

SUPPRESSION OF COHERENT SYNCHROTRON RADIATION IN METALLIC SHIELDS[†]

Ryukou KATO, Masayuki OYAMADA, Shigekazu URASAWA, Toshiharu NAKAZATO,
Satoshi NIWANO^{††}, Masahiro YOSHIOKA, Yoichiro UMETSU, Tatsuya YAMAKAWA,
Mikihiko IKEZAWA*, Yukio SHIBATA*, Kimihiro ISHI*, Tsutomu TSUTAYA*,
Toshiharu TAKAHASHI* and Toshinobu KANAI*

*Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University
1-2-1 Mikamine, Taihaku-ku, Sendai-shi, 982 Japan*

**Reserch Institute for Scientific Measurements, Tohoku University
2-1-1 Katahira, Aoba-ku, Sendai-shi, 980 Japan*

ABSTRACT

It has been predicted by theories that the intensity of coherent synchrotron radiation in long wavelengths would be remarkably suppressed by shielding effect due to conducting boundaries. By changing the boundary condition, the intensity of coherent SR at fixed wavelengths has been measured. The result of the experiment shows that the intensity is reduced when the boundary was narrowed.

導体境界によるコヒーレント放射光発生 の抑止効果

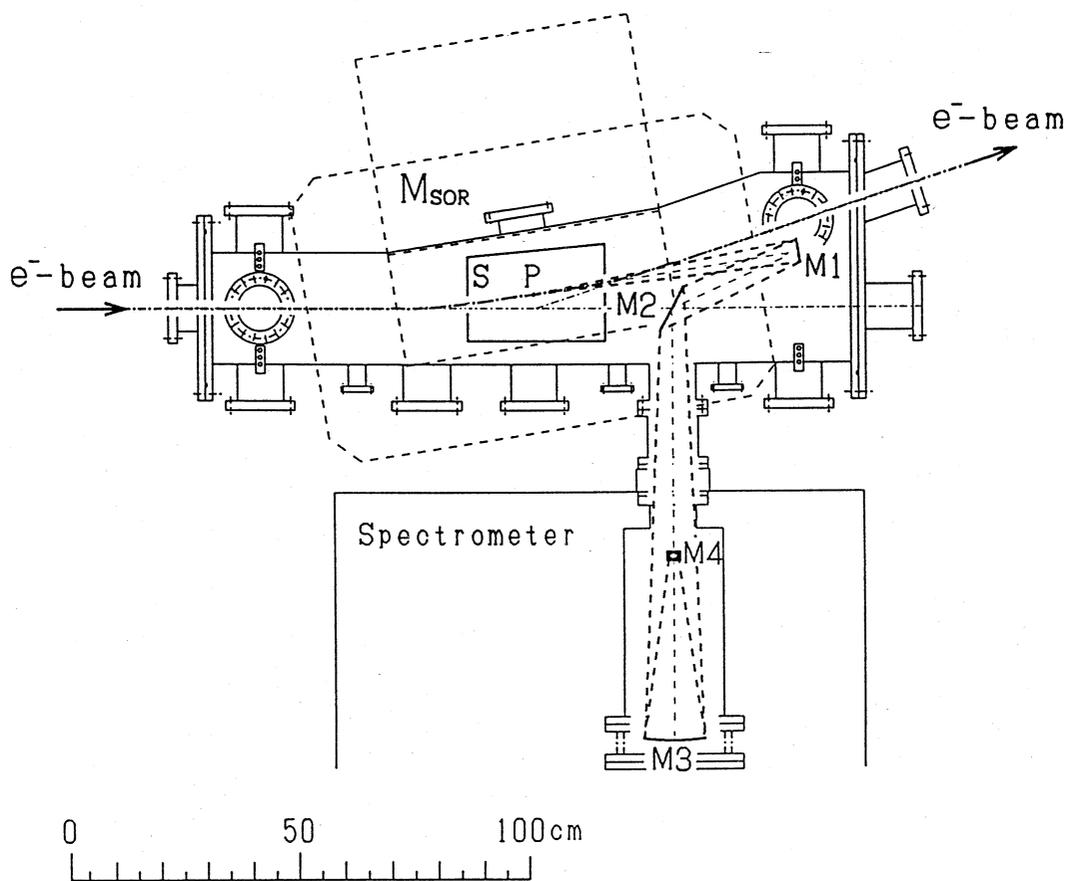
1. はじめに

