

MEASUREMENT OF BREMSSTRAHLUNG AT THE COMPACT STORAGE RING

Y. Yamamoto^{1,A)}, H. Iwasaki^{A)}, I. Sakai^{B)}, T. Hori^{B)}

^{A)} Synchrotron Radiation Center, Ritsumeikan University,
1-1-1 Noji-Higashi, Kusatsu, Shiga, 525-8577

^{B)} Hiroshima Synchrotron Radiation Center, Hiroshima University,
2-313 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8526

Abstract

Bremsstrahlung in the compact superconducting storage ring at Ritsumeikan University was measured as a function of the cumulative electron beam dose and the stored beam current using the BGO scintillation spectrometer and the γ survey meter. Detected radiation dose depended on the logarithm of the cumulative electron beam dose.

小型放射光源における制動放射線の測定

1. はじめに

立命館大学SRセンターの超伝導小型放射光源は、1996年に稼動を開始し、現在まで安定的に光を供給している^[1]。毎年4月に全系のメンテナンスを実施しており、その際には一時的に光源内の真空度が低下する。再立ち上げ後、調整運転を経て利用運転を開始すると、Doseの増加とともに真空度が高くなり、ビーム寿命が延びる。今年度の立ち上げ期には、蓄積運転中に発生する制動放射線量を測定し、Doseの増加に対する変化を調べた。また、制動放射線量の蓄積電流値依存性を測定し、ビーム軌道上の真空度を見積もる試みを行った。

2. 実験手順

制動放射線量の測定場所をBL16(ビームモニターライン)とし、測定は真空ダクト後方の大気中で、調整運転中及び利用運転中に行った。測定器には、BGOシンチレーションスペクトロメータ(CANBERRA)及び線サーベイメータ(ALOKA ICS-311)を用いた。測定時の光源運転パラメータは、蓄積電子エネルギーが575MeV、蓄積開始時のビーム電流値が300mAである。

光源は、2004年3月31日まで利用運転を行った後、真空全系をシャットダウンし、4月15日には真空系の再起動が完了した。調整運転は4月25日から実施され、引き続いて利用運転が開始された。Dose増加の状況は、4月末で3.6 A・Hr、5月末で31.4 A・Hr、6月末で67.5 A・Hrであった。

3. 測定結果

3.1 制動放射線のエネルギースペクトル

BGOシンチレーションスペクトロメータを用いて、制動放射線のエネルギースペクトルを測定した。結果を図1に示す。BGOシンチレータは、その性質から、高エネルギーX線に対して有効な検出器である。以下で述べる制動放射線量は、エネルギー数MeV～30MeVの積算カウント数のことを指す。

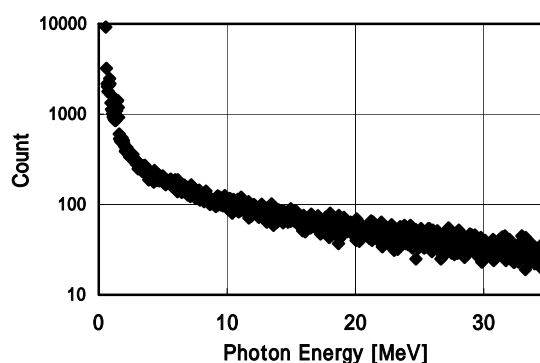


図1 制動放射線のエネルギースペクトル

3.2 制動放射線量のDose依存性

蓄積電流値200mA時の制動放射線量、ビーム寿命、及びビーム無負荷時の真空槽内圧力のDose増加とともになう変化を、それぞれ図2(a)、(b)、(c)に示す。運転時の真空槽内圧力については、光源の性格上、測定が非常に困難であるため測定していない。また、各測定時の電子ビームサイズ・形状は、常に同じで

¹ E-mail: y-yama@st.ritsumei.ac.jp

あることを確認している。

図2から、10 A・HrまではDoseの増加にともない、制動放射線量はDoseの対数に依存して減少、ビーム寿命もDoseの対数に依存して増大している。10 A・Hr以上では、明確な傾向が見られない。一方ビーム無負荷時の真空槽内圧力は、Doseの対数ではなく、むしろ線形に小さくなり、その後緩やかに小さくなる傾向がある。

