

NEW VISIBLE LIGHT BEAM DIAGNOSTICS LINES OF NEWSUBARU AT BL1B

Yoshihiko Shoji^{1,A)}, Kouji Takeda^{A)}, Yasuyuki Minagawa^{B)}, and Takahide Shinomoto^{B)}

^{A)}NewSUBARU/SPring-8, LASTI, University of Hyogo

1-1 Kouto, Kamigori, Ako-gun, Hyogo, 678-1205

^{B)}SPring-8, JASRI

1-1 Kouto, Sayo, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198

Abstract

In 2008 three synchrotron visible light extraction ports, SR4, SR5, and SR6 were added at NewSUBARU for electron beam diagnostics and other R&Ds. The lights from SR4 and SR5 are guided to the area called BL1b, outside of the radiation shield wall. Especially at SR5, a flat beryllium mirror for the beam diagnostics was set under technical and financial supports from KEK, according to the "comprehensive support program for the promotion of accelerator science and technology". We have had reported its design and off-beam test results at this meeting of the last year. This article reports the result of the on-beam Hartmann test, which gave the deformation of the mirror face by a heat load of the synchrotron radiation.

ニュースバルBL1b可視放射光ビーム診断ライン

1. はじめに

一昨年までにニュースバルは放射光を用いたビームプロファイル計測用に3つのポートを設置してきた。全て初段ミラーは銅ブロックに金をコーティングしたもので、面精度にも不安がある。これらのうち建設時からの2カ所では、真空窓に曇りも出ているが、交換にはリング本体の大気解放が必要となるので行っていない。比較的新しい一カ所はvisibility monitor[1]やcoherent radiation計測[2,3]に使用している。これらとは別に、double sweep streak camera[4]をBL6に寄生する形で設置しているが[5]、中間にある複数のcylindrical mirrorの為にvertical beam focusingが難しいという問題を抱えている。

ニュースバルでは2007年度からKEKの助成を得て、高精度モニター用の初段ミラーを製作し、これらの問題解決を目指す事にした。前回の加速器学会ではこのミラーの設計、製作とベンチテストの結果について報告したが[6]、今回はその設置と、放射光による熱変形計測の結果について報告する。

Beミラーの設置作業時に、近隣の2カ所のポートからも将来的な放射光取り出しを可能にしたので、これらについても報告する。

2. 新規ポートの設置

2008年の夏期停止期間に、加速器R&D用放射光取り出しポートを新規に設置した。設置位置は、

Fig.1に示すSR4, SR5, SR6の3カ所で、入射点下流で長直線部上流の偏向電磁石からの未使用ポートである。この位置は放射光利用ビームライン設置には不便である一方、FEL用のトンネル開口部を使って可視放射光を遮蔽トンネル外(BL1b)へ導き出せるので、放射光を床下ピットを通す面倒が無いという利点をもつ。2009年3月に遮蔽壁への専用開口部設置を行える変更申請が許可になり、4月からSR4, SR5の放射光を取り出している。

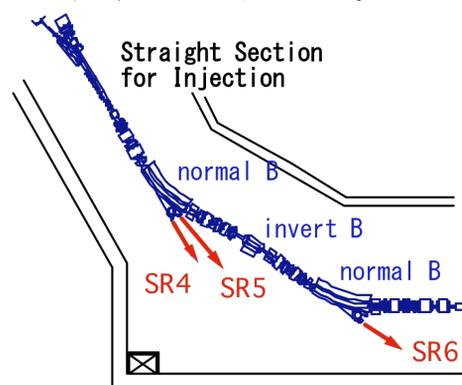


Fig. 1. Layout of three new light extraction ports.