これまでに東北大学核理研で観測されたコヒーレント放射光のスペクトル^{1, 2, 3)}は波長1~2mm付近にピークを持ち、その両側で急激に強度は減少している。コヒーレント放射光の理論⁴⁾によれば、放射光強度は(波長を λ とすると)ピークよりも短波長側では $\lambda^{8/3}$ で、ピークよりも長波長側では $\lambda^{-1/3}$ で減少すると予測される。しかし、実際に観測された長波長領域のスペクトルの強度の減少傾向は $\lambda^{-1/3}$ よりも急激であった。この原因としては次の2つの理由が考えられる。ひとつはコヒーレント放射光の角度分布が通常のコヒーレントな放射光の角度分布よりも広がっている場合である。実験装置の集光系の立体角はインコヒーレントな放射光の角度分布を基に設計されているため、コヒーレント放射光の角度分布がインコヒーレントな放射光のそれよりも広がっている時には十分な受光角が得られていない可能性がある。ふたつめは真空ダクトの存在によるシールド効果⁵⁾の影響である。これまで加速器の真空ダクト内で発生する輻射場は、自由空間で発生する場と異なり、長波長領域での強度が強く抑止されると考えられてきた。インコヒーレントな放射光の強度が長波長領域で抑止されている場合には、コヒーレント放射光の強度も同様に抑止されていると考えられる。

本実験ではこのシールド効果に着目し、コヒーレント放射光の発生領域のダクト形状を変えて、境界条件の変化に対するコヒーレント放射光発生 の抑止効果を観測した。

[†]本研究の一部は文部省科学研究費補助金(課題番号 02740134、03504001、03640258)の援助によるものである。

^{††}現在、松下電器(株)。



第1図 実験装置の配置図。鏡M1, M2, M3は軌道平面上にあり、M3で集光された放射光は軌道面よりも80mm下に設置された鏡M4で分光器に対し上から入射される。
 M_{SOR} : 放射光発生用偏向電磁石、 S : シールド板 (平行アルミ板)
 P : 放射光発光点、 M1, M2, M4 : 平面鏡、 M3 : 集光鏡

2. 実験装置

実験装置の配置図を第1図に示す。ビーム条件はエネルギー50MeV、エネルギー幅0.2%、パルス幅 $2\mu\text{sec}$ 、パルス繰り返し300pps、加速周波数は2856MHzで、電子は位相角で 5.5° にバンチしていると考えられている。

電子ビームは図中左側から入射し、放射光発生用偏向電磁石で曲率半径2.44mの円軌道を描き、その軌道を 18.42° 曲げられた後、ダンプ用偏向電磁石に入射する。電子ビームはダンプ用偏向電磁石で軌道を入射ラインと平行に戻されたあと、ビーム電流モニターを通過し、ビームダンプに捨てられる。

