

# 利用研究ビームライン概要

高エネルギー加速器研究機構

野澤俊介

# Compact ERL

## A test facility of 3GeV ERL

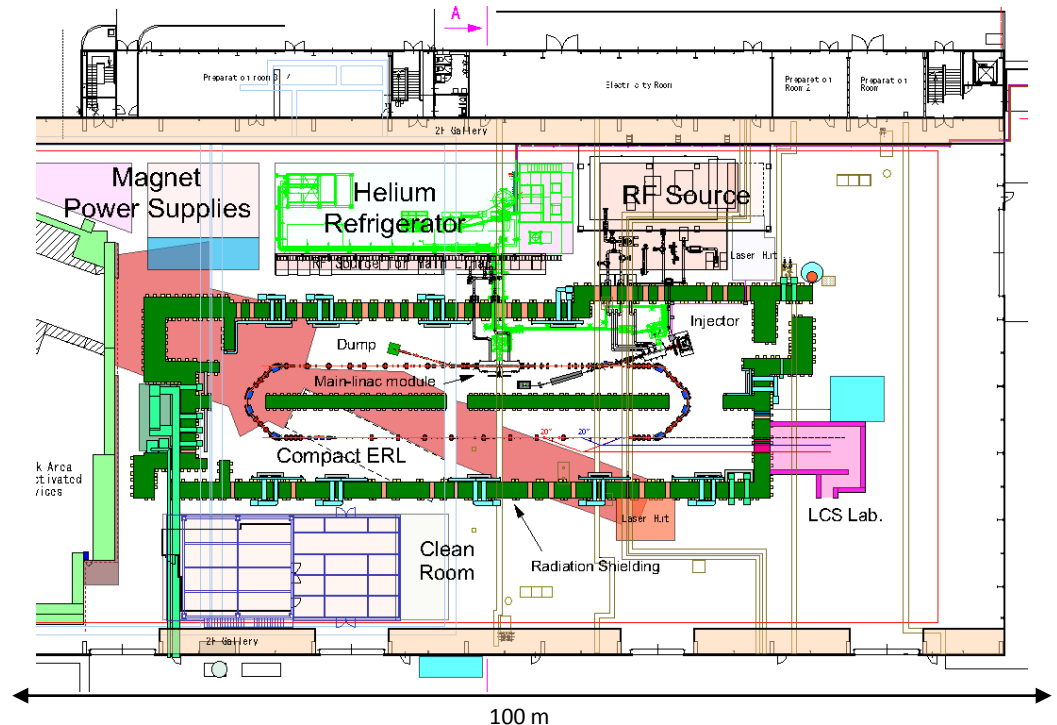
- 本機3GeV ERL型放射光源において必要な加速技術の実証を行う



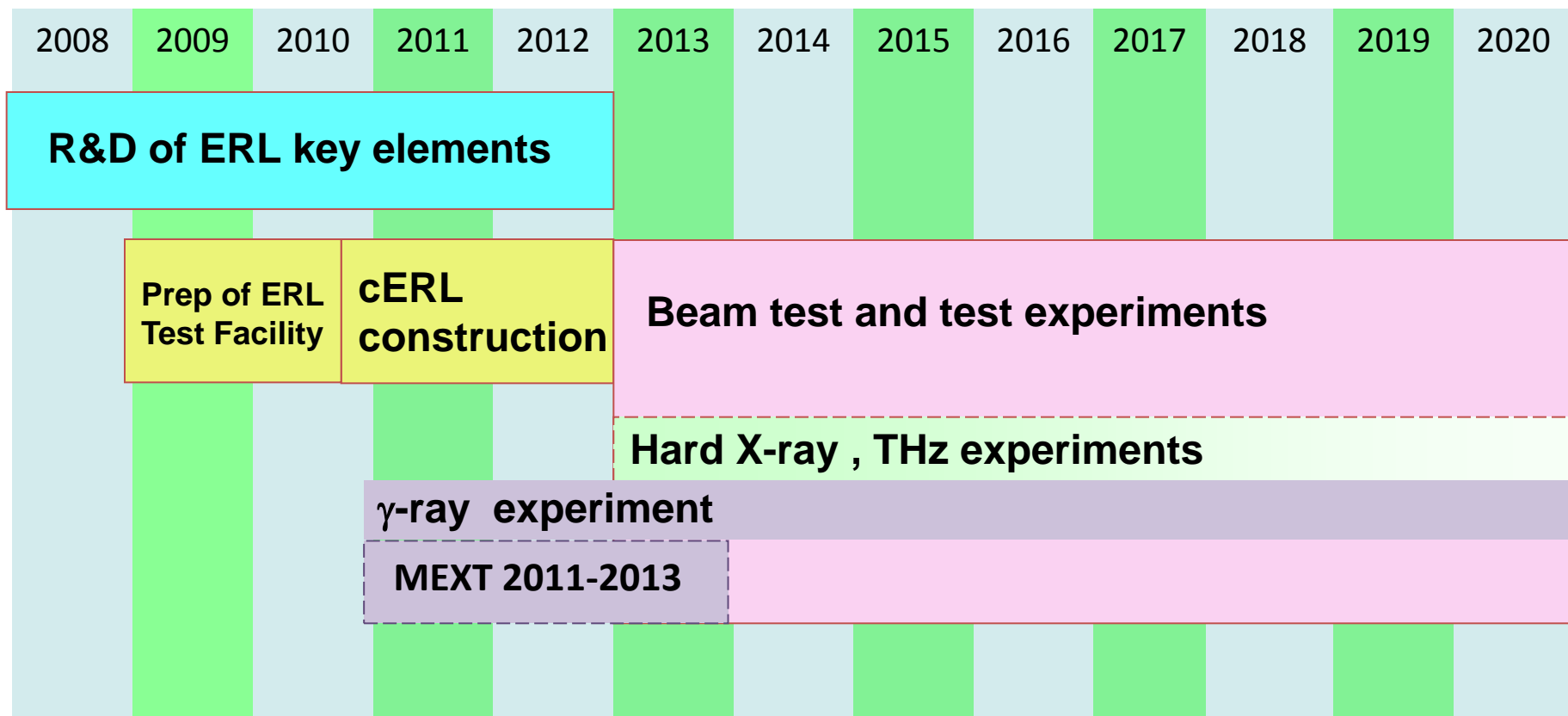
### Parameters of the Compact ERL

	Parameters
Beam energy (upgradability)	<b>35 MeV</b> 125 MeV (single loop) 245 MeV (double loops)
Injection energy	5 MeV
Average current	<b>10 mA</b> (100 mA in future)
Acc. gradient (main linac)	15 MV/m
Normalized emittance	0.1 mm·mrad (7.7 pC) 1 mm·mrad (77 pC)
Bunch length (rms)	1 - 3 ps (usual) ~ 100 fs (with B.C.)
RF frequency	1.3 GHz

(2013年3月の試運転における目標値)

