

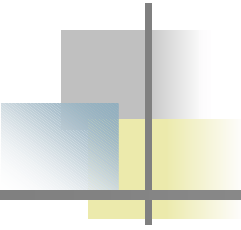


超伝導ウィグラー(SCW)で発生する高エネルギー放射光について

早乙女光一 (SPRING-8 加速器部門)

1. SCW について
2. SCW からの放射光について
3. ビーム試験について

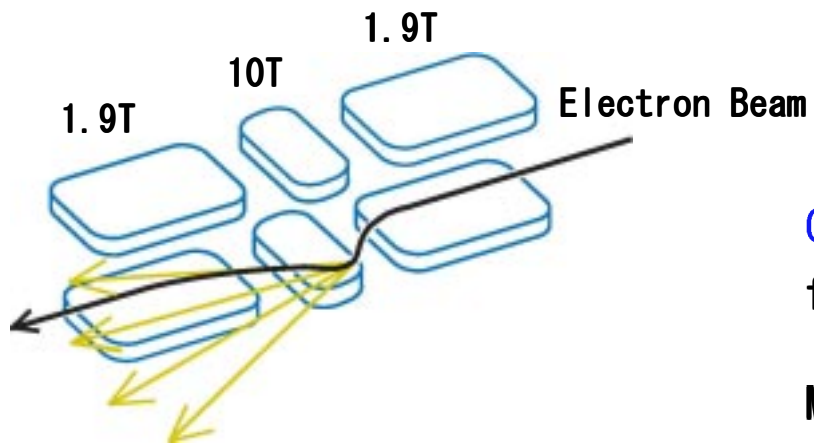
<http://acc-web.spring8.or.jp/~soutome/>



*** about SCW ***

*** SCW について（概観） ***

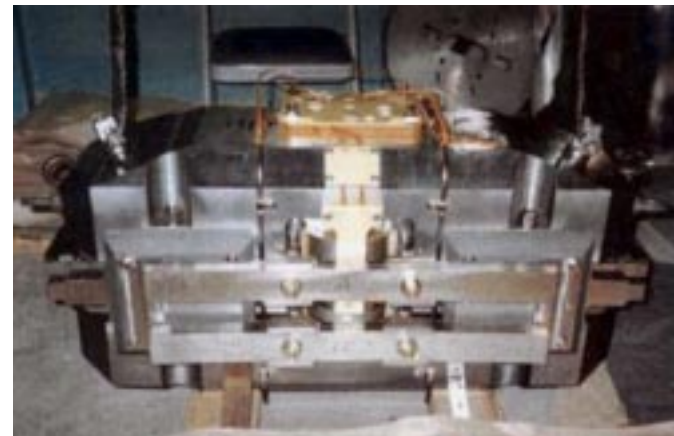
SCW: Superconducting Wiggler (Wavelength Shifter)



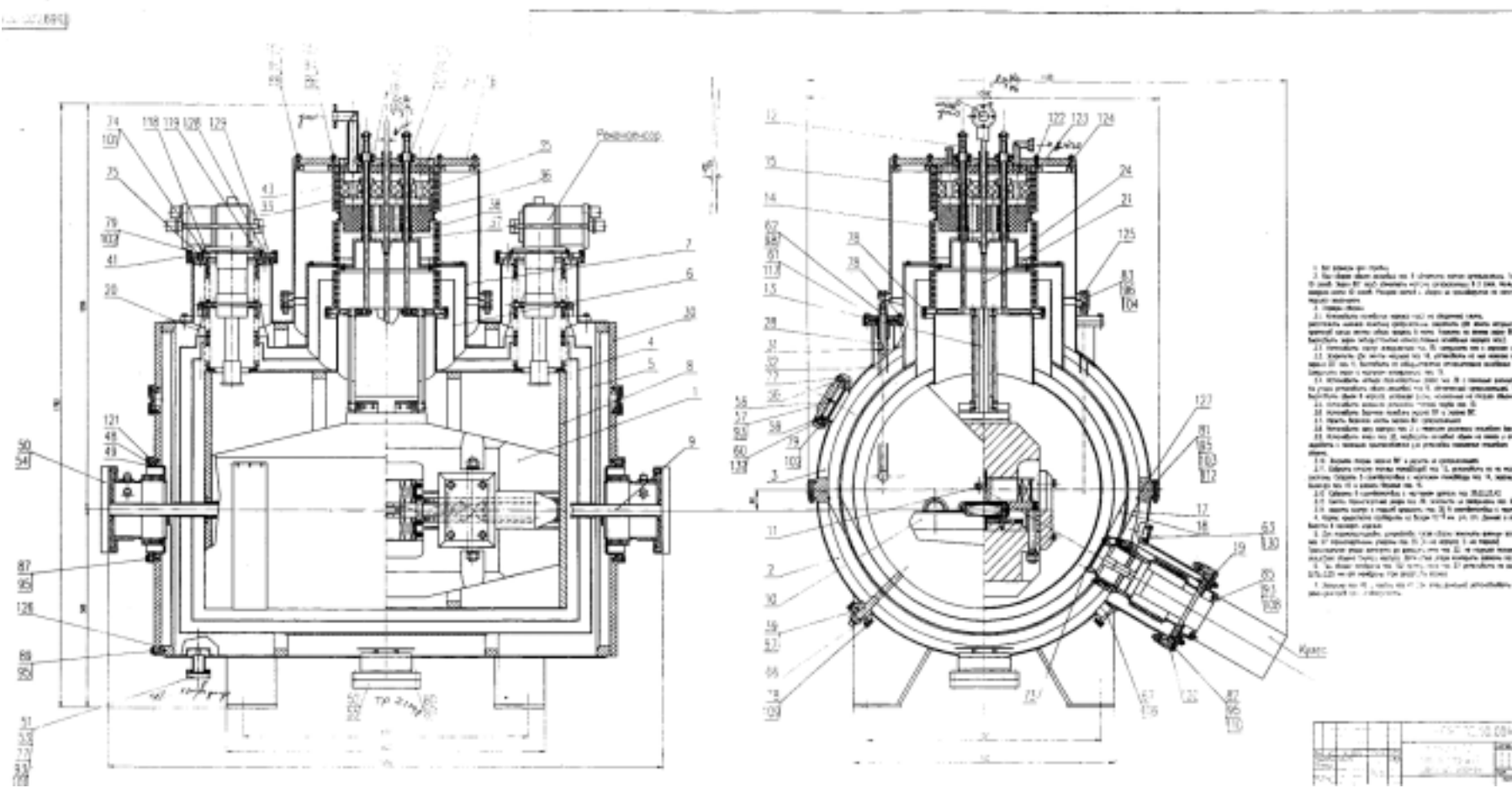
Horizontal $\sim \pm 25 \text{ mrad}$
Vertical $\sim \pm 25 \mu \text{ rad}$ for $1 \text{ MeV } \gamma$

Critical Photon Energy = 0.43 MeV
for $E_e = 8 \text{ GeV}$, $B = 10 \text{ T}$

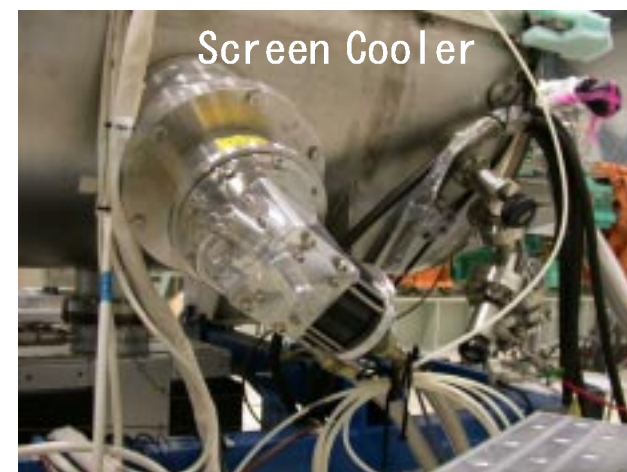
Most of the power is found in
frequencies near $\nu_c = E_e/h$.



