

[2 a - 4]

WAKE FIELD AND ENERGY SPECTRA OF THE ISIR L-BAND LINAC

Kato R., Kobayashi H., Iwase Y., Nakajima Y., Kondo G., Suemine S.*, Isoyama G.

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

*Unicon System Co. Ltd.

ABSTRACT

The temporal structure and energy spectra of the electron beam from the ISIR L-band linac has been measured. The distorted forms of energy spectra when the accelerating phase was changed were explained by using the measured temporal structure and the wake field theory.

産研Lバンドライナックのウェーク場とエネルギースペクトル

1. はじめに

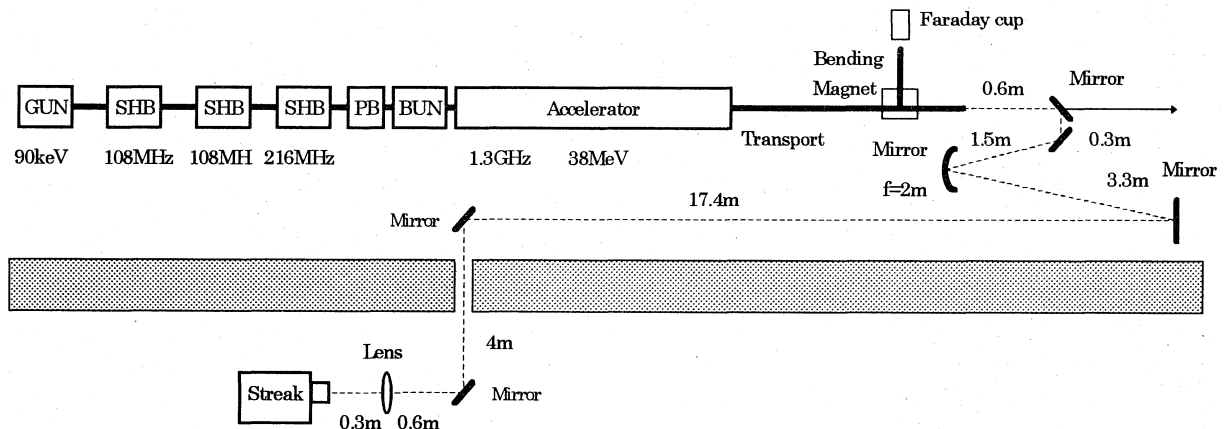
大阪大学産業科学研究所では、附属放射線実験所の2台の電子ライナックを用いて、低速陽電子の発生や、赤外自由電子レーザーの研究を行い、超短パルスラジオリシスのシステムを開発している。これらはすべて電子ライナックを用いた研究であり、実験の精度を向上させ、有意なデータを取得するためには、ライナックの諸特性を確実に押えておくことが重要となる。ライナックの特性を示すパラメータのなかでもエネルギースペクトルは、電子バンチが加速電磁波のどの位相に乗るかに依存するため、バンチの時間構造と強い関係がある。そこで我々は最初に、ストリークカメラを用いてバンチの時間構造を測定した。その過程でストリークカメラを用いた時間構造測定の問題点を洗い出し、測定されたバンチ幅が本当のバンチ幅と見なすことができるかどうかの判断基準を確立

した¹⁾。次に電子ビームのエネルギースペクトルをバンチの時間構造とともに測定した。これまでは、短いバンチ幅が良いエネルギースペクトルをもたらすということが通説とされてきたが、産研Lバンドライナックからの高輝度電子ビームにはこの説が成り立たないことが解った。これは電子ビームのウェーク場の影響が無視出来ないことを意味する。

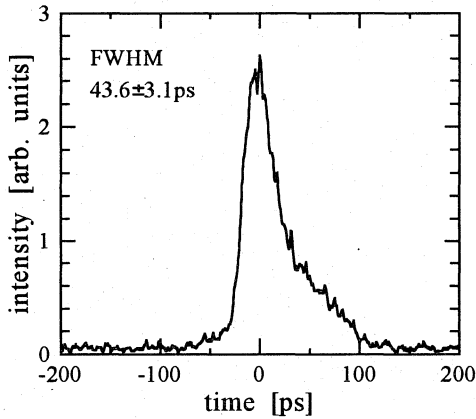
産研Lバンドライナックのウェーク場については、以前にも研究²⁾が行われているが、本研究では、電子バンチの時間幅によるウェーク場の変化という観点から、産研Lバンドライナックのバンチ幅とエネルギースペクトルの関係の説明を試みる。