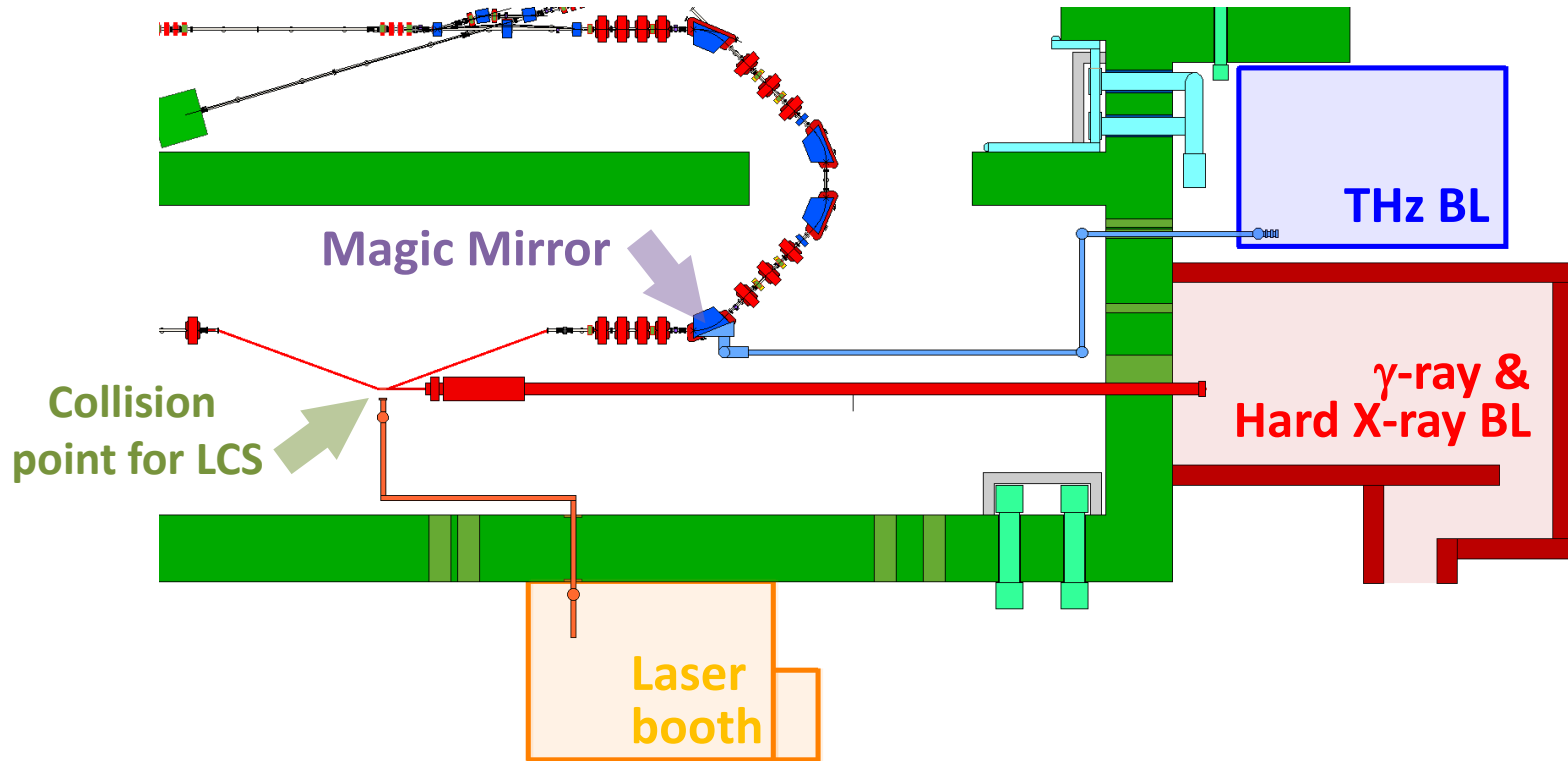


# cERLにおけるスケジュール



- ビーム運転に伴いcERLから得られる光をユーザー利用実験用の提供
- 2013年度より硬X線とテラヘルツ光の先端的な利用研究を想定して各々のビームライン建設が開始される予定
- 2011-2013年レーザーコンプトンγ線を用いた核共鳴蛍光散乱実験(JAEA)

# 2つのビームラインにおける利用研究



## レーザーコンプトンX線ビームライン

共振器によるLCSを用いた高flux光源

- 広視野と共振器による高fluxイメージング

90度衝突LCS散乱を利用したフェムト秒光源

- 100fs準単色光を用いた時間分解X線実験

