

[P8-32]

Test Experiment for Bunch Form Measurement using Coherent Radiation

Katsumi WATANABE, Masayuki OYAMADA, Shigekazu URASAWA, Fujio HINODE, Bibo FENG
Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University
1-2-1 Mikamine, Taihaku-ku, Sendai 982-0826, Japan

Mikihiko IKEZAWA, Toshiaki OHSAKA, Yukio SHIBATA, Kimihiro ISHI, Tsutomu TSUTAYA,
Satoshi SASAKI, Yoichi SUGIYAMA
Research Institute for Scientific Measurements, Tohoku University
2-1-1, Katahira, Aoba-ku, Sendai 980-8577, Japan

Yasuhiro KONDO, Toshihide YOSHIMATU
Department of Applied Physics, Tohoku University
Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8579, Japan

Abstract

In our laboratory, the experiment of coherent radiation was resumed after the blank period for three years for construction of the STB(Stretcher-Booster Ring). Then, the Martin-Puplett type interferometer was constructed, and test experiment for bunch form measurement was done. Spectra of coherent transition and diffraction radiation were measured, but they were unexpected. In this paper, the measurement result is reported and discussed.

コヒーレント放射によるバンチ形状測定のためのテスト実験

1. はじめに

1989年、東北大核理研でコヒーレント放射光が世界で始めて観測¹⁾されて以来、コヒーレント放射に関するさまざまな研究^{2,3)}が行われてきたが、1995年からストレッチャー・ブースタリング(STB)の建設が始まってから、本研究施設でのコヒーレント放射実験はとどえていた。1998年にSTBが完成し、再びコヒーレント放射の実験が再開された。STB建設にともないビーム偏向室が整備され、ここでライナックからのパルスビームを使用した実験が可能になった。

本研究ではマーチン・パプレット型干渉計を設計、製作し、干渉分光による方法でコヒーレント放射を計測しバンチ形状を求める方法の準備実

験として遷移放射、回折放射のスペクトル測定を行った。その結果について報告する。

2. コヒーレント放射によるバンチ形状計測

バンチ形状を計測する方法としては、ビームによって発生する光、たとえば遷移放射光、チェレンコフ光、シンクロトロン放射光等をストリークカメラによって測定する方法がある。ストリークカメラの分解能は0.2ps程度であり、将来計画されているリニアコライダーのバンチ長0.27psを計測するには誤差が大きすぎる。これに対し、コヒーレント放射の測定によるバンチ形状計測では、分解能がスペクトル測定可能範囲の短波長端によるため、十分な分解能が得られる。

コヒーレント放射のスペクトル $I_{tot}(\omega)$ は、次式で与えられる。⁴⁾

$$I_{tot}(\omega) = I(\omega) \{ N + N(N-1)f(\omega) \} \quad (1)$$

ここで、 N はバンチ内粒子数、 $I(\omega)$ は素過程の放射スペクトル、 $f(\omega)$ はバンチ形状因子である。コヒーレントな場合においては、実際のバンチ内粒子数は非常に大きいので、(1)式で N についての1次の項は無視できて

$$I_{tot}(\omega) \approx N^2 f(\omega) I(\omega) \quad (2)$$

と書ける。スペクトルとビーム電流の測定から $I_{tot}(\omega)$ と N が分かり $I(\omega)$ は理論計算から求められるので(2)式から形状因子が計算でき、これを逆フーリエ変換すればバンチ形状が得られる。

3. 測定

今回、マーティン・パレット型（振動面分割型）の干渉分光計を製作し、これを用いて測定を行った。測定系ブロック図を図1に示す。マーティン・パレット型はビームスプリッターとしてワイヤグリッドを用いるものである。そのため、ワイヤーの間隔（ここでは $25\mu\text{m}$ ）より長波長側全領域での測定が可能で、波長領域でビームスプリッターを換える必要のあるマイケルソン型より有利である。検出器はヘリウム冷却の Si ボロメータを用いている。可動ミラー制御およびデータ収集は GP-IB を介して、パーソナルコンピュータによって行う。

