

今後の検討課題

羽島 良一

2008年1月21日

ERLビームダイナミクスWG

コンパクトERLに関して

- コンパクトERLの詳細設計(+オプション)
 - 設計の精度を上げる
 - laser Compton、THz 光源としての最適化
 - 運転パラメータの拡大(1nC加速など)
 - 未解決の問題(イオン捕獲など)
 - VUV光源のためのエネルギー増強シナリオ

表 5.2: 運転中および研究開発中のフェムト秒 X 線源

X-ray Energy	Rep.	Pulse	divergence	Ave. Flux	Peak Brilliance *	ref.
コンパクト ERL (90-deg. collision)						
20-40 keV	1 kHz	110 fs	8 mrad	$10^5/\text{s}/0.1\%bw$	5×10^{16}	
APS Linac (small angle Thomson scattering)						
8-40 keV	6 Hz	20 fs	3 mrad	$10^6/\text{s}/0.1\%bw$	$\sim 10^{20}$	[4]
ALS (90-deg Thomson scattering)						
30 keV	100 Hz	300 fs	10 mrad	$10^5/\text{s}/0.1\%bw$	3×10^{15}	[5]
ALS (laser bunch slicing)						
2 keV	10 kHz	100 fs	0.6 mrad	$10^7/\text{s}/0.1\%bw$	$\sim 10^{19}$	[6]
SPPS (undulator)						
8-10 keV	10 Hz	100 fs	$20\mu\text{rad}$	$10^6/\text{s}/0.1\%bw$		[7]
Laser Plasma Sources						
1-12 keV	10 Hz	300 fs	4π	$10^9/\text{s}/0.1\%bw$	$\sim 10^{18}$	[8]

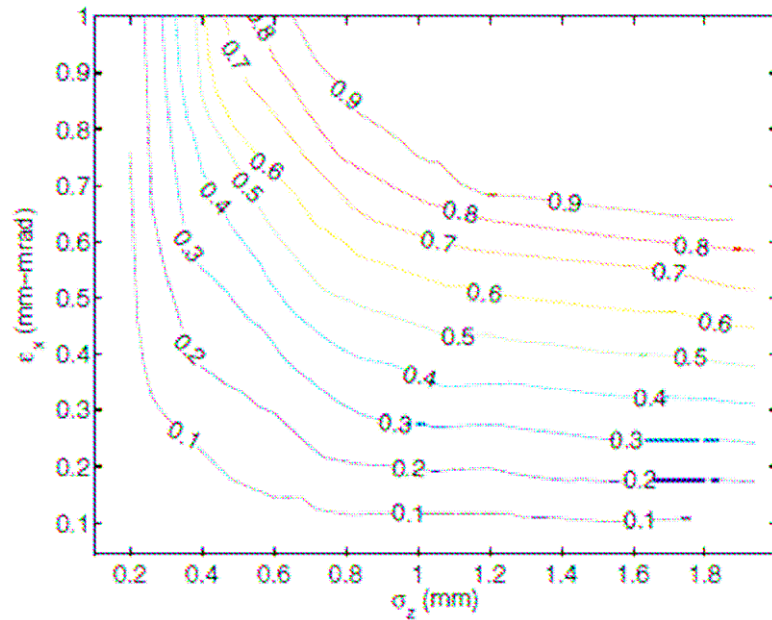
*photons/(sec mm² mrad² 0.1%bw)

フラックスをさらに1-2桁増やせないか？

→ 正面衝突は「ピコ秒」だが1桁増える。

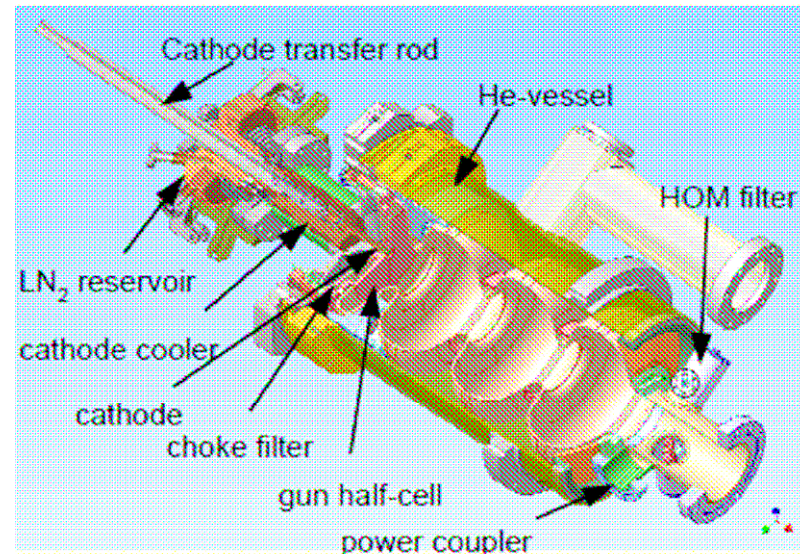
→ 1 nC / 1ps / 1 mm-mrad バンチが得られれば1桁増える。

