プログラム」におけるレーザー開発

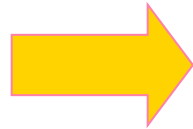
発振器

- fiber・自己発振技術を応用
- 加速器との同期させた自作の発振器を、何処まで安定化させられるか。



増幅器

- 希土類添加型 fiber を使った、高効率の光増幅を達成させる。



共振器

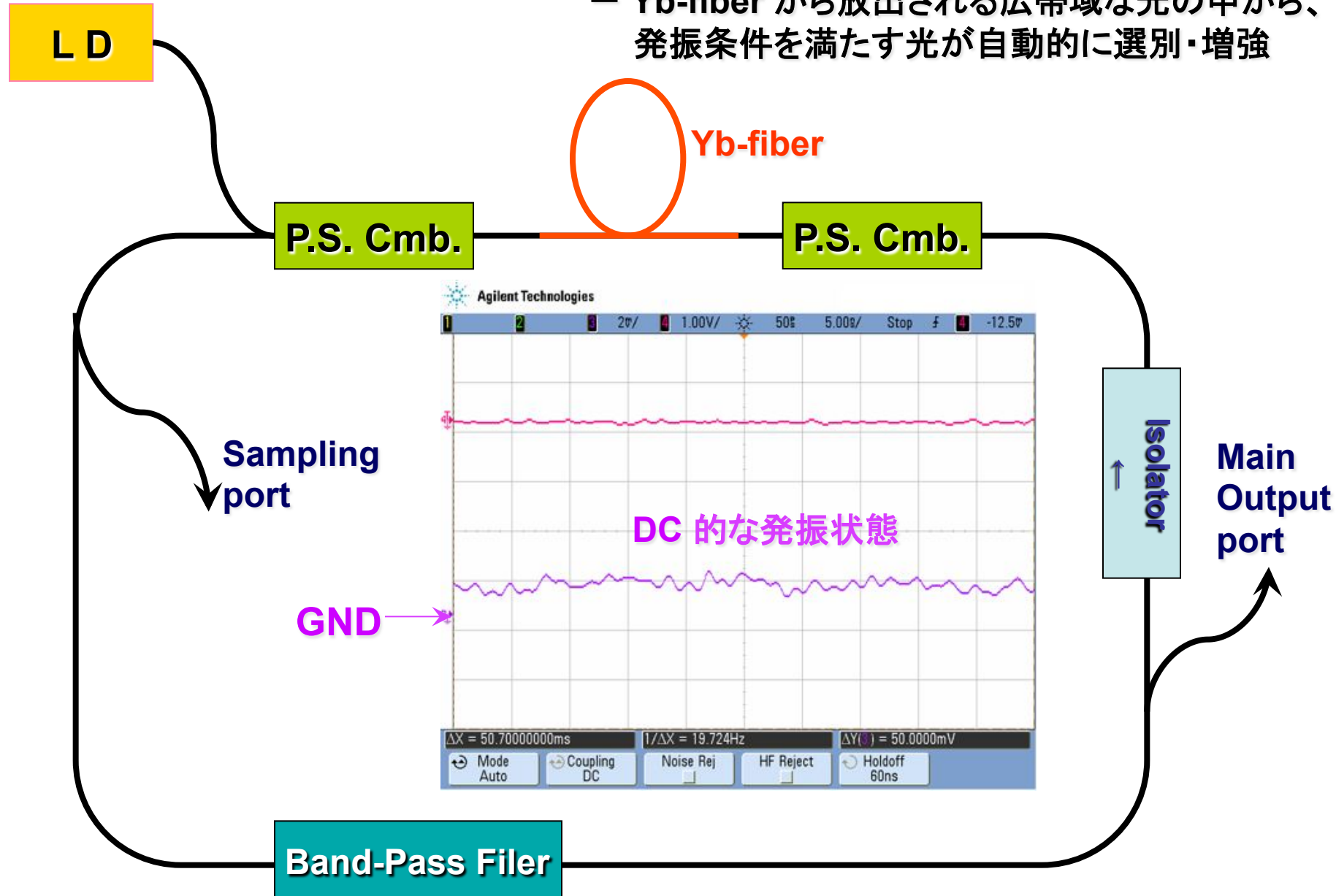
- laser 蓄積技術を用いて、衝突点での光強度を増強する。
(~3000倍程度)
- 従来の2枚鏡型共振器から、4枚鏡型共振器への移行。

※ STF での衝突実験に関する laser 系を、
全て自作で賄おうとする project。

※ photo-cathode RF gun 用 seed laser
に関しても challenging な研究開発が進行中 (坂上氏)

