軟X線を用いた高エネルギーγ線発生

NewSUBARU蓄積リングを用いたアンジュレーター光反射実験

鈴木伸介、神田、宮本、伊達、大熊、
清水、岡部、原田、渡邊、村松

Outline

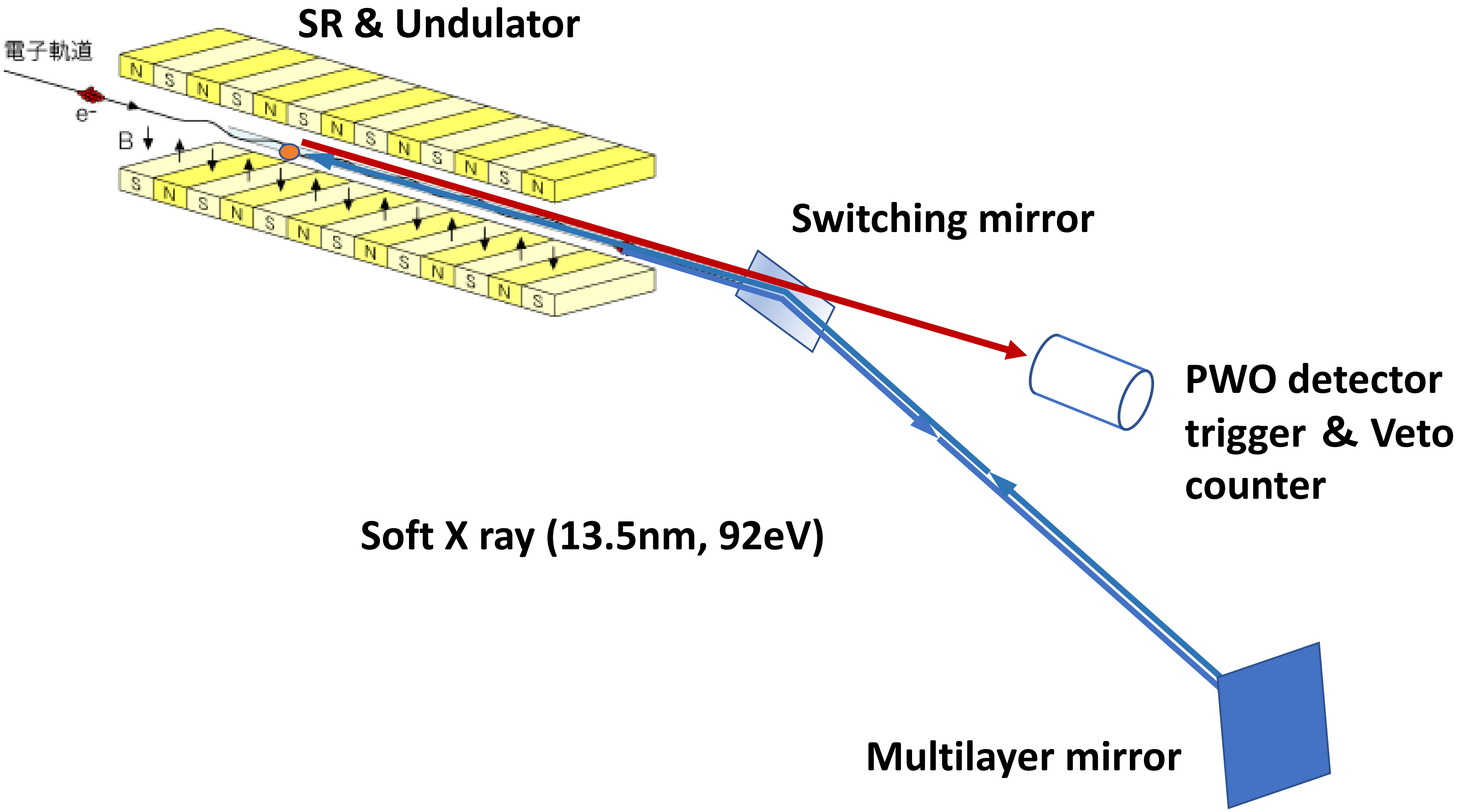
- Purpose
- NewSUBARU StorageRing
- Undulator spectrum
- Gamma-ray spectrum
- Multilayer mirror
- γ ray production efficiency
- Experimental setup
- Schedule
- Expansion to 6GeV? - > Mr. Okuma?
- Problem

Purpose

- Production of the high energy γ-ray by the inversed Compton scattering - returned soft X-rays by the multilayer mirror reflection from the undulator to the storage ring, collide with high energy electrons.

- Search for the possibility of γ-ray experiment with higher energy than LEPS/LEPS2 toward SPring-8-II (6 GeV).

- After confirming the generation of gamma rays, we obtain information such as beam handling method and multilayer mirror lifetime.



SR & Undulator
電子軌道
e-
B
N
S
Switching mirror
PWO detector
trigger & Veto
counter
Soft X ray (13.5nm, 92eV)
Multilayer mirror