## テラヘルツ光ビームライン

CSRを用いた高強度コヒーレントTHz光源

- meV領域における電子状態変化の観測
- コヒーレント性を利用したイメージング
- フォノン励起用フェムト秒光源

# テラヘルツ光ビームライン

- CSRを用いた高強度コヒーレントTHz光源

# THz beamline

バンチ圧縮による100フェムト秒電子バンチからのCSRを利用し、テラヘルツ領域の光を取り出す

Bunch length



Coherent radiation

$$P \propto N^2$$



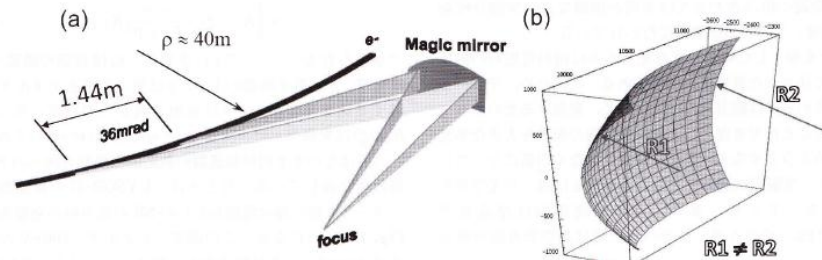
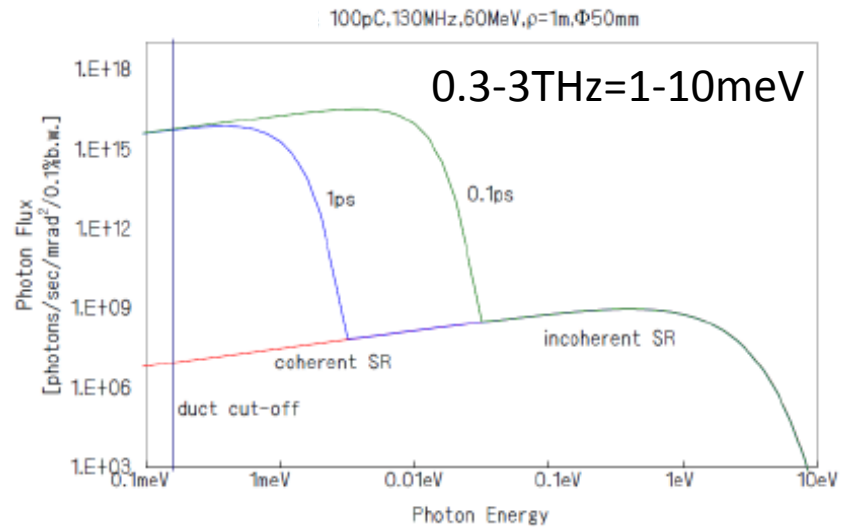
Incoherent radiation

