

次世代リング型およびERL光源の可能性

高エネルギー加速器研究機構 坂中章悟

次世代放射光源には、超高輝度、超短パルス、および高コヒーレントな放射光が求められる。これらを実現する1つの方向として、リニアックからの高輝度電子ビームを利用するSASEおよびself-seeded FEL光源がある。これらのFEL光源では、ピーク輝度が高く、高い空間コヒーレンスと部分的な時間コヒーレンスをもつ放射光が発生可能である。しかしながら、極めて高いピークパワーを持つFEL光は試料や光学系にダメージを与える恐れがある。多くの研究分野からは高い平均輝度と高コヒーレンスを実現しながら、ピークパワーを適度に抑えた次世代光源が求められている。

このように高い平均輝度と高コヒーレンスを実現できる次世代光源としては、2つの方向性がある。一つは蓄積リング型光源をより低エミッタンス化し、さらに最近提案されたビーム形状変換法を導入して水平・垂直両方に（X線領域での）回折限界エミッタンスを実現するという可能性である。蓄積リングのビームエミッタンスはセル数の3乗に反比例するため、電磁石等の技術を工夫することによりリングを多数の細かいセルに分割できれば、周長を適度に保ったままでもより低エミッタンスを実現できる可能性が残されている。またビーム形状変換法は、水平・垂直方向のビームエミッタンスの積を保存しつつ、水平・垂直方向で同じエミッタンスを実現できるアイデアであり、現在研究段階にある。超短パルス光についても、クラブ空洞法、レーザースライス法等を用いてある程度の短パルスが実現できる。

もう一つの方向はエネルギー回収リニアック（ERL）を用いる放射光源である。ERLでは、FEL用リニアックと同様に低エミッタンス電子銃からの電子ビームを加速し、断熱減衰により超低エミッタンスとなる電子ビームからの放射光を利用する。SASEを起こす必要がないため極端に高いピーク電流は必要なく、その代わりに高い平均電流を実現することを目標とする。このため、超伝導リニアックを用いてビームの加速およびエネルギー回収を行い、ビーム周回部に多数（20～30本）のアンジュレータを設置可能である。現在考えられているERLでは、10 keV程度のX線領域でほぼ回折限界に近いビームエミッタンスを実現することが目標であり、発生する放射光は高い平均輝度および高い空間コヒーレンスを持つ。また、バンチ圧縮を行うことで100～数百fsの超短パルス光の発生が可能である。また、ベースとなる超伝導リニアックはFEL用リニアックと共通性の高い加速器であり、オプションとしてFEL光を発生できる可能性もある。これらの次世代放射光源の2つの方向について紹介する。