1nC バンチの加速

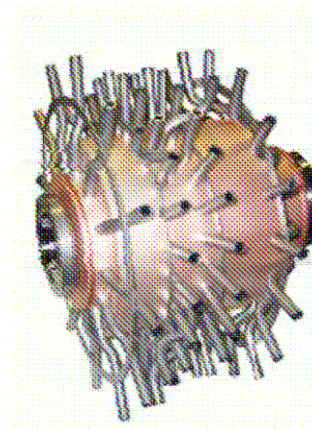


Ivan V. Bazarov* and Charles K. Sinclair
Phys. Rev. ST Accel. Beams 8, 034202 (2005)

750 kV (DC gun) + 10 MeV (injection)



Rossendorf SRF gun
F. Staufenbiel, ERL07.
(1nC / 20ps / 1.8-2.5 mm-mrad)



BESSY-FEL NRF gun
F. Marhauser, FEL06.
(2.5nC / 38ps / 1.8 mm-mrad)

VUVのためのエネルギー増強

200 MeV とすると、回折限界は

$$10 \text{ eV} = 80 \text{ nm} \rightarrow \varepsilon / \gamma < 6 \text{ nm}, \varepsilon_n < 2.4 \text{ mm-mrad}$$

$$50 \text{ eV} = 16 \text{ nm} \rightarrow \varepsilon / \gamma < 1.2 \text{ nm}, \varepsilon_n < 0.5 \text{ mm-mrad}$$

300 MeV とすると、回折限界は

$$10 \text{ eV} = 80 \text{ nm} \rightarrow \varepsilon / \gamma < 6 \text{ nm}, \varepsilon_n < 3.6 \text{ mm-mrad}$$

$$50 \text{ eV} = 16 \text{ nm} \rightarrow \varepsilon / \gamma < 1.2 \text{ nm}, \varepsilon_n < 0.7 \text{ mm-mrad}$$

$$100 \text{ eV} = 8 \text{ nm} \rightarrow \varepsilon / \gamma < 0.6 \text{ nm}, \varepsilon_n < 0.4 \text{ mm-mrad}$$

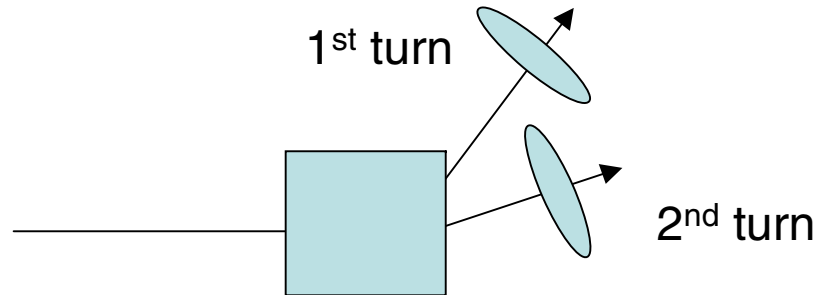
冷凍能力が確保できれば、

→ 200 MeV (25 MV/m x 4 cavity x 2 module)