$$P \propto N$$

Bending Magnetにおける大きな発散角でのテラヘルツ光の取り込み



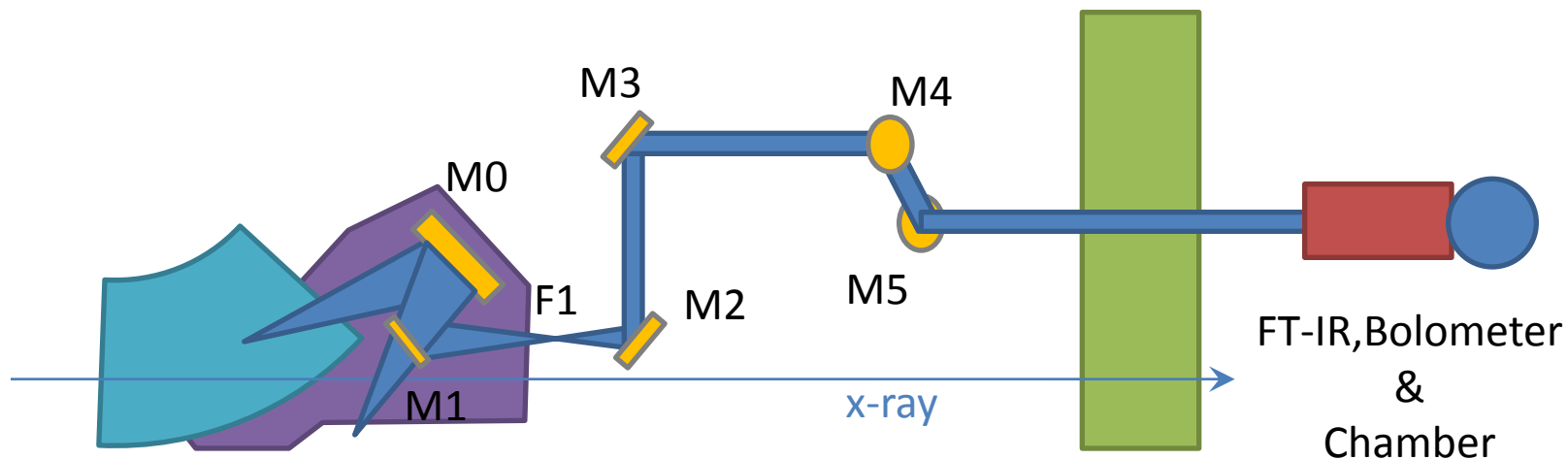
軌道面内・軌道面垂直方向の集光を考慮した  
非球面・非対称のMagicMirrorによる集光



S. Kimura, J. Vac. Soc. Jpn., **53** (2010) 399-405

Light source	Band width	Pulse width	Frequency	Averaged power	Pulse energy	Electric field at peak
Table-top lasers	5 THz	100 fs	1 kHz	nW to uW	nJ to uJ	10 kV/cm
cERL(13mA)	5 THz	100 fs	260 MHz	1 kW	10 uJ	1 MV/cm

# THzビームライン概要



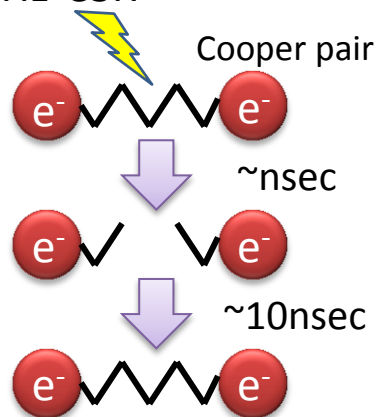
カテゴリー	品目
M0	マジックミラー
M1,M3,M4,M5	平面鏡一式
M2	放物面鏡
M0,M1調整機構	真空ステージー
M0,M1,偏向電磁石用チャンバー	真空チャンバー
F1より下流	光学系調整,真空槽,ポンプ,真空ゲージ,バルブ等
FT-IR, Bolometer(Si, MCT)	Bruker VERTEX70V, 30-15000cm <sup>-1</sup> , dE=0.16cm <sup>-1</sup>
試料槽	クライオスタット・真空ポンプ・真空ゲージ