SR4は入射用直線部下流で、edge radiationが見えるはずである。ミラーは余っていた旧タイプをそのまま設置したので、面精度は良くない。垂直方向に振り上げるタイプで、放射光から見たミラー面の大きさはH:22mm X V:26mmである。

Beミラーを設置したのはSR5である。通常の偏向

¹ E-mail: shoji@lasti.u-hyogo.ac.jp

電磁石からの放射光ラインで、放射光から見たミラー面はH:84mm X V:30mmである。現在の真空窓は合成石英なので、THz放射も観測できる。ここからの光は、ICCD gate camera[7]、streak camera、THz profile monitor camera等に使う。

SR6は逆偏向電磁石と通常偏向電磁石を結ぶ直線部下流のポートである。現在はミラーではなくアブゾーバーを設置した状態で、放射光は取り出していない。予想される放射光は edge radiationだが、Fig. 2 に模式的に示すようにSR4とSR6ではポテンシャルの時間構造が異なり、放射光の水平方向空間分布は勿論、干渉による高調波の構造も異なるはずである。

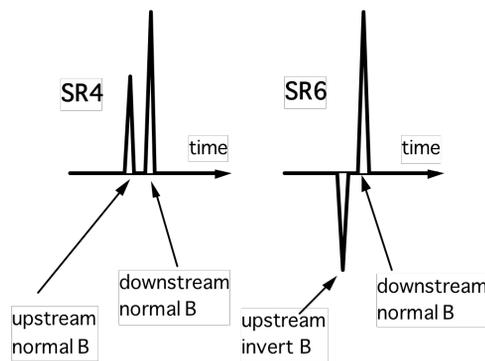


Fig. 2. Schematic view of the radiation potential at SR4 and SR6.

3. Hartmann test

SR5に設置したBeミラーの平面度や面の粗さの測定結果は既に報告した。ここでは、放射光の熱負荷の下でのミラーの変形を、ピンホールアレイを使って測定した結果を報告する。測定方法は文献[8]に従った。

測定したいミラーの下流にピンホールアレイマスクを置き、更に下流に設置したスクリーン上でピンホールの影を観測する。この影の位置のズレはミラー面の角度のズレに対応する。ピンホールはレンズ無しので、計算に基づいてKEKと同じ1mmφで5mmピッチとした。

測定のレイアウトをFig. 3に示す。一度Alミラーで反射してトンネル外へ光を導いて、ピンホールの影を観測した。手持ちのAlミラーでは全領域をカバーできないので、Alミラーを移動させて計測を繰り返した。マスクも同様で、Beミラーをカバーできないので、これも移動させながら計測した。スクリーンは12mm角の方眼をプリントした紙で、これをCCDカメラで撮影、記録した。カメラレンズ(V6X16 16-100mm)はズームを最大にし、1枚のスクリーンを2台のカメラでカバーした。

カメラ1台分の撮影画像例をFig. 4に示す。スクリーン上でのpinhole imageの間隔は11.9mmで、image sizeは、(電子ビームサイズを反映するので完全な丸ではなく、しかもテール部分の評価が難しい

ので不正確だが)FWHMで3mm弱と、ほぼ予想通りである。Pinhole imageの位置(以後、spot position)は画像から目で読み取ったので、精度は0.1mmよりやや良い程度である。

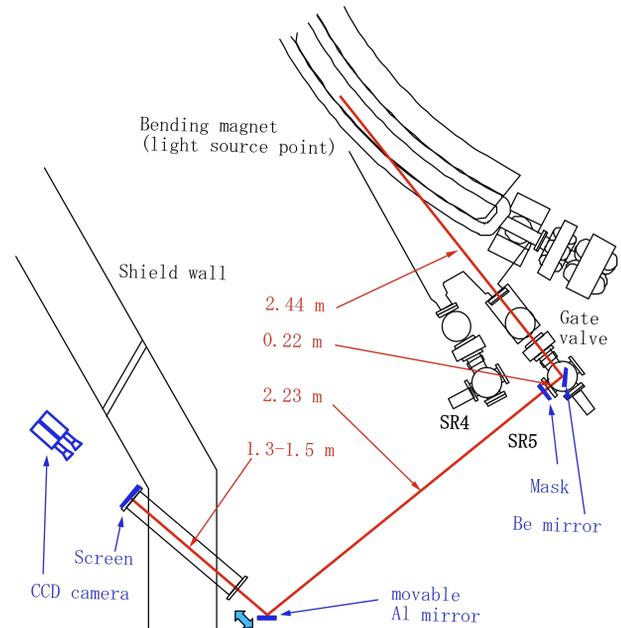


Fig. 3 Lay-out of the Hartmann test measurement. The light axis is on the figure plane.