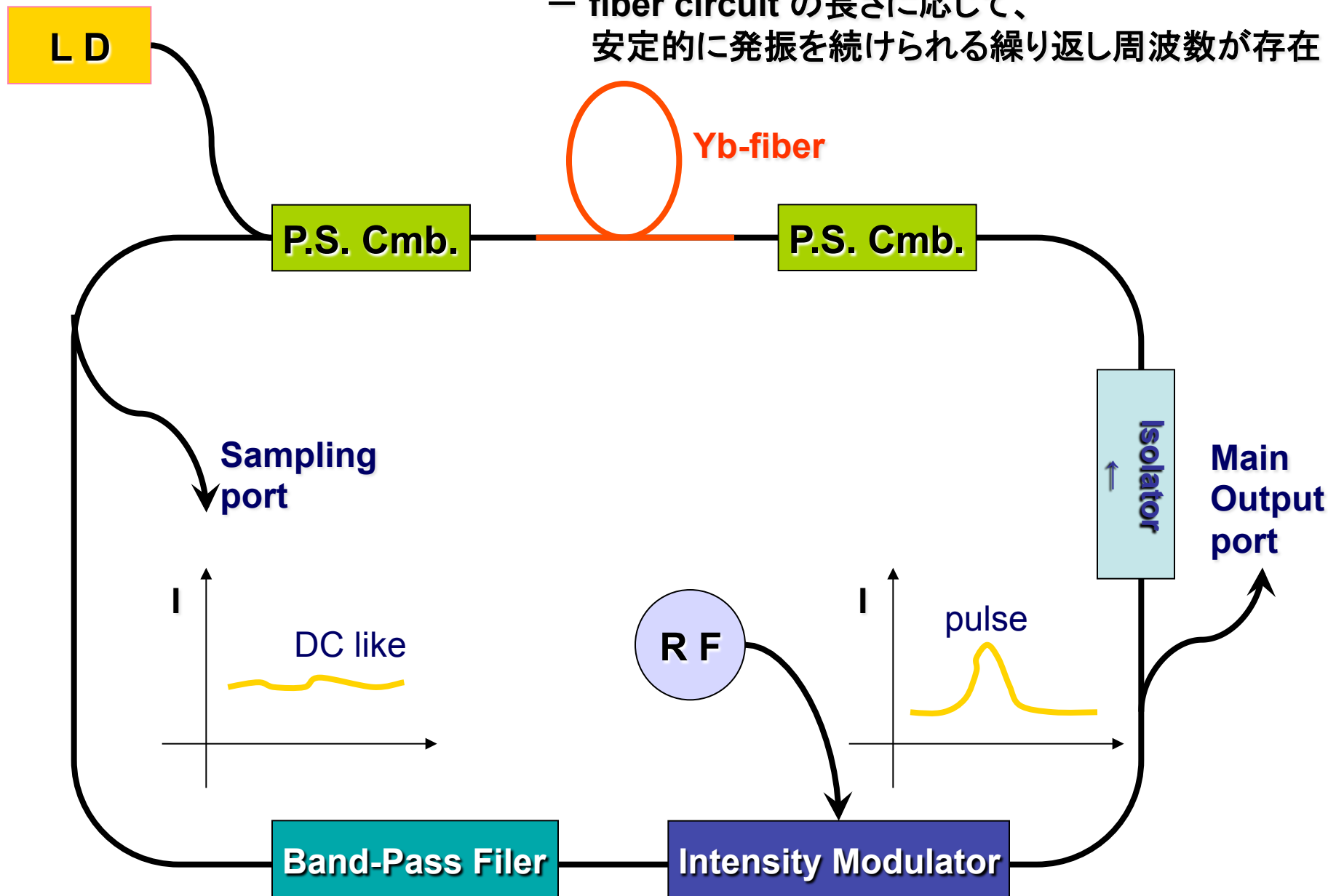
現在の発振器開発の方針

- Ring fiber laser での DC 的発振
 - ー Yb-fiber から放出される広帯域な光の中から、発振条件を満たす光が自動的に選別・増強

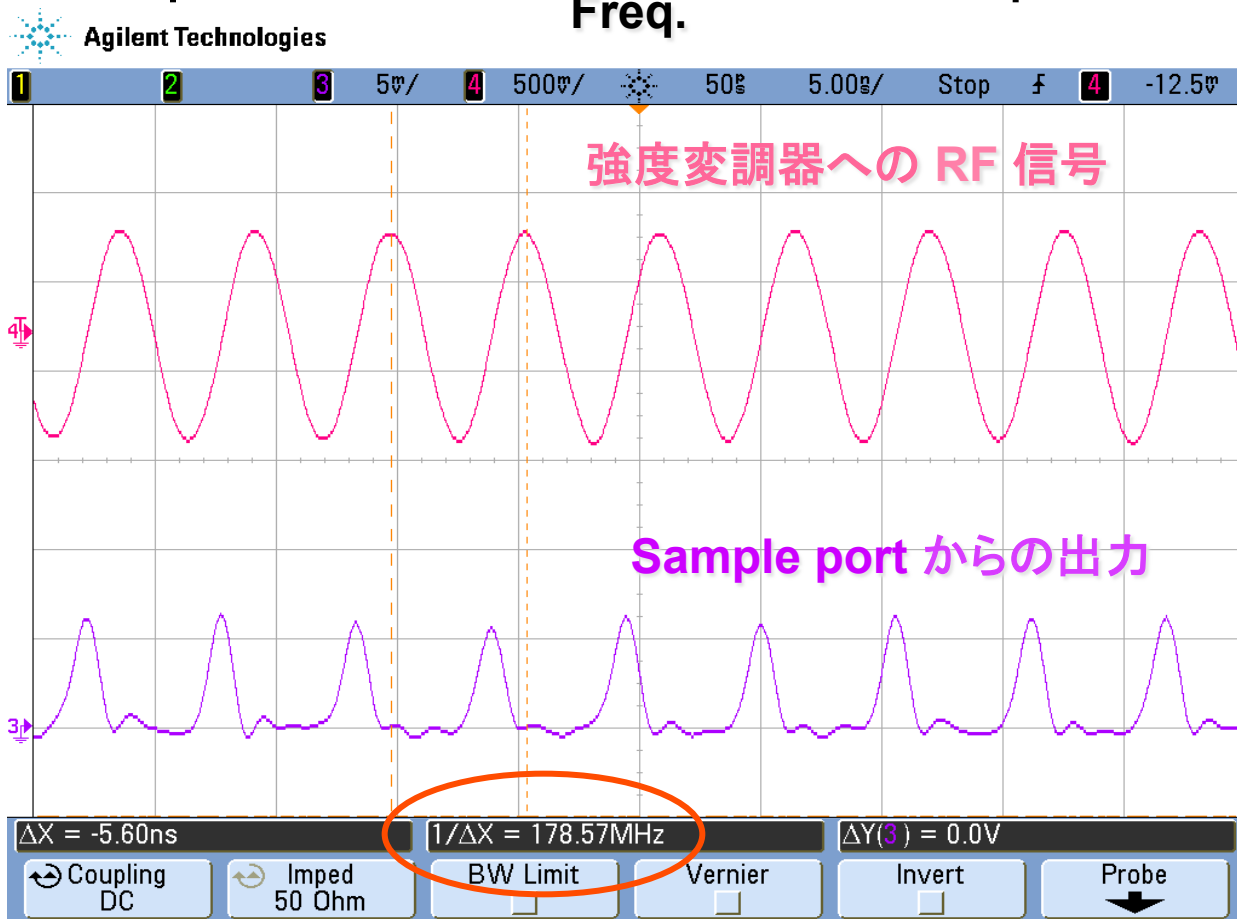
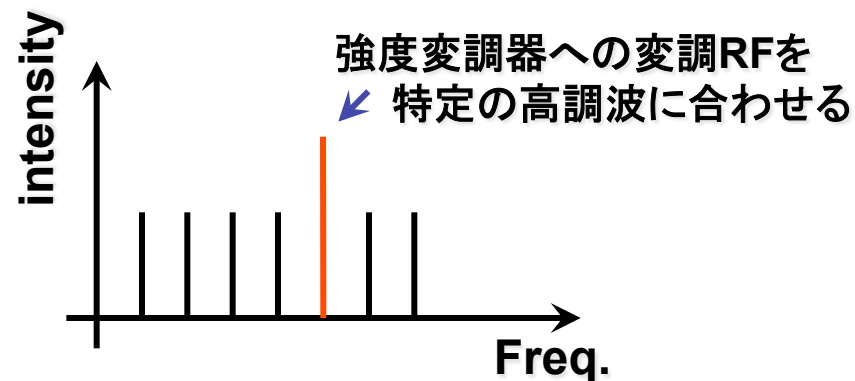
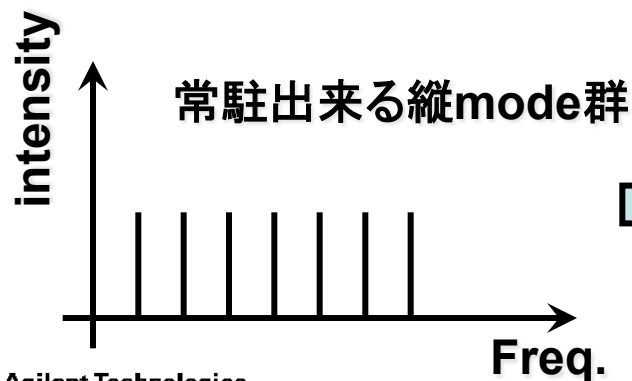


現在の発振器開発の方針

- 強度変調器を導入して、周期的変調をかける
— fiber circuit の長さに応じて、
安定的に発振を続けられる繰り返し周波数が存在



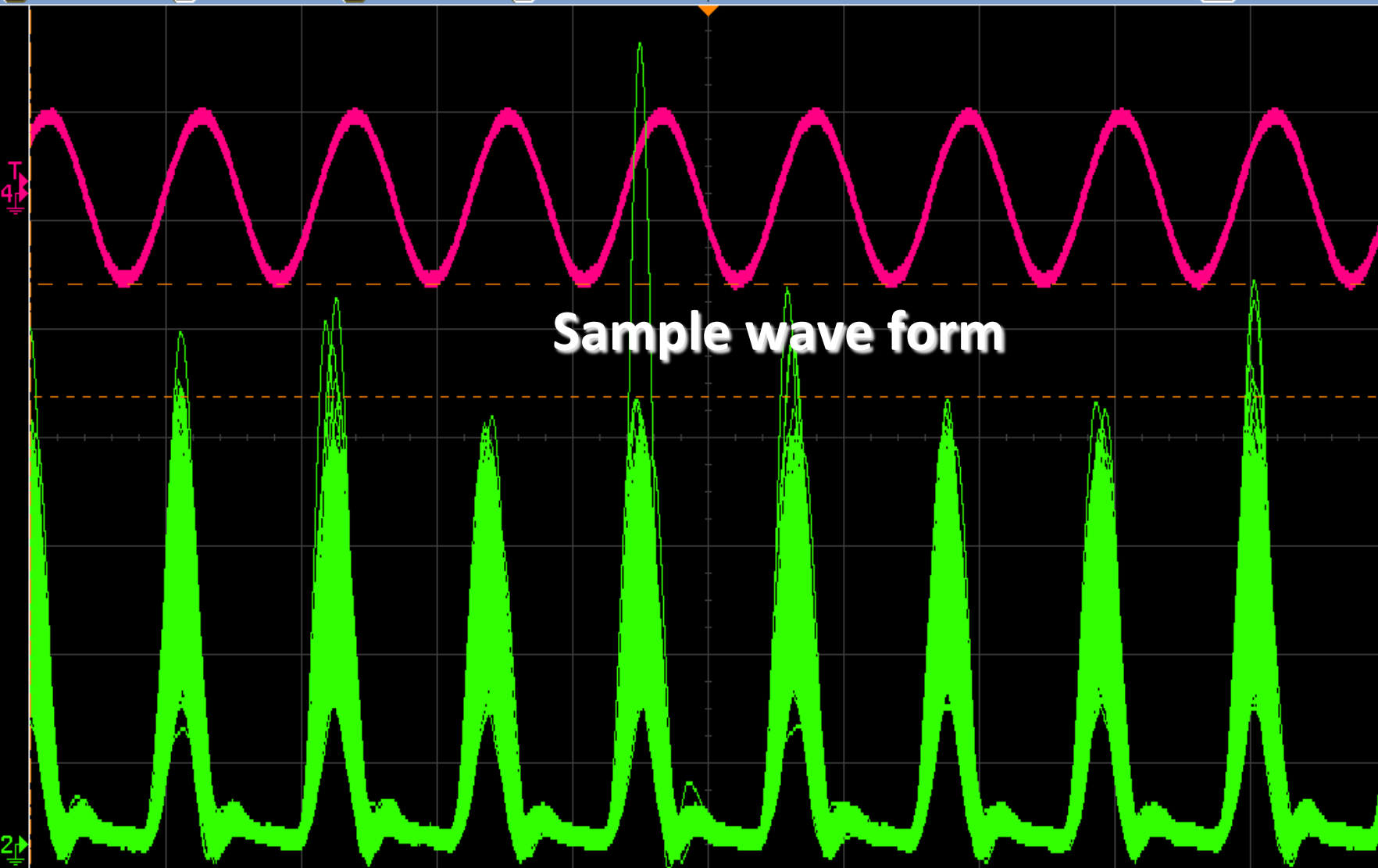
現在の発振器開発の方針



殆ど同じ光回路なのに、
繰り返し周波数を
望みのRep.Rateに調整出来る。
(基本繰り返しの整数倍)