# Science cases (THz)

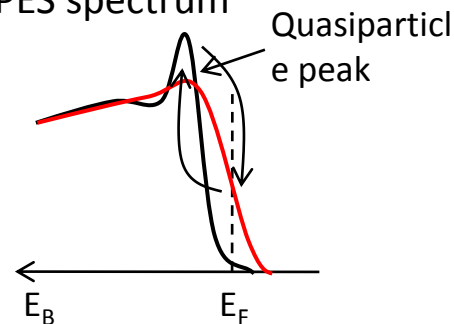
## 物性研究

- meV領域の分光研究
- THz励起光源  
(クーパ対の解離、  
局在フォノンモード)
- コヒーレントTHzイメージング

THz-CSR

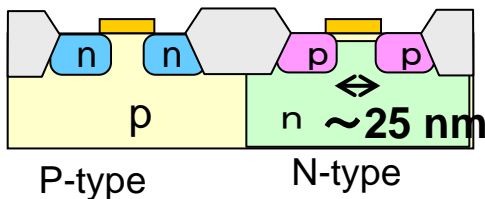


PES spectrum

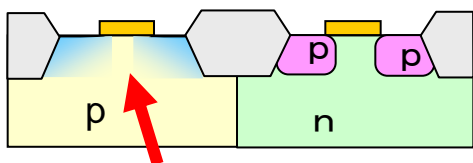


## 半導体デバイスプロセス技術への応用

Ideal case



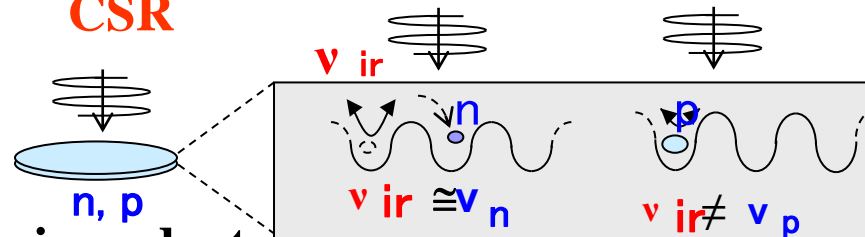
Real case



High temperature process makes a damage

Schematic view of intersection of CMOS

CSR



Semi-conductor

局在フォノンモードのTHz励起  
選択性を持った不純物拡散  
→高集積化



# レーザーコンプトン散乱(LCS) X線ビームライン

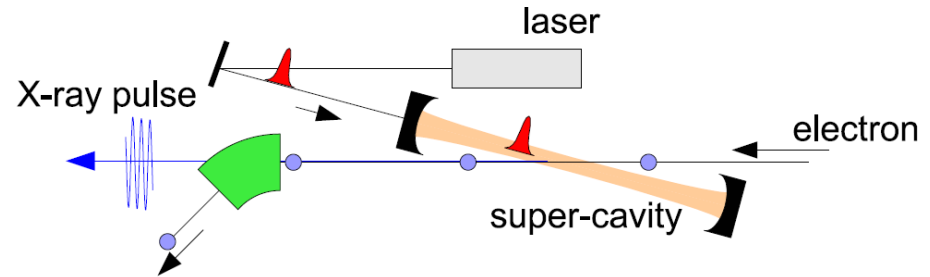
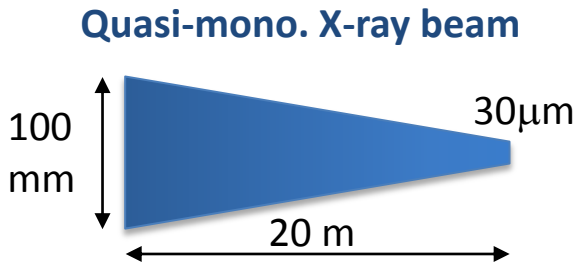
- High-flux mode

共振器によるLCSを用いた高flux光源

- Ultrafast mode

90度衝突LCS散乱を利用したフェムト秒光源

# X-ray beamline – High-flux mode



## Laser

Wavelength	1064 nm
Pulse energy	1.8 μJ
Frequency	130 MHz
Pulse width	1 ps
Beam size	30 μm
Multi. Factor : Q	3000

## Electron beam

Energy	60 MeV
Charge	0.1 nC
Frequency	130 MHz
Bunch width	3 ps
Bunch size	30 μm
Emittance	1 mm-mrad

