

SuperKEKBのためのRF電子銃用 Ybファイバーレーザーの開発

周 翔宇、吉田 光宏、小川 雄二郎

加速器第五研究系

R&D meeting for mode-lock fiber laser system

2012.1.24

概要

◆ 目的

◆ レーザーシステムの開発状況

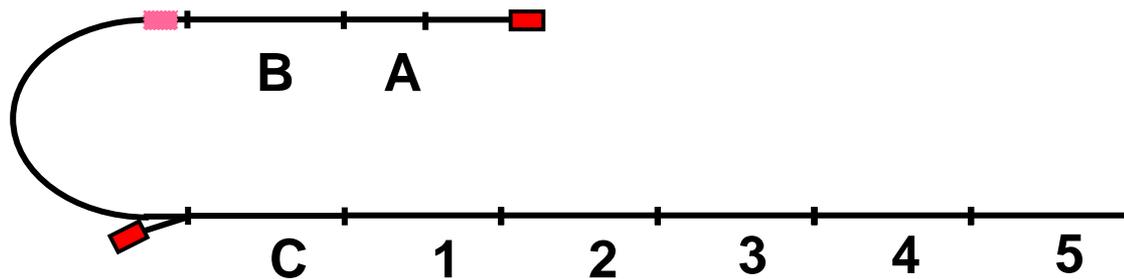
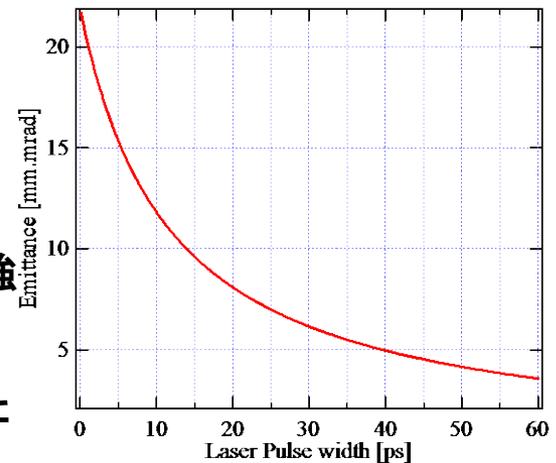
- 超短パルスモード同期Yb ファイバーレーザー発振器
- Ybファイバーレーザー前段増幅システム

◆ 今後の予定

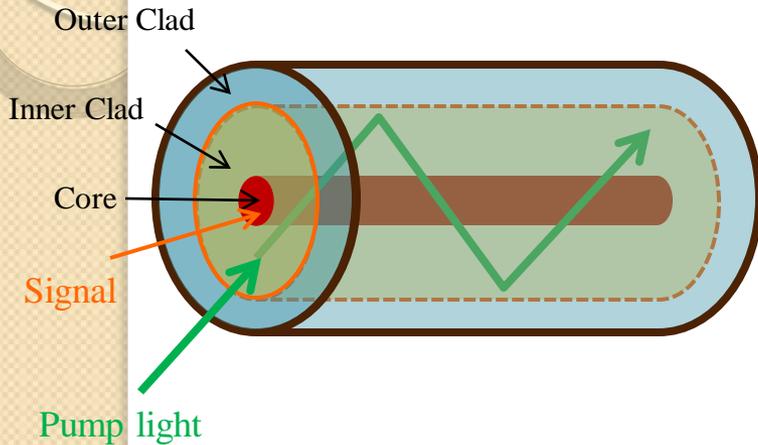
- 主増幅システム
- 波長変換
- 整形

SuperKEKBに向けたDAW型RF電子銃用レーザーの開発

- ◆ SuperKEKBでは非常に高いルミノシティを得るため、高電荷・低エミッタンス化によるRF電子銃の導入を計画している
- ◆ 電子銃の要求性能としては、5nC、10mm・mradであり、これに合わせレーザーシステムも中心波長260nm、比較的長いパルス長（30ps）が必要である
- ◆ LaB₆フォトカソードに対して数mJ程度の比較的高強度のUVレーザーが必要となる
- ◆ 将来的にSuperKEKBにおいて常時入射に対応するためには、非常に安定なレーザーが求められる
- ◆ 入射レーザーには矩形パルス分布すれば、さらなるエミッタンス増大を抑制することができる