2-loop の構成をとれば、

→ 100 MeV x 2-loop または、150 MeV x 2-loop

2-loop でエネルギー可変とできるか？



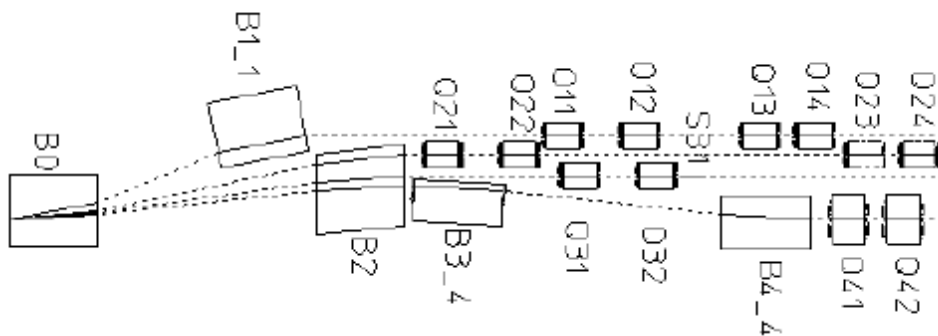
$$E_1 = E_{inj} + E_{acc}$$

$$E_2 = E_{inj} + 2 E_{acc}$$

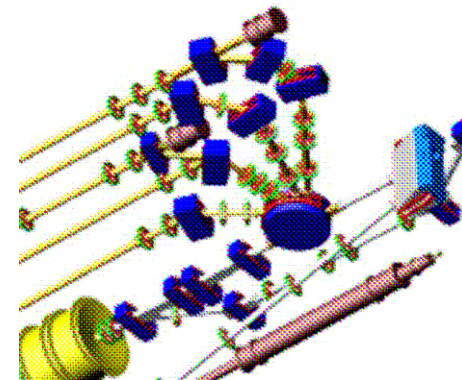
bending magnet

bending 直後に Q のある配置では、
エネルギー(運動量)の比を一定に保って、
 E_2 を可変とすることは困難である。

(入射エネルギーの変更で微調整は可能だが、)



LBL-LUX spreader



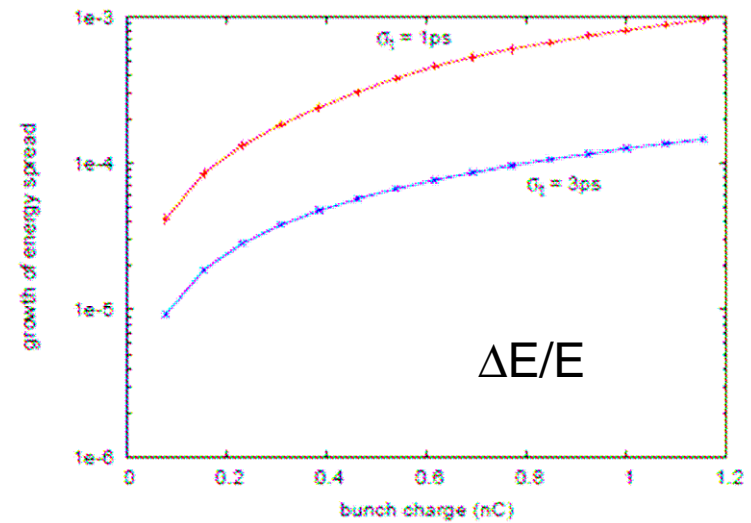
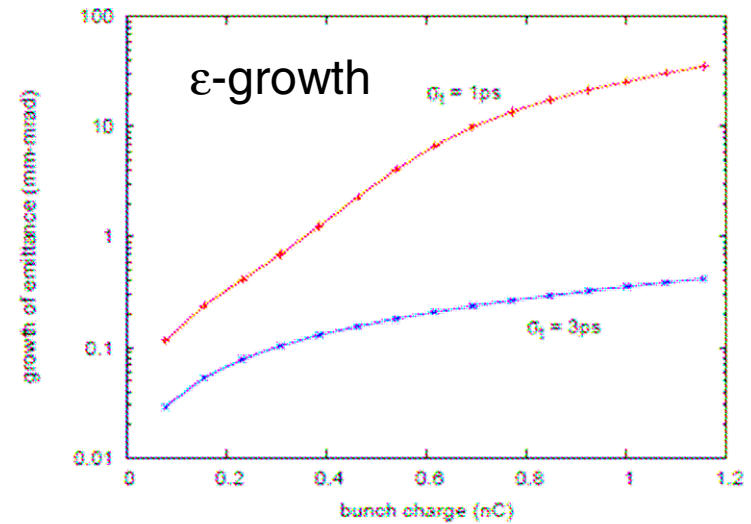
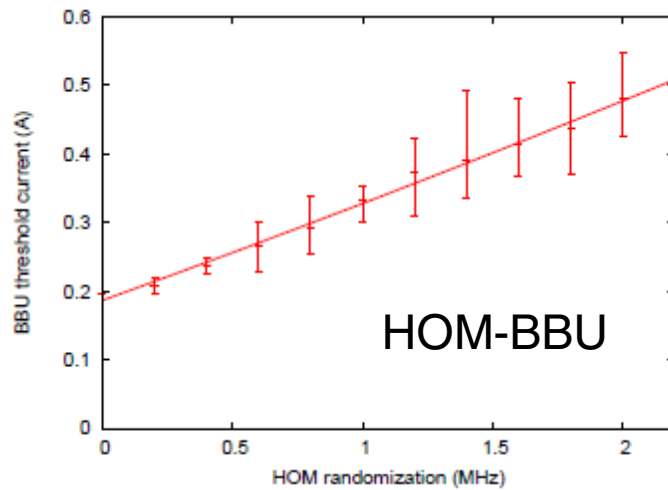
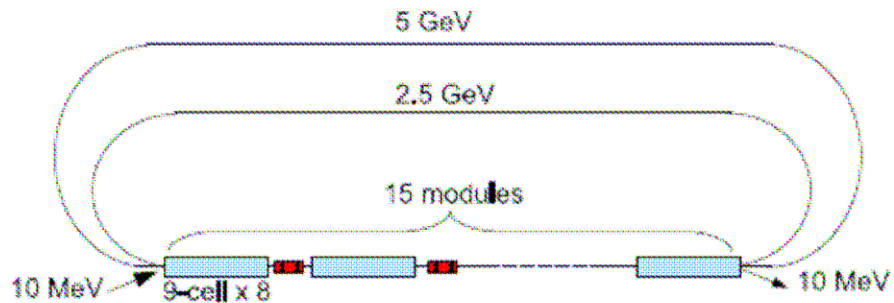
BINP-ERL spreader