Laboratory of
Advanced Science and Technology for Industry
UNIVSERSITY OF HYOGO

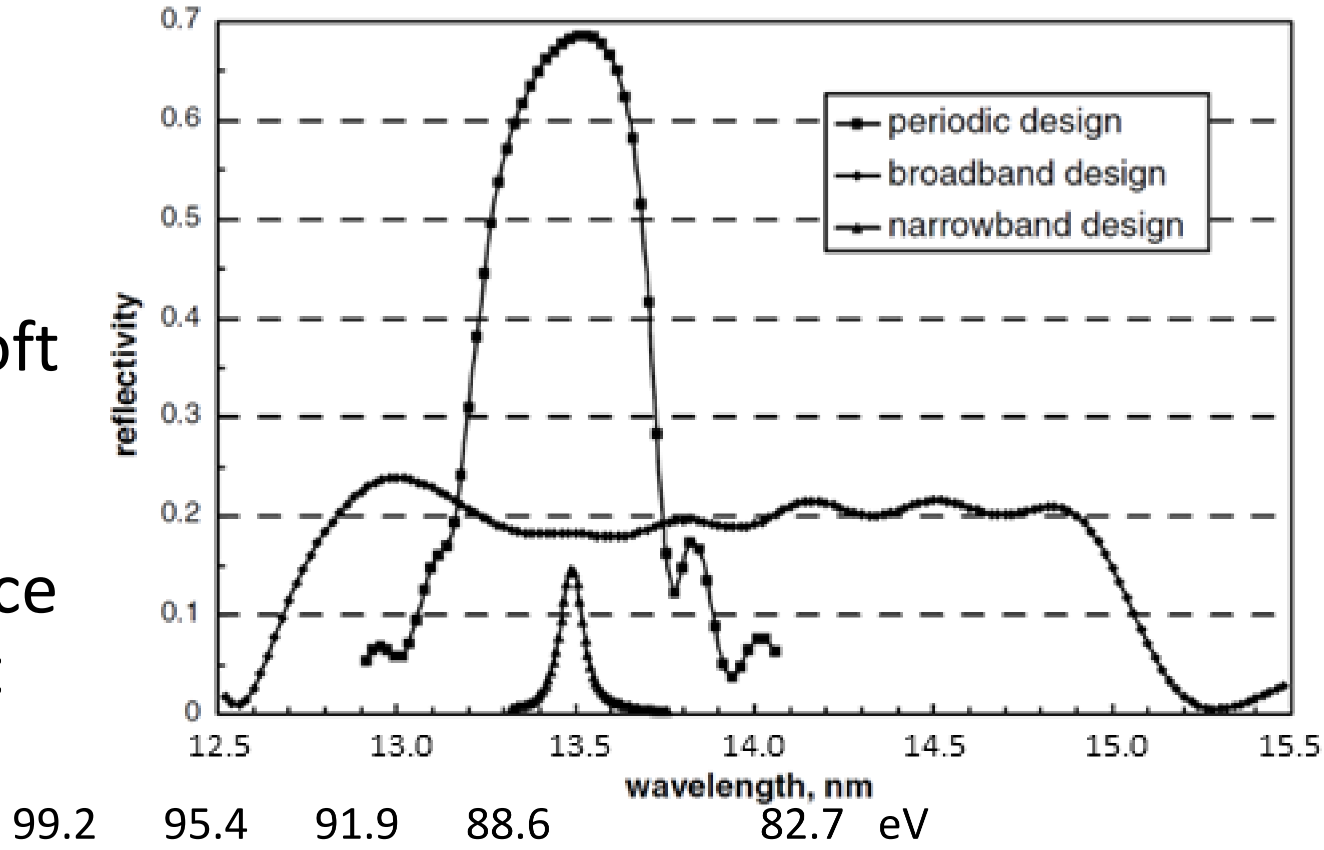
www.lasti.u-hyogo.ac.jp

- NewSUBARU facility has a 1.0-1.5 GeV electron storage ring, which provides light beams from IR to Soft X-ray regions.
- We resarch light sources for next generation through a machine R&D, and industrial appications such as EUVL lithography, LIGA process, material analysis.
- 1GeV Top-up operatiom
- 1.5GeV Rumpup and decay operation

Multilayer Mirror

- Mo/Si multilayer mirror

- In the long-wavelength soft X-ray region, especially in the 13 nm wavelength region, the direct incidence reflectance is up to about 70% by the Mo / Si multilayer film.

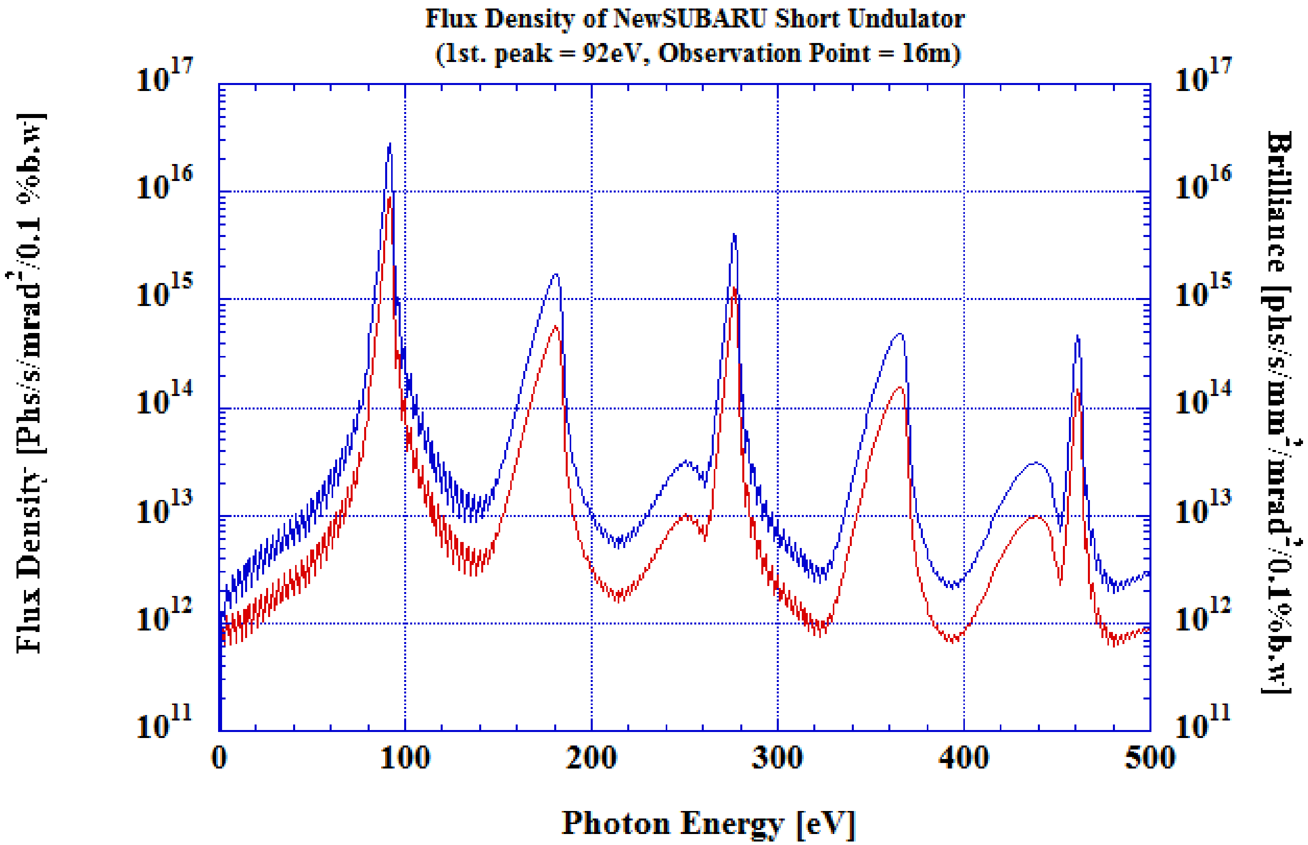


Mo/Si多層膜ミラーの反射率
(Microelectronic Engineering 83 (2006) 703.)