Yb添加ファイバーレーザー

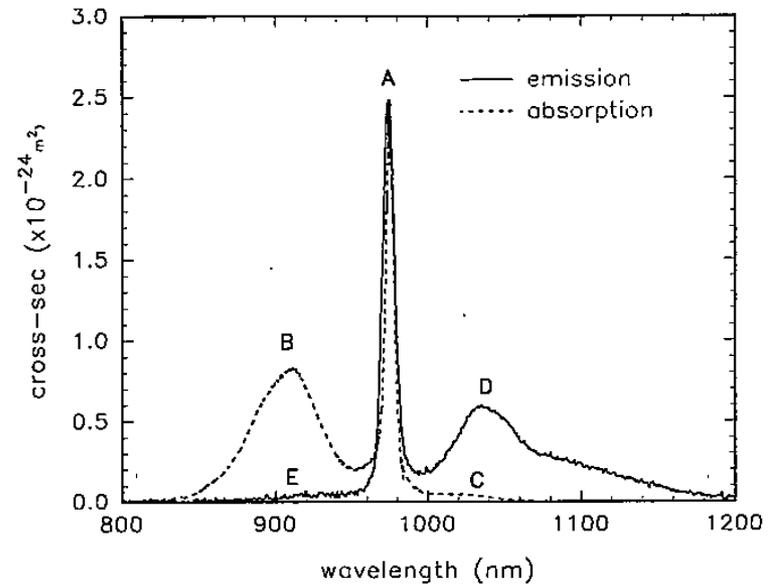


◆ファイバーレーザー

- 高冷却能力：冷却装置不要
- 低損失、高破壊閾値：高効率、高平均出力、高繰り返し
- コンパクト
- 低コスト

◆Ybファイバー：高励起効率、広い利得スペクトル

YB Fiberの吸収と利得スペクトル



H. M. Pask, IEEE, 1, 2(1995)

RF電子銃用ファイバーレーザーシステム

Yb ファイバー
発振器

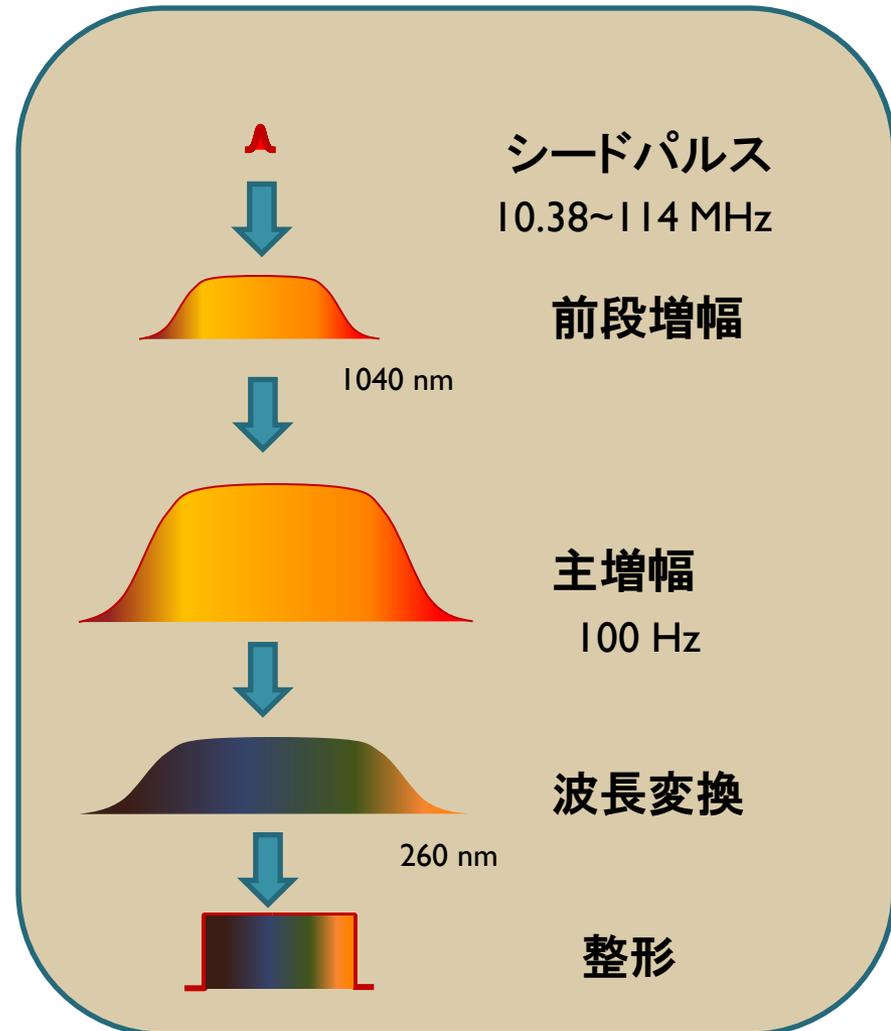
Yb ファイバー
前段増幅器

Yb ファイバー
主増幅器

固体増幅器

波長変換

整形