## Laser-Compton X-ray

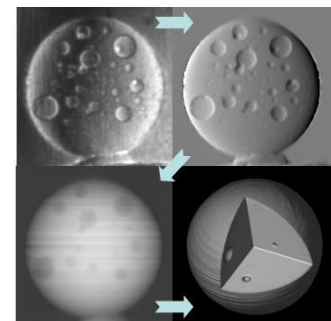
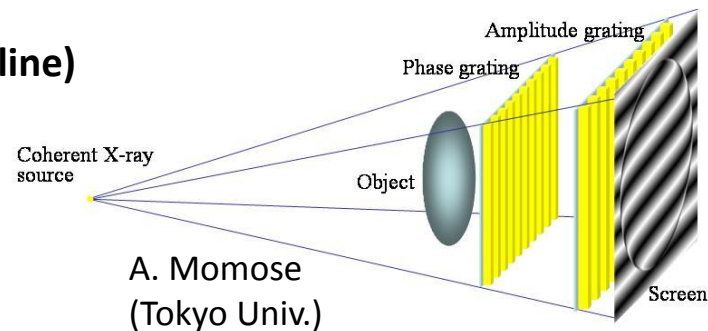
Averaged X-ray flux	$2.7 \times 10^{13}$ phs/s · 100% bw
X-ray pulse width	3ps

■ **Micro-focus imaging**  
(high space resolution, highlight of outline)

■ **X-ray Phase imaging**  
by Talbot Interferometry

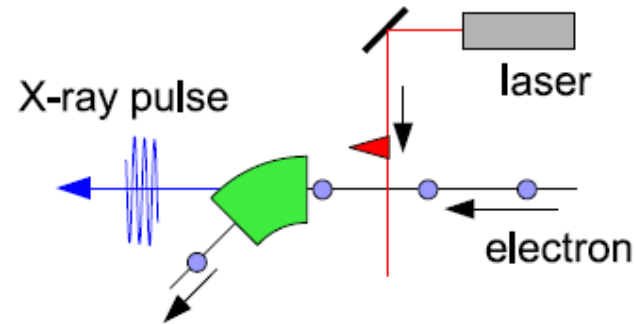
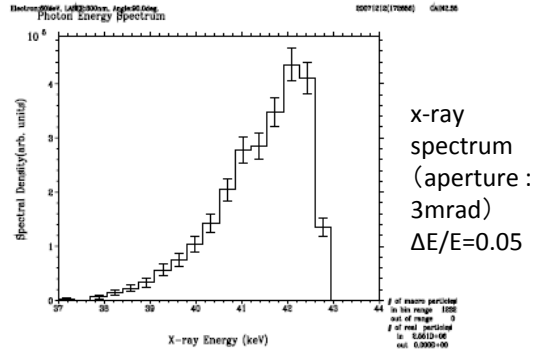
■ **Large irradiation area,**  
**Variable energy**

■ **R&D for Downsizing of imaging device**



A. Momose  
(Tokyo Univ.)

# X-ray beamline – Ultrafast mode



## Laser

Wavelength	800 nm
Pulse energy	10 mJ
Frequency	1 kHz
Pulse width	50 fs
Beam size	20 $\mu\text{m}$

## Electron bunch

Energy	60 MeV
Charge	0.1 nC
Bunch width	1ps
Bunch size	20 $\mu\text{m}$
Emittance	1mm-mrad

## Laser-Compton X-ray

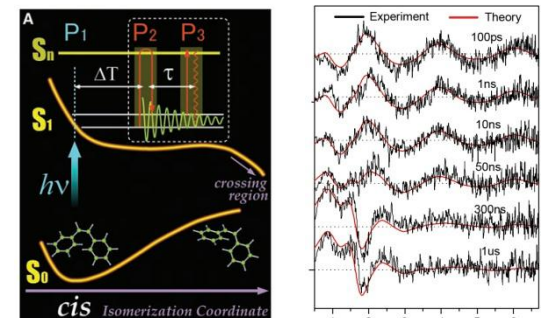
Averaged X-ray Flux	$3.9 \times 10^7$ phs/s • 100% bw
X-Ray pulse width	110 fs

### ■ Laser pump - X-ray probe fs time resolved X-ray measurement

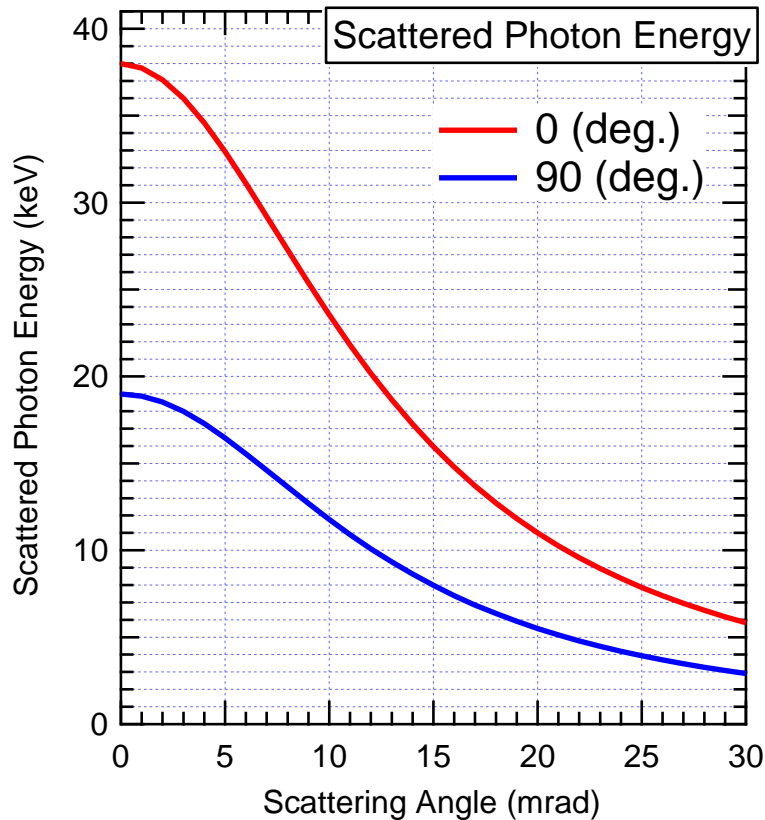
Direct structural visualization of photoreaction intermediate by WAXS with 100 fs quasi-monochromatic X-Ray