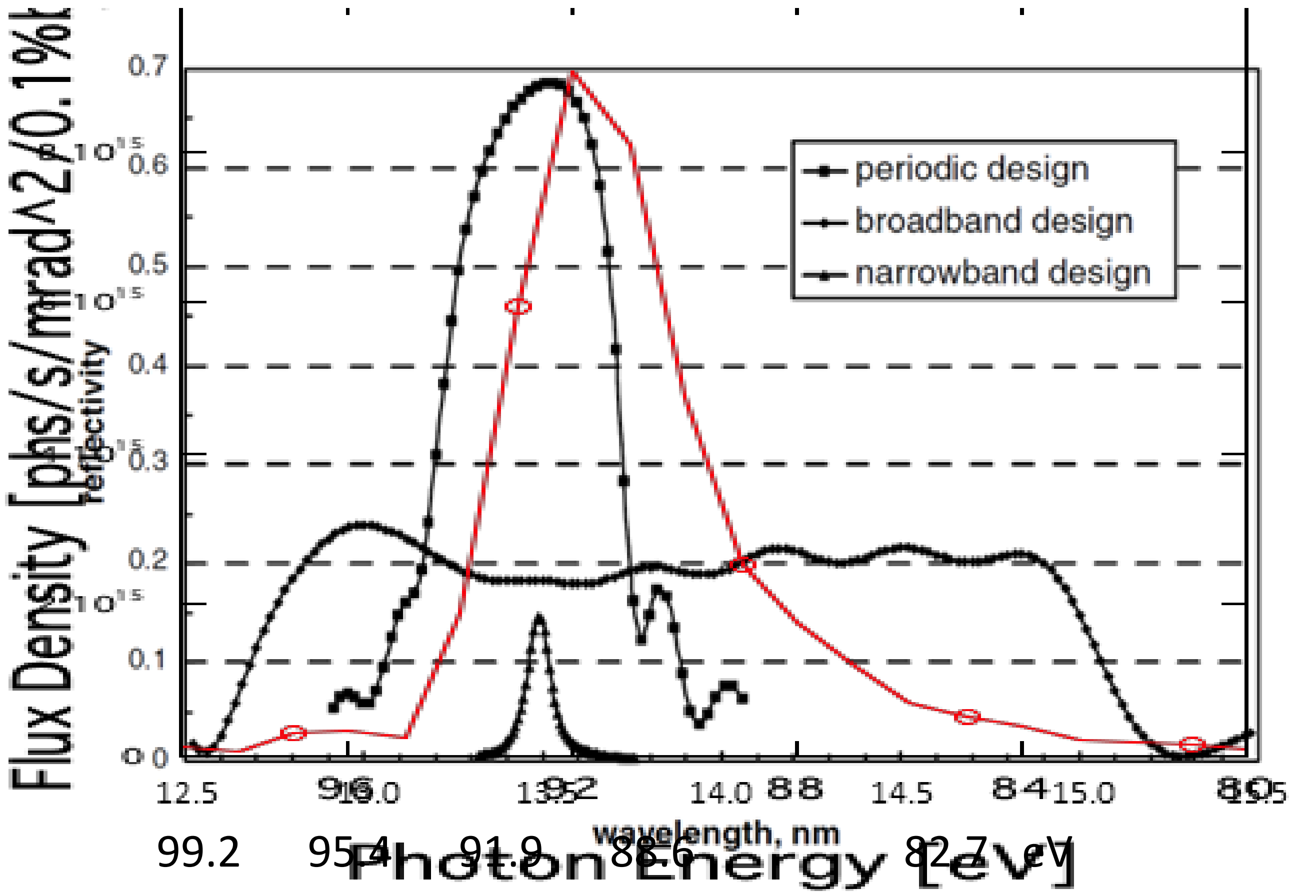
Undulator spectrum at BL07 of NewSUBARU

Parameter

- Period length : 7.6 cm
- Number of Period: 30
- Total length : L = 2.28 m
- K = 0.78
- Gap = 53.7 [mm]
- B = 0.1099 [T]



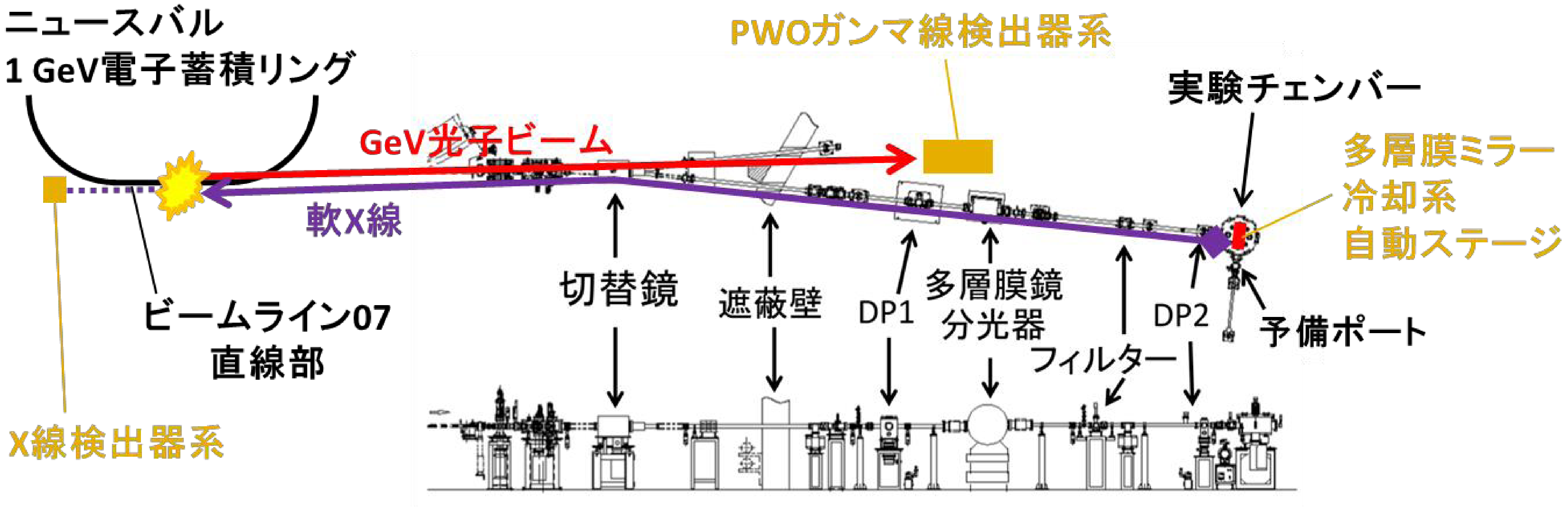
Energy band Comparison of undulator and mirror



Mo/Si多層膜ミラーの反射率
(Microelectronic Engineering 83 (2006) 703.)