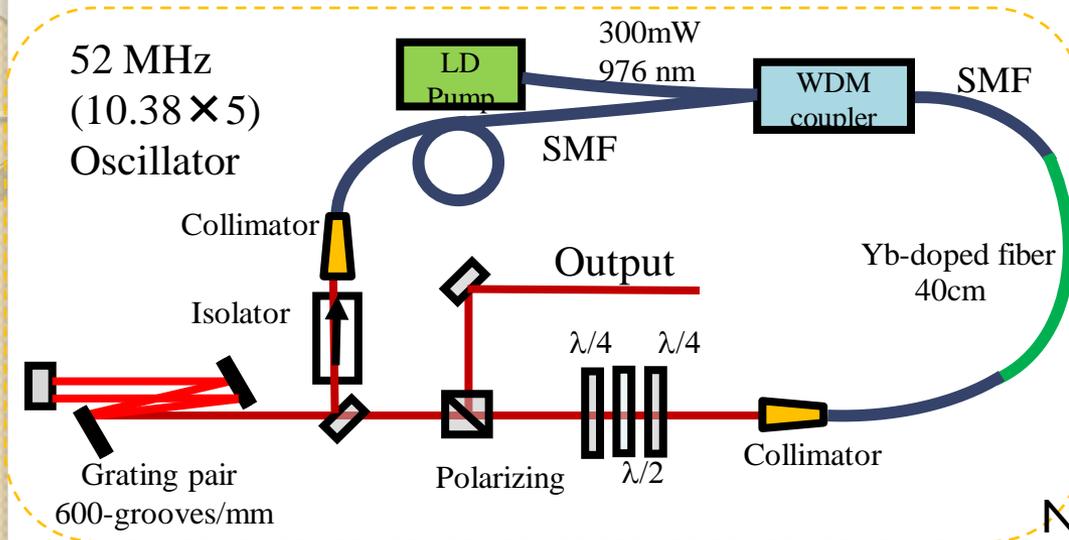


発振器の目標

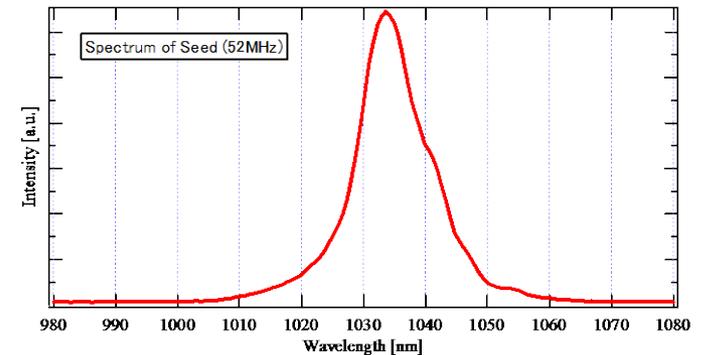
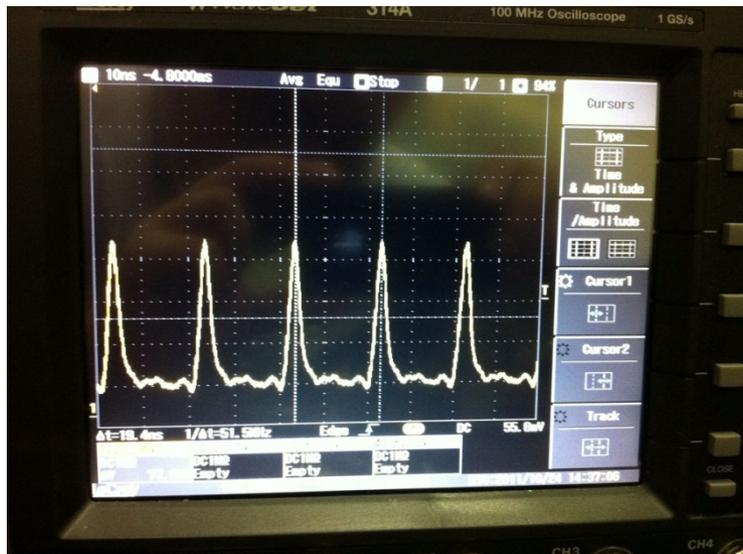


| 繰り返し周波数 | 共振器長 | ファイバー長 |
|--------------------|-------|--------|
| 10.38 MHz | 29 m | 16.7 m |
| 51.9 MHz (10.38*5) | 5.8 m | 3.1 m |

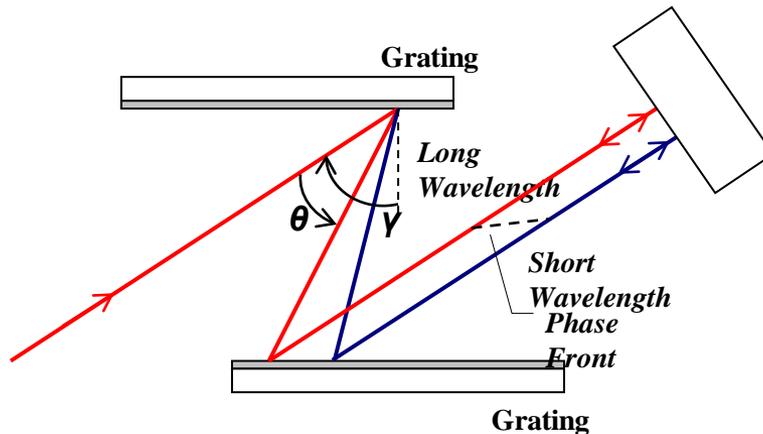
Ybファイバー発振器



