

光源の検討概要

春日俊夫

放射光科学研究施設の将来の光源として要求される性能（光源のエミッタンスやバンチ長などの数値的な性能のみならず、安定性、汎用性や利用の容易さを含めた広い意味での性能）を満足する光源として、エネルギー回収型リナック（ERLと略記）とスーパー蓄積リング（SSRと略記、仮称）が挙げられる。ERLは放射光将来計画検討報告¹⁾に記載してある性能が実現できればまさに最適な光源であろう。しかしながら、この実現のためには開発しなければならない多くの要素があり、実証機による検証を経ずに一気に実用機の建設を行うことは現実的でない。一方SSRは基本的には高性能な第三代光源であり、ベースとなる光源建設にはさしたる問題はないと思われる。しかしながら、ベースとなる光源のみでは将来の光源として要求されている性能のi)エミッタンスは10pm.rad程度以下、ii)光パルス幅はsub.ps領域、の条件を満足しない。前者に関しては「円形ビーム生成」法を後者に関しては「レーザースライス」法や「RF偏向法」を用いて、ある直線部では前者を、また別の直線部では後者を満足する方法をとることとする。

「円形ビーム生成」は、蓄積リングの直線部にソレノイド電磁石とスキュー四極電磁石（通常型の四極電磁石の中心軸 - - ビームの軌道に沿った軸 - - を中心として45度回転させた電磁石、本来独立であった水平方向の運動と鉛直方向の運動を結合させる）を用いた局所的なビームオプティクス変換系を設置しソレノイド内で断面が円形で、かつほぼ完全に平行なビームを得ようというものである。水平方向のエミッタンス ϵ_x と鉛直方向のエミッタンス ϵ_y の積 $\epsilon_x \epsilon_y$ が保存し、一方 ϵ_y は必要以上に小さいことを用いる。現在、鉛直方向のエミッタンスは水平方向の値の 10^3 程度に制御することが可能である。もしこの比を 10^4 程度に制御することが可能であり、かつ両方向のエミッタンスが等しくなるようにできれば（この値を ϵ とする）、 $\epsilon^2 = \epsilon_x \epsilon_y = 10^4 \epsilon_x^2$ より、 ϵ_x を元の値 ϵ_x の1/100程度にできる。 ϵ_x をKEK敷地内で実現可能な1nm.radとすれば $\epsilon_y = 10^2 \text{nm.rad}$ が得られ、前に述べた条件を満足することができる。この値は強力なソレノイド磁場の中で実現できるので、その中に挿入光源のための磁場を重畳させることの可否の検討が必要である。

「レーザースライス」法は、ストレージリングを周回するバンチの長さそのものは制御せず、バンチの極めて短い部分からだけ光のみが試料に照射されるようにするものである。たとえばアンジュレータと非常に短い光パルスで照射することのできるレーザーを用いて、バンチの一部に他の部分のエネルギーと異なる部位をつくり、その部分からの光のみを利用するものであり、この方法はすでに実際に利用されている。またクラブ空洞と称する機器を利用し、バンチを進行方向に対し傾けることによりバンチの一部からの光を利用しようという「RF偏向」法も検討されている。

現時点ではERL、SSR双方の可能性について検討をおこなう。ERLに関していえば前記のように応用法の検証も視野に入れた実証機のデザイン、その早期実現のため努力が必要である。SSRのベースとなるストレージリングに関していえば、前記のように詳細・緻密な検討は当然のこととしてもその建設に大きな困難は無いと思われる。デザイン作業を進めればよい。ただし、すでに実現しているレーザースライス法はともかく、RF偏向法による極短光パルス発生や、円形ビーム生成の実現性の検討を早急に開始しなければならない。