Structure



SCW in test-bench



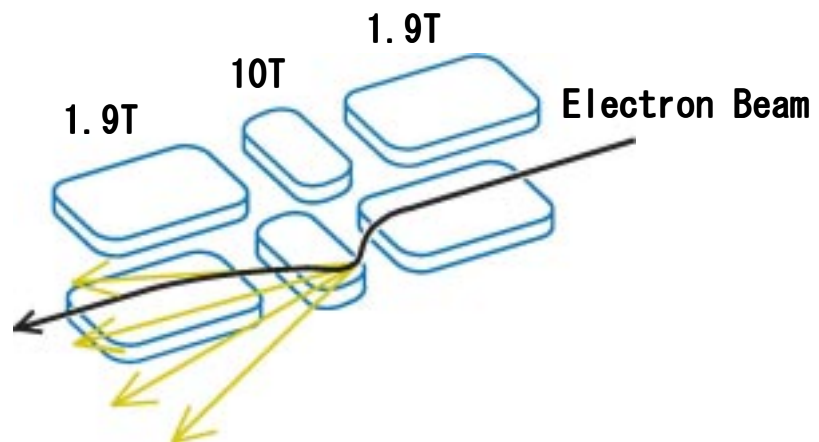
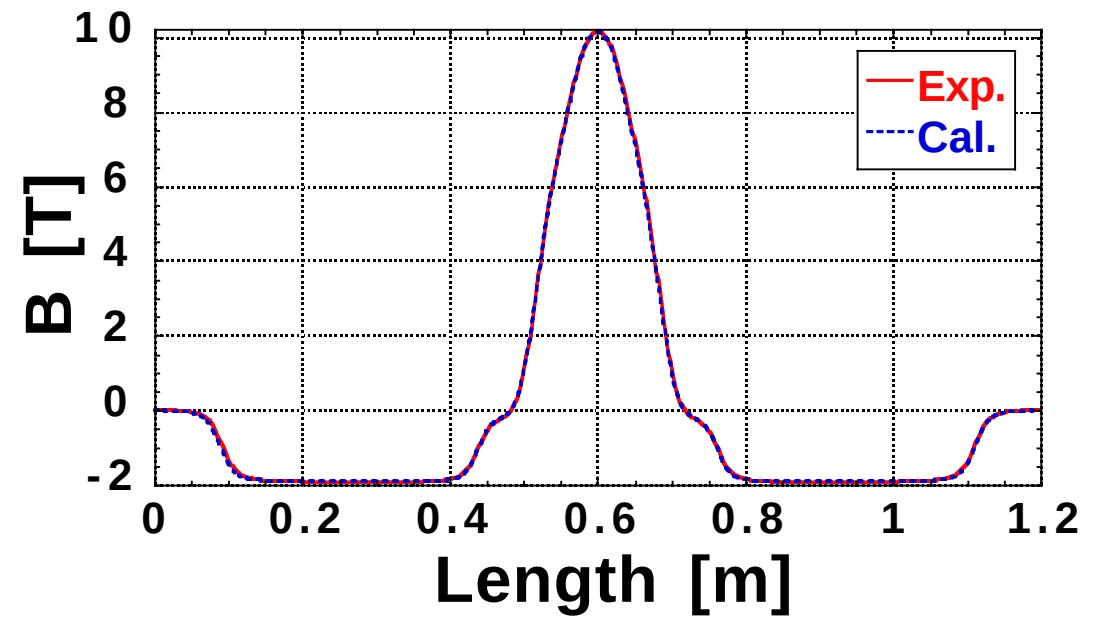
- 1995～ SCW 製作のための検討、設計、R&D (*with* Budker INP、Russia)
- 1999 SCW 完成。
- 2000／1 SPring-8 に搬入、励磁試験、磁場測定。
- 2001／11～ 冷却能力改善、設置に向けた検討と真空機器類の製作。
- 2002／8 蓄積リング5セル直線部に設置。
- 2002／9 1回目のビーム試験 (0.1mA)
電子ビームに対する影響を見た。
- 2002／11 2回目のビーム試験 (max. 0.91mA @ 9.5T)
放射線、熱負荷などの基礎データを取った。
放射光スペクトルを測定した。
- 2002／12 蓄積リングより撤去。組立調整実験棟に移設。



*** Synchrotron Radiation from SCW ***

***** SCWからの放射光について *****

Dipole Field of SCW



Side
Pole

Central
Pole

Side
Pole



Critical Photon Energy

Bending Radius: $\rho = E_e / (ecB)$

$$\rho [\text{m}] = 3.336 E_e [\text{GeV}] / B [\text{T}]$$

e. g. $E_e = 8\text{GeV}$, $B = 10\text{T} \rightarrow \rho = 2.7\text{m}$ (SCW)

$B = 0.68\text{T} \rightarrow \rho = 39\text{m}$ (Bending Magnet)

Critical Photon Energy: $\epsilon_c = \hbar\omega_c$

$$\omega_c = 3\gamma^3 c / (2\rho)$$

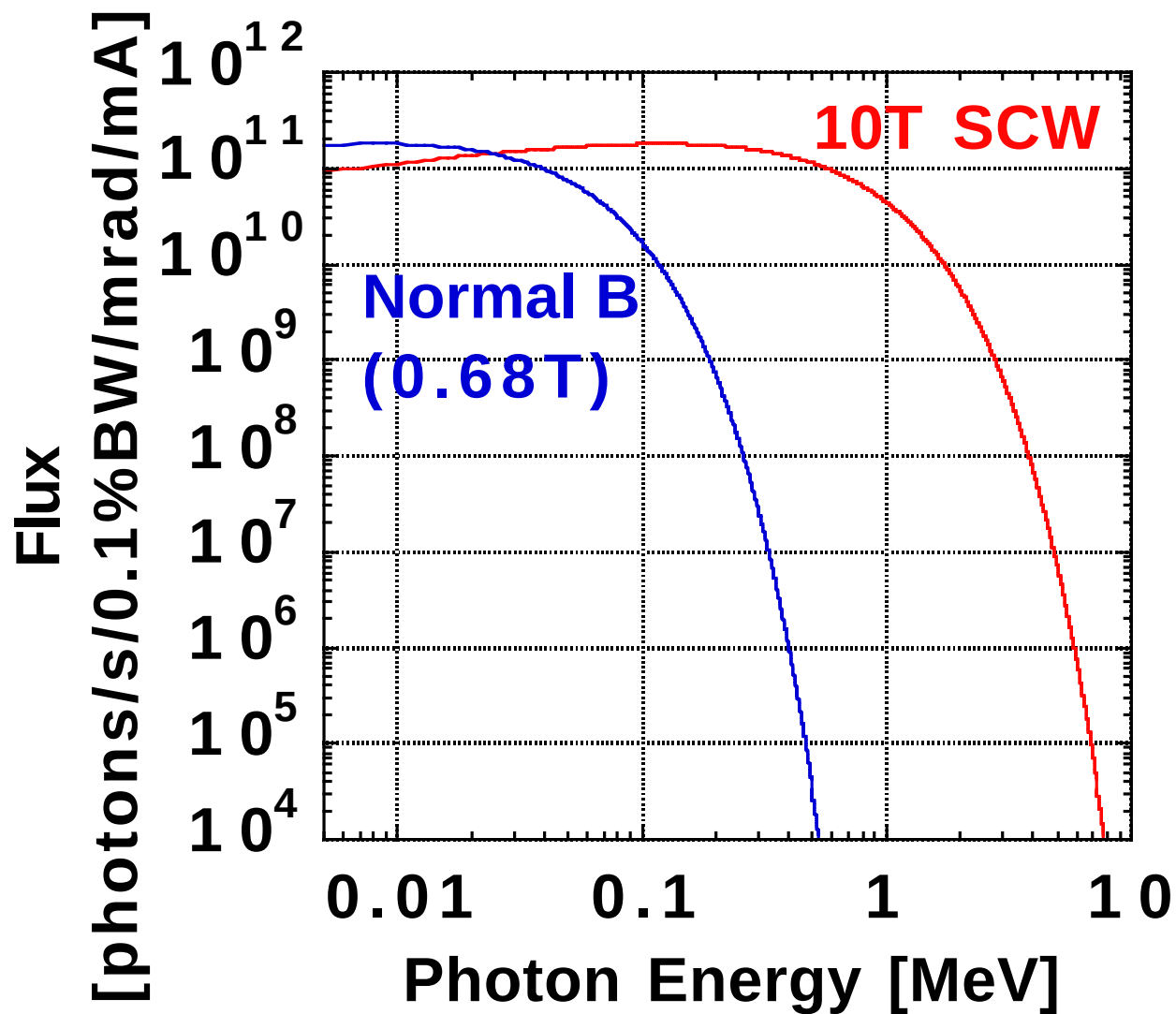
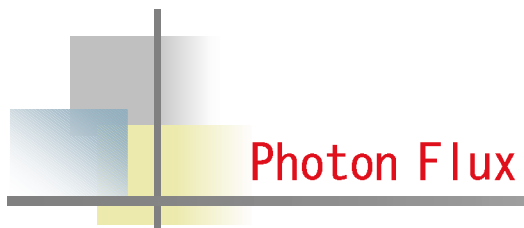
where $\gamma = E_e / m_e$

$$\epsilon_c [\text{keV}] = 0.665 E_e^2 [\text{GeV}] B [\text{T}]$$

e. g. $E_e = 8\text{GeV}$, $B = 10\text{T} \rightarrow \epsilon_c = 426 \text{ keV}$ (SCW)