Nonlinear polarization rotation (NPR) has been used in passively mode-locking



分散補償の計算



$$\sin \gamma + \sin(\gamma - \theta) = \frac{\lambda}{d_g} = \frac{2\pi c}{\omega d_g}$$

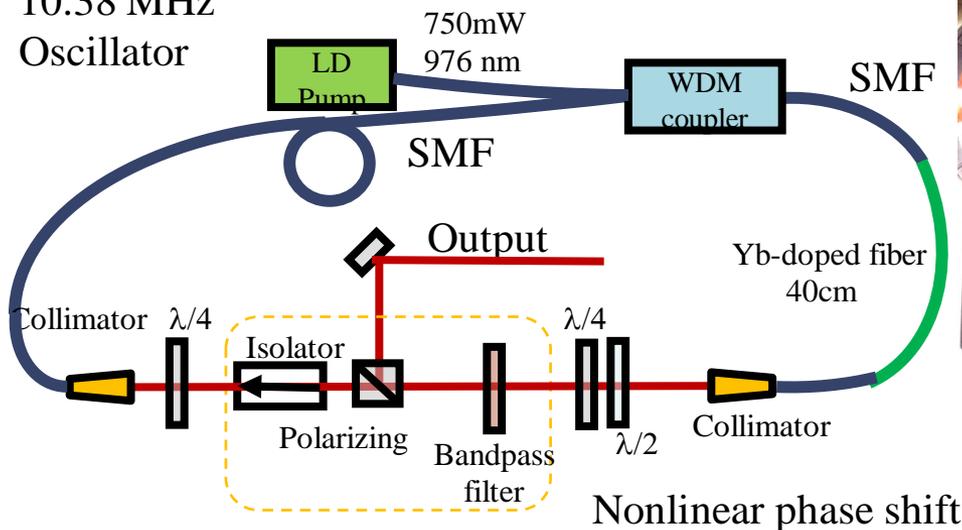
$$\left. \frac{d^2 \phi}{d\omega^2} \right|_0 = -\frac{8\pi^2 c}{\omega_0^3 d_g^2} \cdot \frac{Z(\omega_0)}{\cos^2(\gamma - \theta_0)}$$