遷移放射、回折放射用のターゲットは、厚さ 3mm の回転円盤上の円孔（ $\phi 40 \times 6$ ）に取り付けてあり、リモートで交換できるようになっている。図2にターゲットの形状を示す。使用したターゲットは遷移放射用 Al 箔が1枚、回折放射用の円孔 $\phi 5$ 、 $\phi 10$ 、 $\phi 15$ 及び幅 10mm のスリットが開いた Al 箔である。いずれも厚さは $15\mu\text{m}$ である。残り1つの円孔にはスポットサイズを見るための蛍光板（BeO）を取り付けてある。観測する放射はビームに対して 90° 方向の後方放射である。

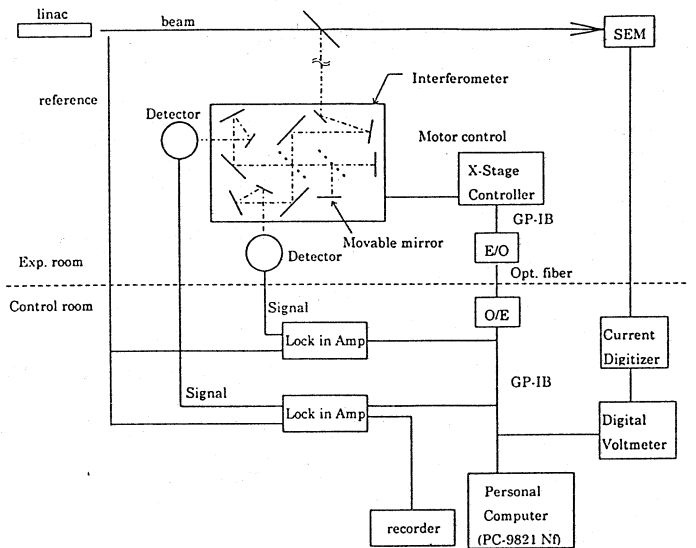


図1. 測定系ブロック図

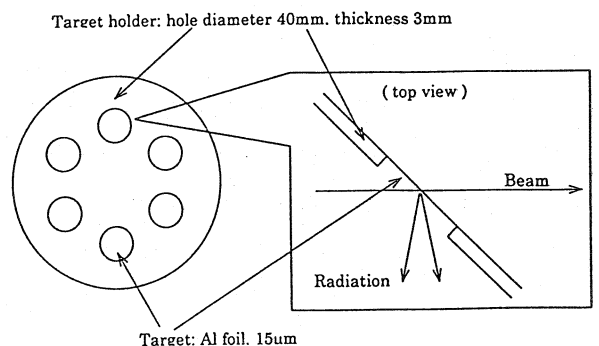


図2. ターゲット

測定ビーム条件は、加速周波数 2.856GHz 、ビームエネルギー 150MeV 、パルス幅 $2\mu\text{s}$ 、繰り返し 16.7Hz 、ビーム電流値 約 80nA （ビーム偏向室での SEM(Secondary Emission Monitor) による測定値）、ビーム径 5mm （ターゲット位置）である。

4. 測定結果と考察

得られたスペクトルを図3に示す。

理論によれば、回折放射のスペクトルは遷移放射のスペクトルに比べ、非常に小さいはずなのだが、実験で得られた回折放射のスペクトルは遷移放射のそれと同等の強度を持っている。ビームの裾が回折孔の外側部分に掛かり遷移放射を出し