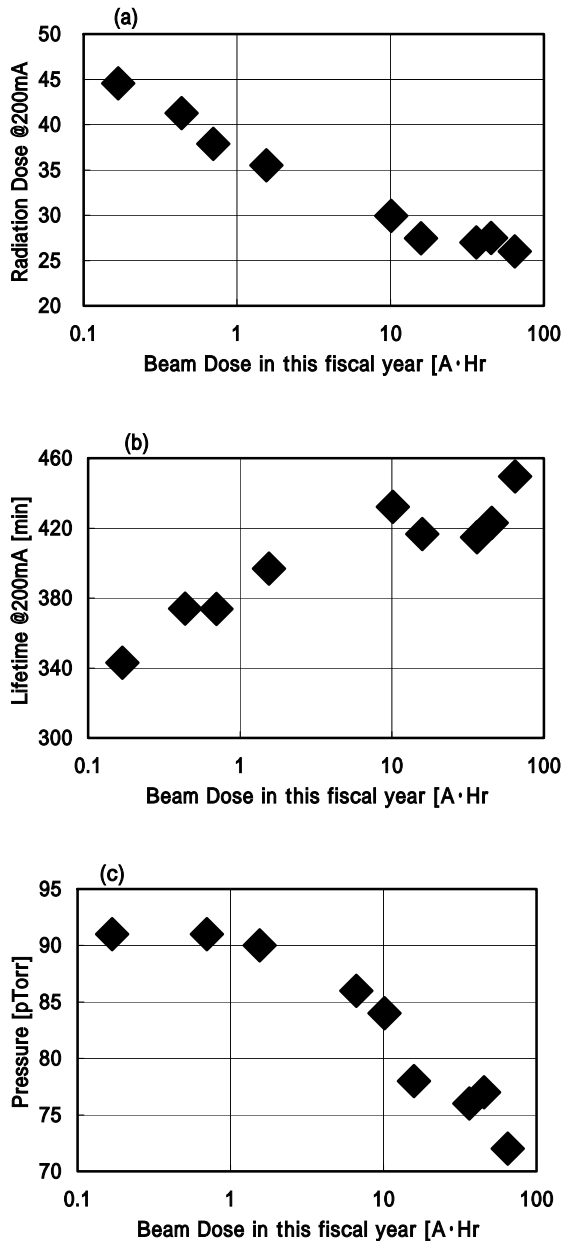


図2 (a)蓄積電流値200mA時の制動放射線量、(b)同200mA時のビーム寿命、(c)ビーム無負荷時の真空槽内圧力

このことは、ビーム無負荷時の真空槽内圧力よりも制動放射線量の方が、電子ビームと相互作用する残留ガスに対する情報を含んでいると考えることができる。よって、いわゆる光源の『枯れ』について、制動放射線量を指標とすることが可能である。

3.3 制動放射線量の蓄積電流値依存性

図3は、光源運転中に測定した制動放射線量を蓄積電流値で規格化したものである。横軸を蓄積電流値としてプロットした。

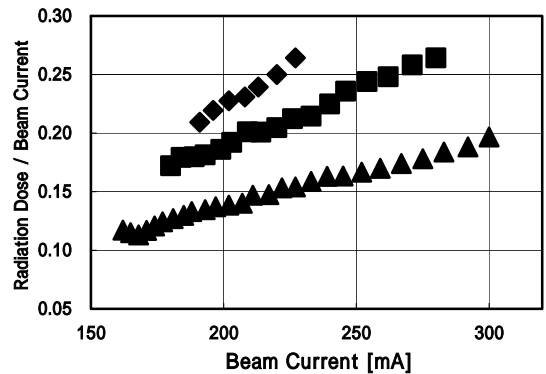


図3 蓄積電流値で規格化された制動放射線量

はDoseが0.2 A・Hr 時点、 はDoseが0.7 A・Hr 時点、 はDoseが15.8 A・Hr 時点に測定したものである。

図2(a)と同様にDoseの増加とともに、制動放射線量が減少している。また、蓄積電流値の減少に対して、蓄積電流値で規格化された制動放射線量は、線形に減少している。これは次のように考えることができる。

制動放射線は、電子ビームと残留ガスの衝突によって発生する。よって、その発生線量: Rad は、ビーム電流値: I と残留ガス密度: ρ の積に比例するので、次式で与えられる。

$$Rad \propto I \cdot \rho \quad (1)$$

ここで図3の縦軸は Rad/I であり、プロットは $\rho(I)$ を表していることとなる。そこで、

$$\rho(I) \propto \rho_o \cdot I + \rho_b \quad (2)$$

とおくと、 ρ_b は $I=0$ mAのとき、即ちビーム無負荷時の残留ガス密度を表す。一方 ρ_o は、放射光によって叩き出されたガス密度、及び電子ビームのポテンシャルにトラップされたイオン密度を表していると考えられる。

図3の で示された測定結果に対して、(2)式を用いてフィッティングを行うと、 $\rho_o/\rho_b=0.026$ を得る。この値から光源運転中のビーム軌道上の残留ガ

ス密度を見積もることができ、 $I=300\text{mA}$ のときの残留ガス密度は、ビーム無負荷時の9倍との結果を得る。これはビーム寿命から求められる残留ガス密度にほぼ一致する。

4 . 今後の課題

今回測定した制動放射線は、ビーム軌道上の特定の位置から発生したものであり、ビーム軌道全体に対するものではない。このため、ビーム寿命に直接的に結びつかない可能性がある。ビーム軌道上の多数点に対する測定を進める必要がある。

逆に上述のことは、ある位置で測定した制動放射線量は、局所的な残留ガス密度の情報を持っている

ことを意味する。よって、ビーム軌道上で局所的に残留ガス密度が高くなっている位置の検出が可能であり、実用上の有効性が期待できる。

前節で、ビーム軌道上の残留ガス密度を見積もった際には、残留ガスの成分比が変化しないとの仮定を使った。残留ガスの成分比は、制動放射線量に大きく影響を与えるので、成分比の測定を実施したい。

参考文献

- [1] H. Iwasaki, Y. Nakayama, K. Ozutsumi, Y. Yamamoto, Y. Tokunaga, H. Saisho, T. Matsubara, S. Ikeda, J. Synchrotron Radiat. **5** (1998) 1162.