$B = 0.68\text{T} \rightarrow \epsilon_c = 29 \text{ keV}$ (Bending Magnet)

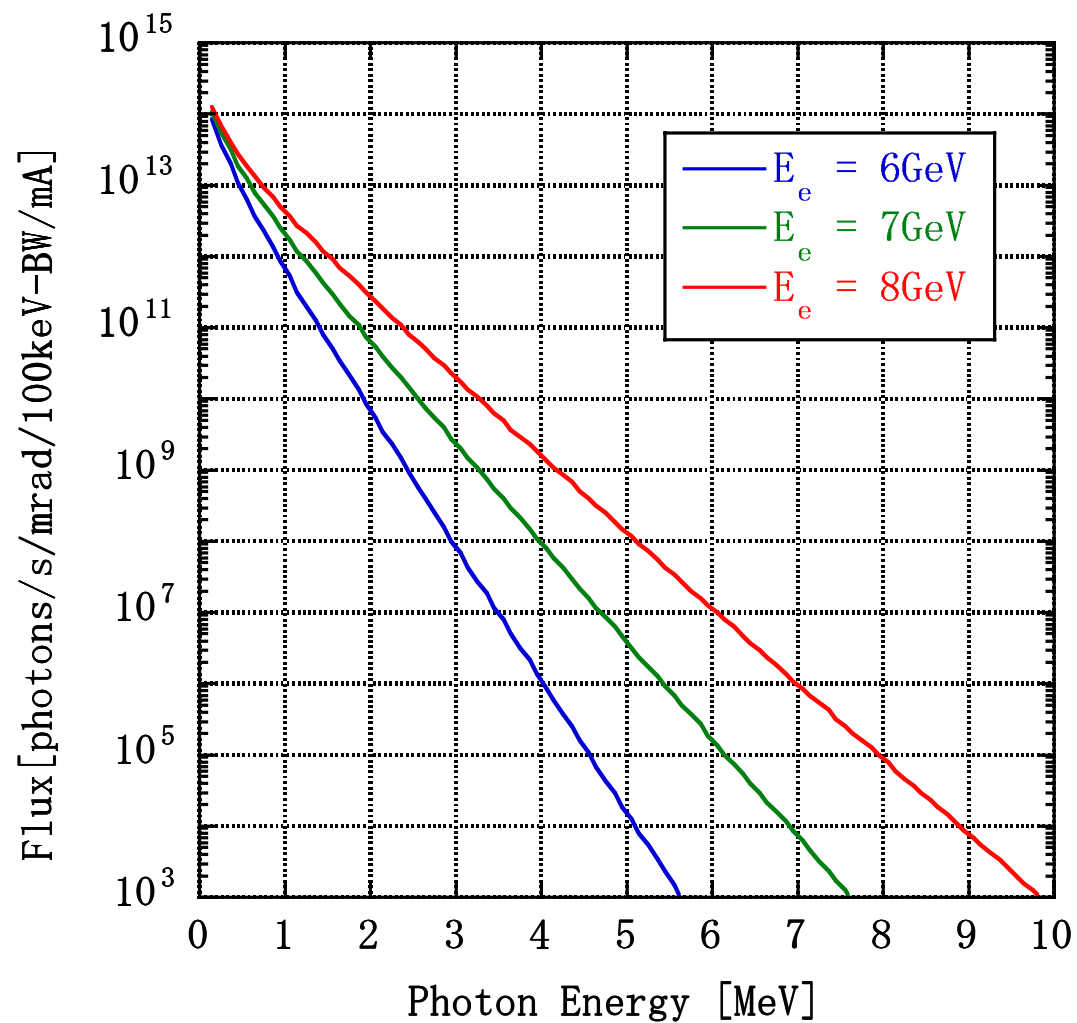
Most of the power is found in frequencies near ω_c .



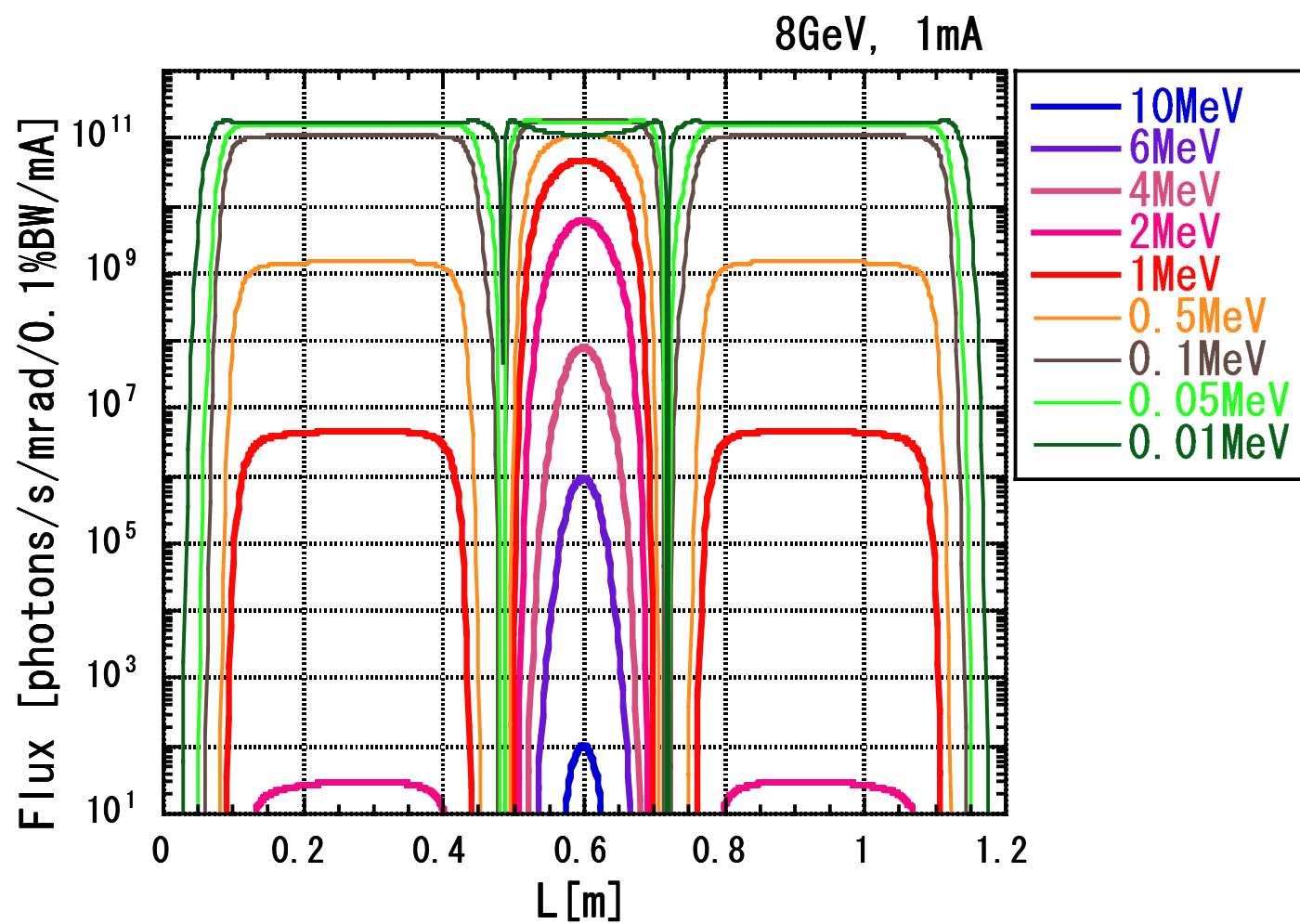
$E_e = 8\text{GeV}$

Photon Flux (contd.)