1 2 20V/ 3 4 200V/ 0.0s 5.00ns/ Trig'd 4 22.5V



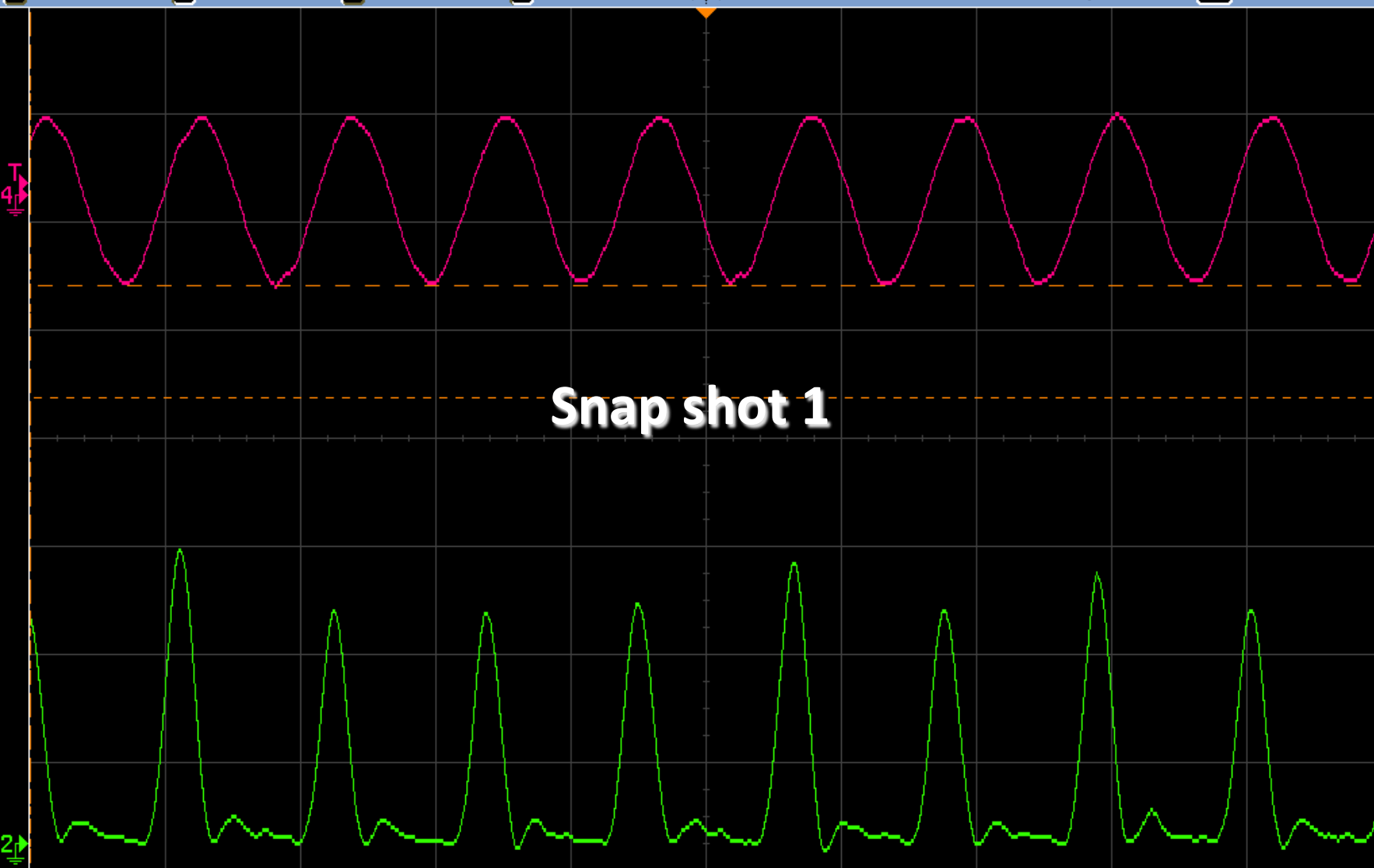
$\Delta X = 0.0s$ $1/\Delta X = -$ $\Delta Y(2) = 20.625mV$