Photoisomerization reaction in stilbene (cis  $\Rightarrow$  trans < 1ps)

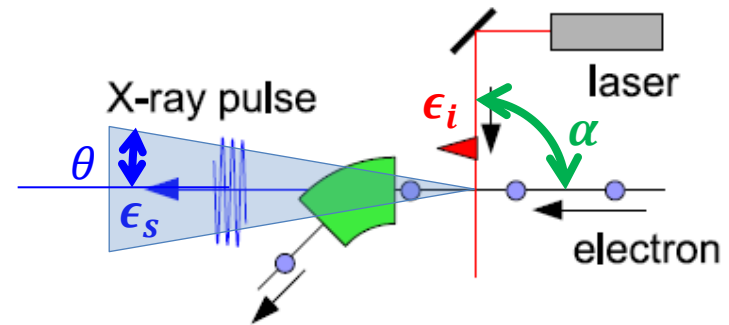
Observation of the structural change as fs molecular movie



# レーザーコンプトンX線のエネルギー



0 deg. : ~ High Flux mode  
 90 deg. : Ultrafast mode



$$\epsilon_s = \frac{2\gamma^2 \epsilon_i (1 + \cos \alpha)}{1 + (\gamma\theta)^2 + 2\gamma \epsilon_i / mc^2}$$

## 試運転時(2013/3~)のパラメーター

- 電子ビーム  
エネルギー : 35 MeV ( $\gamma=68.5$ )
- レーザー  
波長 : 800 nm

# 準単色コーンビームの集光方法

衝突点とサンプルの間(20m)に  
5mradのコリメーターを設置

- 発光点の大きさ: 0.02 mm
- 準単色化 ( $\Delta E/E \sim 0.1$ )
- $\Phi 100$ のビームサイズ
- 光子密度:  $\sim 5 \times 10^6$  photons/sec