- E≒1240/λ[eV]
- 92eV=13.47nm

Layout of experimental setup

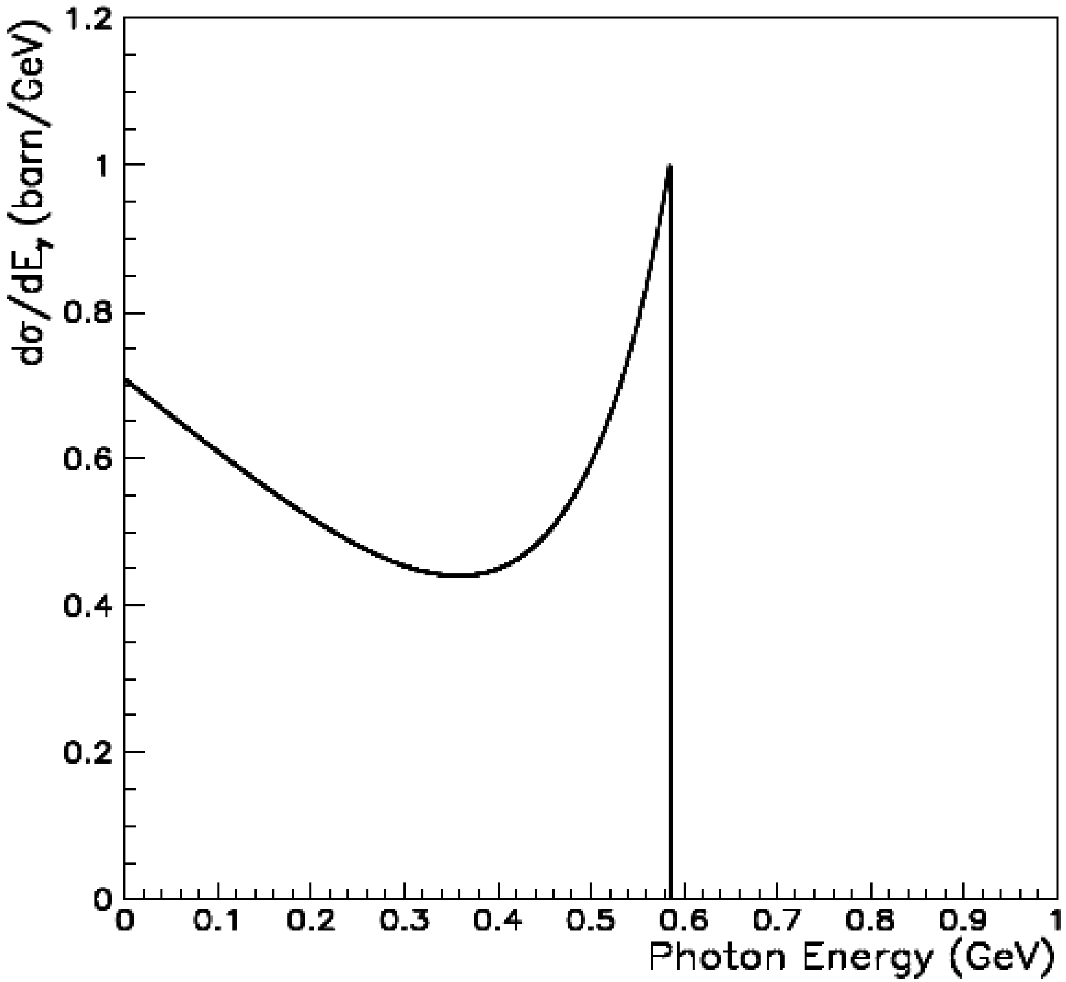


ニュースバル・ビームライン07Aにおける実験セットアップ

γray Spectrum

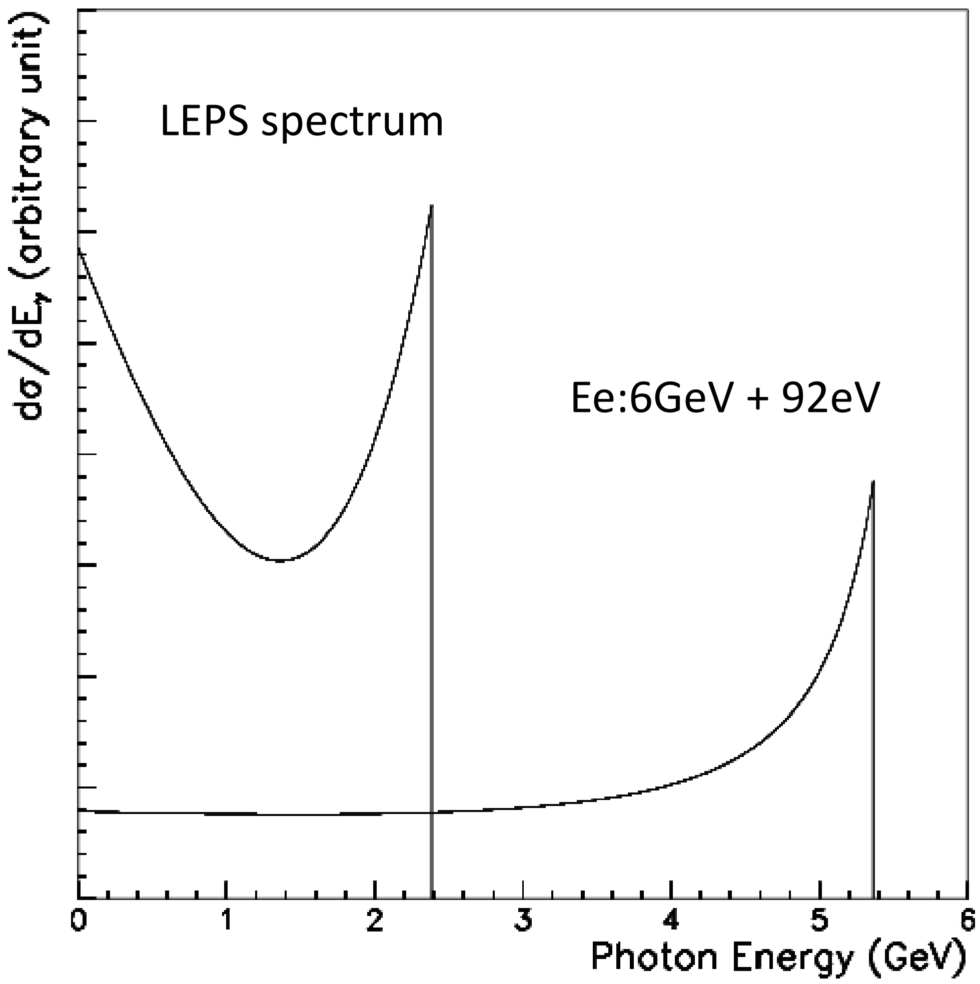
- 1GeV electron
- 92eV(13.5nm) Xray

- Compton edge 585MeV



γ ray spectrum generated by inverse Compton scattering

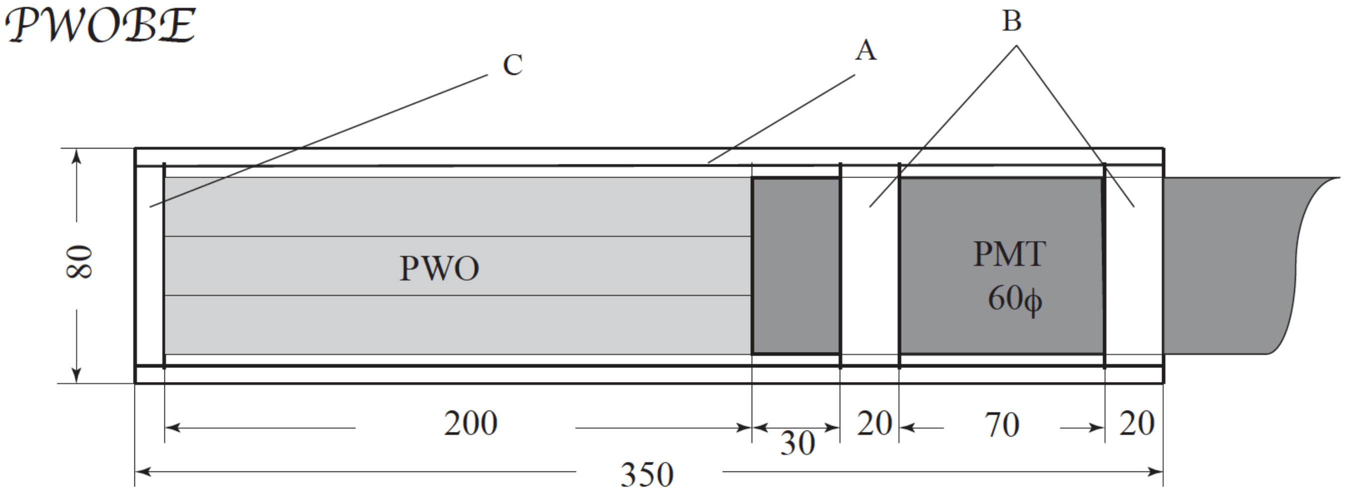
Expansion to 6GeV



γ ray detector

- Trigger & Veto counter : 5 mm thick scintillator + PMT
- Beam position monitor (BPM)
- PWO detector

  ϕ60 L200



γphoton counting rate

BL07 short undurator　：　5×10^{15} photons/sec/mm^2/mrad^2/0.1% bw @ 100 mA
Light source size　：　σ_x = 1.00 mm、σ_y = 0.18 mm
X-ray divergence angle　：　$\sigma_{x'}$ = 0.342 mrad、$\sigma_{y'}$ = 0.280 mrad
Primary light（undulator gap = 70 mm）band width / 0.1%BW@92 eV　：　13 eV / 0.092 eV
Swiching mirror（Si substrate Pt coating）Reflectivity　：　0.88
⇒ 3.21×10^{16} photons/sec @300mA　（on multicoating mirror）

Multicouting mirror BW：2.7eV, Refrectivity：　0.65
BW ratio × refrectivity × swting mirror refrectivity ＝2.7/13×0.65×0.88 on colliding point
Compton crossection　：　330 mb

Beamsize $2\sigma_x$ = 2.00 mm、$2\sigma_y$ = 0.36 mm。
Undurator length：3 m
1.873×10^{18} electrons/sec @300mA

⇒ 3300 photons/sec

Heat load

BL07 short undulator : 15×10^{15} photons/sec/mm^2 $mrad^2$/0.1%bw @300 mA (1 GeV)

σx = 1.0 mm、σy = 0.18 mm、$\sigma x'$ = 0.342 mrad、$\sigma y'$ = 0.280 mrad

0.1%bw = 92 eV × 0.1%

Full width at half maximum of primary light (gap 70 mm): 81～94 eV ⇒ 13 eV

Switching mirror (Si substrate Pt coating): reflectance = 0.88

∴ The amount of light reaching the multilayer mirror

$(15\times10^{15})\times1.0\ mm\times0.18\ mm\times0.342\ mrad\times0.280\ mrad\times(13\ eV/0.092\ eV)\times0.88$

$= 3.2\times10^{16}$ photons/sec

X-ray spectrum of BL 07 Integration of energy is 4.65 times of 92 eV light as a whole.

