PASJ2018 WEP127

ニュースバルへの赤外ビ―ムライン設置の検討

INSTALLATION PLAN OF INFRA-RED BEAM LINE AT NEWSUBARU

庄司善彦^{#, A)}, 池本夕佳^{B)}, 森脇太郎^{B)} Yoshihiko Shoji^{#, A)}, Yuka Ikemoto^{B)}, Taro Moriwaki^{B)} ^{A)} University of Hyogo, NewSUBARU/SPring-8 ^{B)} JASRI, SPring-8

Abstract

We have qualitative discussion of buildings infra-red beam line at NewSUBARU. With the most possible plan, using radiation from an inverse bend, the new beam line would supply photons of 60% of that of SPring-8 BL43IR. With the next possible plan, using radiation from a normal bend, the new beam line would supply photons of twice of that of SPring-8 BL43IR in shorter wavelength region than 40μ m.

1. はじめに

ニュースバルへの赤外ビームライン(以後, IR-BL)設置は,昨年岡崎で開かれたワークショップ 「高輝度・高強度赤外光源の現状と展望」における 技術的検討結果の一つである.現在日本国内で IR-BLを設置しているのは UV-SOR(BL6B)と SPring-8(BL43IR)である.ところが SPring-8-IIの計画が実 施となれば遠赤外ビームラインは SPring-8 から消え る可能性が高い.大きな開口部を必要とする IR-BL は,電子ビームパイプが細い ultimate ring と相性が 悪いからである. SPring-8 の IR-BL の代替施設とし て 1.0 GeV のニュースバルが候補となるのは技術的 には当然である.

ニュースバルから見れば、赤外領域はニュースバルの特徴を生かした産業利用が期待できる。仮に ニュースバルの低エミッタンス化が行われるとして も、本稿では現状を前提として設計する.つまり、 IR-BL 設置は蓄積リング改造以前の短中期計画とい う位置付けになる.

ニュースバルに期待されるのは, SPring-8(BL43IR)と同等か,それ以上の光子数である.ま ずはビームライン垂直方向の acceptance が十分広い と仮定すると,偏向電磁石からの長波長放射光の放 射パワーは下式で与えられる[1].

$$\frac{dI}{d\omega} \approx \left(\frac{eI_e}{c}\right) \left(\frac{\omega\rho}{c}\right)^{1/3} \left(\frac{\Delta\theta_H}{2\pi}\right) \quad (1)$$

ここで、 $dI/d\omega$ は角周波数あたりの放射パワー、Ie は 蓄積電流、r は曲率半径、 $\Delta\theta_H$ は horizontal angle acceptance である。従って、大雑把には BL の光子 数は $I_e r^{1/3} \Delta\theta_H$ に比例すると考えて比較すれば良い。 同時に vertical angle acceptance $\Delta\theta_T/2$ が critical photon angle θ_C に達する波長 λ_V も参照すれば大まか なことが分かる。Critical photon angle θ_C は下式で与 えられ [1].

$$\theta_C = \left(\frac{3c}{\omega\rho}\right)^{1/3} \tag{2}$$

ここからんは下式で計算できる.

$$\lambda_V = \frac{\pi}{12} \rho \Delta \theta_V^3 \tag{3}$$

NewSUBARU の想定ビームラインのパラメータ— を既存のビームラインと比較したものが Table 1 で ある. 逆偏向電磁石からの赤外領域の光子数では NewSUBARU のラインは UV-SOR のライン BL6B に は及ばないが, SPring-8 のライン BL43IR の約 2.5 倍 である. 更に波長 0.02mm 以上の THz 領域では NewSUBARU はより有利になる. NewSUBARU の 偏向電磁石からの放射を使うならば,赤外領域の光

Table 1: Comparison of IR-BLs

	UV-SOR BL6B[2]	SPring-8 BL43IR [3]	New 1GeV IB	SUBARU 1.5GeV NB
曲率半径 ρ	2.2 m	39.3 m	3.22 m	3.22 m
蓄積電流 Le	300 mA	100 mA	300 mA	300~200mA
開口 $\Delta \theta_H$	0.215 rad.	0.036 rad.	0.070 rad.	0.30 rad.
$\Delta \theta_V$	0.08 rad.	0.0125 rad.	0.06-0.12 rad.	0.036 rad.
λ_V for $\Delta \theta_V/2 = \theta_C$	0.3 mm	0.02 mm	0.18-1.4 mm	0.04 mm
$I_e ho^{1/3} \Delta heta_H$	0.08	0.012	0.031	0.11

*shoji@lasti.u-hyogo.ac.jp

PASJ2018 WEP127

子数であれば UV-SOR の BL6B を凌ぎ, SPring-8 の BL43IR の約 10 倍の光子数が可能になる.

2. 逆偏向電磁石内真空チェンバー

2.1 現状のビームダクト

ニュースバル逆偏向電磁石部の真空ダクトはアル ミ製で Fig. 1のようになっている.上からの平面図 が Fig. 2 で,真空内部の高さは電子ビームが通過す る部分は \pm 10mm あるが,ビームが通過しない部分は \pm 5mm の設計である.現状では初段平面ミラーを, \pm 5mm 部分に設置し,90 度上方向へ曲げるしかない. 放射光を受ける初段ミラーがアブゾーバーまたはミ ラースリットを設置しない単純平面であるとする場 合でも acceptance は水平方向に 0.06 radian,垂直方 向は光源点に依存し, \pm 0.012~0.015 rad でしかない. この acceptance では能力不足である.