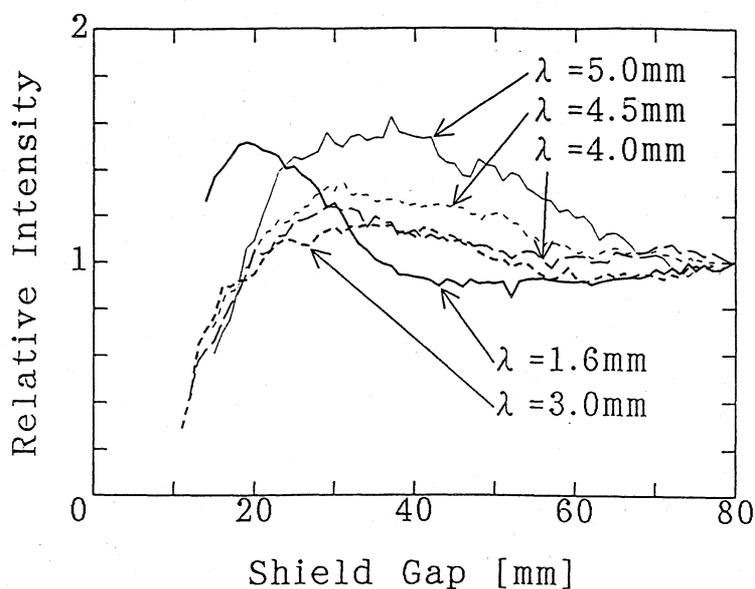
放射光発生用偏向電磁石上で放出されたSR光はM1、M2の2つの平面鏡、集光角70mrad口径 $\phi 150\text{mm}$ の球面鏡M3、平面鏡M4を経て、分光器に導かれる。分光器は平面回折格子を用いたツェルニー・ターナー型である。これにより分光されたSR光は、液体ヘリウム温度に冷却されたシリコン・ボロメーターにより検出される。

SR光の発光点近傍には上下2枚のシールド板 (平行アルミ板・厚さ1mm) がビームの軌道面に対し水平・等間隔にセットされており、その間隔は全幅14.8~80mmの間で可変である。シールド板の形状は $180 \times 200 \times 300\text{mm}$ (上流辺 \times 下流辺 \times 長さ) の台形であり、下流側から50mmまではシールド板間隔を狭めたときにSR光の立体角を制限しないように約100mradの角度を付けている。

3. 測定結果

実験は1.6、3.0、4.0、4.5、5.0mmの5つの波長について、シールド板間隔を変化させてコヒーレント放射光の強度の変化を測定した。これを第2図に示す。図中のデータはシールド板間隔全幅80mmのときのそれぞれの波長の強度で規格化してある。

図に示されているように、放射光強度はシールド板間隔を狭めるにつれて一旦増加したのちに減少する。その傾向は波長1.6mmと3.0~5.0mmでは異なり、波長3.0~5.0mmの強度はシールド板間隔が狭まるにつれて急激に減少している。波長3.0~5.0mmの場合には長波長になるほど相対的な強度増加の割合が大きくなる。



第2図 シールド板間隔とコヒーレント放射光の強度。波長を固定しシールド板間隔を変えながら、放射光強度を測定した。横軸はシールド板間隔（全幅）。縦軸はそれぞれの放射光強度をシールド板間隔80mmのときの強度で割った相対値。

4. まとめ

導体境界の変化によりコヒーレント放射光の強度は増減することが確認された。この放射光の抑止効果の研究はリニア・コライダーのバンチ圧縮アーク部や大型の円形加速器の偏向部などコヒーレントな放射光損失が無視し得ない加速器のダクト形状の決定に有益であると考えられる。

引用文献

- 1) T. Nakazato, M. Oyamada, N. Niimura, S. Urasawa, O. Konno, A. Kagaya, R. Kato, T. Kamiyama, Y. Torizuka, T. Nanba, Y. Kondo, Y. Shibata, K. Ishi, T. Ohsaka and M. Ikezawa, Phys. Rev. Lett. 63 1989, pp.1245-1248.
- 2) Y. Shibata, K. Ishi, T. Ohsaka, H. Mishiro, T. Takahashi, M. Ikezawa, Y. Kondo, T. Nakazato, M. Oyamada, N. Niimura, S. Urasawa, R. Kato and Y. Torizuka, Nucl. Instr. & Meth. A301 1991, pp.161-166.
- 3) K. Ishi, Y. Shibata, T. Takahashi, H. Mishiro, T. Ohsaka, M. Ikezawa, Y. Kondo, T. Nakazato, S. Urasawa, N. Niimura, R. Kato, Y. Shibasaki, and M. Oyamada, Phys. Rev. A43 1991, pp.5597-5604.
- 4) F. C. Michel, Phys. Rev. Lett. 48 1982, pp.580-583.
- 5) J. S. Nodvick and D. S. Saxon, Phys. Rev. 96 1954, pp.180-184.