$$\left. \frac{d^3 \phi}{d\omega^3} \right|_0 = -\frac{24\pi^2 c}{\omega_0^4 d_g^2} \cdot \frac{Z(\omega_0)}{\cos^2(\gamma - \theta_0)} \left\{ 1 + \frac{2\pi c}{\omega_0 d_g} \cdot \frac{\sin(\gamma - \theta_0)}{\cos^2(\gamma - \theta_0)} \right\}$$

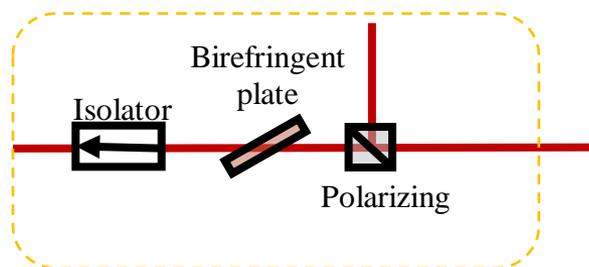
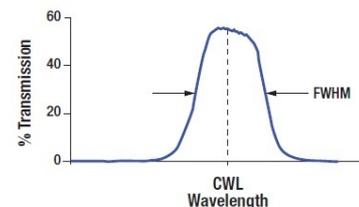
| 繰り返し周波数 | ファイバー長 | ファイバー2次分散 | ファイバー3次分散 | Grating | Grating2次分散 | Grating3次分散 |
|-----------------------|--------|------------------------|------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|
| 51.9 MHz (10.38*5) | 3.1m | 71300 fs ² | 127100 fs ³ | 600 l/mm | -108300 fs ² | 212000 fs ³ |
| 10.38 MHz | 16.7m | 384100 fs ² | 684700 fs ³ | 1200 l/mm | -431398 fs ² | 1490000 fs ³ |

All-normal-dispersion Yb fiber laser (ANDi)

