

UPGRADE OF THE RF SOURCE FOR PF LINAC BY PULSE COMPRESSION

Hirofumi HANAKI, Shozo ANAMI, Atsushi ENOMOTO, Yuji OTAKE, Shinichiro MICHIZONO
and Seiya YAMAGUCHI

National Laboratory for High Energy Physics (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305

ABSTRACT

A design for the SLED system of the B factory injector linac is described. The first beam acceleration test using the SLED was carried out. An energy multiplication factor of 1.89 was obtained.

パルス圧縮法によるPFリニアック高周波源の増強

1. はじめに

Bファクトリー入射器に要求される仕様を満足する、既存のPFリニアックの改造については、いくつかの案が検討されているが[1]、ここではSLED[2]によるパルス圧縮法を用いた方法について報告する。SLEDを採用する利点は、

- (1) 構造は単純ながらマイクロ波の増倍率が大きいため、クライストロンの出力は小さくてよく（例えば、SLEDは約4倍の出力のクライストロンに相当する）、
- (2) 従って加速管の増設も少なくてすむ。
- (3) 加速管部の改造をほとんど必要としない。

- (4) SLEDは既に他の研究所で実績がある。などがある。

しかし、クライストロンの最大出力電力を大きくしすぎず、かつ既設のクライストロン変調器等の改造を最小限に留めることを考慮すると、マイクロ波パルス平坦部の幅は4マイクロ秒以下に押さえられる。

