

[P 1-13]

DEVELOPMENT OF THE LIGHT SOURCE BY USING THE COHERENT RADIATION FROM THE SINGLE-BUNCH ELECTRON BEAM OF THE ISIR LINAC

Okuda S., Yokoyama K.*, Kato R. and Takahashi T.**

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University
8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567, Japan

ABSTRACT

The characteristics of the far-infrared light source by using the coherent transition radiation emitted from the high-intensity single-bunch electron beam of the L-band linac at ISIR, Osaka University have been investigated. Relatively stable and highly intense radiation has been observed. The intensity of the light source is evaluated to be a few orders of magnitude higher than one using a synchrotron-radiation ring in the wavelength region from submillimeter to millimeter. The other features of this unique light source are discussed.

産研ライナックの単バンチ電子ビームからのコヒーレント放射光による光源開発

1. はじめに

阪大産研Lバンド (1300MHz) 電子ライナックでは、単バンチビームにより電子線照射に伴う高速過渡現象を調べることが利用研究の主要な課題である。このため特殊なバンチャーシステムを備えており、他のライナックにない、極めて高強度の単バンチ電子ビームを発生することができる。この単バンチビームの特徴を活かして最近行われている高強度放射光の発生研究において、単一光パルスとして放射される、赤外自由電子レーザー¹⁾やコヒーレント放射光²⁾が得られている。

電子ビームから光を発生するの種々の放射過程において、電子のバンチ長と同程度以上の長い波長領域 (サブミリからミリ波域) で放射がコヒーレントになる。この放射光は、比較的短い時間幅を持つバンチ列からなるライナックのビームによって観測され、現在この放射過程に関する研究が行われている。われわれはこれまでに、産研ライナックの単バンチビームを用いてこのコヒーレント放射光の発生研究を行ってきた。この研究で、極めて高い強度の放射を観測すると共に²⁾、コヒーレント放射光のスペクトルがバンチの形状に密接に関係していることから、このスペクトルとバンチ形状との関係を調べ³⁾、また加速器における

バンチ形状の制御特性を調べた⁴⁾。

コヒーレント放射光は連続スペクトルを持った高強度の単パルス遠赤外光で、新しい光源としての開発が期待され、利用の準備が進められている。産研ライナック (図1) の特徴は、多くのバンチャーで構成される電子バンチの圧縮システムで、一バンチ内の電子の個数の最大値が 4×10^{11} と他のライナックに比べて1桁以上大きい。このため、極めて強い光源として利用できる可能性がある。本研究ではこのような特徴ある光源の開発を目的として、コヒーレント放射光の特性の測定を行った。

2. コヒーレント放射光と光源の特徴

コヒーレント放射光は連続スペクトルを持ち、バンチ長 (0.3~10 mm) と同程度の波長で強度が最大となり、より短い波長では急激に弱くなる。十分長い波長における強度は、バンチ内の電子の個数の2乗に比例するのでインコヒーレントな放射に比べてはるかに強力になる。

産研Lバンドライナックのビームのうち電荷量の多い単バンチビームとマイクロ秒の長パルスビームからのコヒーレント放射光の強度を比較すると、表1のようになる。ここでコヒーレント効果が完全である理想的な場合を考えて放射光強度を推定している。またビーム条件は一般的なものを選んだ。平均的な放射光強度としても前者が1桁程度

* Faculty of Nucl. Eng., Osaka Univ..

** KUR.

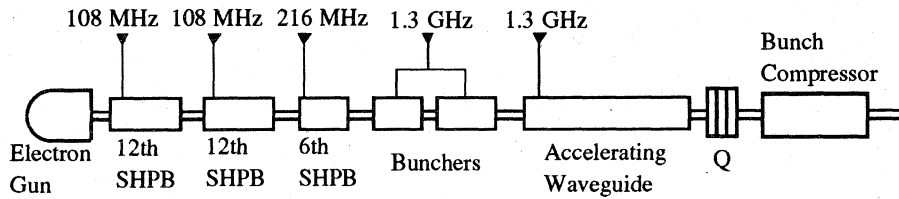


図1 阪大産研Lバンド電子ライナック

表1 産研ライナックの2種のビームからのコヒーレント放射光強度の比較

	単バンチ	マルチバンチ
パルス幅	20~30 ps	2 μ s
バンチの数	1 /pulse	2600 /pulse
バンチ当りの電荷	30 nC	0.23 nC
全電荷	30 nC/pulse	600 nC/pulse
パルス繰り返し	360 pps	120 pps
ピーク放射光強度比	17000	1
平均放射光強度比	20	1

強い。このことから、コヒーレント光源に、単バンチビームを利用する。この場合さらに、ピーク強度が極めて高い、ピコ秒単一パルス光という特徴がある。

赤外分光に利用されている光源としてシンクロトロン放射光がある。これはインコヒーレントであるが、サブミリ波からミリ波域における強度が黒体光源をうわまわる、連続なスペクトルを持った高輝度光源で、電子蓄積リングの特色ある光源のひとつである。この既存の光源とコヒーレント光による光源との強度などの特徴の比較が重要で