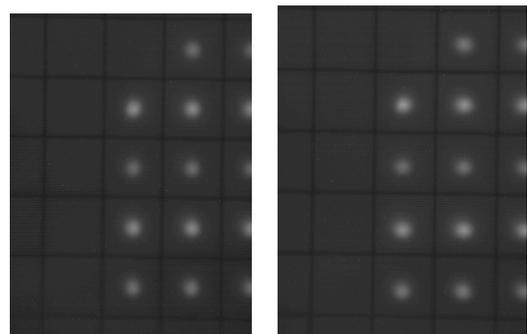


Fig. 4 Example of the recorded image by CCD Camera-#1 (Left; 1GeV. Right; 1.5GeV).

マスク位置での放射光サイズが垂直29mm、水平74mmであるのに対して、ピンホールは垂直5穴(-10mm, -5mm, 0mm, 5mm, 10mmと名前を付ける)、水平13穴(向かって右から#1~#13とした。都合により、hole #が小さくなる方向をspot positionの+変移と定義)の範囲で計測。水平方向の穴数が1つ少ないのは、マスクの可動範囲が左側に不足して測定できなかったからである。

ミラー冷却水流量は140ml/minである。放射光パワーの大部分を冷却水が吸収した場合、1 GeV 200mAでの冷却水温度上昇は約3度である。

蓄積リングの状態は、1 GeV 50 mAと250 mAの2種類の結果を比較した。また、ミラー中央付近のみだが1.5 GeV 250 mAでも計測した。高精度のプロファイル計測を必要とするリングの状態は、トップアップ運転を行っている1GeVと考えているので、1.5 GeVは参考データである。