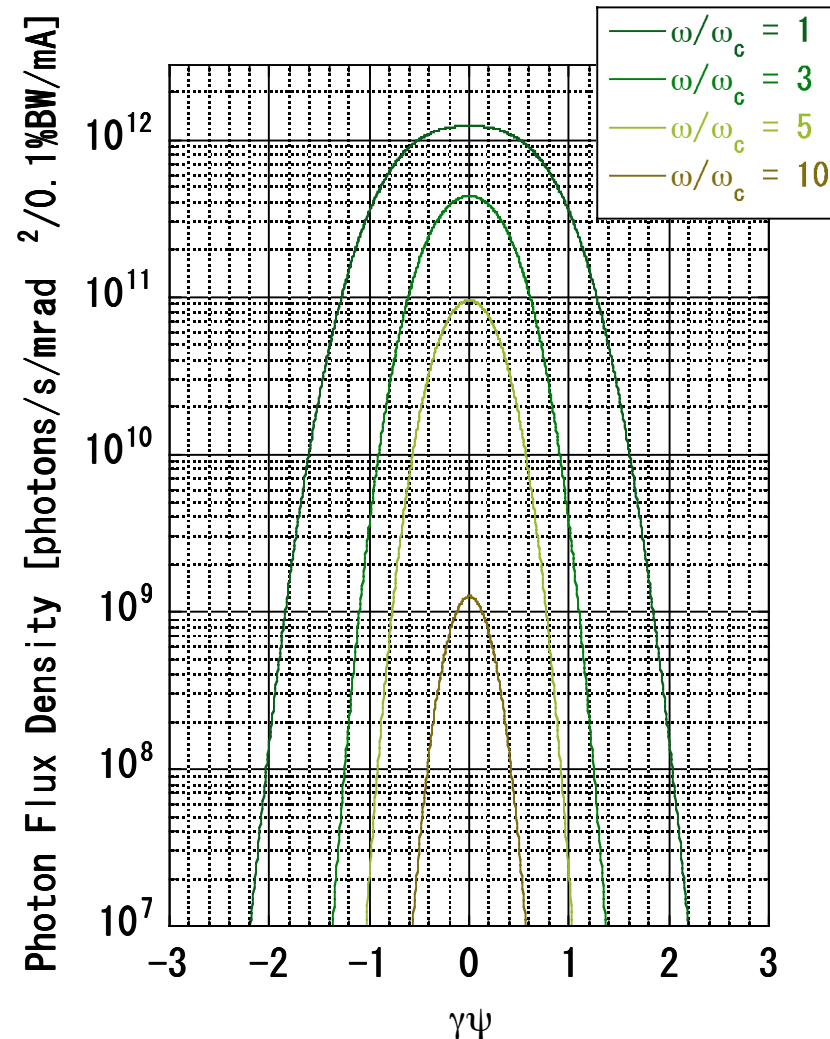
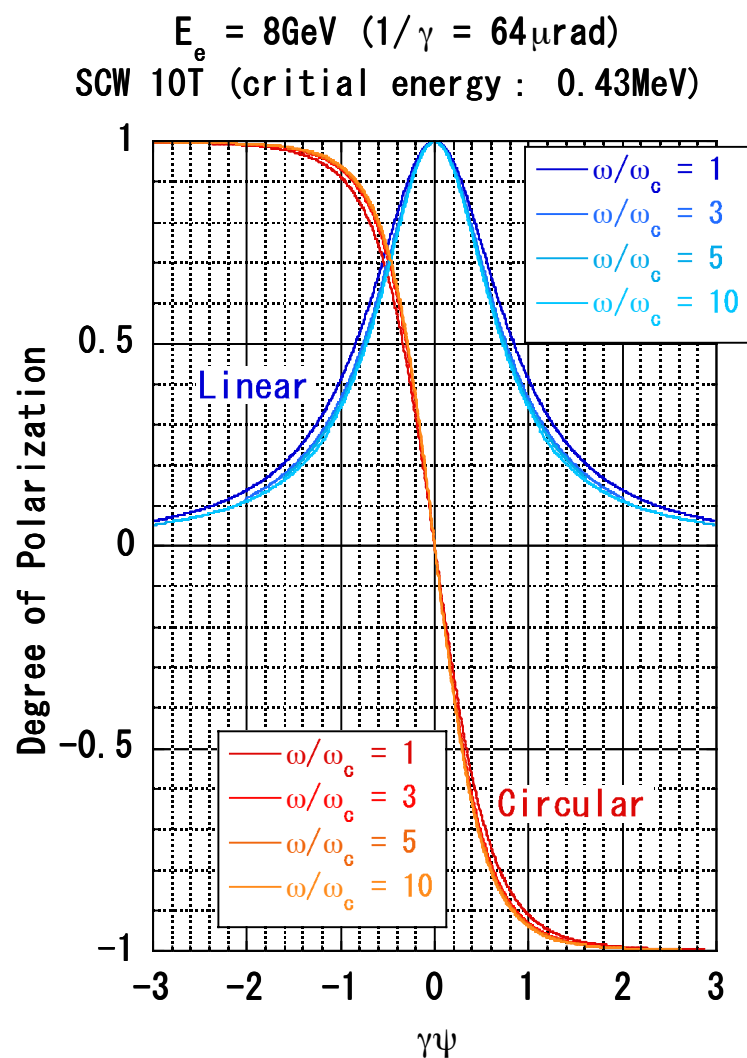
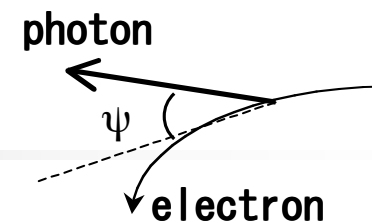
Photon Flux from 10T Uniform Field