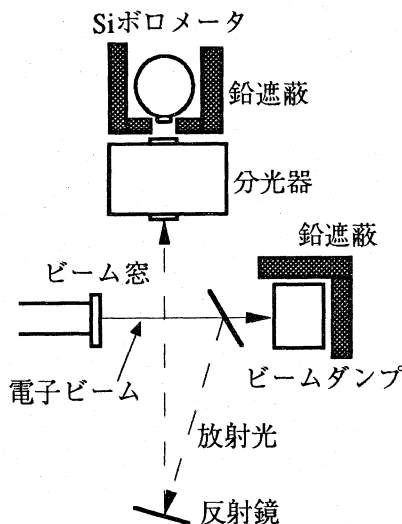


図2 放射光測定配置

ある。

3. 装置および測定条件

測定配置を図2に示す。単バンチ電子ビームのエネルギーは28-30 MeV、バンチ当りの電子の電荷量は約30 nCである。ビームパルスの繰り返しは通常60 ppsであるが、最大360 ppsが可能である。バンチの時間幅は、20-30 psであるが、バンチ形状を制御する要素として、図1のように加速管出口に4極の電磁石によるバンチコンプレッサーが設置されている。この装置による圧縮で、バンチ幅を10 psまで短くすることができる。

電子ビーム輸送系の端部に設けられたチタン箔の窓、およびビームが透過する反射鏡の表面よりコヒーレントな遷移放射光が放射され、これを反射鏡（凹面鏡）で集光して分光器に導かれる。反射鏡は、表面に金をコートしたものである。予備的な測定においては、バンドパスフィルターによって分光し、その後、回折格子による分光器を用いた。遠赤外検出器として、液体ヘリウム冷却Siボロメータを用いた。

検出器は、その測定機構から比較的X線を感じにくい、室内における高いX線バックグラウンドの影響を避けるために検出器の周りを鉛遮蔽で覆った。

4. 測定結果および考察

検出器を鉛で遮蔽することによって、X線によるノイズは、検出器のノイズレベルにまで弱められた。

これまでに測定された遠赤外光の波長域は0.5-5 mmで、波長2-3 mmで強度が最大となる。この放射は中心軸からある角度を持って、円錐状に観測されるが、これを全部集光したときの強度は、1%バンド幅当り最大で約 10^{17} photonsで、インコヒーレントな放射光に対して計算される強度に比べて約10桁大きい。

他の施設におけるライナックのビームによるコヒーレント放射光の測定は、マルチバンチビームを用いて行われている。この放射光の強度は、各バンチからのものの和となり、測定結果として放射光マイクロパルス間で平均がなされたものが得られると考えられる。単バンチビームによる測定では、加速器のマイクロ波要素における変動がバンチ形状をわずかに変化させ、これによる光強度の変化が特に短い波長において比較的大きく観測される。今回得られた結果では、信号強度の安定性は±5%以下で、パルス信号の時間的な平均をとることによって安定性はさらに向上した。

コヒーレント放射光のバンチ当りの強度を、これまでに他のライナックについて報告されたものと比較した場合、産研ライナックの単バンチビームからの放射光の強度が最も大きい。放射強度はバンチ内の電子の個数の2乗に比例するので、2桁以上の差があると考えられる。また平均の光出力を比較しても、現在利用されている蓄積リングからのインコヒーレントなシンクロトロン放射光による遠赤外光源よりも数桁強度が高い。ただし光の平行度を考慮した輝度については、光を集光して利用する場合などに重要であるが、今回は測定を行っていない。

5. まとめ

本研究で、単バンチビームからのコヒーレント放射光を測定した。この結果、遠赤外パルス光源として他の装置では実現できない優れた特性が明らかになった。

また、コヒーレント放射光の特性を向上させると共に、光源としての環境を整備する予定である。さらに、この光源を利用した特徴ある応用研究について検討を行う。コヒーレント、ピコ秒パルス光という光源としての特徴をどう活かすかが課題である。

参考文献

- 1) S. Okuda, J. Ohkuma, N. Kimura, Y. Honda, T. Okada, S. Takamuku, T. Yamamoto and K. Tsumori, Nucl. Instrum. Meth. A331 (1993) 76.
- 2) J. Ohkuma, S. Okuda and K. Tsumori, Phys. Rev. Lett. 66 (1991) 1967.

- 3) Y. Shibata, T. Takahashi, T. Kanai, K. Ishi, M. Ikezawa, J. Ohkuma, S. Okuda and T. Okada, Phys. Rev. E 50 (1994) 1479.
- 4) J. Ohkuma, S. Okuda, Y. Honda, N. Kimura and T. Okada, Nucl. Instrum. Meth. A339 (1994) 420.