2. バンチの時間構造とエネルギースペクトルの測定

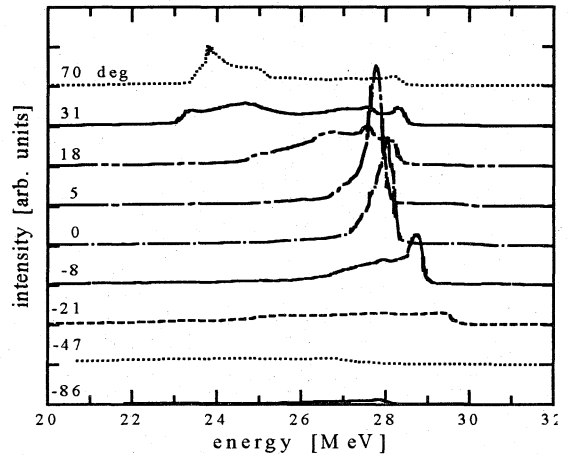
Lバンドライナックと測定系の配置の模式



第1図 Lバンドライナックと測定系の配置



第2図 電子バンチの時間構造



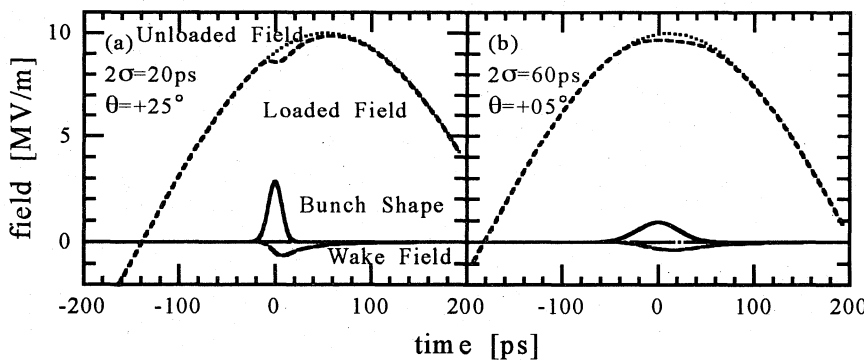
第3図 エネルギースペクトル

図を第1図に示す。エネルギースペクトルの測定はビームトランスポート系の途中にある90度運動量分析電磁石とファラディカップによりおこなった。またバンチの時間構造の測定は、電子ビームを空気中に取り出し、空気によるCerenkov放射を発生させ、この光パルスをストックカメラで測定した。この時、真空窓は厚さ30 μ mのチタンで、発光長は0.6m、測定室までの光路長は約27mであった。この時測定された電子バンチの時間構造を第2図に、加速位相を変化させたときのエネルギースペクトルを第3図に示す。

3. 産研Lバンドライナックのウェーク場

電流分布 $I(t)$ のバンチがウェーク関数 $w(\tau)$ の構造体を通る。バンチとその周囲の相互作用により励振されるウェーク場は、

$$\begin{aligned} V_b(t) &= \int_{-\infty}^t w(t-\tau)I(\tau)d\tau \\ &= \int_0^{\infty} w(\tau)I(t-\tau)d\tau \end{aligned} \quad \dots(1)$$



第4図 ウェーク場による加速電場の歪み

となる。ここで t は電子バンチ中央からの距離を光速で割ったものである。ここでウェーク関数 $w(\tau)$ は、1個の荷電粒子が誘起する Short range - Longitudinal ウェーク場であり、加速構造体がディスクロード型加速管の場合には、