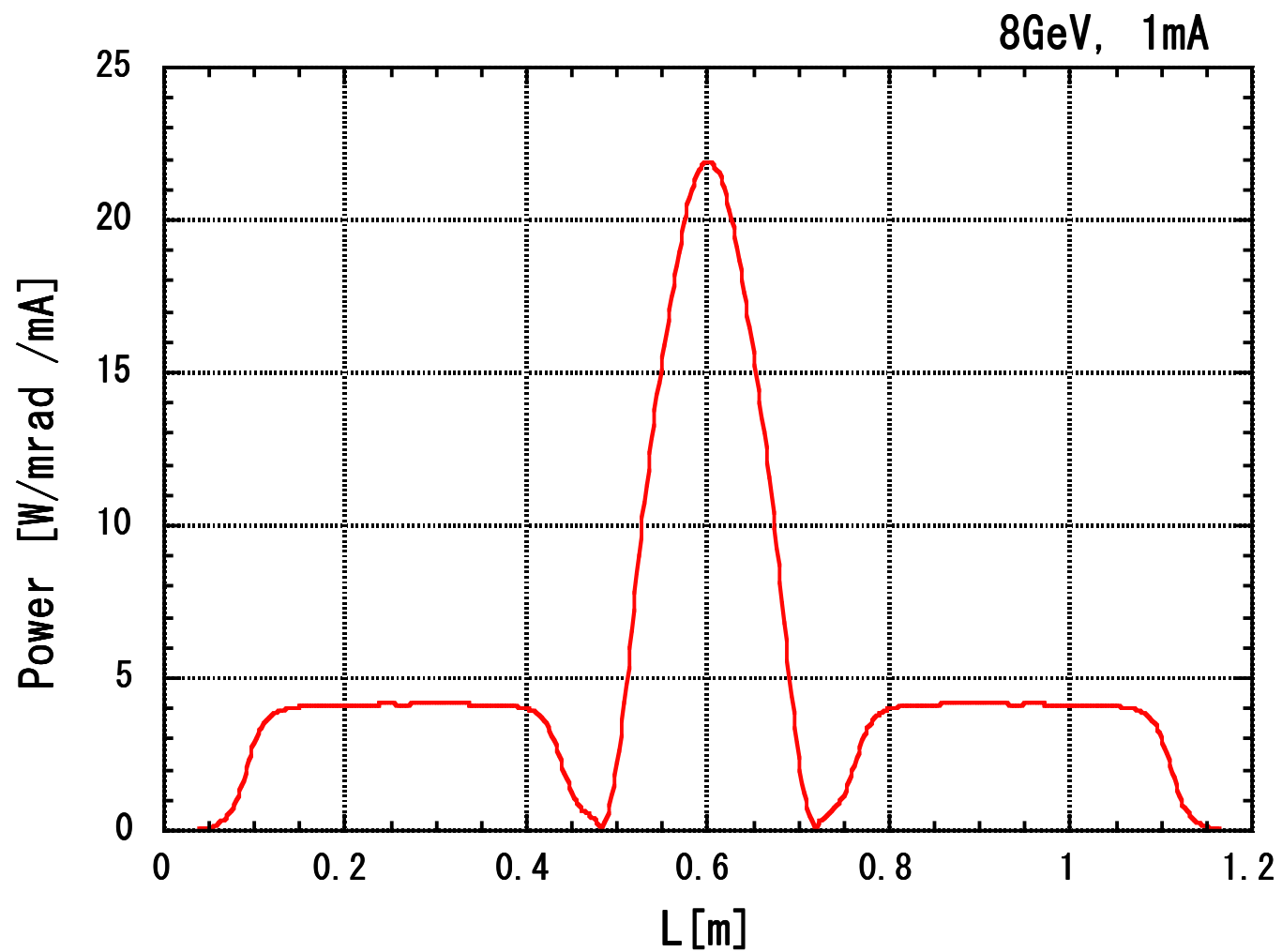
Photon Flux from 10T SCW



Polarization of Photons

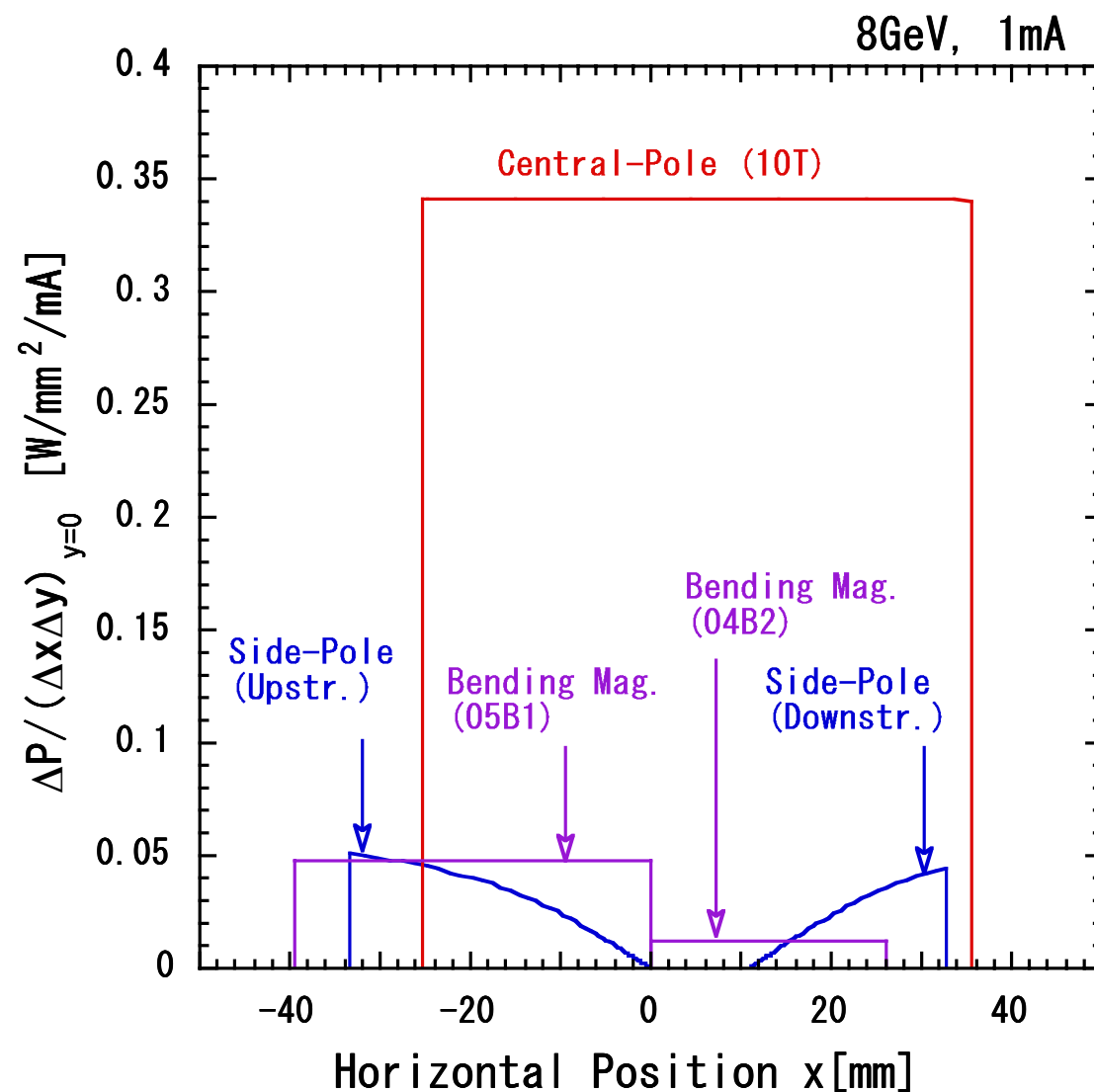


Radiation Power from 10T SCW



Total: 1kW/mA

Radiation Power Density on Al-Window (Median Plane)



SCW 中心より
26.2m 下流



*** about Beam Test ***

*** ビーム試験について ***

... 電子ビームへの影響は無視できない。

*** PAC2003 (Portland, May 12-16, 2003) ***

K. Soutome, S. Date', H. Ego, T. Fukui, M. Hara, N. Hosoda,
Y. Kawashima, M. Koderu, N. Kumagai, T. Magome, M. Masaki,
T. Masuda, S. Matsui, T. Nakamura, T. Noda, Y. Ohashi, T. Ohshima,
M. Oishi, H. Saeki, S. Sasaki, J. Schimizu*, M. Shoji, S. Takano,
M. Takao, T. Takashima, H. Takebe, K. Tamura, H. Tanaka,
Y. Taniuchi, K. Tsumaki, T. Yorita, C. Zhang, H. Yonehara

JASRI/SPring-8, Japan

**The Japan Research Inst., Ltd, Japan*

A. Batrakov, G. Karpov, G. Kulipanov, M. Kuzin, V. Shkaruba,
A. Skrinsky, N. Mezentsev
Budker INP, Russia

SCW Installed in the Storage Ring (August, 2002)