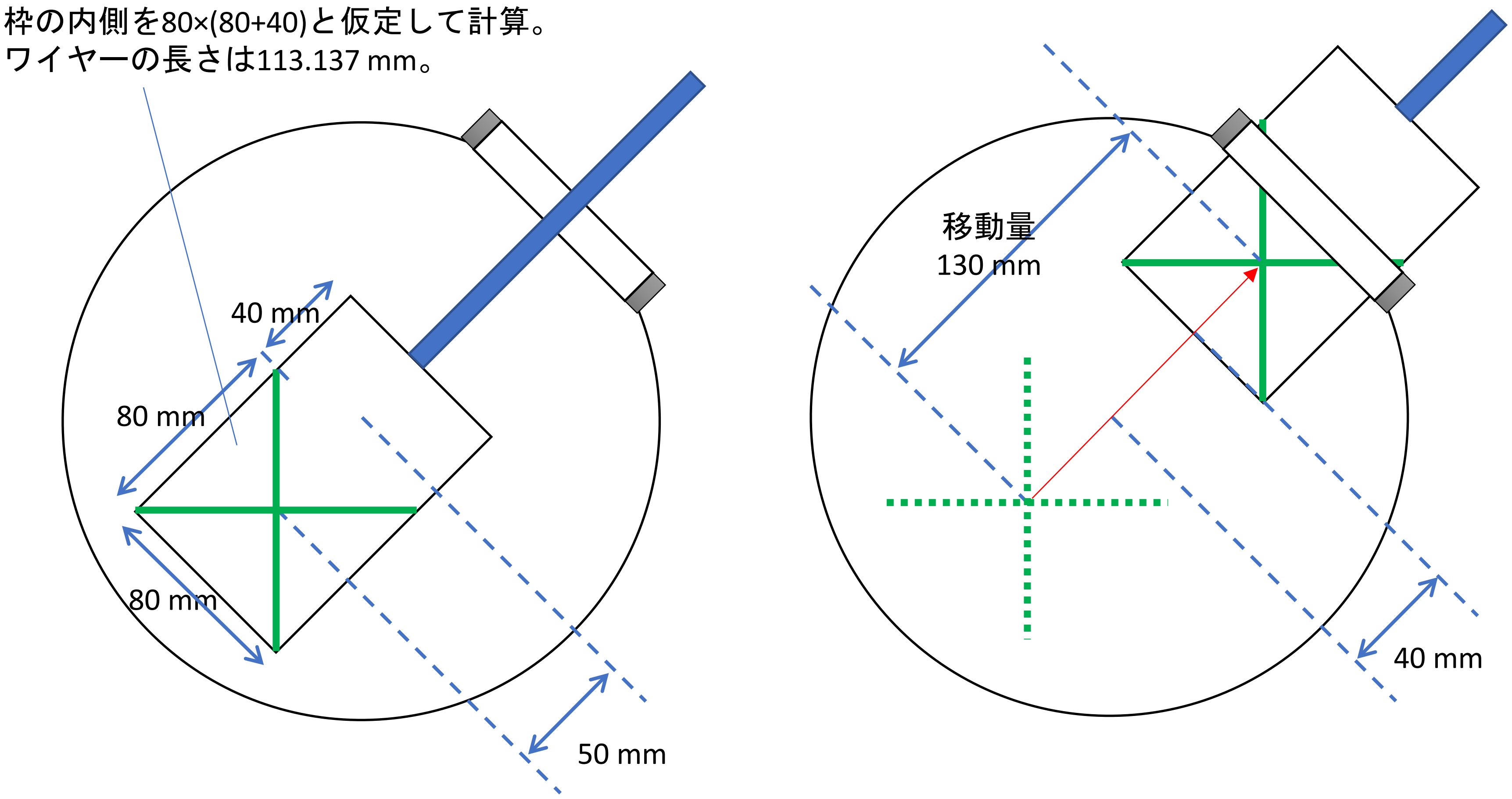
Total power :

$92\ eV\times(3.2\times10^{16}\ photons/sec)\times4.65\times(1.602\times10^{-19}\ J/eV) = 2.2\ W$

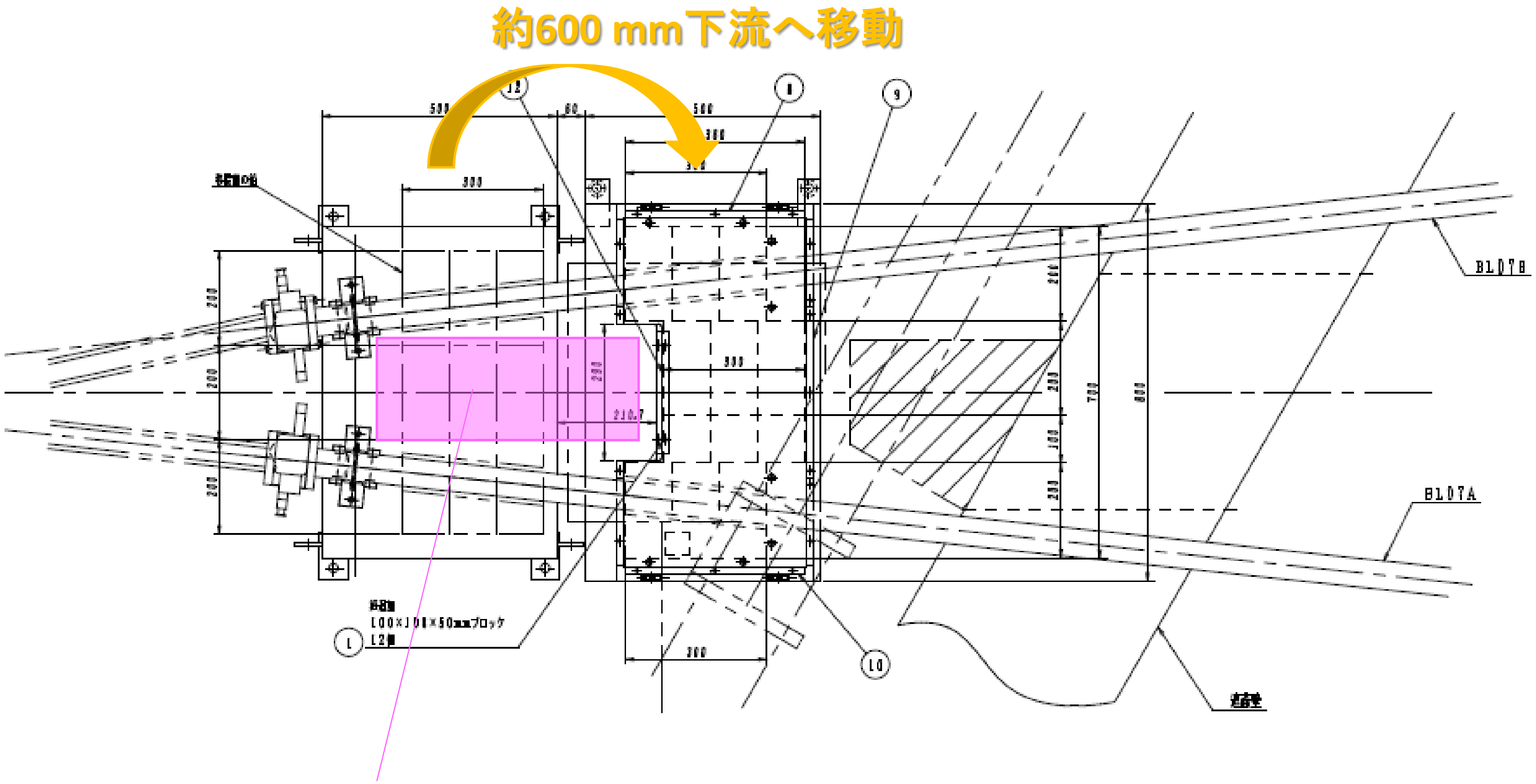
No problem with glass substrate

Problem

- Heat load, lifetime of the multilayer mirror
- Reflected X-ray handling, monitor


枠の内側を80×(80+40)と仮定して計算。
ワイヤーの長さは113.137 mm。
40 mm
80 mm
80 mm
50 mm
移動量
130 mm
40 mm