Source
4

Slope
↑



1 2 20V/ 3 4 200V/ 0.0s 5.00ns/ Stop 4 22.5V



$\Delta X = 0.0s$ $1/\Delta X = - - -$ $\Delta Y(2) = 20.625mV$

Source
4

Slope
↑



1 2 20V/ 3 4 200V/ 0.0s 5.00ns/ Stop 4 22.5V



$\Delta X = 0.0s$ $1/\Delta X = -$ $\Delta Y(2) = 20.625mV$

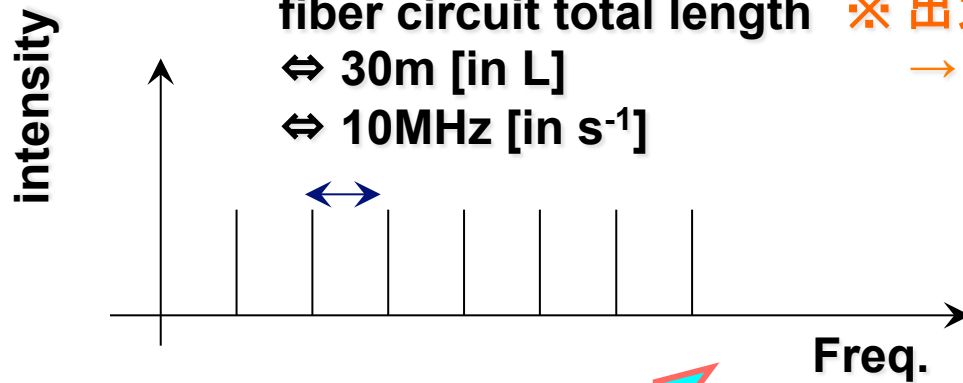
Source 4 Slope 4

発振器の安定化への取り組み

※ project が要求する $\sim 160\text{MHz}$ 程度の発振は確認出来た。

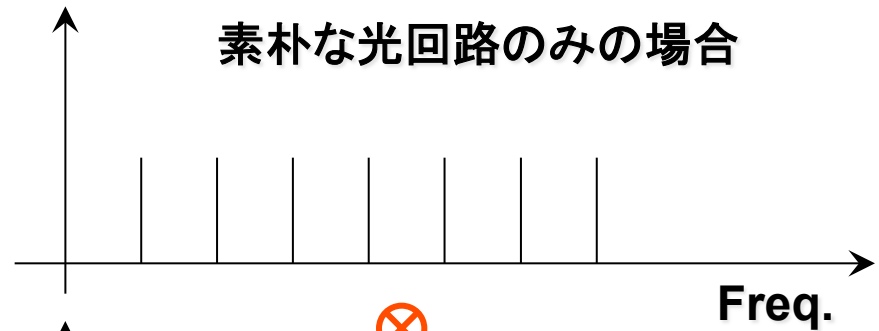
※ 出力の安定化が必要。

→ 不安定な原因として、
光回路中に定在する縦mode の競合に着目



intensity

素朴な光回路のみの場合



より離散的な filter を入れた場合

intensity



$>10\text{MHz}$

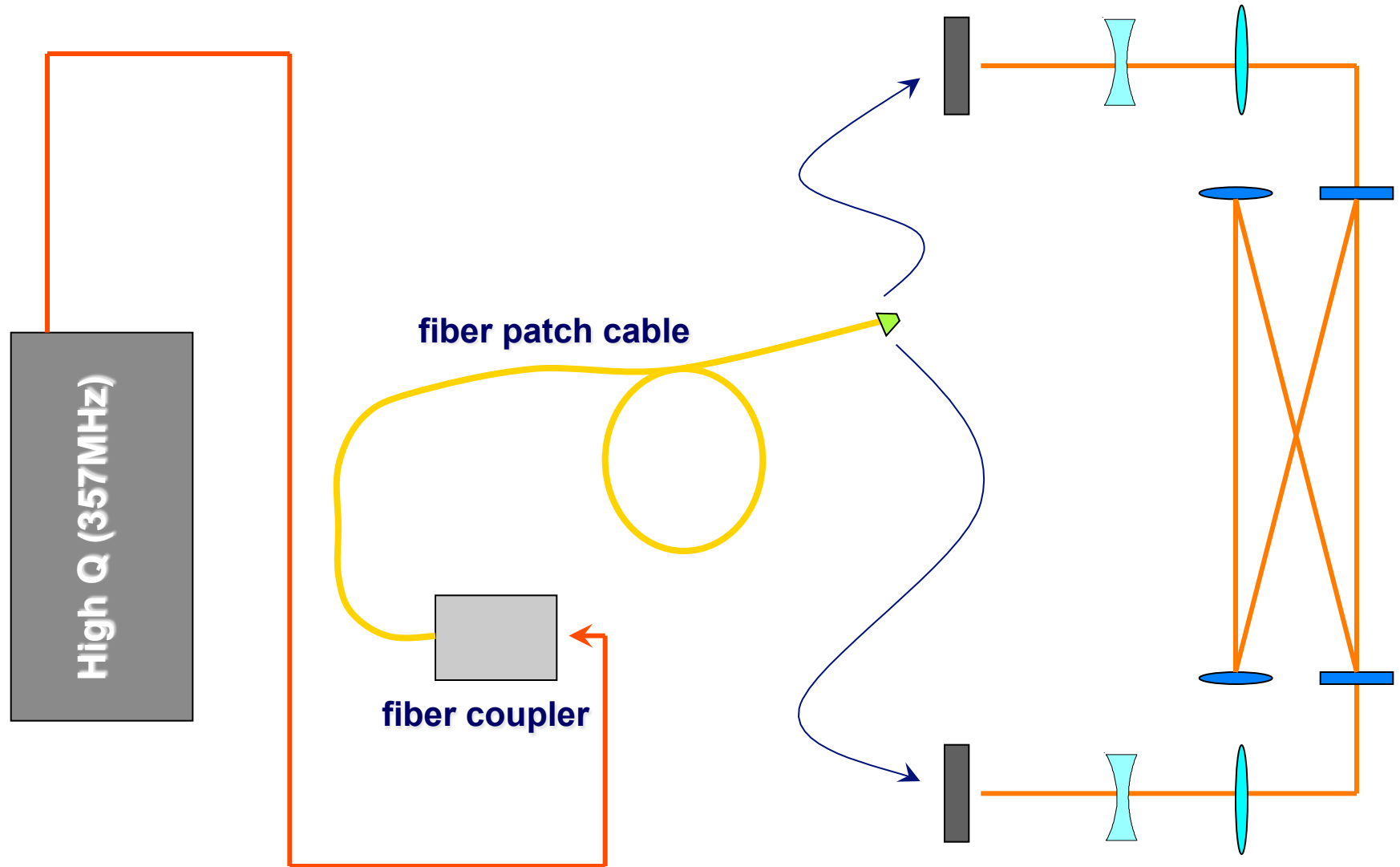
発振器の安定化への取り組み

例えば4枚鏡の光共振器を埋め込む。
一辺 $420\text{ mm} \times 4 \rightarrow 1680\text{ mm}$

$\Leftrightarrow \sim 178.5\text{MHz} \gg 10\text{MHz}$

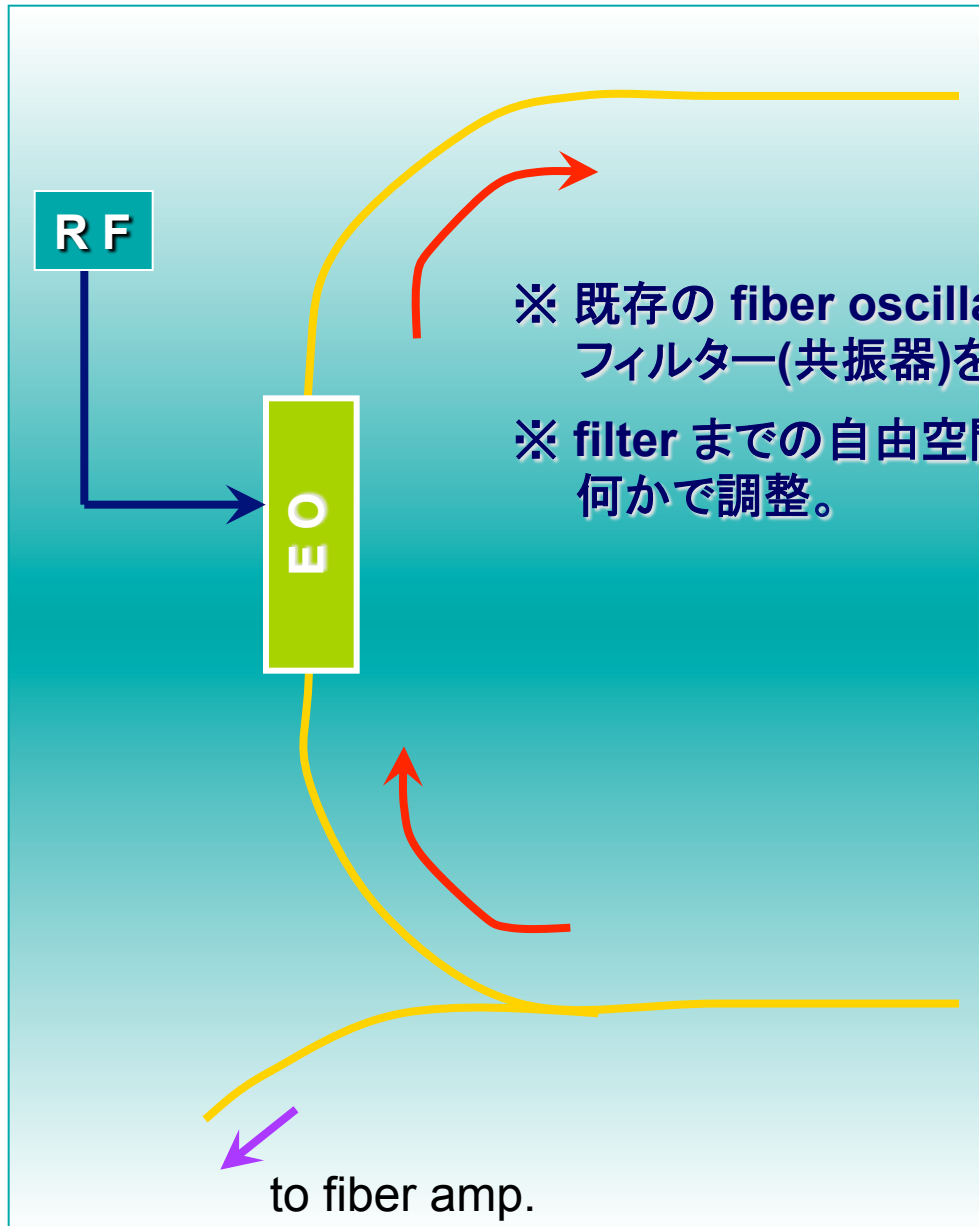
- ※ 何本かの縦モードを殺せる。
- ※ 178.5MHz の固定端条件が厳しくなる。
(外部共振器に蓄積出来る pulse 列の生成)

発振器の安定化への取り組み

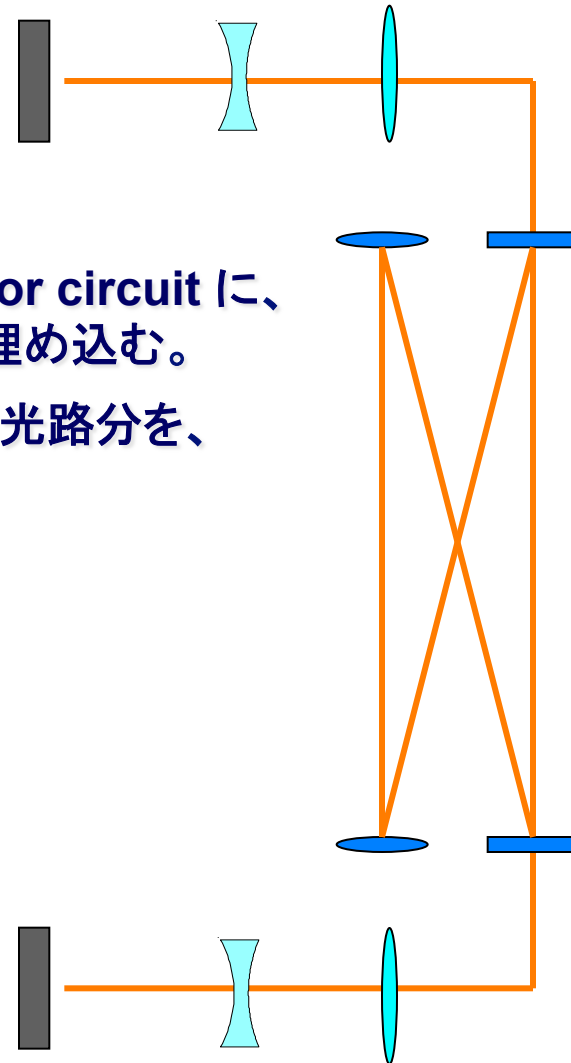


基準オシレーターの発振の精度で、
フィルターとなる共振器の長さを決めてしまう。

発振器の安定化への取り組み



- ※ 既存の fiber oscillator circuit に、
フィルター(共振器)を埋め込む。
- ※ filter までの自由空間光路分を、
何かで調整。



発振器の安定化への取り組み (まとめ)

一 発振器開発の現在の状況

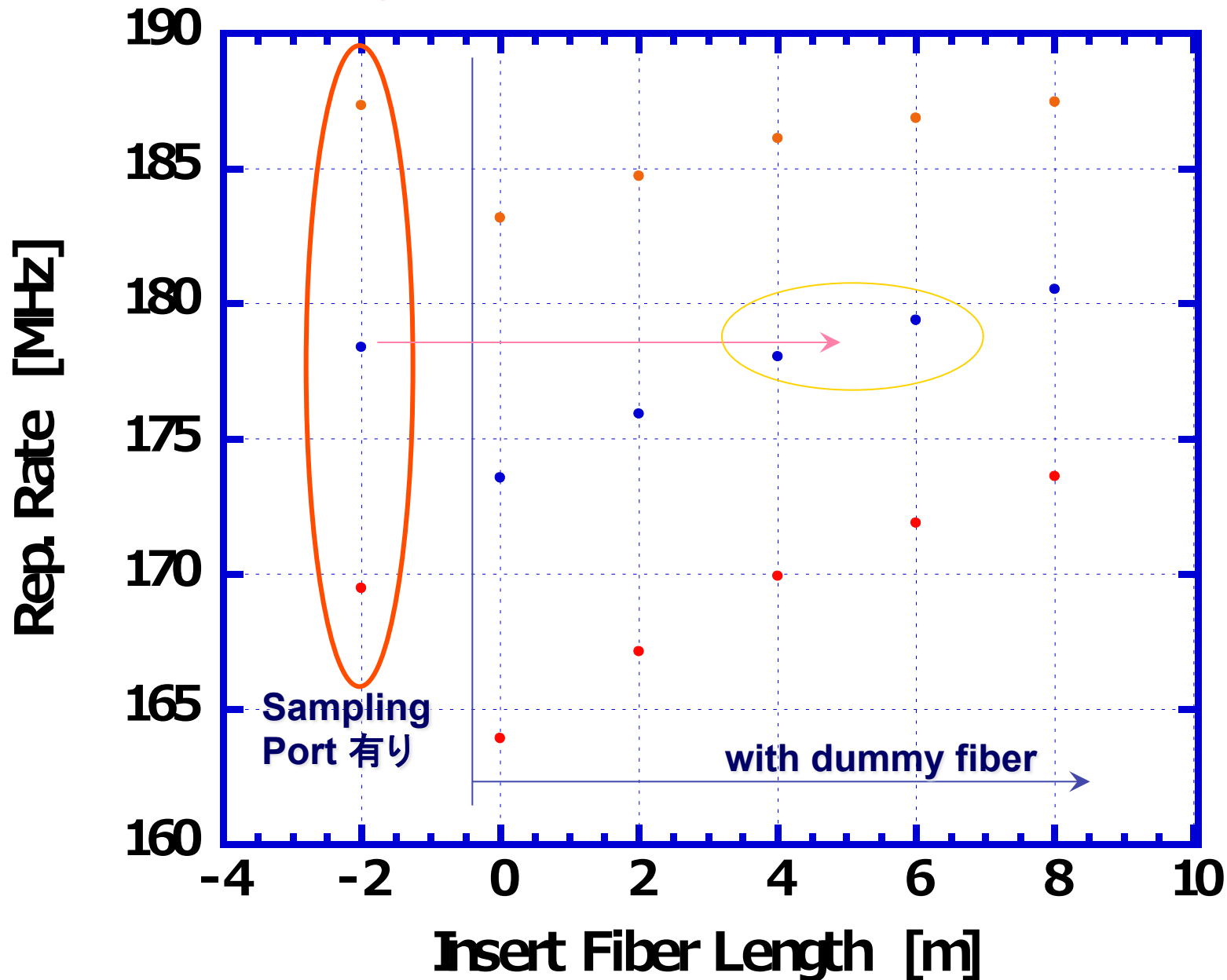
- フィルターとしての光共振器を組み込んだ自作発振器を作成。
- 光回路ないに定在する縦モードが抑制出来ているかどうかを見た。