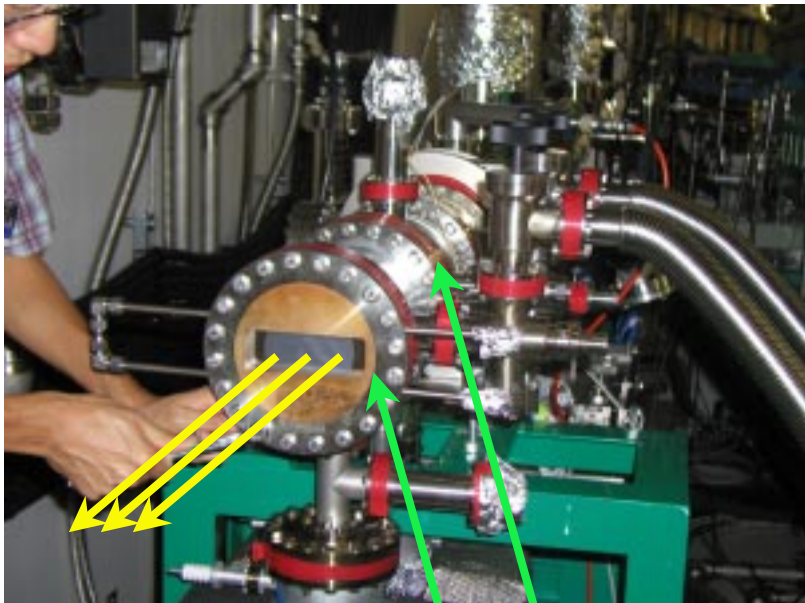
before



after



Photon Beamline in the Beam Test



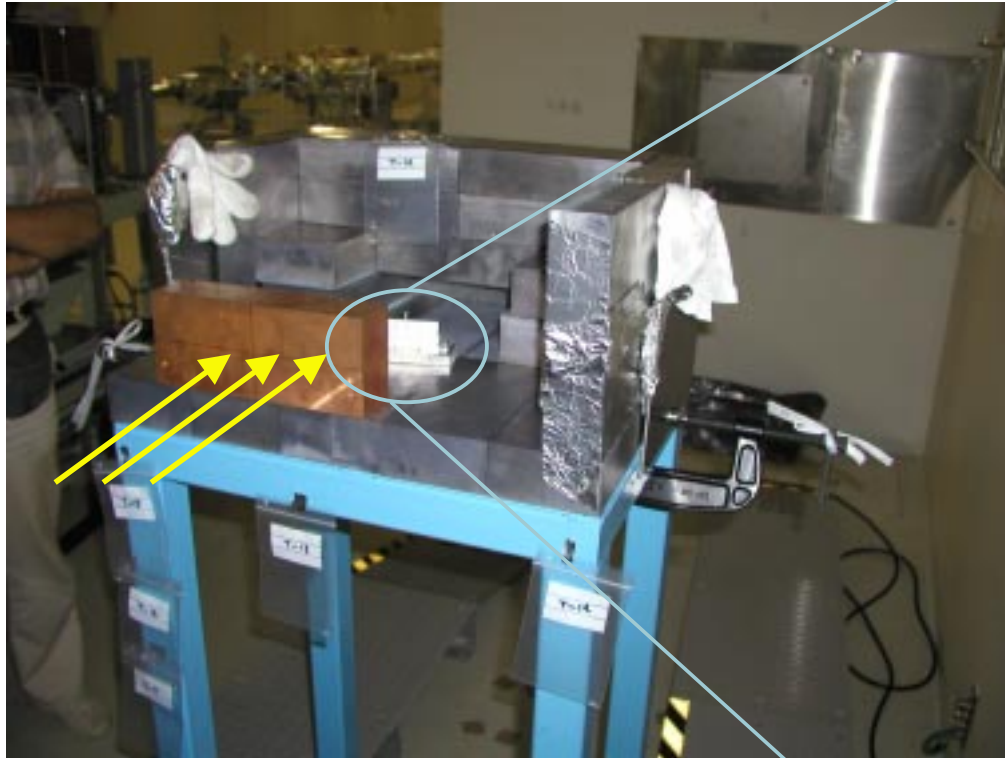
Be t0.25mm

Al t3mm

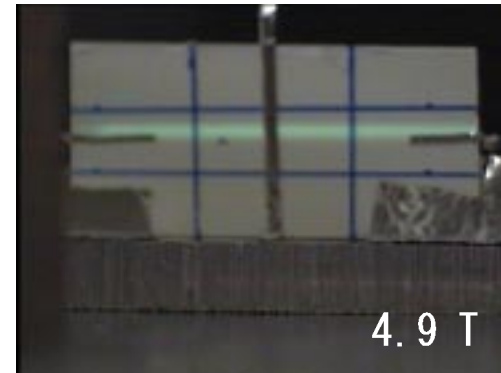
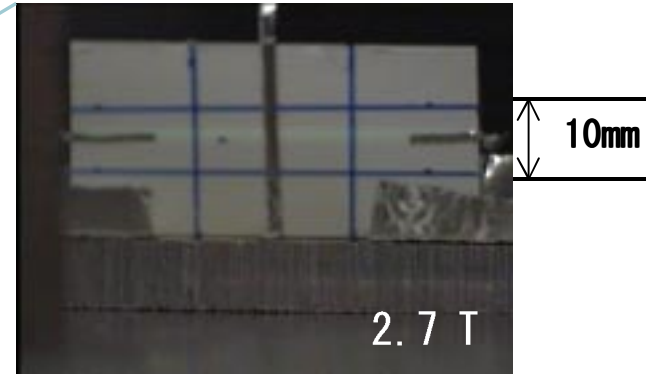