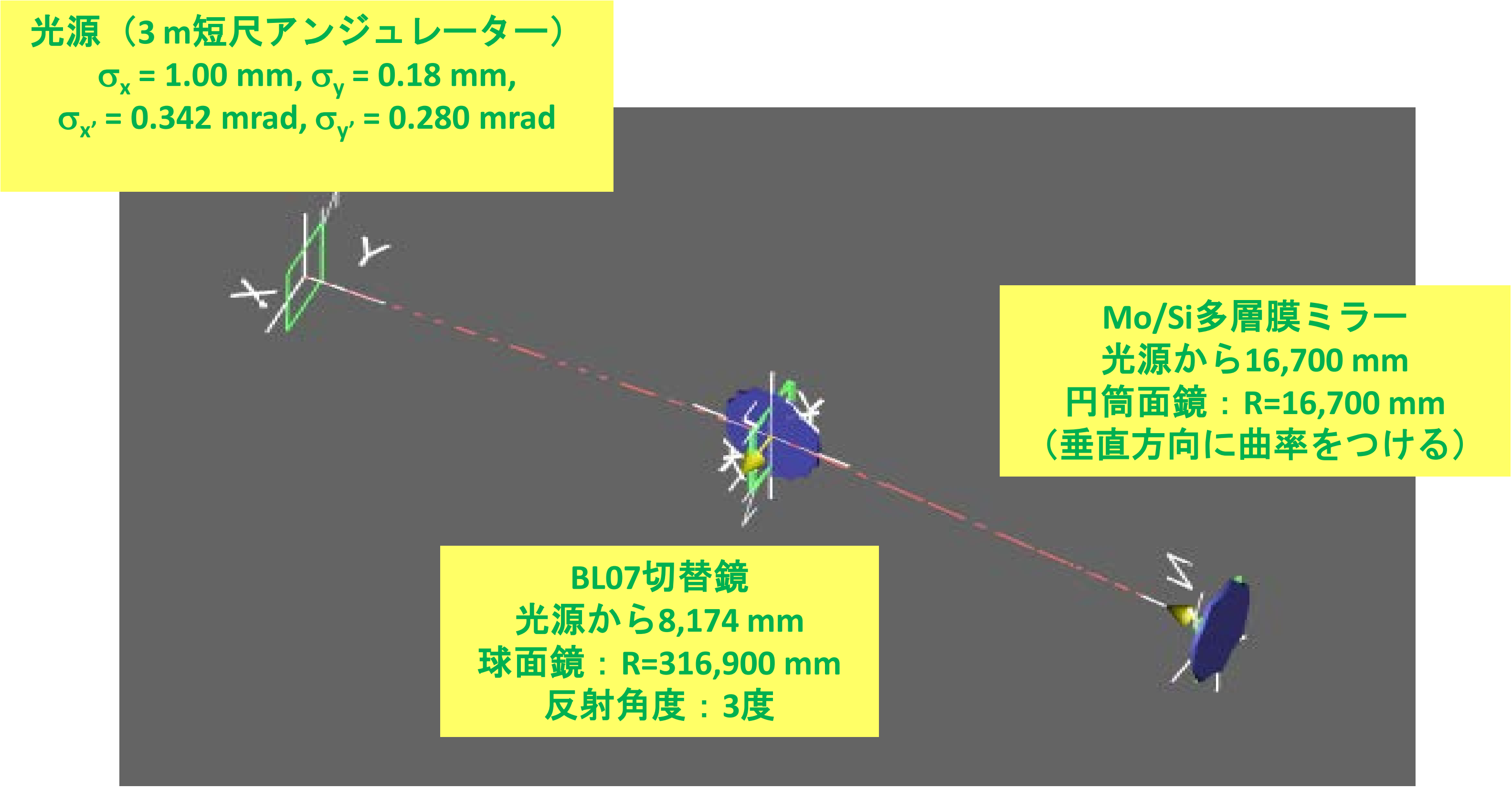
鉛遮蔽移設



PWO電磁カロリメーター、BPM、
トリガー・Vetoカウンターを設置。

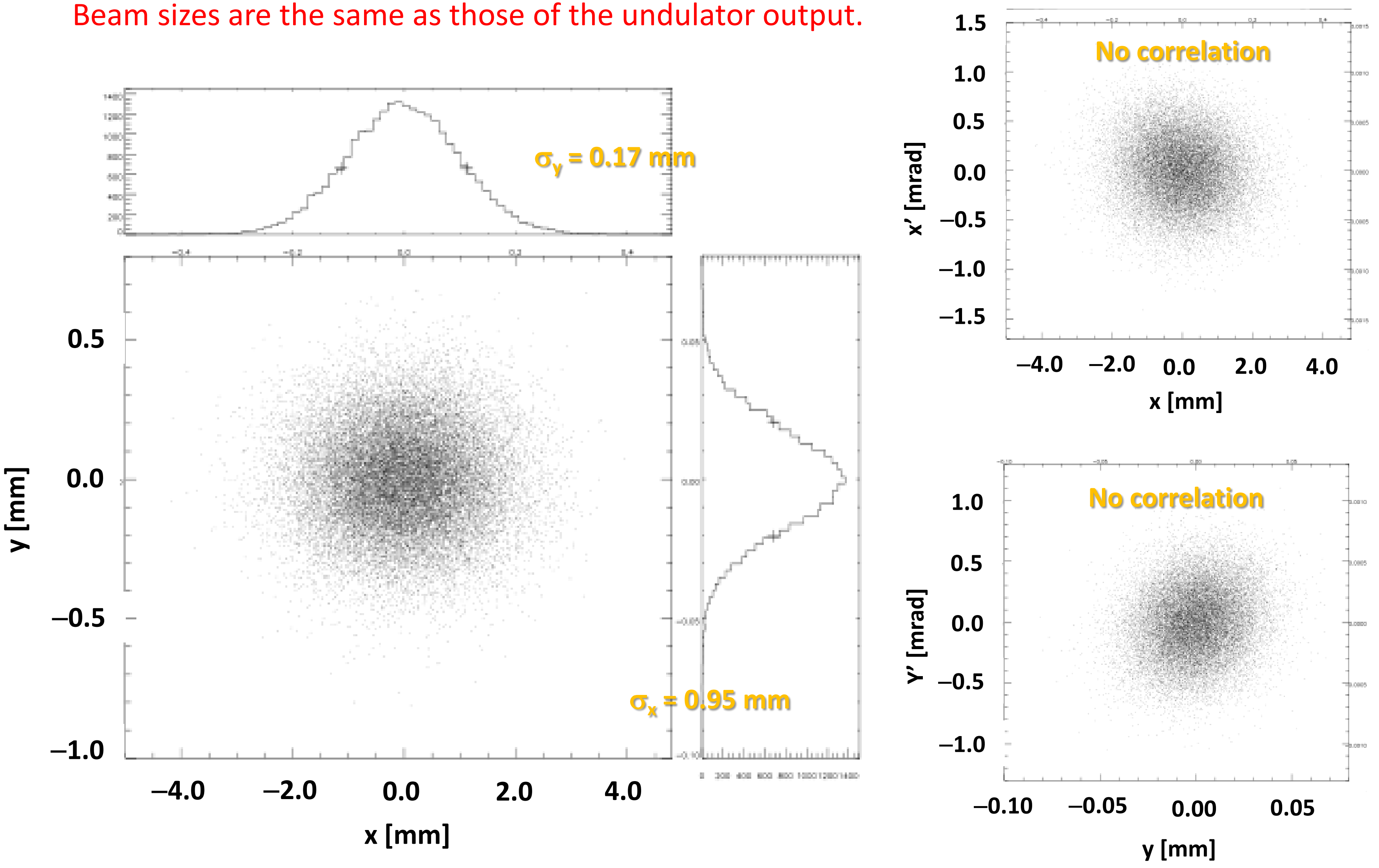
3月下旬に工事（明昌）

Ray Trace計算（SHADOW3）



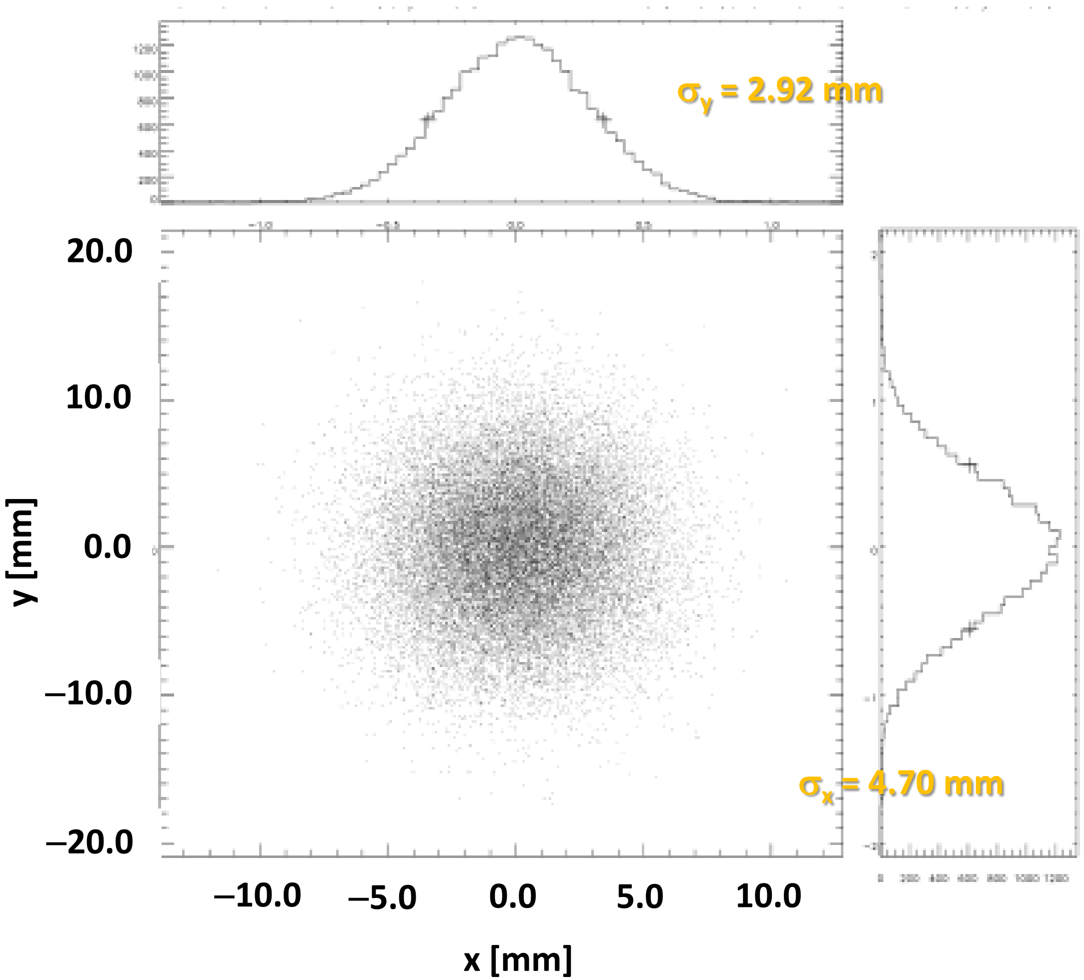
反射光焦点位置のビーム形状

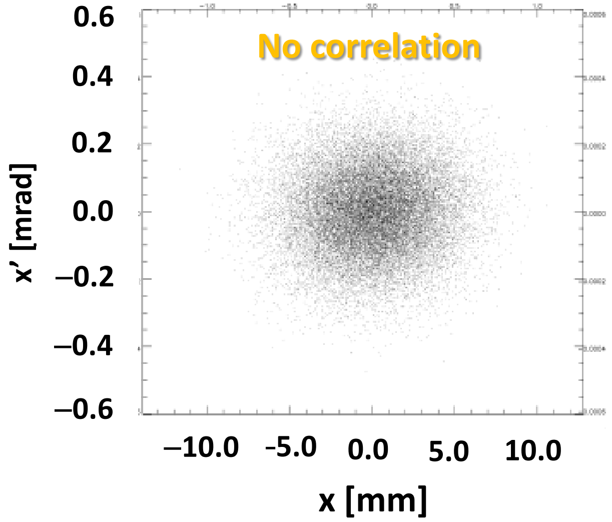
Beam sizes are the same as those of the undulator output.