2. RFドライブ系の検討

RFドライブ系は、基準2856 MHzを発生させ光に変換して伝送するメインドライブ系、およびサブ・ブースター増

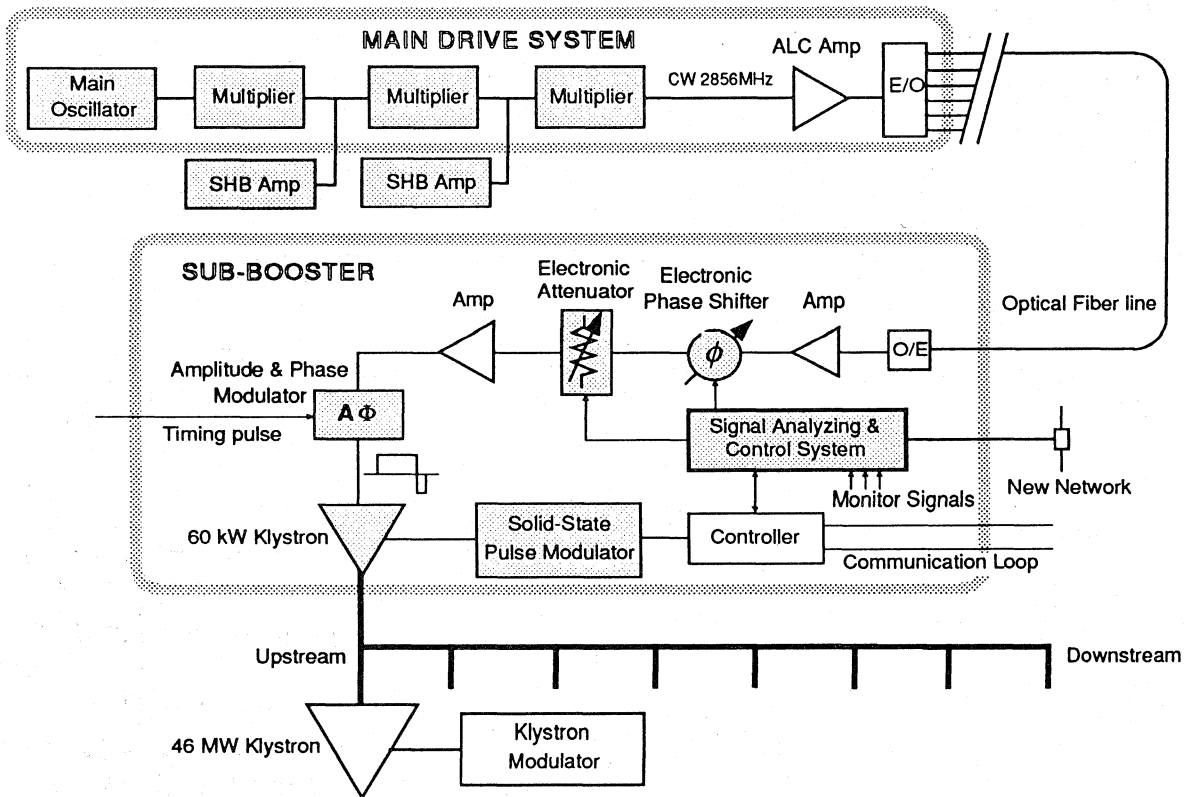


図1 SLED用マイクロ波ドライブシステム

幅器より構成されるが、次のように大きく変更する予定である（図1）。

(1) メインドライブ系については、基準周波数がまだ未定であるが、二つのサブハーモニック・パンチャーの周波数を変更する見込みであり、それに伴って現在のサブハーモニック・パンチャー真空管増幅器を半導体式に置き換える予定である。

(2) 現在のサブプスターは、大電力クライストロン8本を一組とするセクターの中央に設置され、一セクターあたり2本の10kWサブプスター・クライストロンにより、上流、下流各々4本ずつの大電力クライストロンを駆動している。このため上流側のクライストロンには、電子ビームと逆方向にドライブマイクロ波を送る事になり、マイクロ波と電子ビームとのパルスタイミングを取ることができない。SLEDでは最大の加速効率を得るためにこのタイミングを厳密にあわせる必要がある。そこでサブプスター・ステーションを、現在の位置（各セクターの中央）から各セクターの先頭へ移動する。

(3) サブプスター・クライストロンは一本とし、必要なRF電力が増えるため60kW出力の新型を開発する。

(4) パルス変調器は、保守性および信頼性の上から、現在の真空管型から半導体型へと変更する。

(5) SLEDを動作させるため、クライストロン入力回路に立ち上がりの速い振幅・位相変調器を入れる。

(6) 減衰器、移相器は、迅速なりモト制御のため、現在の機械式から電子式へ変更する。

3. SLED本体の検討

加速管のフィリング・タイムを500 nsとしたとき、SLED挿入による加速エネルギーの増倍率は、図2のようになる。

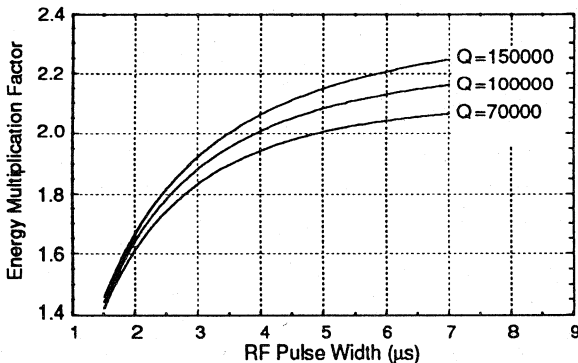


図2 SLEDによるエネルギー増倍率のQおよびRFパルス幅依存性（但し β は常にエネルギー増倍率が最大になる値）

SLED空胴の大きさ、開発期間、開発費用等を考慮した結果、KEK JLCグループ開発の二結合孔付SLED (TE015モード、 $Q=100000$) [3]を採用することにした。この場合図

3より、エネルギー増倍率の最大値 2.01 を与える、導波管と空洞の結合係数 β は6.4である。また、この β の付近でエネルギー増倍率はほとんど変化しないことも判る。

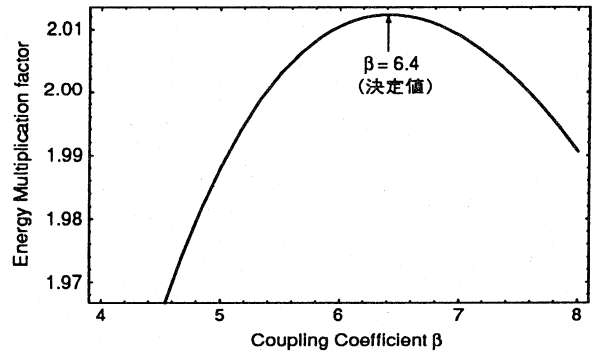


図3 SLEDによるエネルギー増倍率の β 依存性

実際の回路では振幅・位相変調器の立ち上がり速度が有限なため、SLED出力波形は多少鈍る。図4、5は100 nsの振幅立ち上がり時間、200 nsの位相反転時間を仮定し、数値計算を行った結果である。エネルギー増倍率は1.95となり理想値2.01より3%小さくなる。