ている可能性も検討してみたが、回折放射においては、粒子の大部分は回折孔を素通りするので、遷移放射の強度と同程度の強度をもつということは考えられない。また、すべてのスペクトルにおいて水蒸気の吸収とは異なるディップが見られる。はじめ、光取り出し窓（熔融水晶）での干渉と思われたが、高圧水銀灯のスペクトルを窓のある場合とない場合とで計測してみたところ、一様な減衰が見られるのみで取り出し窓が原因でないことがわかった。スペクトルの波打ちの山の間隔が 2.2cm^{-1} であることから干渉を起こしていると思われる平行平板の厚さを計算すると 1.1mm となった。この厚さで光学系内にあるものは、光の入射する一番最初のミラーがあったが、干渉計には正しく取り付けられており。これも原因から除外された。他の原因として考えられるのはターゲットの形状（図2参照）、ビームの横方向への広がり等があるが、これらについては追試を行い、検討する予定である。

5. まとめと今後の課題

コヒーレント放射によるバンチ形状計測のための予備実験として、コヒーレントな遷移放射、回折放射のスペクトル測定を行ったが、原因不明の波打ちのあるスペクトルが得られた。今後は、追試を行って原因を調べ、ターゲットの改良等により遷移放射、回折放射を用いたバンチ形状モニタとしての最適化を行っていきたいと考えている。また、他の共同実験として東北大学科学計測研究所のラピッドスキャン干渉計によるバンチ計測の研究を行っており、干渉図形の測定からバンチ形状の表示までを数秒から十数秒の間で行うことが可能である。科研のグループ、東北大学大学院工学研究科応用物理学専攻のグループそれぞれのポリクロメータでの測定実験も行っている。

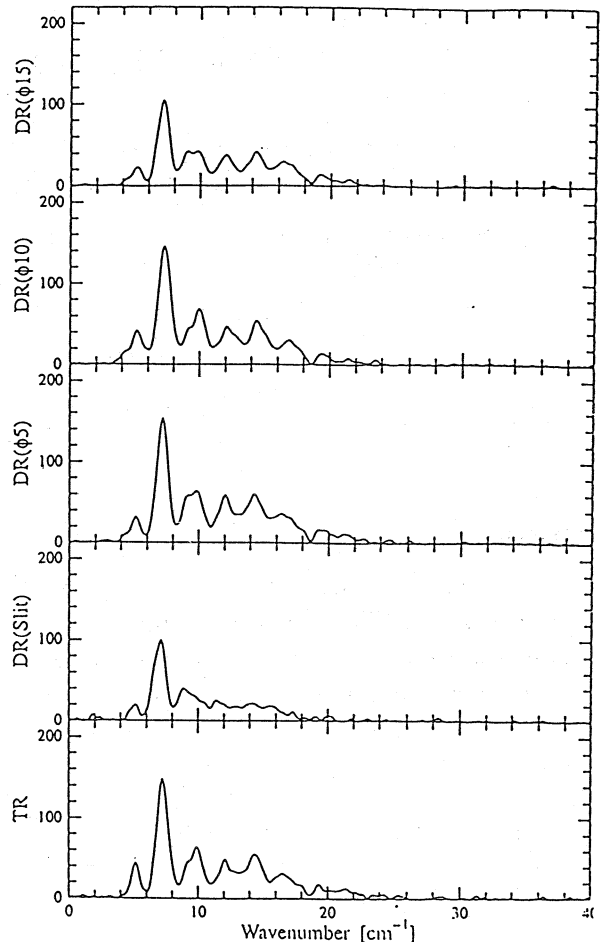


図3. スペクトル

参考文献

- 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) 1245.
- 2) Y. Shibata, K. Ishi, T. Takahashi, T. Kanai, F. Arai, S. Kimura, T. Ohsaka, M. Ikezawa, Y. Kondo, R. Kato, S. Urasawa, T. Nakazato, S. Niwano, M. Yoshioka and M. Oyamada, Phys. Rev. E 49 (1994) 785.
- 3) Y. Shibata, S. Hasebe, K. Ishi, T. Takahashi, M. Ikezawa, T. Nakazato, M. Oyamada, T. Yamakawa and Y. Kondo, Phys. Rev. E 52 (1995) 6787.
- 4) R. Rai and A. J. Sievers, Phys. Rev. E 50 (1994) R3342.