

極限までエミッタンスを下げた蓄積リング

熊谷教孝¹、妻木孝治²

1. 理化学研究所 X線自由電子レーザー計画推進本部
2. 高輝度光科学研究センター 加速器部門

現在、第三世代の放射光光源の次世代光源として線形加速器をベースとした ERL 型放射光光源が世界各地で検討されている。この方式では、電子銃で作った短バンチ・低エミッタンス電子ビームを高エネルギーまで加速することで断熱的にエミッタンスを $10\text{pm}\cdot\text{rad}$ まで減少させることで、硬 X 線領域で高空間干渉光生成すると同時に 100 フェムト秒長の短パルス X 線 (X 線自由電子レーザーと違い時間干渉性と言う特徴は持たない) を利用することを目指している。

一方、第三世代を始めとする蓄積リング型の放射光光源では、rf加速と SR 放射を利用してエミッタンスを低減させる。そのため、その下限値は蓄積リングの大きさ、電子ビームのエネルギー、ラティスの構造およびその数によって決まる。第三世代の放射光光源では、DBA や TBA と呼ばれるラティス構造が用いられ、これらはいずれも MBA (Multi Bend Achromatic lattice) と呼ばれるラティス構造群に入るもので、得られるエミッタンスには、電子ビームの二乗に比例し偏向電磁石の数の三乗に反比例するスケールリング則が成り立つ。一例として、SPring-8 の蓄積リングを Ten Bend Achromatic lattice に改造した場合 (Spring-8 II) のオプティックスと主要パラメータを figure 1 と table 1 に示す。プレリミナリーな結果として、6 GeV でナチュラルエミッタンスが $83\text{pm}\cdot\text{rad}$ 、100% カップリングで 6 GeV で $40\text{pm}\cdot\text{rad}$ 、4 GeV で $20\text{pm}\cdot\text{rad}$ と現在の放射光リングの 100 分の 1 程度の、硬 X 線領域で高空間干渉性が実現できる水準に計算上到達する。

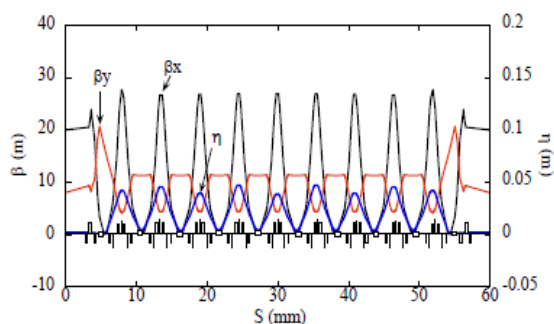


Figure 1: Betatron and dispersion functions in a cell.

Table 1: Main parameters of storage ring.

Parameters	Symbol	Value
Energy	E	6 GeV
Circumference	L	1436 m
Natural emittance	ϵ_{x0}	$83\text{pm}\cdot\text{rad}$
Number of cells	N_c	24
Horizontal tune	ν_x	110.40
Vertical tune	ν_y	27.52
Horizontal chromaticity	ξ_x	-433
Vertical chromaticity	ξ_y	-78
Momentum compaction	α	1.6×10^{-5}
Energy spread	σ_E/E	1.0×10^{-3}

ここでは、蓄積リング型放射光光源でどの程度までエミッタンスを下げる事ができるか、またその実現にはどのような課題および問題があるのかについて報告する。