Pb Shield

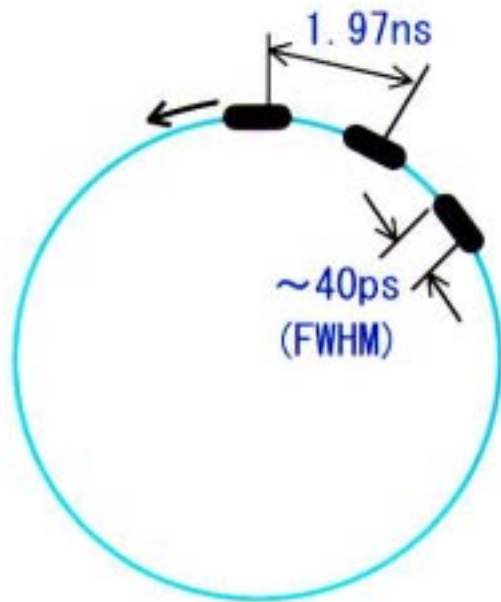
Observed Synchrotron Radiation



SCW 中心より
およそ 30m 下流



Time-Structure of Synchrotron Radiation



Ring Circumference : 1435.9488m

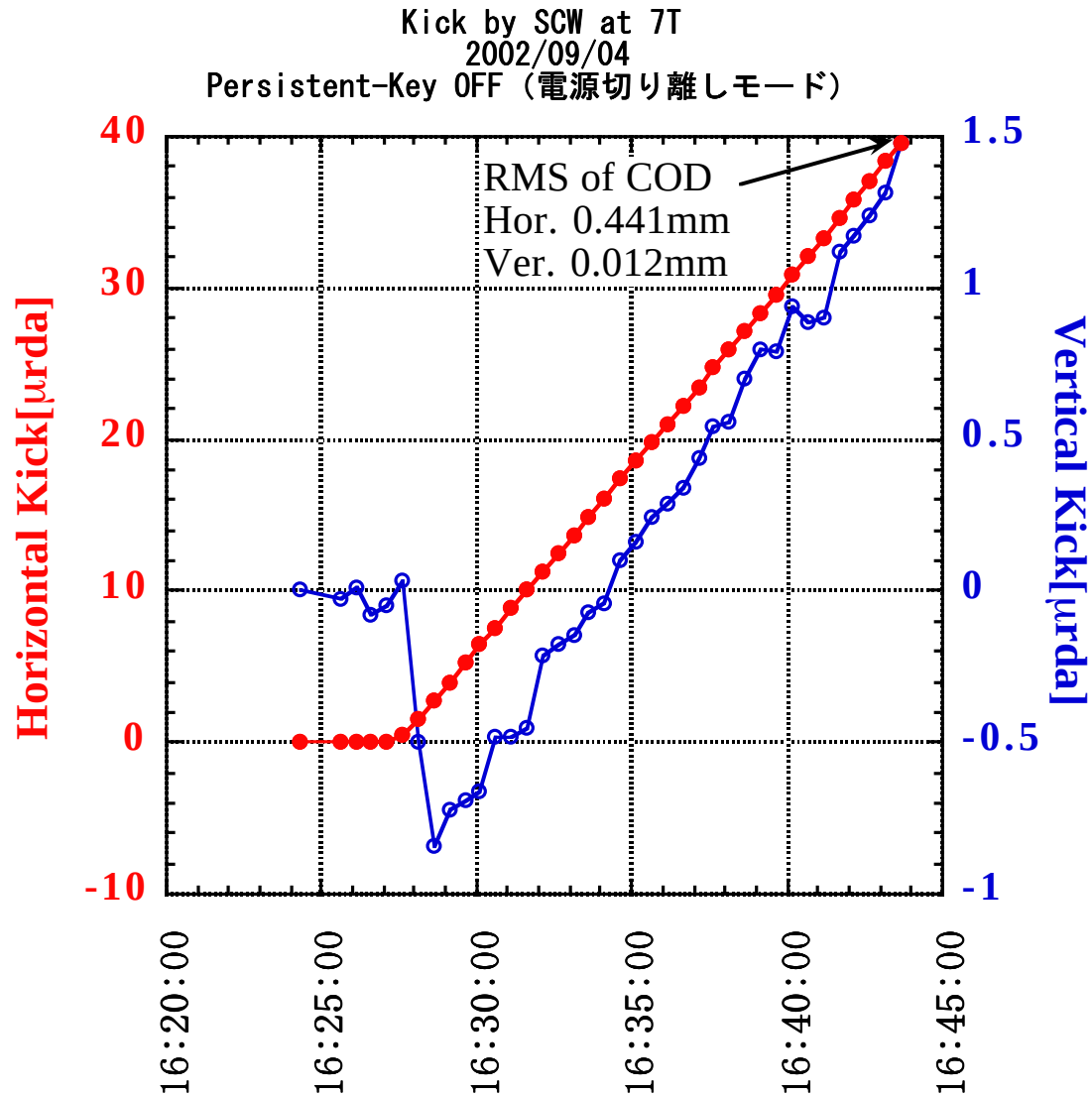
RF Accelerating Frequency : 508.58MHz

Total Number of RF Buckets : 2436

Time between Buckets : 1.97ns

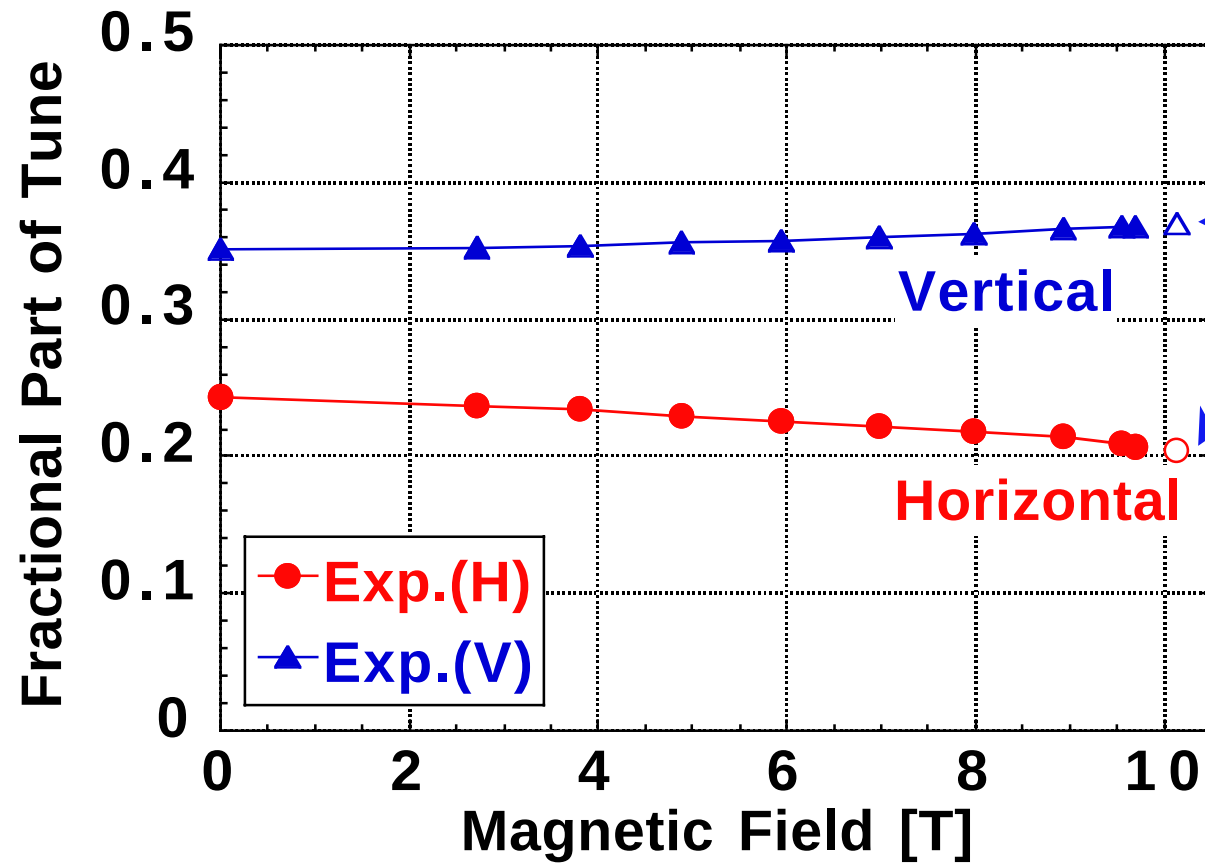
Revolution Period : $4.79\mu\text{s}$

Stability of Magnetic Field in Closed Current-Loop Mode



電源切り離しモード
での運転はしない。

Betatron Tune



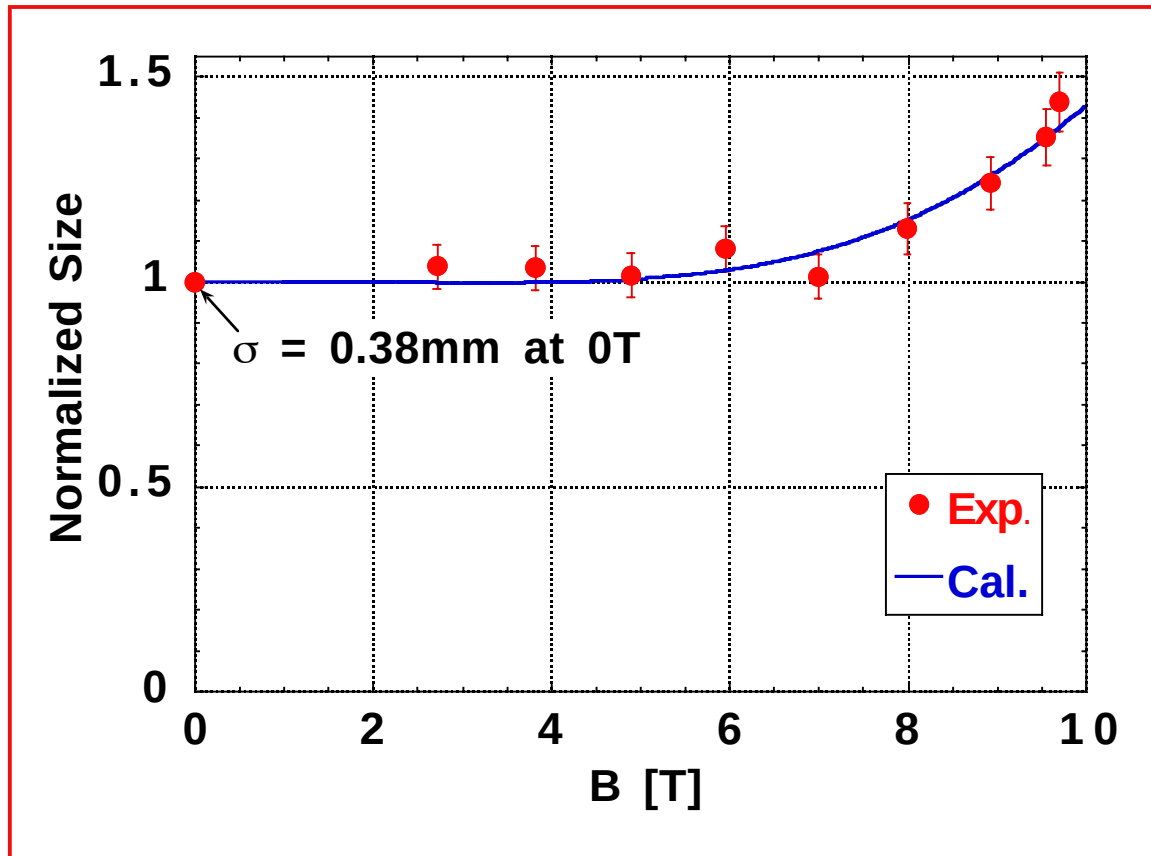
Cal.

$$\Delta\nu_H = -0.037$$

$$\Delta\nu_V = +0.019$$

Measured Quad.
+ Edge Focusing

Horizontal Beam Size



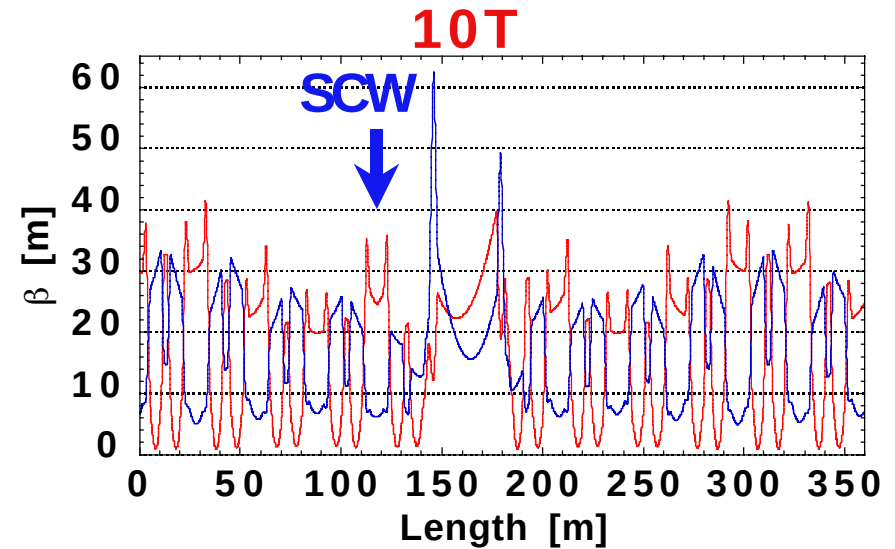
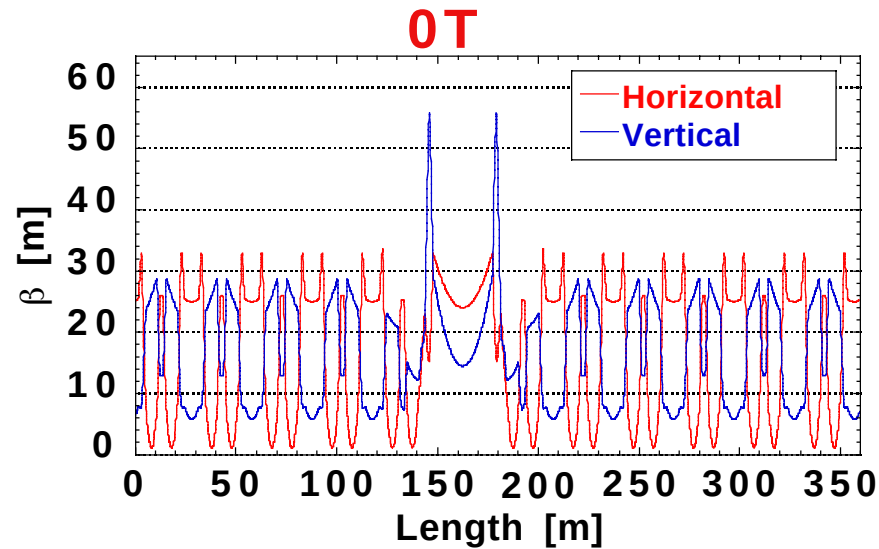
Horizontal size
was measured by
scraping a stored
beam.