これらの例では、エネルギーの可変性は考慮されていないようだ。

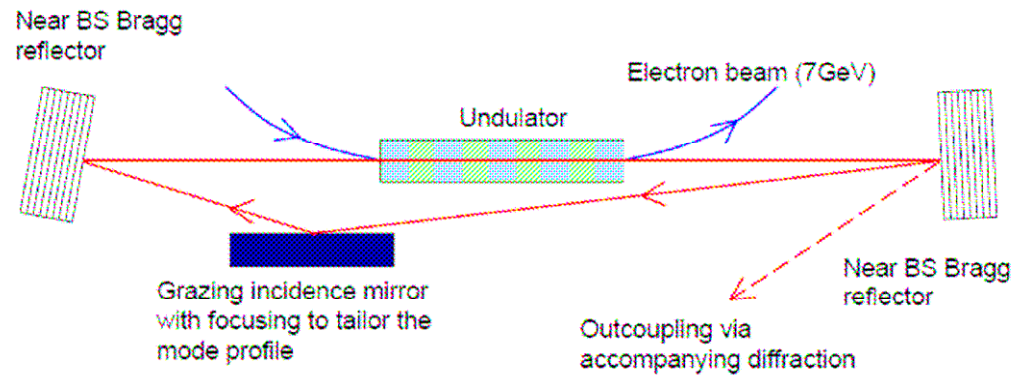
5GeV 機に関して

- X線放射光源の設計（概念設計、詳細設計）
 - 周回軌道、挿入光源の配置
 - エミッタンス増大の抑止
 - バンチ圧縮（タイミング安定性の確保）
 - what are the critical issues?（イオン、ビームロス、真空、、、）
 - より安価な構成（2-loop、vector-sum、2段階に分けた建設供用、、、）
 - FEL光源の可能性（single-pass SASE、multi-pass oscillator）

5 GeV ERL、2-turn の構成



XFEL Oscillator



K-J. Kim, ERL07.

■ Wavelength around 1-Å, or 10 keV

■ Per pulse

- Pulse length: 2ps (rms)
- Pulse energy: 0.1 μ J, or 10^9 photons

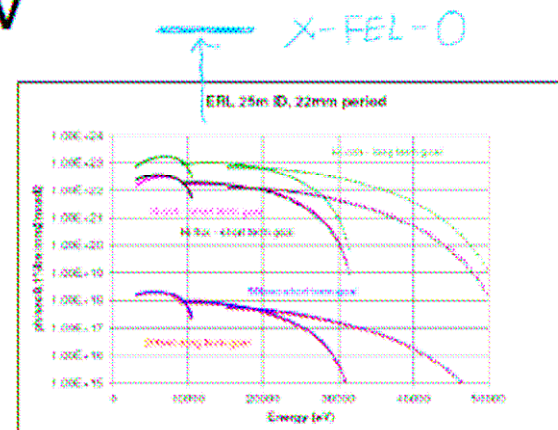
■ Full transverse coherence

■ Full temporal coherence

□ $\Delta\nu/\nu = 1-2 \cdot 10^{-6}$; $h\Delta\nu = 10$ meV

■ Rep rate 1 MHz (one optical pulse stored in cavity) or higher limited by crystal, 100MHz?

- Average brightness 10^{28} ($\rightarrow 10^{30}$) #photons/(mm-mr)²(0.1%BW)



その他

- コンパクトERLよりもさらに小型のERLへ
- 個別の設計計算から汎用性のある理論へ