

パルス八極電磁石の開発とビーム不安定性の測定

宮島 司、小林 幸則、長橋 進也
物質構造科学研究所 放射光源研究系

PF-ring では、マルチバンチ運転時に垂直方向のビーム不安定性が観測されており、これが垂直方向のビームサイズの増大を引き起こすことが知られている。放射光リングとして高質で安定な光を供給するためには、この不安定性を抑制する必要がある、PF-ring では八極電磁石を設置し、その磁場によりビーム不安定性を抑制し、ビームサイズの増大を抑え込んでいる。この不安定性の原因はイオン捕獲によるものと考えられており、PF-ring ではイオン捕獲によるビーム不安定についてのスタディや八極磁場によるビーム不安定性抑制機構についてスタディが行われてきている。これまでのスタディでは、八極磁場による効果について幾つか興味深い現象が観測されている。

八極磁場によるビーム不安定性抑制の機構は、八極磁場により生じた振幅依存チューンシフトによる Landau damping によるものと考えられているが、これまでのスタディ結果ではこの機構では説明出来ない幾つかの現象が観測されている。そのような現象として、八極磁場の大きさによりビーム不安定が起きるかどうかの境界があり、それが閾値的な振る舞いをするということが観測されている。これまでのスタディでは、DC 的な八極磁場を用いて測定を行っており、閾値近傍での動的な振る舞いを観測することは出来なかった。この閾値近傍でのビーム不安定性の増大率、減衰率を測定することにより、八極磁場によるこのような現象を明らかにすることが可能になると考えられる。

この閾値近傍でのビーム振動の動的な振る舞いを測定するために、我々はパルス八極電磁石システムを開発した。パルス八極電磁石システムは、積層構造の電磁石本体と最大 100A, 380V 出力の電源により構成される。パルス八極電磁石は 1.2msec で最大磁場勾配 11700 T/m³ まで磁場を変化させることが可能となるように、コイルの巻数を 10 ターンと少なくし、インダクタンスを 3.34 mH と小さく抑え込んでいる。パルス八極電磁石の基本パラメータを Table 1 に示す。

また、このパルス八極電磁石による速い磁場の变化をビームに伝えるために、真空ダクトも金属製ではなく、セラミック製のものを採用することとした。セラミックダクトは、外径 78.5 mm、内径 73.0 mm となっており、ダクトの内側は導電性を確保するために、Ti-Mo コーティングが施されている。

このパルス八極電磁石は、2002 年 12 月に PF-ring の B4-B5 直線部に設置され、2003 年 1 月よりマシンスタディが開始されている。ここでは、パルス八極電磁石のステータスと磁場測定の結果およびこれまでに行ったスタディの結果を報告する。これまでのスタディでは、ビーム不安定性の閾値近傍での振る舞いとビーム電流依存性についての測定を行った。今後のスタディでは、イオン捕獲状態の変化による影響を調べるために、バンチトレインのフィルパターン依存性などを測定する予定である。

Table 1: Principle parameters of the pulse octupole magnet.

Parameter	Value
Maximum field gradient (peak value)	11700 T/m ³
Maximum peak current	±100 A
Maximum peak voltage	±380 V
Bore diameter	80 mm
Core length	0.20 m
Effective magnetic length	0.22 m
Self inductance	3.34 mH