※ 光共振器及び入射調整用レンズ系に相当する長さの fiber を入れて、純 fiber 光回路に戻す事も可能。

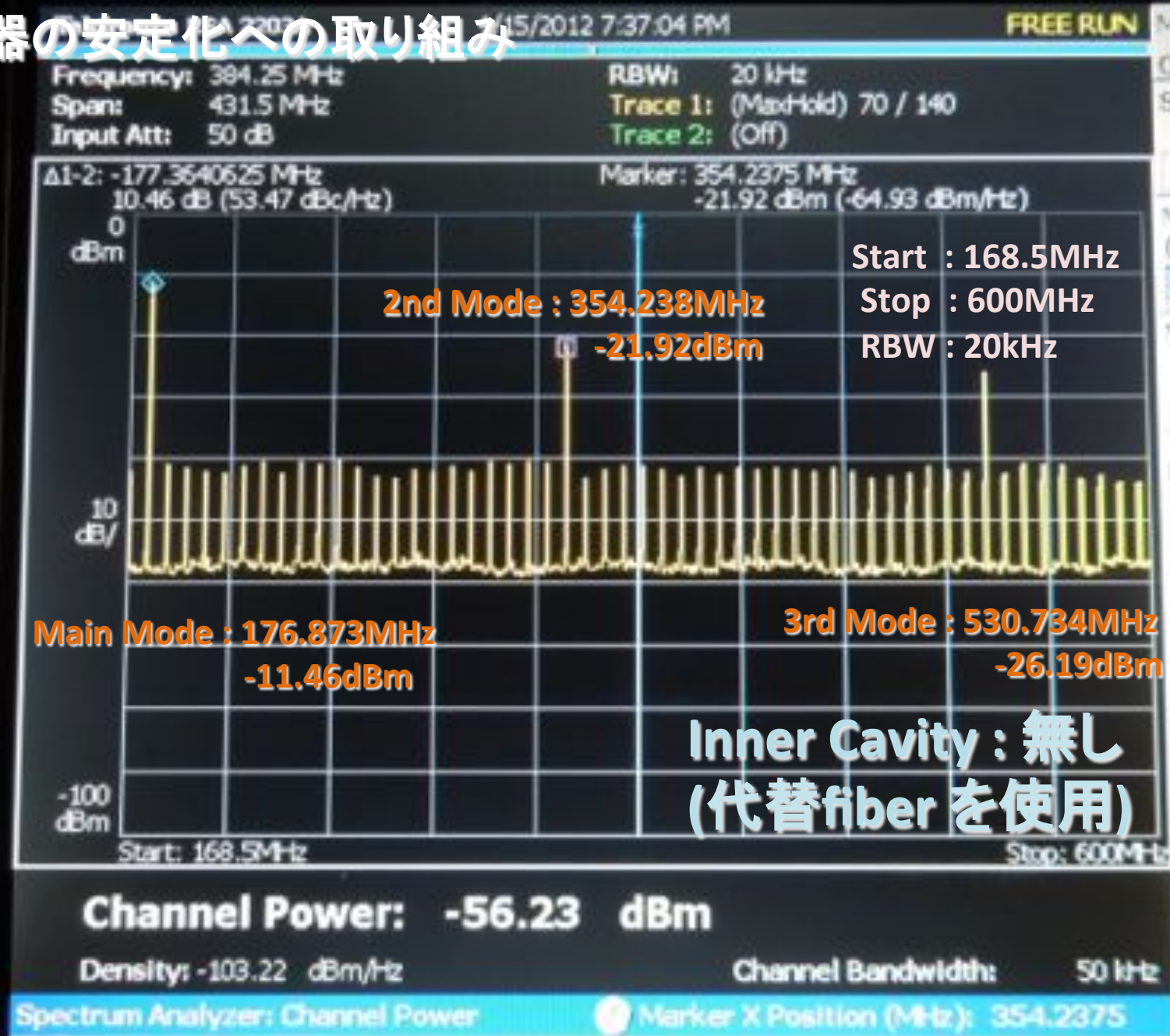
- 両者の発振のスペクトルを比較した。

発振器の安定化への取り組み

- Lower Side-Band [MHz]
- Main Peak [MHz]
- Higher Side-Band [MHz]



発振器の安定化への取り組み



MARKER SETUP

Cancel - Back

Select Marker

1

Marker X Position (Hz) 354.2375M

Markers

Off Sigs: 0

Reference Curve to Marker X

Reference Curve Off

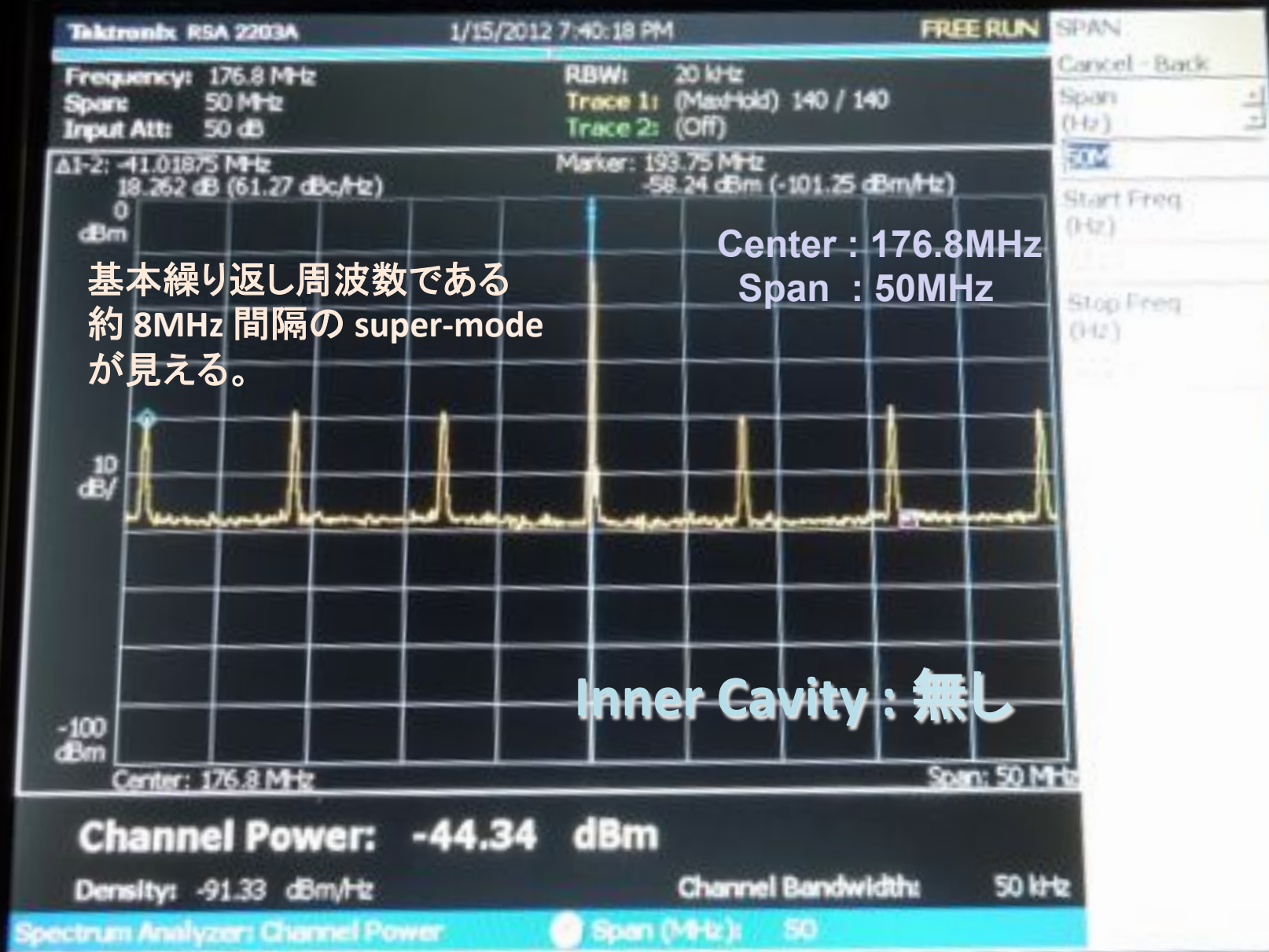
Selected Marker Off

Step Size (Marker X ...)