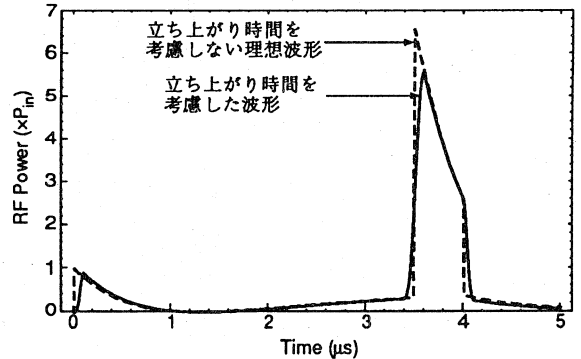


図4 数値計算によるSLED出力電力の波形

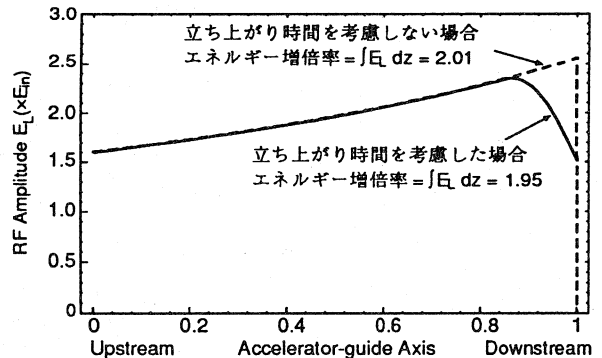


図5 電子通過時の加速管内のマイクロ波振幅分布

一般に二つのSLED空胴のQ、および結合係数 β を正確に一致させることは困難であり、これに起因する反射が起こる。そこで空胴の一方のみにQまたは β に設計値より偏差を生じた場合のVSWRを計算した。図6、7の結果より、

現在の製作技術におけるQおよび β のアンバランス（各々4000および0.1程度）のVSWRへの寄与は無視できる。

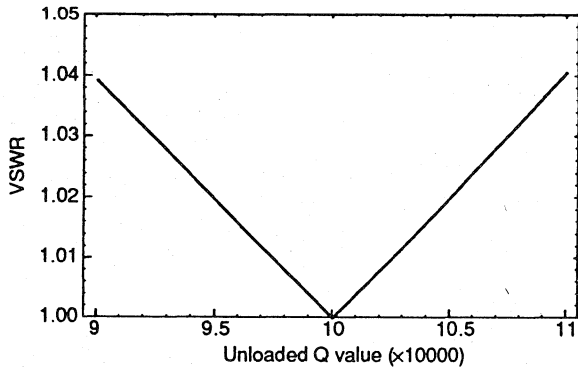


図6 一方のSLED空胴のQの偏差によるVSWR

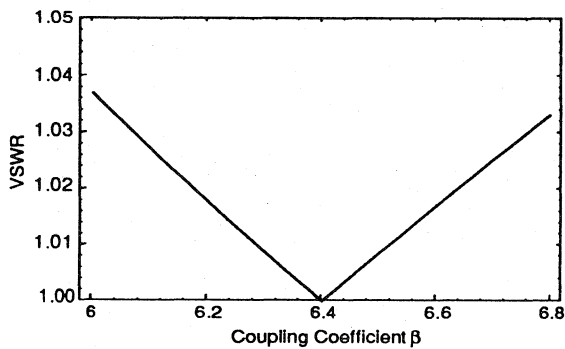


図7 一方のSLED空胴の β の偏差によるVSWR

4. SLED用大電力マイクロ波源

図8はSLEDを組み込んだ新しいマイクロ波源の構成図である。現在のところSLEDドライブ用クライストロンは、46 MW出力の改良型クライストロン[4]を予定している。パルス変調器、パルストランス等も合わせて改造する。