10.38 MHz
Oscillator

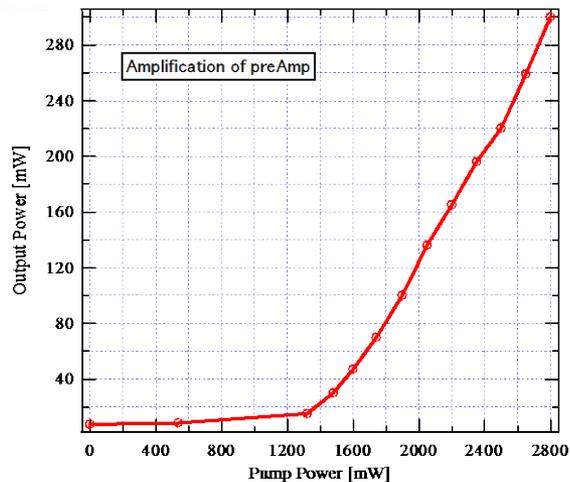
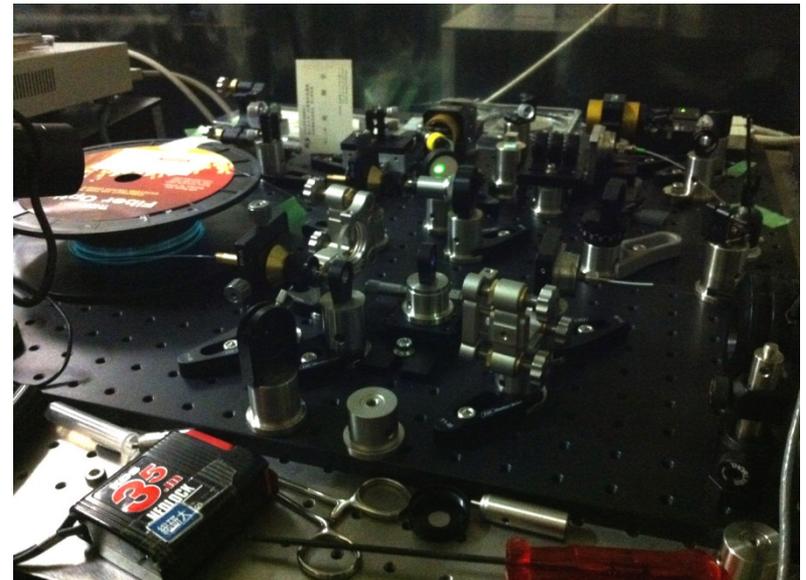
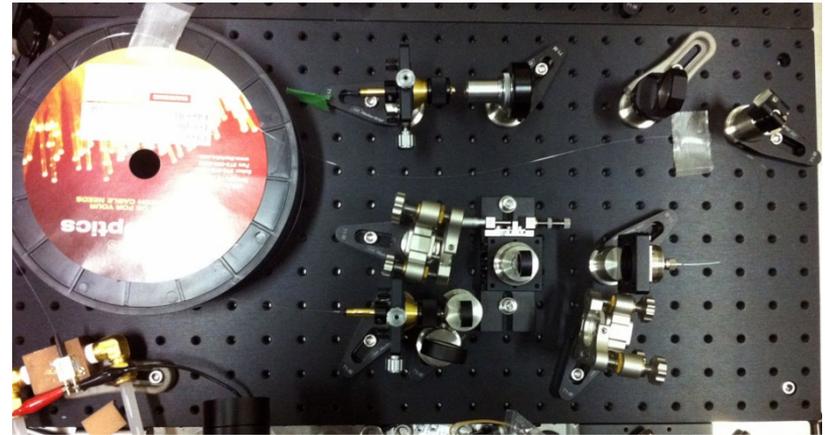
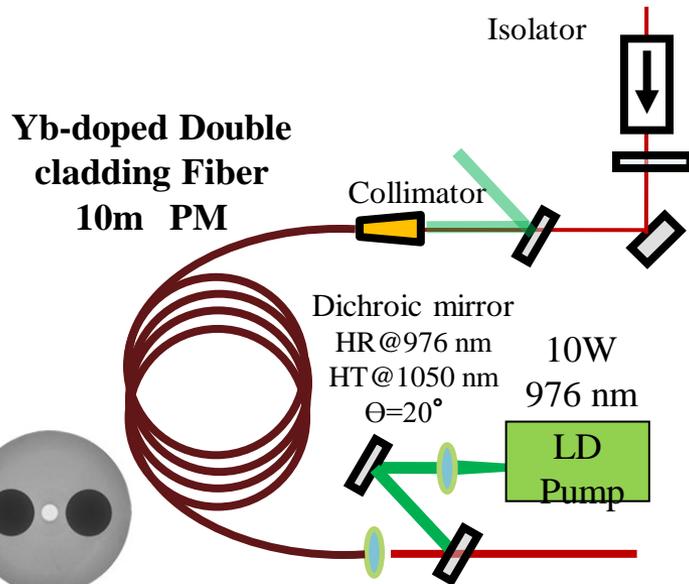


