

COHERENT CHERENKOV RADIATION FROM A SINGLE BUNCH BEAM

J. Ohkuma, S. Okuda, K. Tsumori, N. Kimura, T. Yamamoto, T. Hori and S. Takamuku
The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University
8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567, Japan

ABSTRACT

Coherent effects in far-infrared region of Cherenkov radiation and transition radiation have been observed for the first time in air with an intense electron bunch from the L-band linac of Osaka university. Measurements of far-infrared wave show that the Cherenkov cone angle is wider than the ordinal one. The shift in the radiation peak may be understood as a diffraction effect.

シングルバンチによるコヒーレントチェレンコフ放射光

1. はじめに

電子リニアックの短バンチ特性を生かして、遠赤外線領域で高輝度のコヒーレントシンクロトロン放射が得られることが東北大学で実証され¹⁾、さらに阪大L-バンドリニアックの大電荷シングルバンチを用いて強度の高いミリ波を検出したが²⁾、磁場を使わず遷移放射光やシングルバンチの空気中通過によるチェレンコフ発光において同様なコヒーレント効果による大強度ミリ波を発生させる事ができた。そのスペクトルの厳密な測定は終わっていないが、バンドパスフィルタを用いたスペクトル解析、チェレンコフ放射角やその回折現象などについて報告する。

2. シングルバンチ

阪大L-バンドリニアックの最大エネルギーが低いため、短波長領域のシンクロトロン放射光を発生利用することは無理であるが、加速器設置当初からパルスラジオリシス等への利用を目的に、1/12サブハーモニックバンチャー(SHB)を備えて大電荷シングルバンチを発生させていることが特徴であり、さらに電子捕集効率をあげるため2台の1/6SHBを加えて改良し、ピーク電流値を1桁以上増強できた。シングルバンチ当り60nC(電子数 4×10^{11} 個)以上の電子を加速できる特性は³⁾放射強度が電子数の2乗に比例するコヒーレンス放射の検証に有効である。

3. チェレンコフ放射

本来チェレンコフ光は、屈折率 n の透明誘電体たとえば空气中を高速電子の通過にともない $\cos \theta = (1/\beta n)$: [チェレンコフ条件] であらわされる θ 方向に放射される光のコヒーレントな波面として観測されるものである。光強度は電子数に比例し電子当り放射される光は次式で表され、空気では紫外線から可視光の放射が主で長波長ほど弱くなる。

$$N(\lambda) = 2\pi\alpha L \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \left(1 - \frac{1}{\beta n} \right)$$

$\alpha = 1/137$ (核微細構造係数), $L =$ 媒質中電子飛行距離。

30ピコ秒バンチ30MeV高速電子からの放射光の波長がバンチ幅に比べ長く、バンチ内電子相互の位相差が無視できる領域すなはち遠赤外からミリ波領域でチェレンコフ放射光がコヒーレンスすると強度は飛躍的に増大する。これを検証するための30nCシングルバンチビームを用いた空气中チェレンコフ光発生と測定システムを図1に示す。また表面鏡を回転することにより放射光の角度分布をもとめた結果を図2に示す。