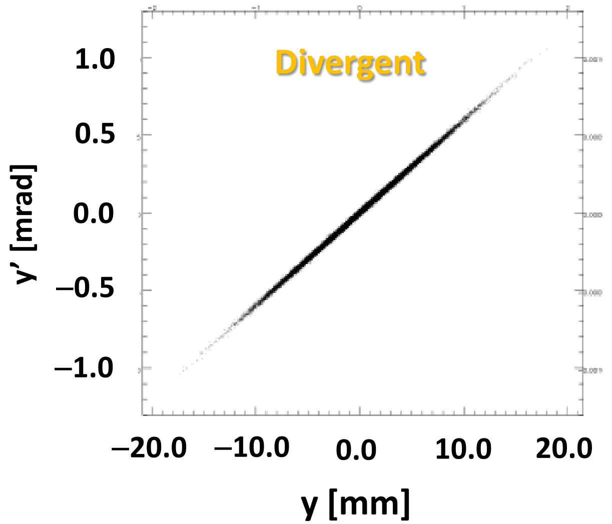


多層膜ミラー位置のビーム形状

Vertically divergent. ⇒ Need a cylindrical mirror.



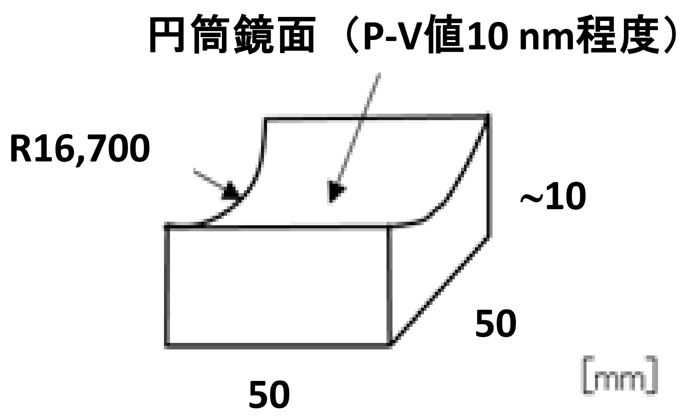


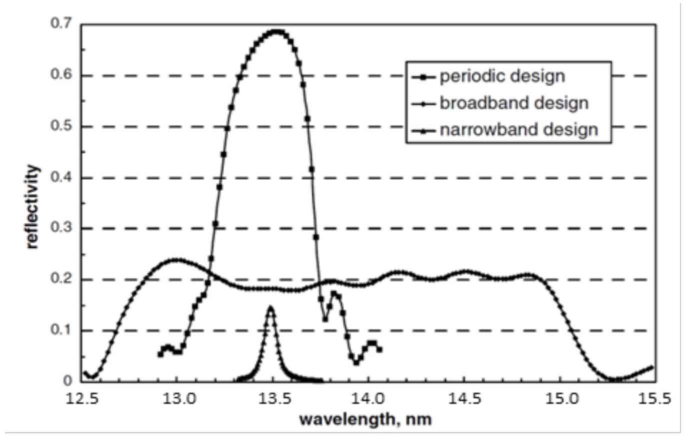


多層膜ミラーの製作

- 今年度は円筒鏡面ガラス基板の製作中
  低膨張ガラスZerodurからR=16700 mmの円筒面を作る（IK技研）
  機械掘削およびガラス曲げの2方法で進行中（岡部ポスター発表）
  P-V値：10 nm程度、表面粗さ：数nm