Beam Size :
1.4 times larger

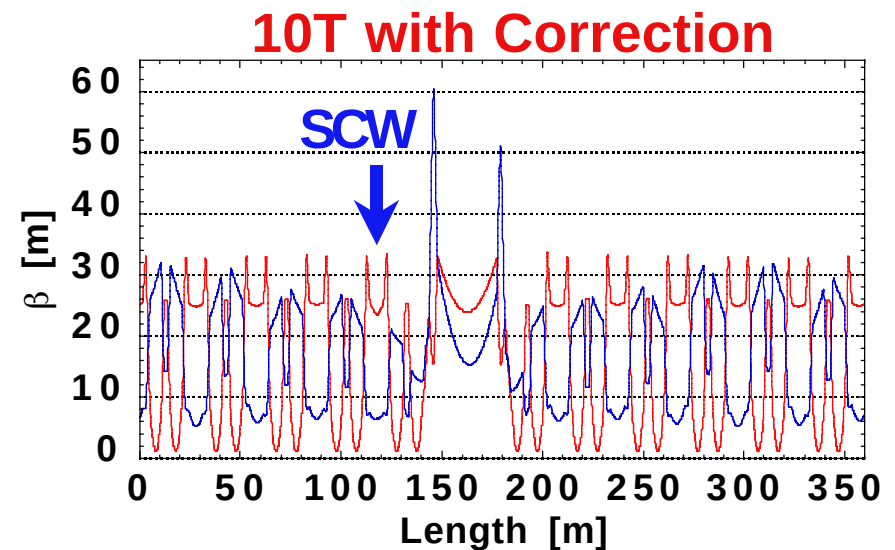
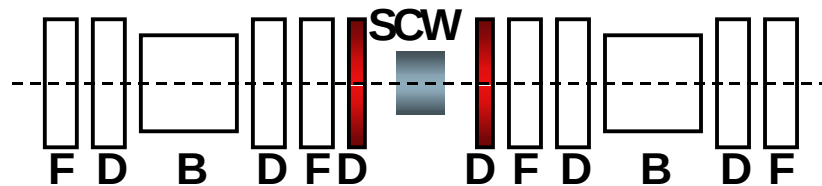


Emittance :
2 times larger

Distortion of Betatron Fnc.



**Minimal Correction
with Adjacent Quads.**



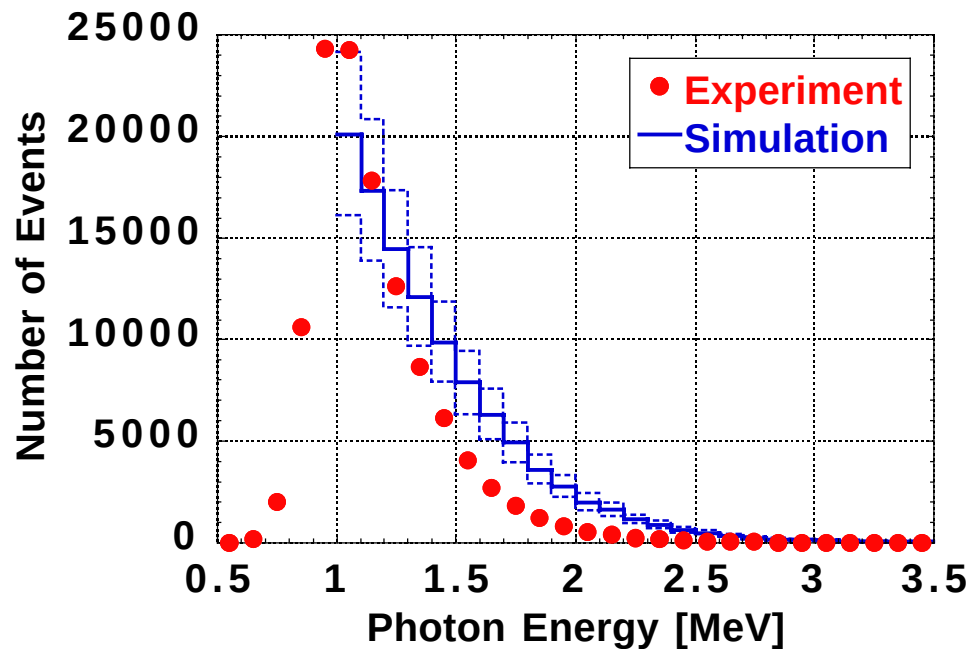
10T SCW による主なビームパラメータの変化

	通常の直線部 (ビーム試験時) (中心から 0.28m 下流)	30m-長直線部 (中心から 10m 上流を仮定)	
	Achromat Optics	Achromat Optics	Low-Emittance Optics
Tune			
(ν_x, ν_y)	(40.282, 18.340)	(40.147, 18.349)	(40.152, 18.350)
Beta @ SCW			
(β_x, β_y) [m]	(25.0, 5.8)	(27.8, 21.4)	(26.3, 21.2)
Tune Shift (無補正時) *			
$(\Delta \nu_x, \Delta \nu_y)$	(-0.037, +0.019)	(-0.048, +0.090)	(-0.045, +0.089)
Beta-Distortion (無補正時) *			
$\Delta \beta_x / \beta_x$	< 26 %	< 55 %	< 48 %
$\Delta \beta_y / \beta_y$	< 16 %	< 165 %	< 163 %
Emittance*			
ε [nmrad]	6.4 → 13.3	6.6 → 14.3	3.4 → 12.4
Energy Spread			
$\Delta p/p$	0.11 % → 0.14 %	同左	同左

* 注 : $\Delta \nu$ 、 $\Delta \beta$ は直近の4極で局所補正が可能。 ε は補正後の計算値。

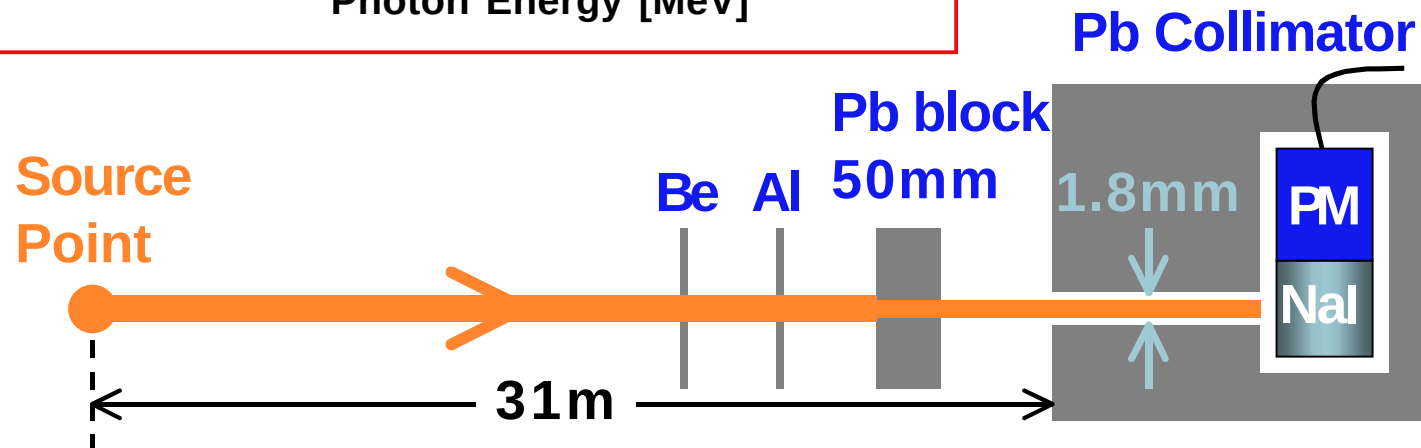
$\Delta \varepsilon$ については、水平ディスパージョンの制御によって抑制できる可能性がある (検討中)。

Measurement of Photon Energy Spectrum



Stored beam was scraped by bump magnets.

Stored current was estimated by photon counting method:
8pA ($\pm 20\%$)





Summary

8GeV 電子蓄積リング + 10T SCW → MeV 領域 γ 線の生成

Photon Flux:

4×10^{12} [ph/s/mrad/100keV-BW/mA] at 1MeV

2×10^{10} [ph/s/mrad/100keV-BW/mA] at 3MeV

1×10^8 [ph/s/mrad/100keV-BW/mA] at 5MeV

Vertical observation angle $\psi = 1/\gamma = 64 \mu\text{rad}$ 程度以上では円偏光成分が見える。
ただし、flux は ψ とともに減少してしまう。

電子ビームに対する SCW の影響は無視できない。

例えば、4 極による $\Delta \nu$ 、 $\Delta \beta$ の補正は必須。 $\Delta \varepsilon$ については検討中。

入射効率の確保などと合わせて、最適な補正スキームを総合的に検討する必要がある。