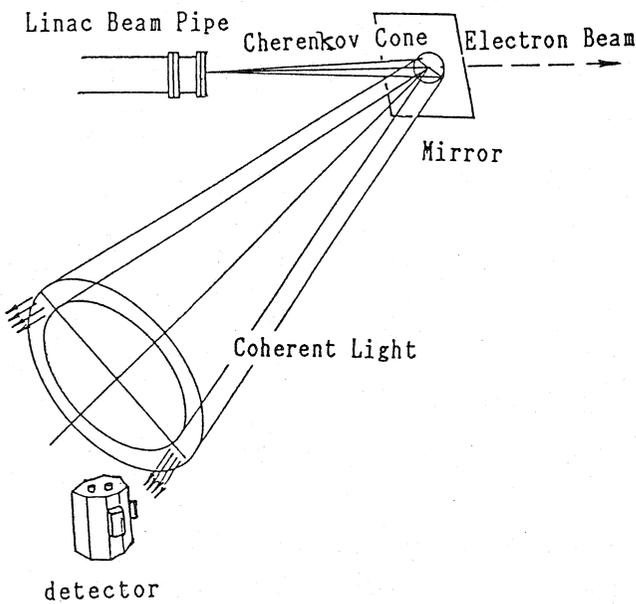


図1. 遠赤外チェレンコフ光測定系配置

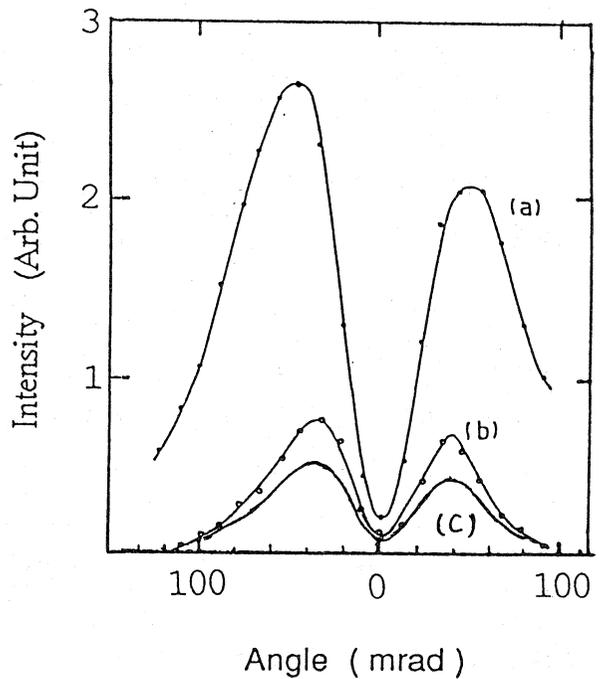


図2. 遠赤外チェレンコフ光角度分布
測定波長幅 a) 100 μ m ~ 3 mm
b) 1 ~ 1.4 mm
c) 400 ~ 700 μ m

電子はリニアック終端窓から空气中50 cm位置に置かれたAu蒸着表面鏡を透過させ、空気チェレンコフ光のみ鏡で垂直方向に反射させ100 μ m \sim 3 mm領域の遠赤外Siボロメーター検出器で測定した。

鏡回転による放射光角度分布の測定では明らかにコーン状チェレンコフ放射の特徴を示す分布が見られるが、放射半頂角は30 MeVビームでのチェレンコフ条件から与えられる $\theta = 1.02$ 度に比べ大きい。

4. まとめ

シンクロトロン放射には偏向電磁石などが必要であるが、追加設備なしで高輝度の遠赤外光を発生できた。又チェレンコフ放射角が小さいため集光が容易である。30 psのバンチ幅より短い波長域(ミリ波ないしサブミリ波)で通常放射強度より10桁に近い強度増大結果を得た。これらスペクトルはバンチ内微細電子密度の形状因子に関係するもので⁵⁾、短波長強度などはフーリエ分光装置での測定解析中である。真空チェンバーによるTi箔のみの遷移放射光についても測定した。

遷移光、チェレンコフ角測定において、3種のメッシュを含む数種のバンドパスフィルタを組み合わせて波長域分離測定した結果によると、長波長側ほどチェレンコフ角が大である。電子の有限飛行距離Lに基ずく光回折効果を考慮した計算もあるが⁵⁾、その広角度範囲の回折や垂直方向への放射など対比検討が必要である。

本研究を行なうに当たりご協力頂いたユニコンシステムの末峰昌二氏に深く感謝致します。

Reference

- 1) T. Nakazato, M. Oyamada, N. Niimura, S. Urasawa, O. Konno, A. Kagaya, R. Kato, T. Kamiyama, Y. Torizuka, T. Nanba, Y. Kondo, Y. Sibata, K. Ishi, T. Ohsaka and M. Ikezawa, Phys. Rev. Lett. 63, 1245(1989).
- 2) J. Ohkuma, K. Tsumori, S. Okuda, N. Kimura, T. Yamamoto, T. Hori, S. Suemine and S. Takamuku, Proc. of the 15th Linear Accel. Meeting in Japan, 1990, 218-220.
- 3) M. Kawanishi, K. Hayashi, T. Okada, S. Takamuku, K. Tsumori, S. Takeda, N. Kimura, T. Yamamoto, T. Hori, J. Ohkuma, and T. Sawai, Mem. Inst. Sci. Ind. Res. Osaka Univ. 43, 3 (1986).
- 4) J. Ohkuma, S. Okuda, and K. Tsumori, Phys. Rev. Lett. 66, 1967(1991).
- 5) X. K. Maruyama, F. R. Buskirk and J. F. Neighbours, Nucl. Instr. Meth. B24/25, 921 (1987).