Figure 1: Flat view of the present beam duct.



Figure 2: Side view of the present beam duct.

2.2 新規製作のビームダクト

真空チェンバーを作り変える場合は排気口の RF シールドを狭めることで $\Delta\theta_{H}$ =0.07 rad.に拡大できる. $\Delta\theta_{V}$ を決めるのは、上流発光点に対しては bending magnet 出口の vertical acceptance になる.最上流に 対して <u>+0.03</u> rad. であり、発光点が下流に移るに 従って拡大していく、最上流から 0.07 rad.で<u>+0.06</u> rad.に達する.

Figure 2 が横から見た現在のビームダクトである が、これを改造する.現在設置されている 6 極磁場 発生用 pole face winding は撤去し, アルミから SUS $f_x > n - c \infty$ 更することで既に述べたように vertical angle acceptance を 0.06~0.12 rad.まで拡大する. Vertical inner size は acceptance が偏向電磁石出口で 決まるように, コイル出口に向けてテーパー状に拡 大するが, 電子ビームが通過する中央部はフラット で+14mm のままとする.

2.3 熱負荷ミラーと光子数

光学ラインは、初段は制作が容易で精度の出やすい水冷フラットミラーで垂直に光をはね上げ、第2ミラーで光学収束させる。第一ミラーは熱変形が予想できるが、1GeV 300mA top-up operation で実現する変形に対して第2ミラーより下流に非線形ミラーを設置する [4].

現時点で予想されるフォトン数の概算を Fig. 3 に 示しておく. 波長にして λ_V =180 μ m 付近までは下式 で与えられる.

$$\frac{d^2 N}{(\frac{d\omega}{\omega})dt} \approx \left(\frac{0.3e}{ch}\right) \left(\frac{\omega\rho}{c}\right)^{1/3} \ 0.07 \qquad (4)$$

より長波長では vertical acceptance の制限から垂直 偏光の光子数が式計算より減りだす.



Figure 3: Number of photons expected at NewSUBARU IR-BL.

3. 偏向電磁石内真空チェンバー

偏向電磁石からの放射光をリング外側に出そうと するなら,Table 1 に示すように,偏向電磁石の垂直 方向 acceptance は±0.018 rad.と小さくなってしまう. 光源から出た光が偏向電磁石外側の磁極ギャップを 出るまで 0.82m,コイルギャップを出るまで 1.17m あ るからである.コイルギャップ内に水冷ミラーを設 置するのは難しく,結局は UV-SOR BL6B[2]のよう なレイアウトにせざるを得ない.具体的には Fig. 4 の形状である.初段ミラーは幅 60cm,後段 magic mirror は 1m 近い大きさになってしまうだろう.

PASJ2018 WEP127



Figure 4: IR extraction mirror for normal bend.

4. 分析ライン

IR ビームラインの概要は赤外顕微分光を主とする Fig. 5 の構成で考えている。高度権の方針である 産業利用[5-9]が期待できるだろう。

設置スペースは,現在可視放射光モニターSR5 が 設置されているエリアを考えている.垂直方向の光 軸移動が小さくて済むため,ほぼ直接の目視で設置 できる.



Figure 5: Rough design of IB-BL.

5. おわりに

電子蓄積リングニュースバルへの赤外ビームライン設置について検討した. SPring-8 BL43IR と同程度のフォトン数を供給する,利用可能な赤外ビームラインを設置できる.

予算規模は蓄積リングからの光取り出しに 0.3 億 円,分析装置を含むビームラインに 2.5 億円程度を 予想している.

参考文献

- [1] ジャクソン「電磁気学」第14章,吉岡書店.
- [2] UV-SOR BL6B;
- https://www.uvsor.ims.ac.jp/beamlines/6B/bl6b.html [3] 森脇太郎,池本夕佳,木下豊彦,「BL43IR の現状

(2014)」, SPring-8/SACRA 利用成果集, Vol3, No.1;

https://user.spring8.or.jp/resrep/?p=3500

- [4] 松本卓也,小林花綸,庄司善彦,皆川康幸,竹村育浩, 「可視光ビームモニターライン初段ミラーの熱変形補 償」,第68回日本物理学会年会,(March 26-29,広島 大学 東広島キャンパス).
- [5] 岩崎望, 長谷川浩, 鈴木淳, 村岡英一, 「SR-IR 分析による宝石サンゴ成長速度の推定」, 第6回 SPring-8 産業利用報告会 JP-01, 2009.
- [6] 山本友之,西原優子,田村直久,「エチレン-ビニルア ルコール共重合体(EVOH)のシュリンクに伴う構造お よび配向変化の評価」,第6回 SPring-8 産業利用報 告会 JP-21,2009.
- [7] 稲益悟志, 他, 「顕微 IR を使用した毛髪内部浸透成 分解析」, 第2回 SPring-8 合同コンファレンス, 2011.
 [8] 鈴田和之, 前田貴章, 渡邉紘介, 伊藤廉, 「顕微 IR
- [8] 鈴田和之,前田貴章,渡邉紘介,伊藤廉,「顕微 IR を用いた美容処理に伴う毛髪内システイン酸の分布挙 動の可視化」,第 11 回 SPring-8 産業利用報告会, 2014.
- [9] 稲益悟志, 森脇太郎, 池本夕佳,「ヒト毛髪内部浸透 成分解析、及び、ヘアトリートメント効果評価」, 第 13回 SPring-8 産業利用報告会, 2016.