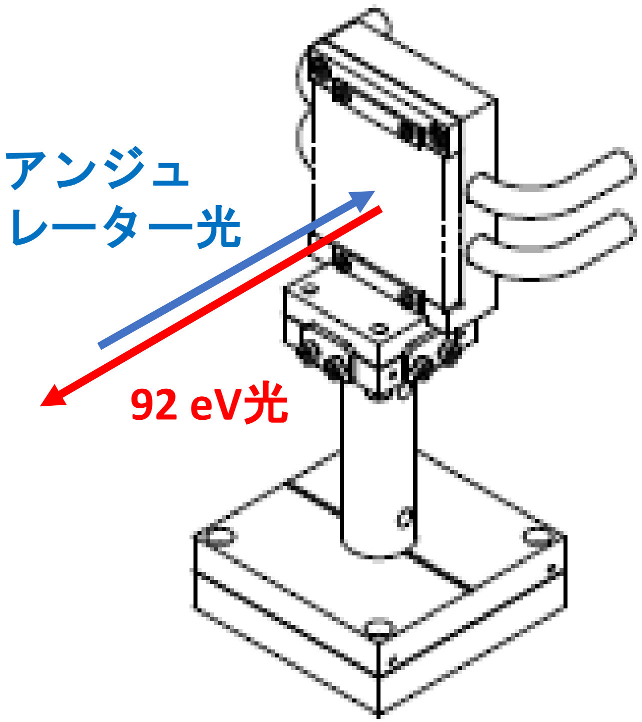
- 来年度、NTTアドバンステクノロジにてMo/Si多層膜を形成予定。
  反射率：70%程度、帯域幅：0.5 nm程度　@92 eV





Mo/Si多層膜ミラーの反射率
(Microelectronic Engineering 83 (2006) 703.)

ミラーホルダー（来年度）



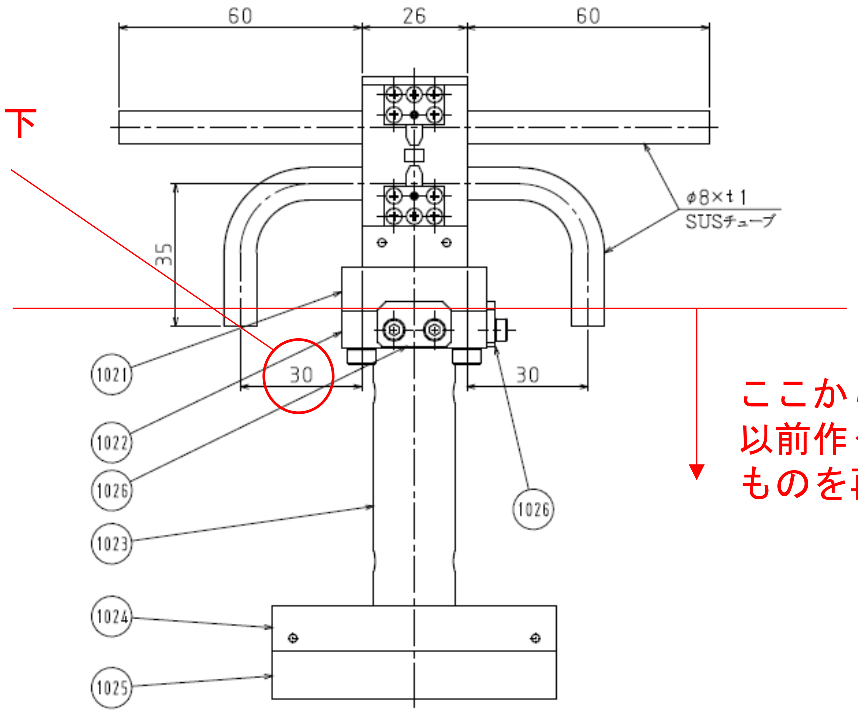
神津精機

- 硬X線実験（超高真空仕様）のものを改造
  ⇒ 背面水冷配管と熱電対を付ける。
- 真空用ステッピング・モーター（回転、ゴニオ、高さ、水平）
  ⇒ 硬X線実験のものを流用。
- BL07で他のユーザー実験を行う時は退避する。

水冷配管は同じく上下2本
だが、両方ともこの図面の
裏側に曲げて欲しい。

ビームの高さは同じ（134 mm）
だが、ミラー基板（ガラス）が
鏡面30 mm×30 mm・厚さ15 mm
になる。それを上下から挟んで
固定したい。

この30 mmを両側・上下
とも20 mmに縮める。

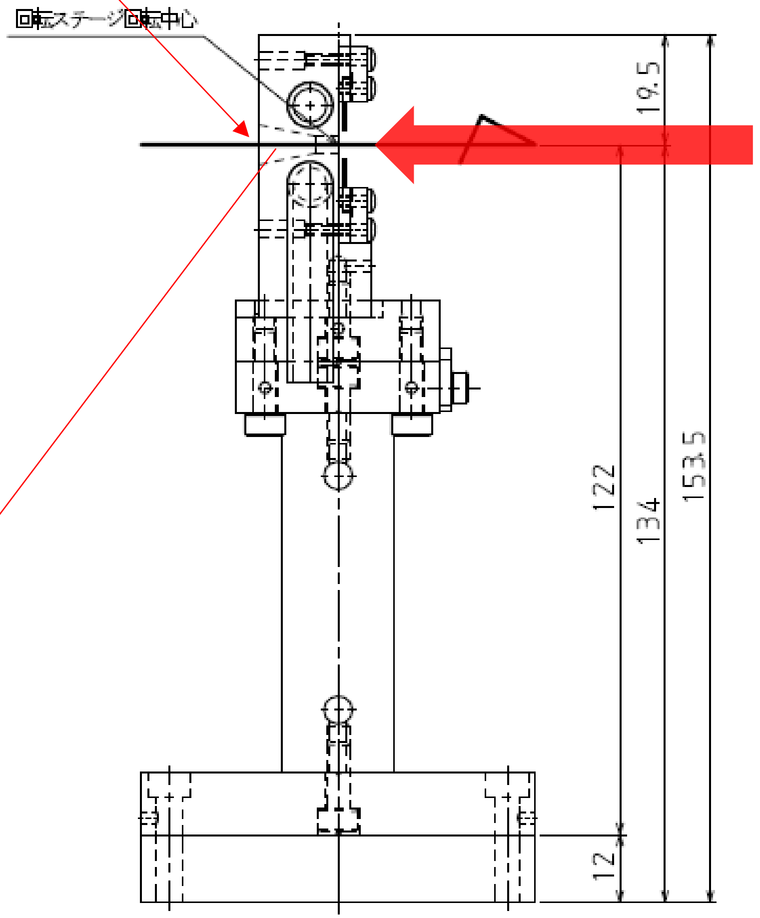


ここから下は同じ。
以前作って頂いた
ものを再利用する。

上記ホルダーの下の神津製真空用ステージはそのまま使用する予定です。
質問(1) 一番下のXステージの下に10 mmのスペーサーを入れる仕様になっている
と思いますが、スペーサーは納品されているでしょうか？（すいませんが、
昔の発注者に確認が取れていません。）
(2) 回転・ゴニオ・Z軸・X軸の４つのステージはSPring-8で確認しました。
これら用のコントローラーと制御用信号線は納品されているでしょうか？
（これも確認が取れていません。）

ホルダーの温度を測りたいので、熱電対を圧着端子に
付けてホルダー背面にねじ止めしたいと考えています。
背面にM4のタップを切って頂きたい。

回転ステージの回転中心
が反射面になってほしい。
今回は反射面がこの図面
の右側。ミラーの厚さは
前ページの通り15 mm。



今回はX線の入射
方向が赤矢印の
ように逆になる。

この穴は要らない。

質問：納期と値段はどれくらいになるでしょうか？（予算次第で来年度の可能性もあります。）