リニアックの安定な運転には、空胴の共鳴周波数のズレ

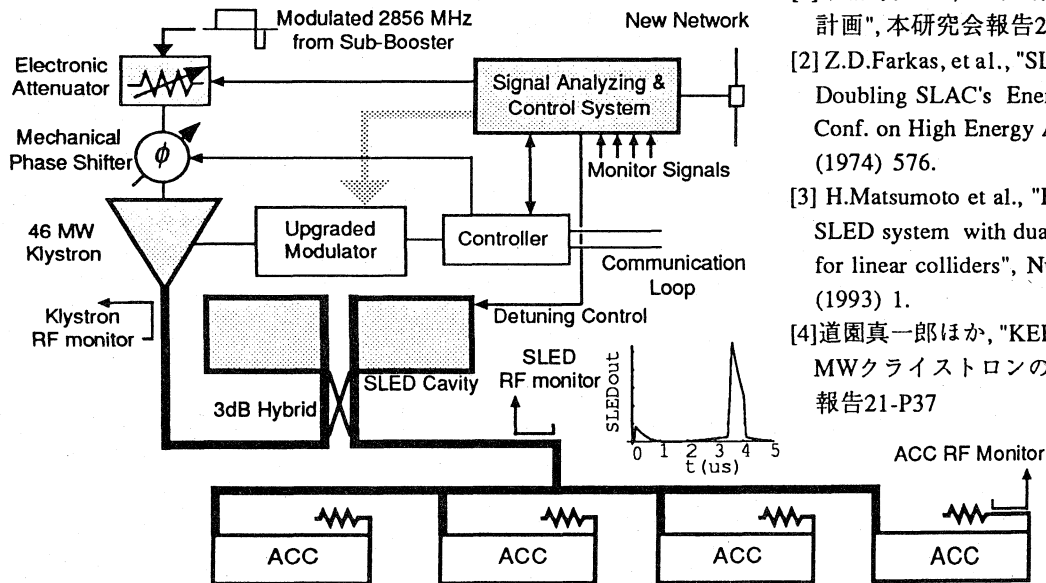


図8 SLED大電力マイクロ波源の構成

や、空胴あるいはマイクロ波窓での放電等をいち早く察知し、適切に対処する必要がある。このためには、SLED出力波形など各種モニター波形の自動監視が不可欠である。そこで信号解析及び制御システムを設ける予定である。このシステムは、電子式減衰器を自動調節したり、必要に応じてSLED空胴を離調したりする機能も合わせ持つ。

5. SLEDによる電子ビーム加速試験

現在、試作したSLEDをPFリニアック4-6ユニットに組み込んで試験中である。下は最近得られた結果の一例である。

クライストロン出力		28 MW
エネルギー利得	SLED off	77.6 MeV
	SLED on	147 MeV
エネルギー増倍率		1.89
加速電界	SLED off (平均)	10.3 MV/m
	SLED on (平均)	19.4 MV/m
	(ピーク)	23.1 MV/m

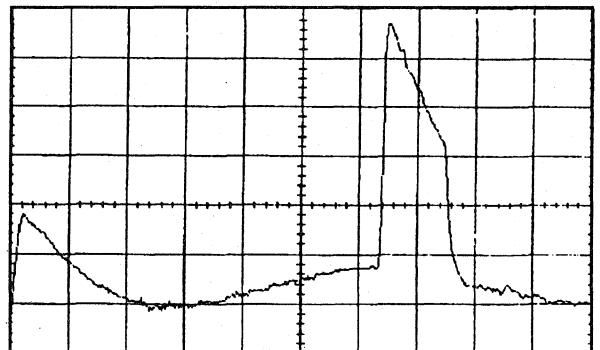


図9 観測されたSLED出力電力波形の一例

参考文献

- [1] 佐藤 勇ほか, "PF入射器のエネルギー増強計画", 本研究会報告22-p2
- [2] Z.D.Farkas, et al., "SLED: A Method of Doubling SLAC's Energy", Proc. 9th Int. Conf. on High Energy Accelerators, SLAC (1974) 576.
- [3] H.Matsumoto et al., "High power test of a SLED system with dual-wall coupling irises for linear colliders", Nucl. Instr. Meth. A330 (1993) 1.
- [4] 道園真一郎ほか, "KEK Bファクトリー用46 MWクライストロンの出力試験", 本研究会報告21-P37