

PF/AR の短パルス化と高度化

原田 健太郎
KEK-PF-Mag

現在 KEK 筑波キャンパスには PF リング、PF-AR という 2 つの放射光源がある。蓄積リングを回る電子は塊（バンチ）になって周回しており、その繰り返し周波数の最大値は RF 周波数である約 500MHz である。実際には、AR はシングルバンチ（電子の塊が 1 つしか周回していない）ので光の繰り返しは周回周波数と同じ約 0.8MHz、PF のハイブリッドモード（連続バンチ+前後に間隔（約 180ns ずつ）を開けて孤立バンチを入れる運転モード）の場合、孤立バンチの繰り返しはやはり周回周波数の約 1.6MHz となる。バンチ電荷は AR の場合、電流 50mA で約 60nC、PF の孤立バンチは 30mA で約 20nC である（通常運転時の連続バンチのバンチ電荷は約 1nC）。パルス長は（集団効果や不安定性を考えない場合、）RF の加速勾配とリングのエネルギー拡がりで決まり、AR の場合が約 50ps、PF の場合が約 30ps である。

蓄積リングの短パルス化としては、SASE-FEL が実現されるまでは、光束を犠牲にして極短パルスを目指すケースとして、レーザースライミングや低 α オプティクスなどがあつた。いずれも極めて小電荷ながら 1ps 以下まで狙うことができたが、SASE-FEL や VSX 領域の極短パルス固体高調波レーザーが実現されてからは、新規に計画されることはほぼなくなったと思われる。

一方、RF の実効的な加速勾配を上げる為の高次高調波空洞を使った短バンチ化は、現在の（バンチ長以外の）蓄積リング性能をほぼ維持したままバンチ長の制御が可能であり、SLS、ELETTRA、BESSY-VSR など実際に利用されている。ただし、短パルス化としては、現実的な空洞を仮定すると到達パルス長は現状の半分から数分の 1 が限界となる。ここでは、PF/AR に対して常伝導、超伝導の高調波空洞を入れた場合のパラメータ最適化[1]について発表を行う。

また、短パルス化とは独立な話題であるが、長期的観点から、現在、PF で検討されている高度化案についても触れたい。具体的には、ハードウェア的に弧部を全面的に改造して低エミッタンス化を行う案と、直線部全体に分散関数を残すことでエミッタンスと実効エミッタンスを向上させる案について発表を行う。（ただし、後者については RF 直線部に大きな分散を残すことで生じる可能性のある不安定性のシミュレーションや対策が必須であり、それがこれからの課題となっている。）

[1] 山本 尚人, Private communications