431.5

Go to page 2 (of 2)

発振器の安定化への取り組み

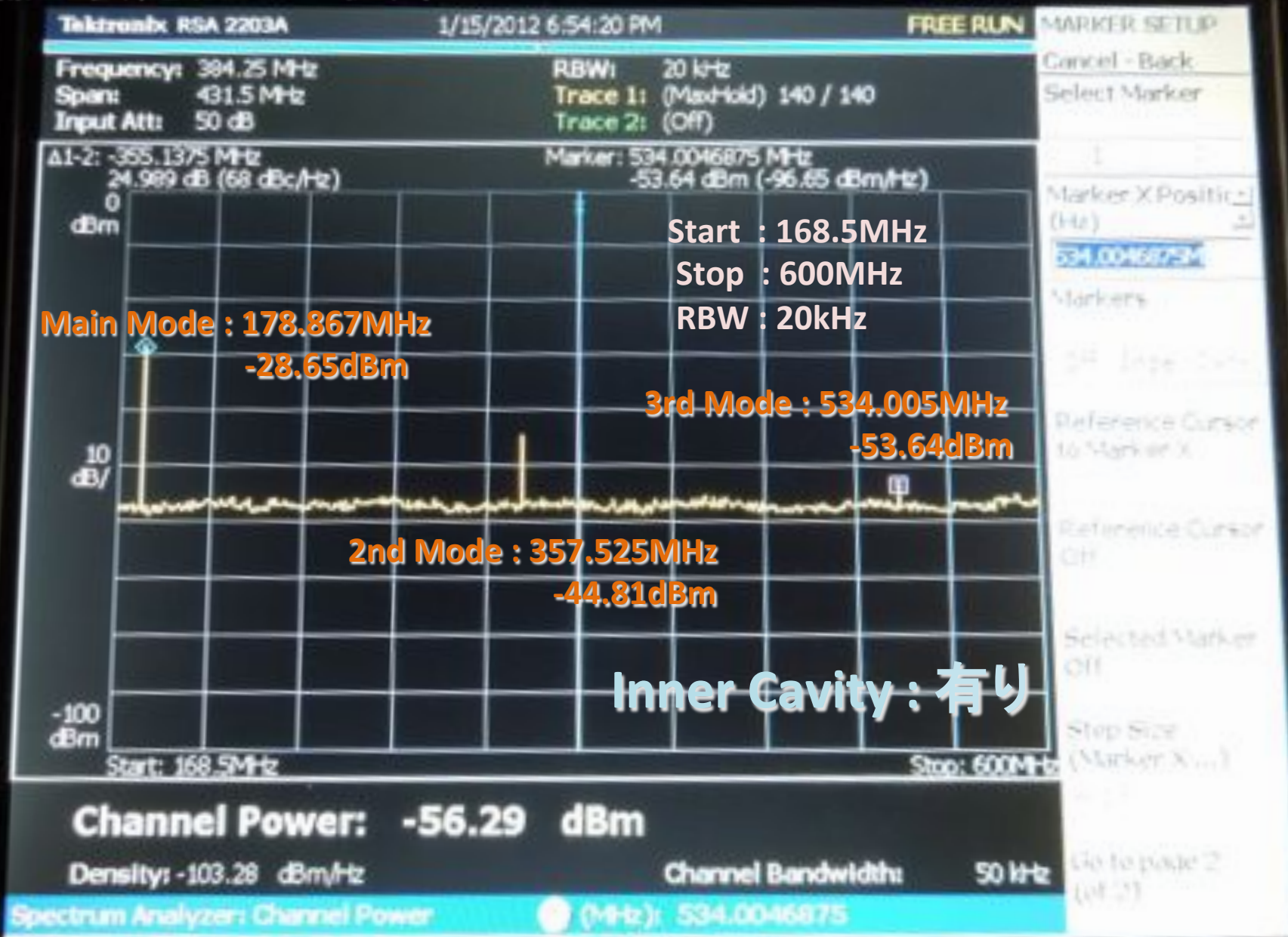


基本繰り返し周波数である
約 8MHz 間隔の super-mode
が見える。

Center : 176.8MHz
Span : 50MHz

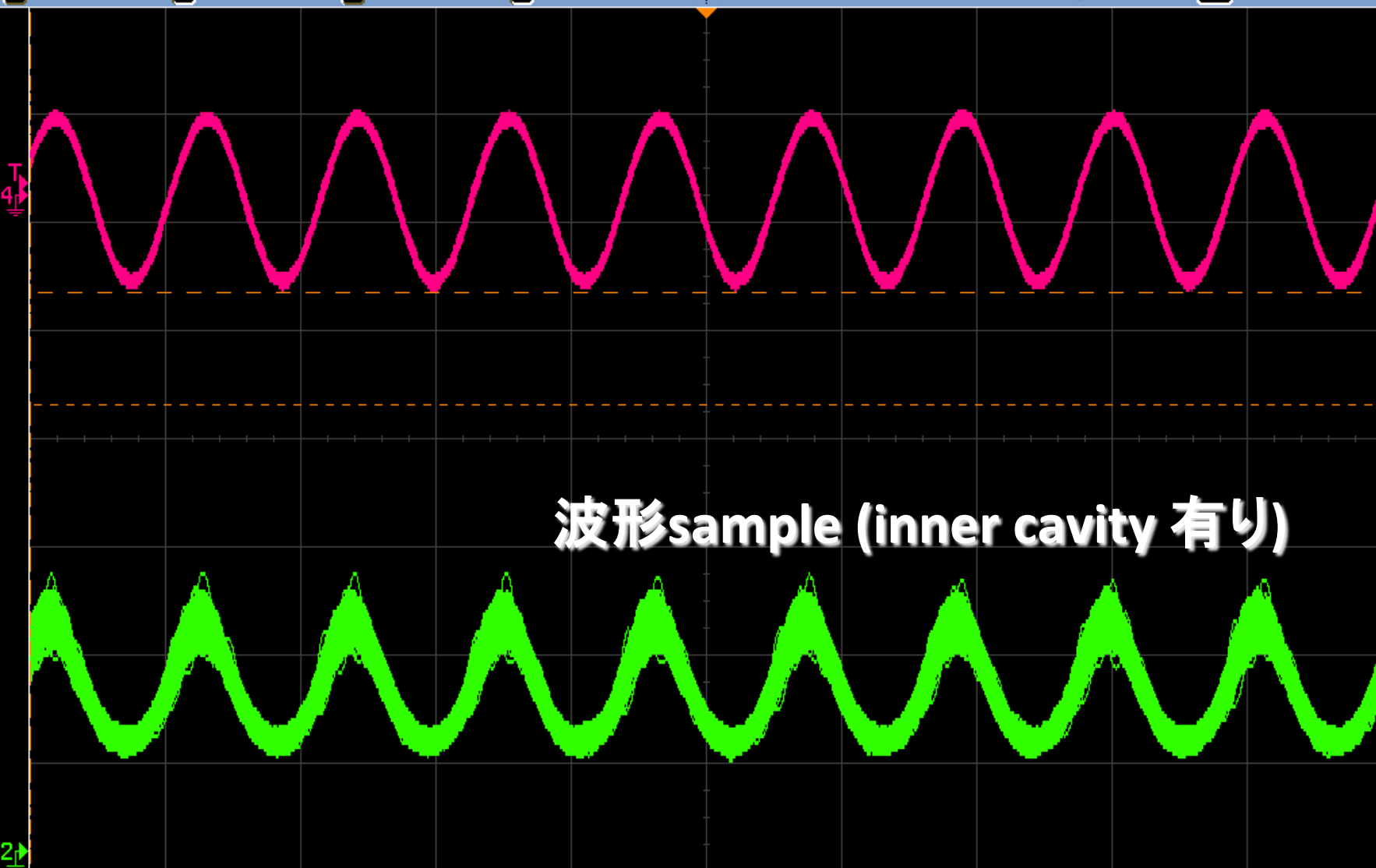
Inner Cavity : 無し

発振器の安定化への取り組み





1 2 20V/ 3 4 200V/ 0.0s 5.00s/ Trig'd t 4 22.5V



波形sample (inner cavity 有り)

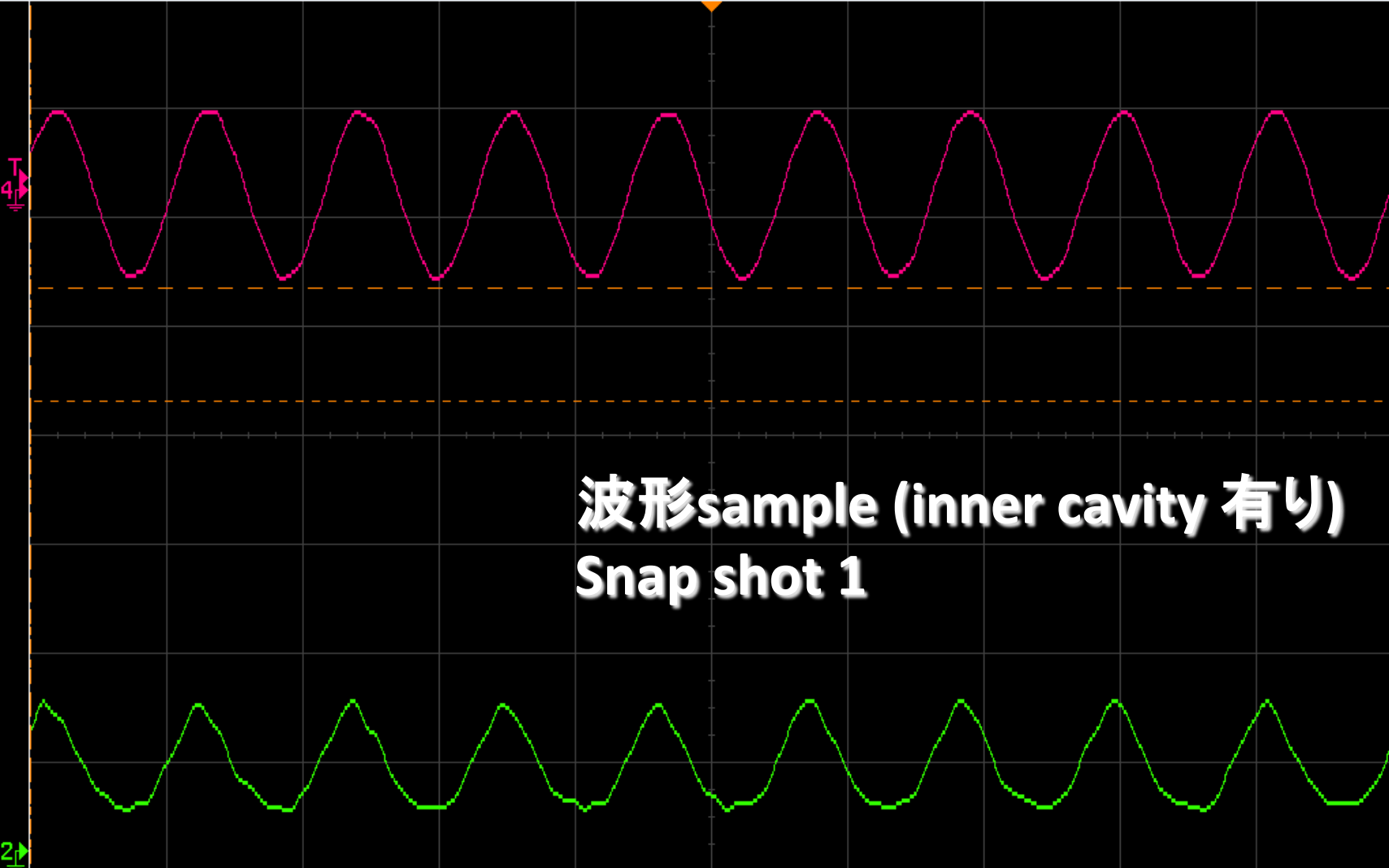
$\Delta X = 0.0s$ $1/\Delta X = - - -$ $\Delta Y(2) = 20.625mV$