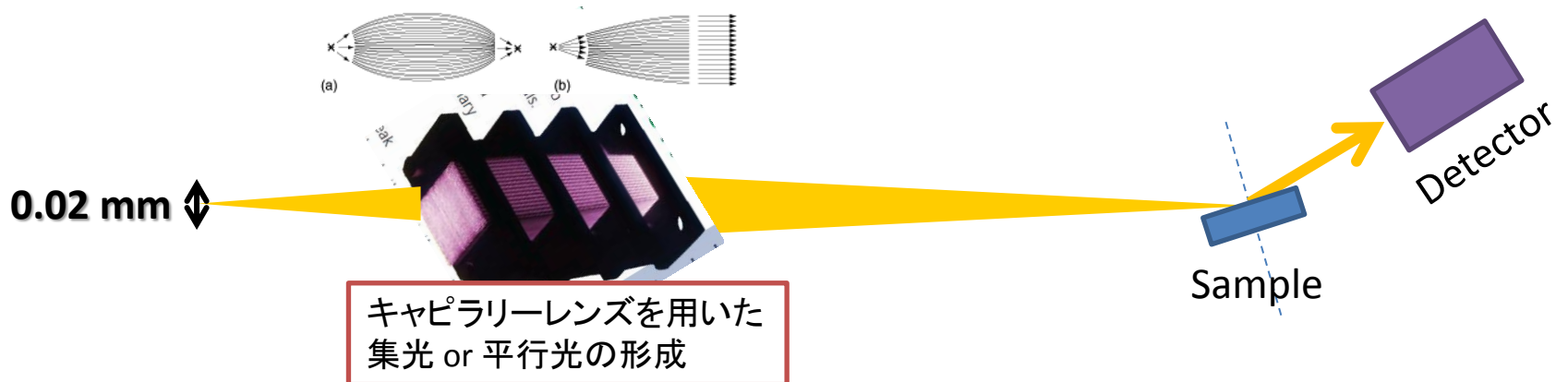
## 分光実験

0.02 mm  $\updownarrow$

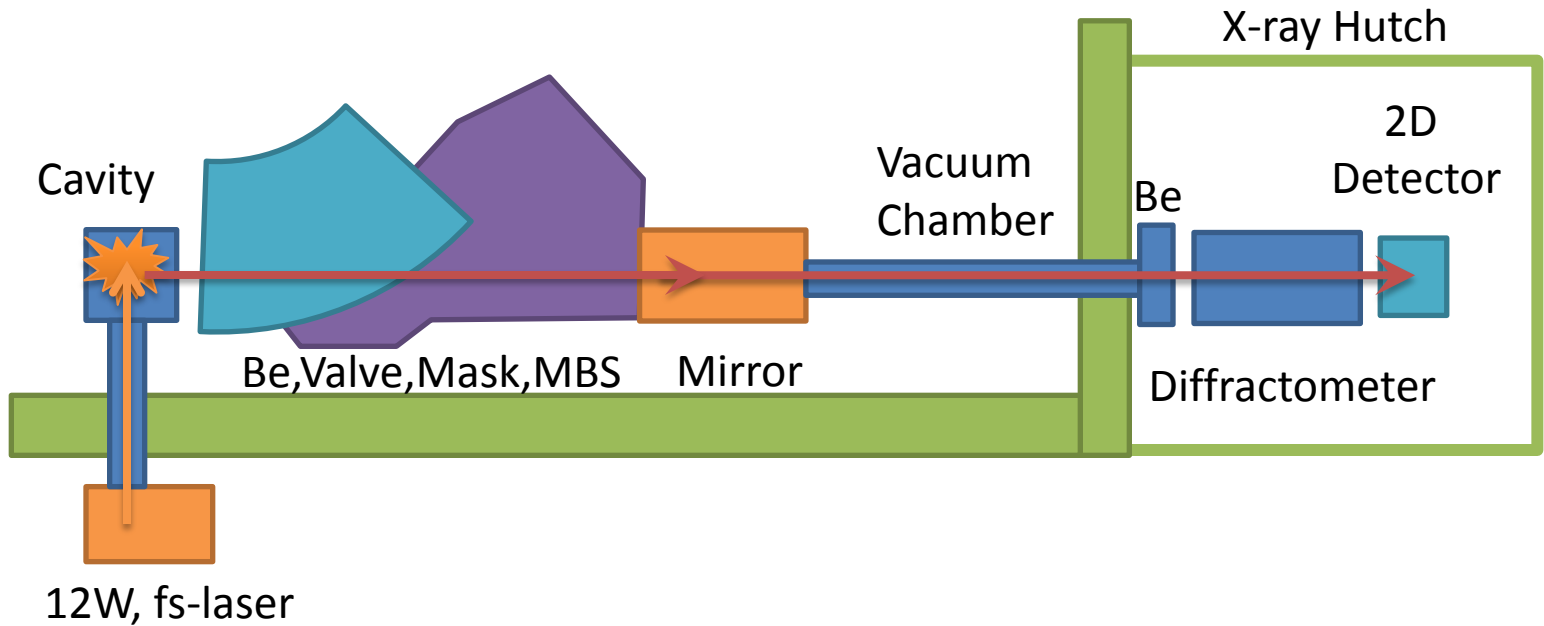


## 散乱・回折実験

0.02 mm  $\updownarrow$



# X線ビームライン (High flux-, Ultrafast-mode) 概要



カテゴリー	品名
レーザー	励起用レーザー1式
共振器	光共振器 130MHz
フロントエンド	バルブ, マスク, MBS, Be
ミラー	集光ミラー調整機構 集光ミラー
真空槽	ポンプ, ゲージ, バルブ, 真空槽, Be
インターロック	インターロックシステム一式
ユーティリティー	電気, 冷却水, 圧空一式
実験装置	2次元検出器 回折計

# まとめ

- cERLにおける利用研究を目指し、CSRによるTHz光ビームライン、LCSによるX線ビームラインを建設する
- CSRによって発生する大強度THz光により、分光学的手法、THzコヒーレントイメージングを使った分光学的物性研究や、プロセス技術への応用研究、等が期待される。
- 光共振器を用いたLCSによって発生するX線は、微小光源、高Flux、広視野という特徴を持ちX線イメージング等への利用が期待される
- 90度衝突LCSによって発生する超短パルスX線は、パルス幅100fs、ジッターフリーという特徴を持ち、超高速ダイナミクス研究への利用が期待される。