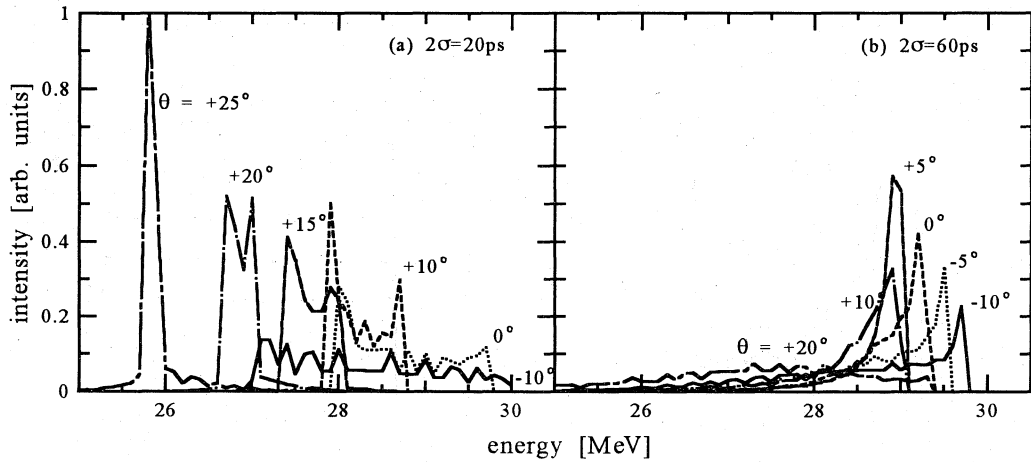
$$w(\tau) = A \exp\left[-(\tau/B)^n\right] \dots(2)$$

という形で近似できることが知られている³⁾。ここでLバンドライナック(1.3GHz)では、 $A = 46.8$ V/pC/m、 $B = 13.5$ ps、 $n = 0.605$ となる。

上の式を用いて、ピーク電場 10MV/m の加速電磁波がどの程度歪むかを計算したのが、第4図になる。ここでは、電子バンチの形状として Gaussian を仮定し、半値幅 20ps と 60ps で比較している。また、その電子数は実測値 2.0×10^{11} 個 (32nC) を用いた。また3mの加速管を通過した後のエネルギースペクトルは第5図のようになる。

バンチが短い場合には、ウェーク場による加速電場の歪みが大きい。この場合、ピークよりも時間的に前方の位相にのせて、フラットな加速電場を作る事で良いエネルギースペクトルが得られる。他方、バンチが長い場合には、加速電場のピークの近傍にフラットな加速電場が得られる位相が存在する。

第2図のバンチ形状によ



第5図 加速位相とエネルギースペクトル

り得られるウェーク場から、加速位相に対するエネルギースペクトルの変化を計算すると第6図のようになる。ここでは途中のトランスポート系での電子ビームの損失をコアモニターの出力比より30%と見積もり、加速管内を通過する電子数を 3.0×10^{11} 個とした。また、途中で失われる電子の時間分布も第1図と同じと仮定した。これにより、第3図のエネルギースペクトルの変化をほぼ説明する事ができる。

4. 結論とまとめ

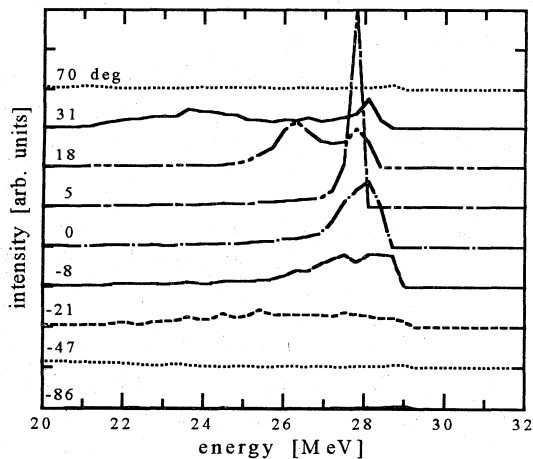
産研Lバンドライナックでは、1バンチあたりの電荷量が多いため、ウェーク場が影響が無視できない。そのため、バンチ幅を長めにする事でウェーク場を調整し、加速効率も良く、良いエネルギースペクトルが得られるような

運転パラメータを使用していたと考えられる。現在建設・計画されている加速器は高輝度化・短バンチ化する傾向にあり、加速器の運転パラメータを最適化する場合にウェーク場の影響を考慮することが重要となる。

1) R. Kato, Y. Iwase, Y. Nakajima, G. Isoyama and S. Suemine, Proc. 20th Linear Accelerator Meeting in Japan (1995) p.323.

2) S. Takeda, N. Kimura, K. Tsumori, M. Kawanishi and T. Shintake, Proc. 5th Symposium on Accelerator Science and Technology (1984) p.80.

3) P. B. Wilson, "High Energy Electron Linacs," SLAC-PUB-2884 (February, 1982) Chap.10.



第6図 エネルギースペクトル