

アンジュレータ極狭ギャップのビームダイナミクスへの影響

高雄 勝

JASRI/SPring-8

蓄積リングでは、ビーム損失を極力抑えてビームを蓄積する必要がある。この意味からビーム寿命は、リングの性能を表す重要なパラメータである。ビーム寿命は、ビーム損失の粗過程により量子寿命、残留ガス散乱寿命、タウシェック寿命に区別される。通常の蓄積リングでは、量子寿命は加速電圧を十分高く取ることによって他の寿命に較べて無視できるほど長くなっている。また、放射光源リングでは、その低エミッタンスのためバンチ内電子電子散乱によるタウシェックビーム寿命の比重が高まっている。

挿入光源の発展の一つの方向性として、アンジュレータの短周期化がある。短周期化による磁場減弱を補償するため、アンジュレータギャップをより狭める必要がある。残留ガス散乱寿命の内ではラザフォード散乱など角度変化を引き起こす分は直に垂直口径の狭小化の影響を受けることになるが、制動輻射によるビーム寿命やタウシェック寿命など運動量変化を引き起こすものも影響を免れない。元来、タウシェック寿命は、バンチ内電子電子散乱によりエネルギー交換が起こり、RF バケットから溢れた電子が喪失することによるものであるが、ディスパージョンがあるところで散乱が起こるとエネルギー偏差に応じてベータトロン振動を始めるため、横方向のダイナミクスによるビーム損失も引き起こされる。本来、ディスパージョンは水平方向なので、励起されるベータトロン振動も水平方向であるが、X-Y カップリングにより垂直方向に回り込んだ結果としてより狭い垂直障壁に衝突することとなる。図 1 は、SPring-8 蓄積リングで測定されたタウシェック寿命の例を示す。RF 電圧を上げるに従いモーメントアクセプタンスが広がり、寿命は延びていくが、横方向のダイナミクスで決まるアクセプタンスまで達すると制限を受ける様子が示されている。真空封止挿入光源の磁石列ギャップを閉じると、高 RF 電圧領域のビーム寿命が低下することが観測されており、モーメントアクセプタンスが狭くなっていることが確認されている。

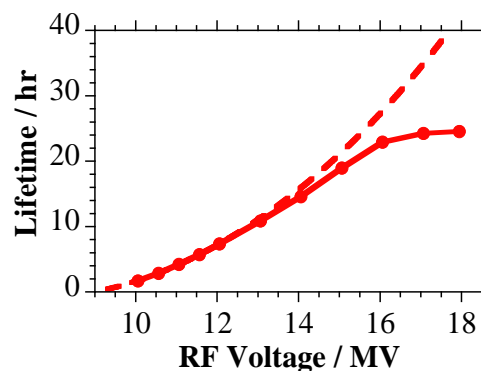


図 1. タウシェック寿命 vs. RF 電圧.

近年、放射光源リングの運転では、低エミッタンス化により短縮化する寿命を補うため、利用実験中もビーム入射を行うトップアップ運転が主流となっている。ビーム入射は本来水平方向で行われるが、入射ビームの損失についてもビーム寿命同様に垂直口径制限の影響を受けることになる。SPring-8 蓄積リングでも、真空封止挿入光源の磁石列ギャップを閉じることで入射効率が低下することが観測されている。

本講演では、以上のビーム損失について総合的に報告する。また、真空封止挿入光源のアンジュレータギャップが閉じられると、ギャップの 3 乗に反比例するインピーダンスが増大することから、これによるビーム不安定も増幅されることになる。この集団効果についても議論する。