Source
4

Slope
t



1 2 20mV/ 3 4 200mV/ 0.0s 5.00ns/ Stop 4 22.5mV

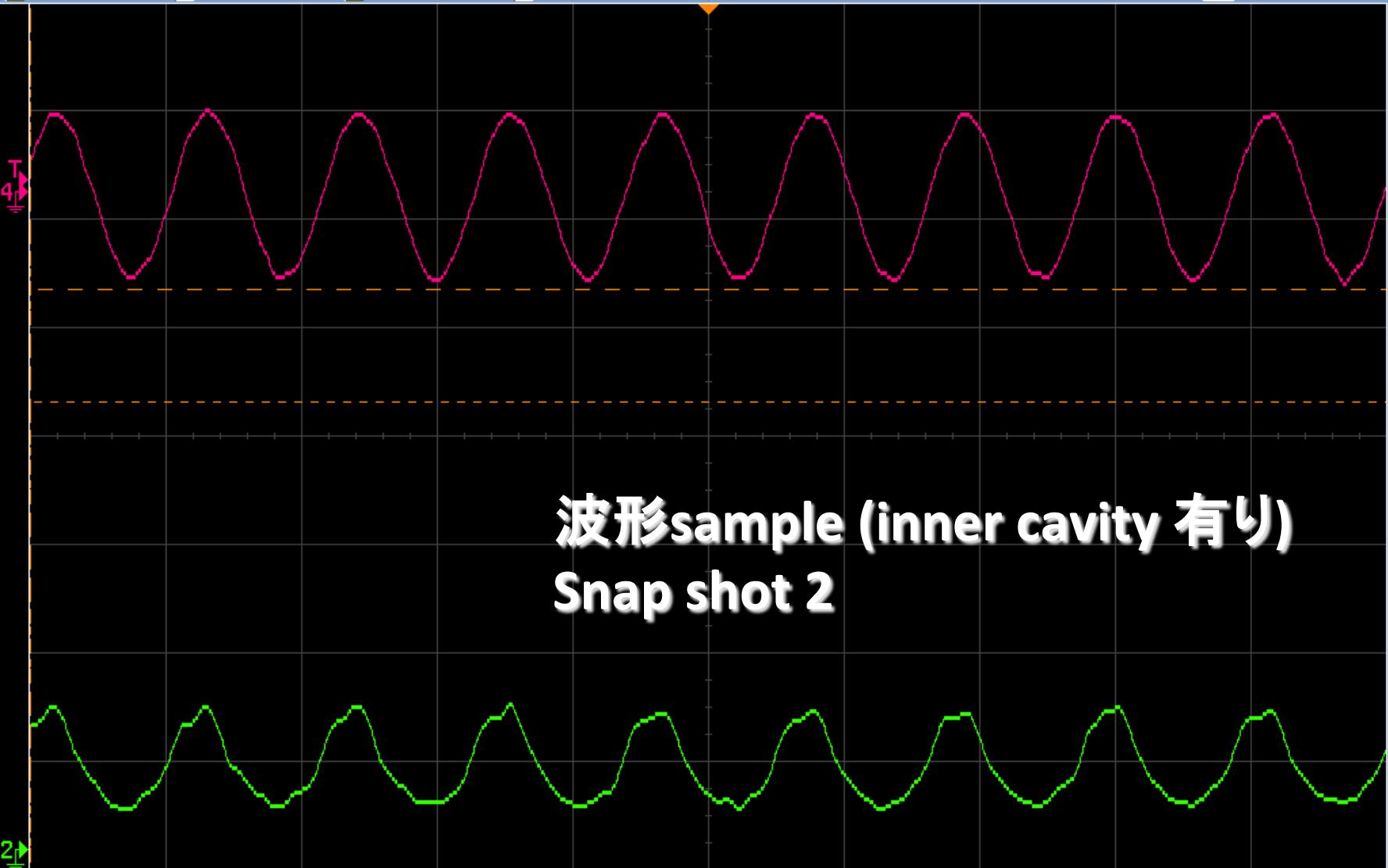


$\Delta X = 0.0s$ $1/\Delta X = -$ $\Delta Y(2) = 20.625mV$

Source
4

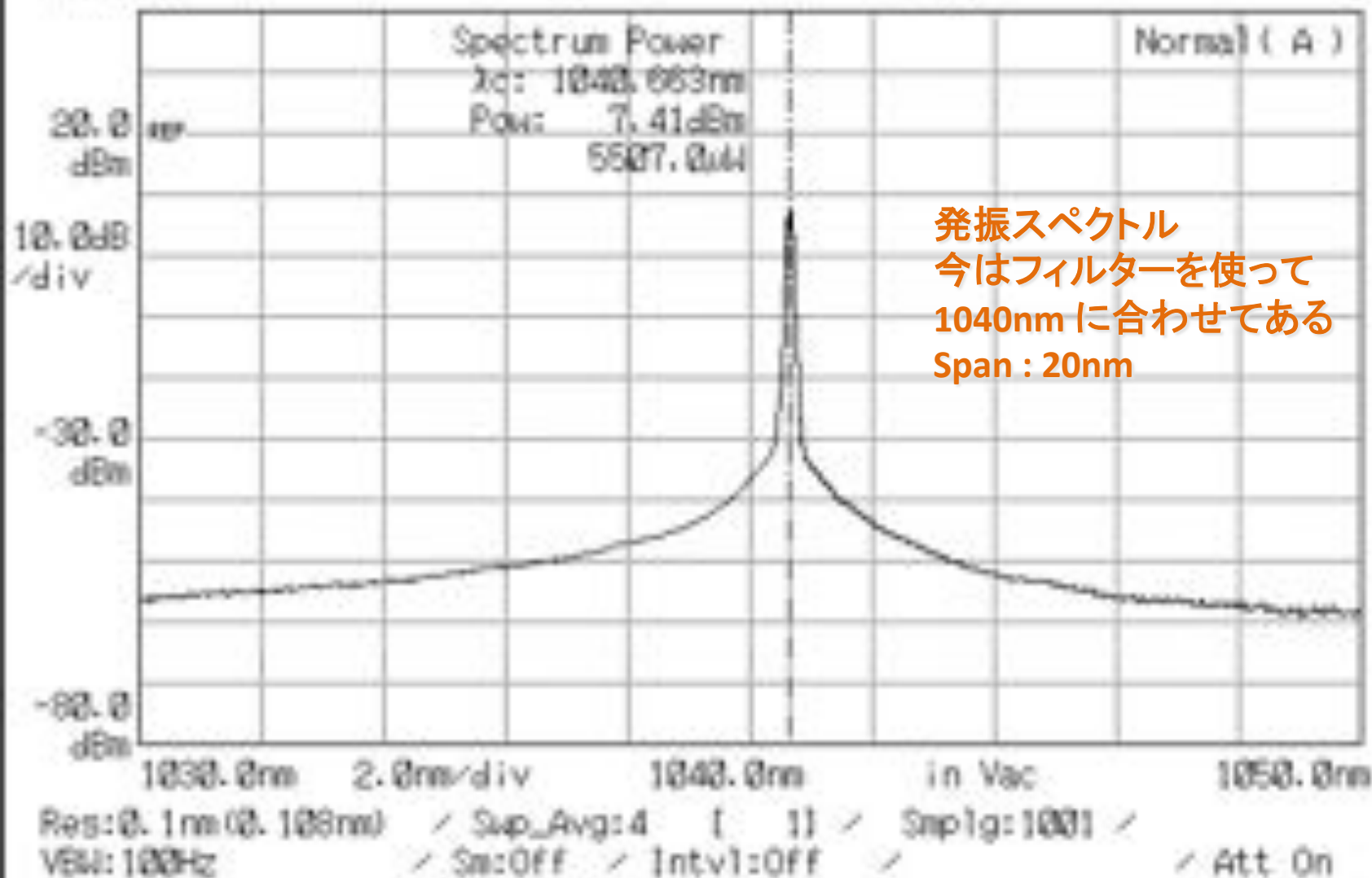
Slope
↑

1 2 20V/ 3 4 200V/ 0.0s 5.00s/ Stop t 4 22.5V



$\Delta X = 0.0s$ $1/\Delta X = -$ $\Delta Y(2) = 20.625mV$

Source 4 Slope t



Anritsu

λMkr As

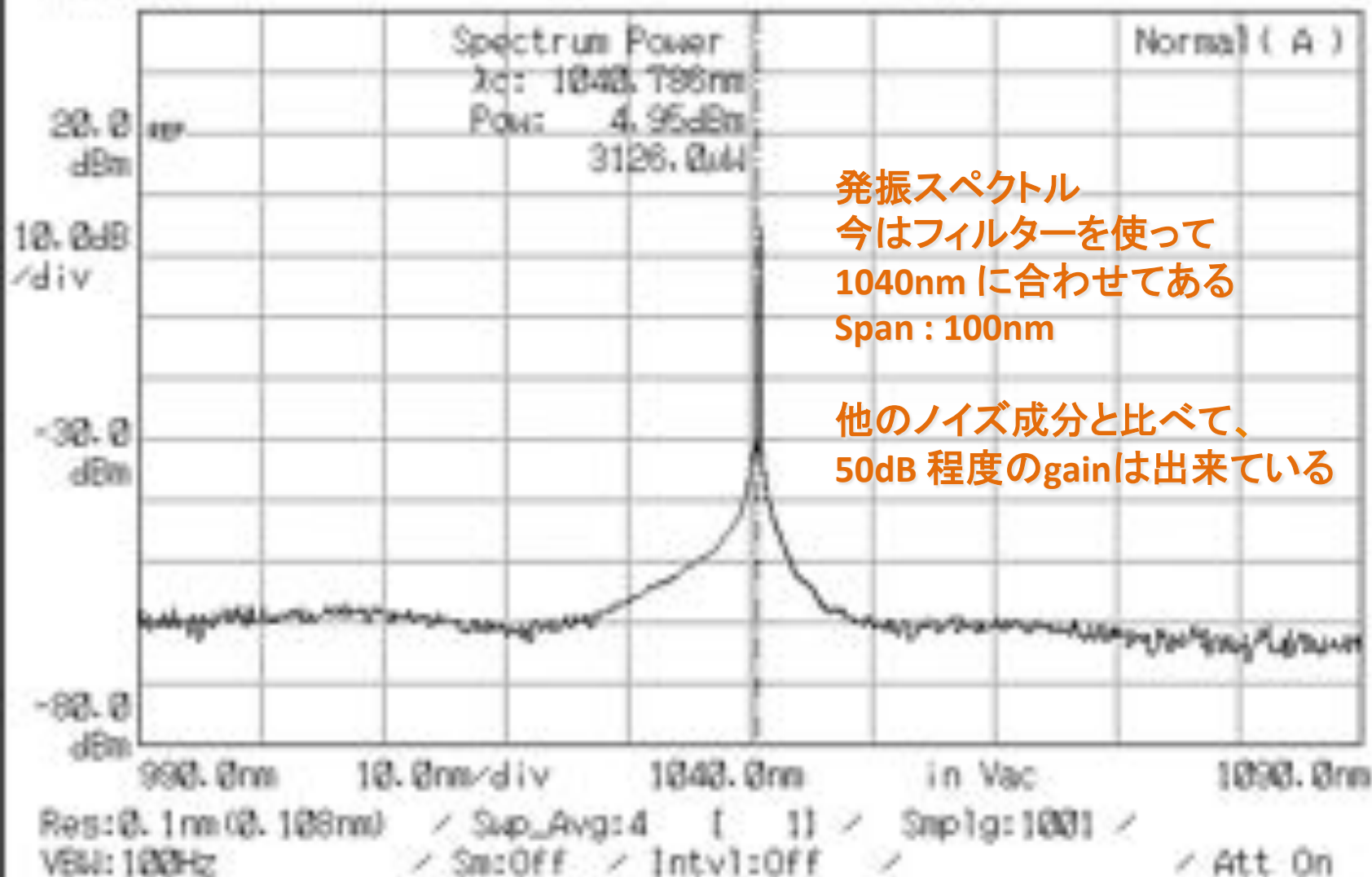
LMkr Cs

B:

0:

発振器の安定化への取り組み

C-D:



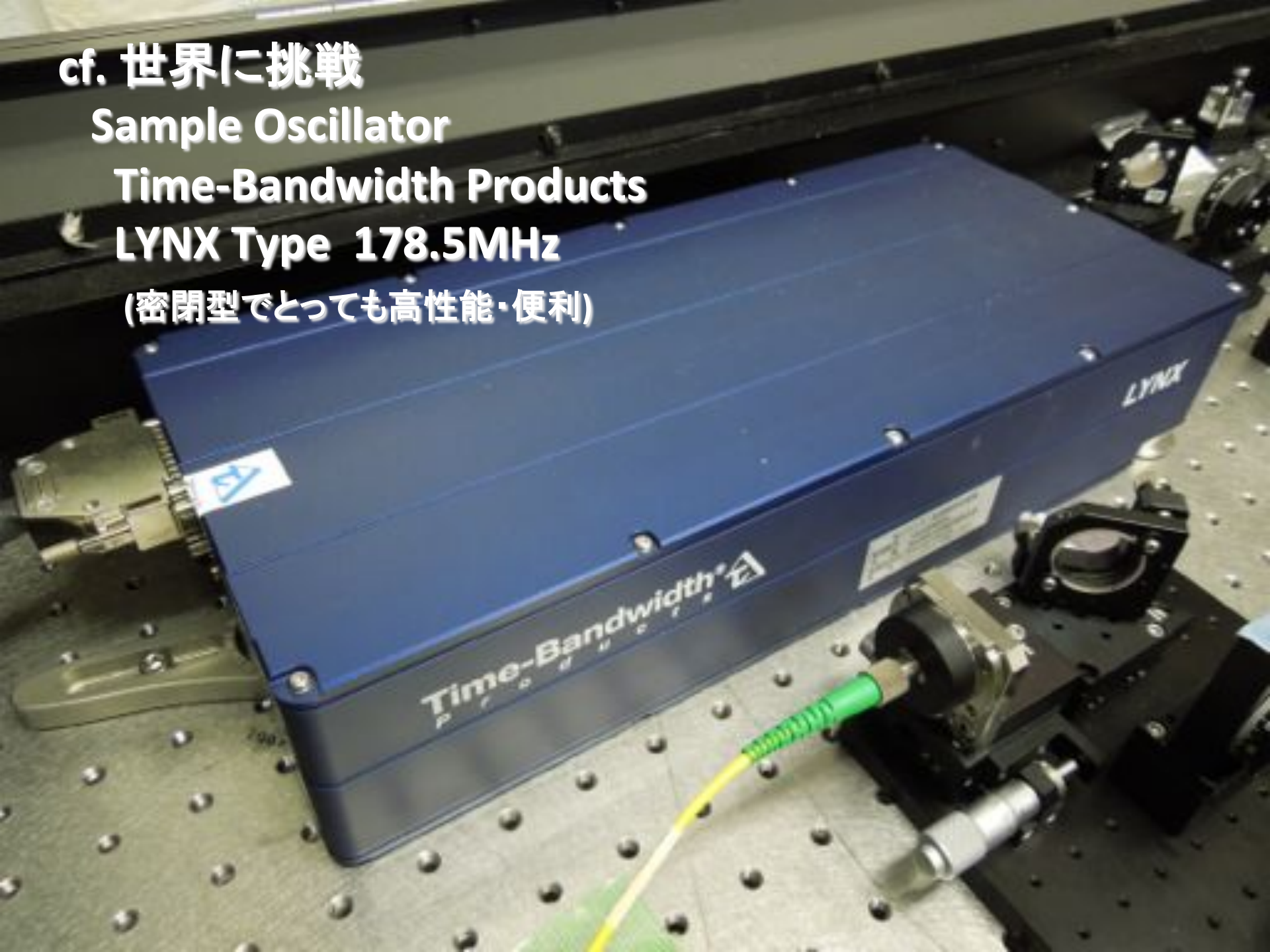
cf. 世界に挑戦

Sample Oscillator

Time-Bandwidth Products

LYNX Type 178.5MHz

(密閉型でとても高性能・便利)



発振器の安定化への取り組み



	1 st Mode Intensity [mW]	2 nd Mode Intensity [mW]	Intensity Ratio (2 nd / 1 st)
TBP Oscillator	3.33×10^{-1}	9.20×10^{-2}	2.76×10^{-1}
Fiber Oscillator (No Cavity)	7.14×10^{-2}	6.43×10^{-3}	9.10×10^{-2}
Fiber Oscillator (with Cavity)	1.36×10^{-3}	3.30×10^{-5}	2.43×10^{-2}