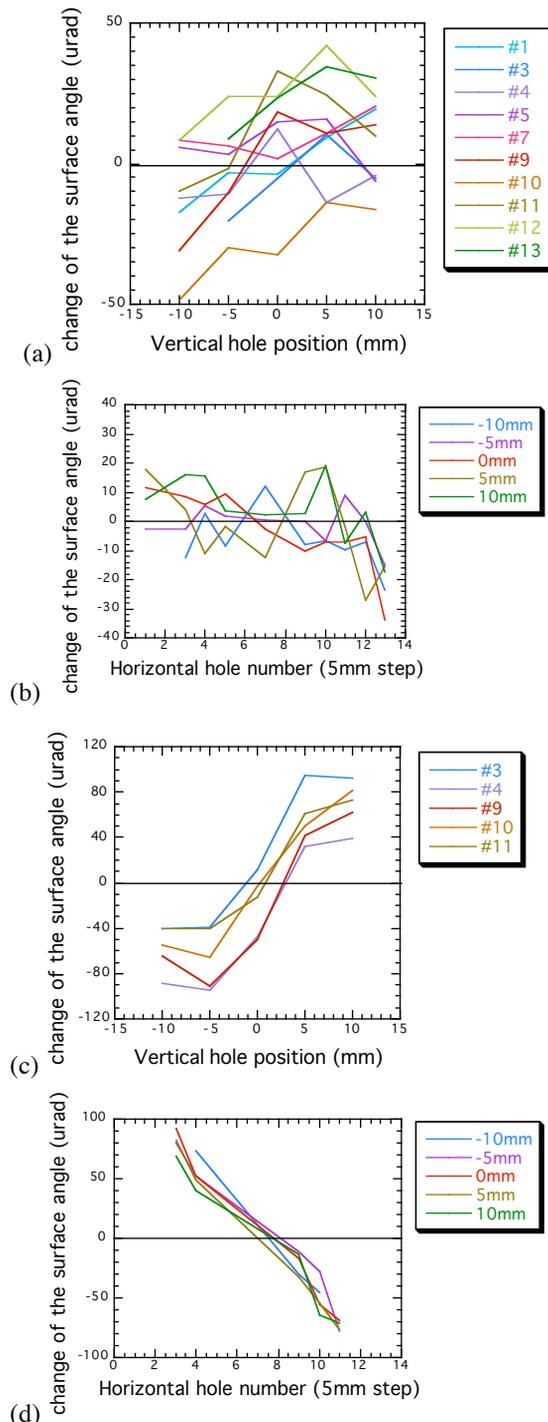


Fig. 5 Be mirrorの熱変形。(a) 1GeVで200mA電流増による垂直方向角度変化。(b)同水平方向角度変化。(c)1GeVから1.5GeVへ加速した事による垂直方向角度変化。(d) 同水平方向変化。

1GeVで蓄積電流が200 mA増加した事によるspot positionの変化と、1 GeVから1.5 GeVへの加速による変化を、ミラー面の角度変化に換算してFig. 5 に示す。1 GeVではかすかな変化なので、わずかな傾向が見える程度だが、1.5 GeV加速の影響は明確であ

る。これを積分すれば面の位置になるはずである。垂直方向には、ややV字形に近い凸の面に変化し、中央付近で14urad/mm程度。水平方向の変形は(見ているのは中央付近だが)パラボラに近い凸で、2.6urad/mmと小さい。

その他の観測事実として、マスクを外した状態でのスクリーン上の放射光の濃淡がある。数mm以下のスケールで最大10%程度の濃淡がある。これはミラー面の粗さを反映していると考えているが、未解析である。

4. 謝辞

本件に関してKEKの大学等連携支援事業による技術的および財政的支援を受けました。特に技術的指導を行って下さった三橋利之氏に感謝いたします。

参考文献

- [1] 久尾信太郎, 松原貴裕, 橋本智, 庄司善彦, 安東愛之助, 「NewSUBARUにおける放射光干渉計を用いたビーム診断」日本物理学会第59回年次大会2004/3/27-30、講演概要集Vol.59, No.1-1(20040303) p.105.
- [2] "Bunch compression at the SPring-8 linac and successive generation of THz pulse train in the isochronous ring", Y. Shoji, T. Asaka, H. Dewa, H. Hanaki, Y. Hisaoka, T. Kobayashi, T. Matsubara, T. Mitsui, A. Mizuno, S. Suzuki, T. Taniuchi, H. Tomizawa, and K. Yanagida, *Infrared Physics and Technologies*, vol.51 (2008) pp.394-396.
- [3] "Measurement of the Time Structure of a Coherent Synchrotron Radiation Burst in NewSUBARU", Yoshihiko Shoji, *Infrared Physics and Technologies*, vol.51, Issue 5, May 2008, pp.367-370.
- [4] "Bunch-by-bunch linac beam energy profile diagnostics using storage ring phase rotation and synchrotron radiation", T. Matsubara, S. Hisao, Y. Shoji, T. Asaka, and S. Suzuki, *Phys. Rev. ST-AB* No.9, 042801 (2006).
- [5] "Confirmation and Readjustment of Bending Magnet Beam-Line Optics Using SHADOW", T. Matsubara, K. Kanda, Y. Kato, S. Hisao, and Y. Shoji, *AIP Conference Proceedings* 879, pp.694-697 (2007).
- [6] 庄司善彦, 竹田幸二, 「ニュースパルの可視放射光を使ったビームモニター用ベリリウムミラー」、第5回日本加速器学会(東広島)
- [7] 竹田幸二, 庄司善彦, 「ニュースパルにおけるビーム診断～蓄積リングでの入射ミスマッチ～」、第6回日本加速器学会(本報告論文集)
- [8] N. Takeuchi, et al., *Proc. PAC1999*, pp.859-861; T. Mitsuhashi and A. Tadano, *Proc. APAC2001*, pp.704-706.