Typical Transmission Characteristics

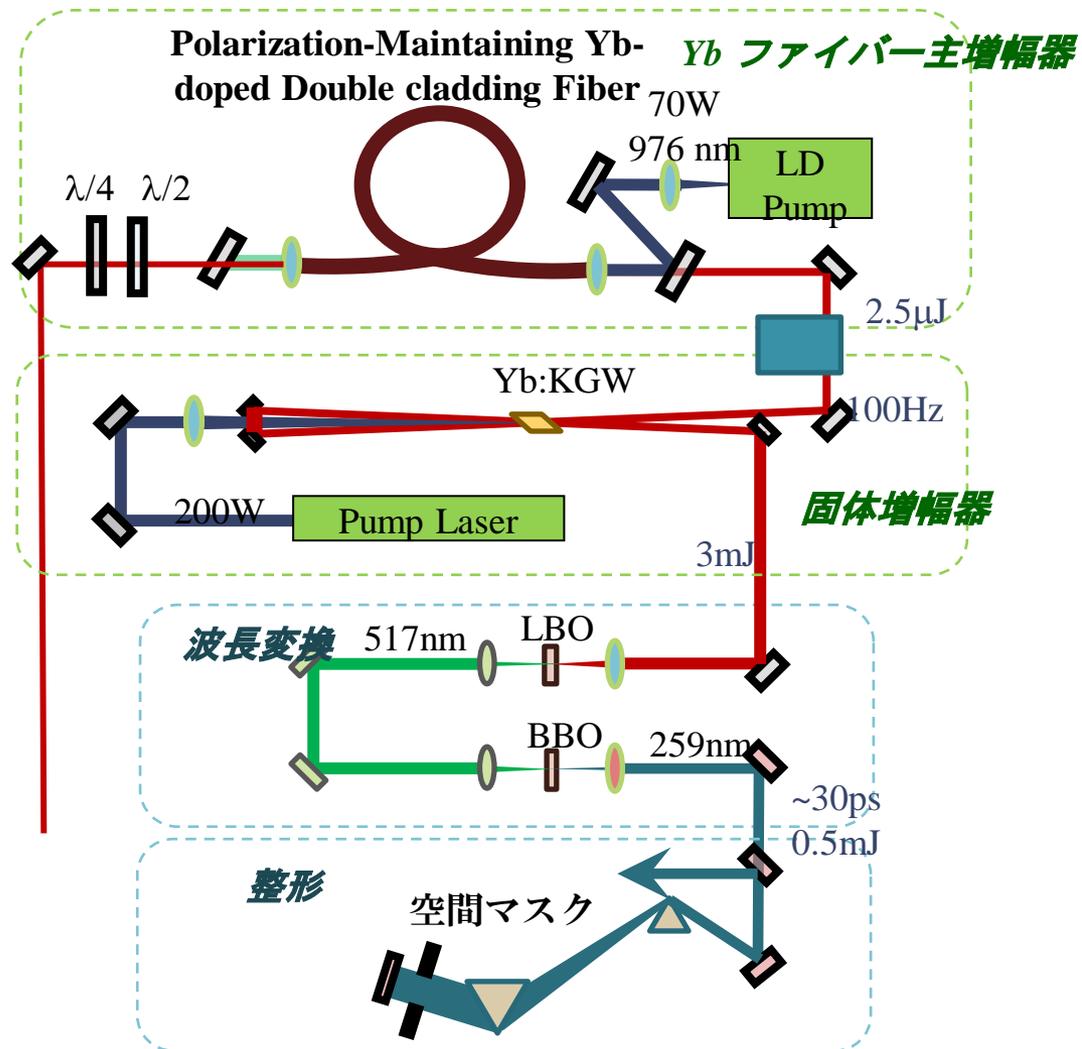


複屈折フィルター：複屈折性の結晶板での常光線・異常光線の干渉を利用して波長選択を行う

Ybファイバー前段増幅



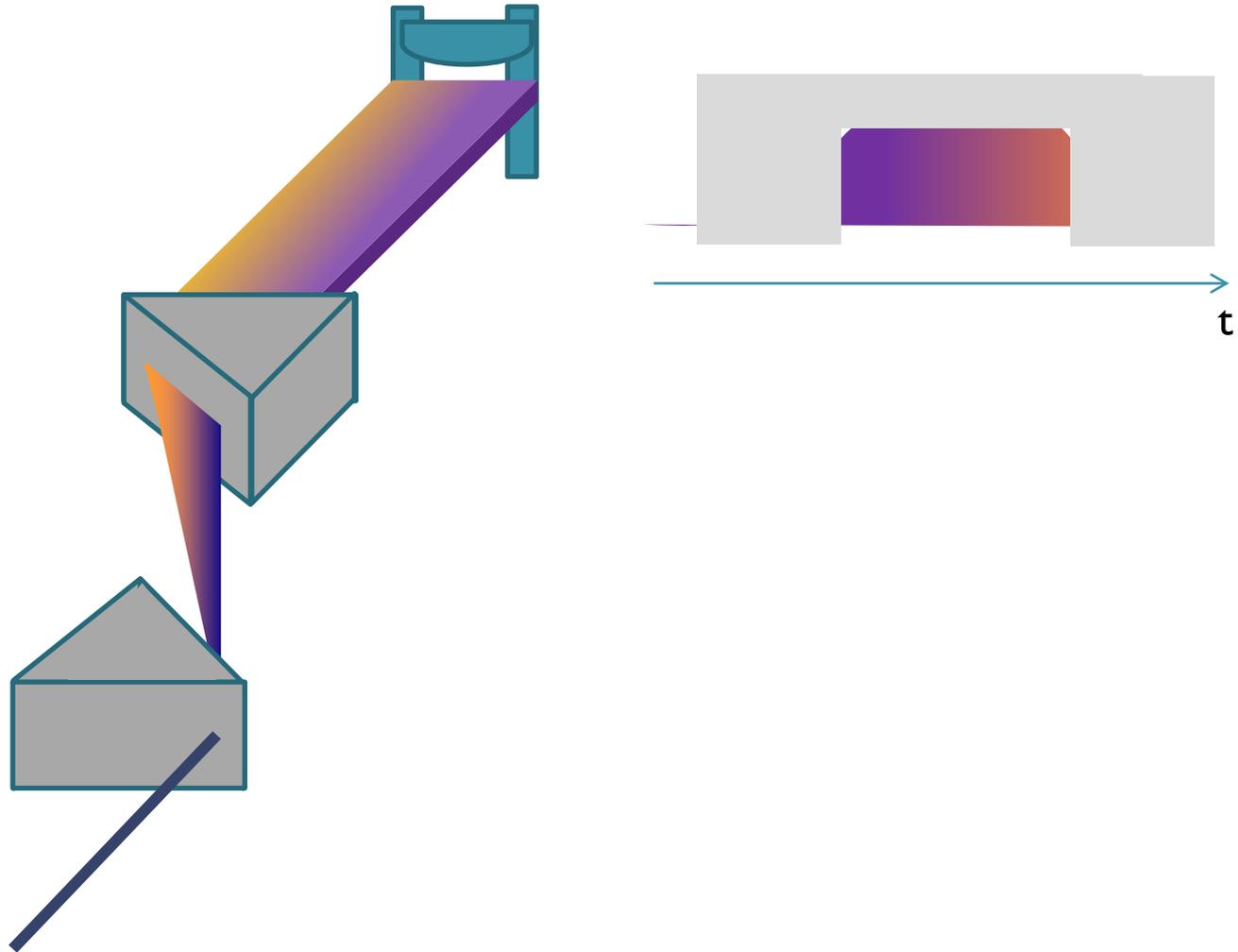
今後の予定



増幅ファイバー

| | LIEKKI Yb1200-20/400 DC | LIEKKI Yb1200-25/250 DC-PM | CRYSTAL FIBRE DC-200/40-PZ- Yb-01 |
|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---|
| Feature | ダブルクラッド | 偏波面保持 | PCF |
| Core diameter | 20±2 μm | 25±2 μm | 40±2 μm |
| Cladding diameter | 400±15 μm | 250±15 μm | 200±5 μm |
| Peak cladding absorption at 976nm | 3.0 dB/m | 10.8 dB/m | 10 dB/m |
| Length | 5 m | 2.5 m | 1.2 m |

Prism対によるパルス整形



まとめ

Ybファイバーレーザーシステム

- ◆ 超短パルスYbファイバー発振器(52MHz, 10.38MHz)
- ◆ Ybファイバー前段増幅システム(Stretcher & PreAmp)
- ◆ Ybファイバー主増幅システム
- ◆ 固体増幅システム
- ◆ 高変換効率2段階第二高調波(SHG)発生によるUVパルスの生成
- ◆ Prism対によるパルスの整形