- 基本繰り返し周波数の成分と、
その高調波の成分の強度比を求めた。
(passive と active mode-lock の差に関らず、高調波は存在する。)
- 一般的な市販の発振器に比べて、
共振器内包型の自作発振器は、
高調波成分が一桁以上抑制出来ている事がわかる。

○ Fiber 技術と光共振器技術を用いた発振器の自作化

- 添加型 fiber を組み込んだ、
自発発振型技術と強度変調器を組み合わせた、
モードロックレーザー発振器の自作化に成功した。
- この自作発振器に、
縦モード抑制用のフィルター(光共振器)を内包させる事により、
縦モード間の競合を抑え、
発振する光強度の安定化に成功した。
- この縦モードの抑制は、
後段に導入される fiber 増幅器系での、
衝突に直接寄与しない余計な mode への強度分配の抑制にも繋がる。
- 最終的に作成した各 pulse を外部光共振器に蓄積する事が非常に重要。
自作した発振器からの laser pulse 列は、
蓄積される外部光共振器と等しい周期的境界条件を既に満たした光なので、
同位相の pulse stacking の実現が可能と考えられる。(要実証実験)
- ※ 光回路を形成する fiber 及び各素子は振動や環境音に非常に敏感。
最終的には恒温槽の中に入れ込んで、
防振対策を取る必要がある。
- ※ 内蔵された光共振器の鏡の反射率(現在は99%反射率のもの)を変える事で、
より安定な発振状態が実現出来ないか検討中。
 - 高反射率化：蓄積された光強度が安定 ⇔ 調整が難しい[光 loss に繋がる]
 - 低反射率化：調整が簡単化[loss低減] ⇔ super-mode が充分抑制出来るか

今後の開発予定



今後の開発予定

- fiber circuit の恒温槽化
- 内臓共振器の最適化
- 外部共振器への蓄積
- 諸パラメータの実測

