

The R&D of the 1.5GeV linac for the RIKEN SR

Kazushige YAMASU, Hiroki MIYADE, Masahiro HARA
RIKEN (The Institute of Physical and Chemical Research)

ABSTRACT

The RIKEN is planning construction of a synchrotron radiation facility (RIKEN SR) which provides X-rays of the highest brilliance in Japan. A Linac which is used for injection accelerates electrons or positrons up to 1.5GeV. In this article, the design principle of the Linac is presented.

理化学研究所大型放射光施設 1.5 GeV 電子ライナックの概要

はじめに

理化学研究所では、ユーザーの高輝度X線源としてのシンクロトロン放射光を必要とする要請に答えて、次世代大型放射光施設 (RIKEN-SR PROJECT) のR&Dを行なっている。このRIKEN-SRは、サーキュレーティングカレントが100mA、エネルギーが6~8GeVの日本最大かつ専用光源としては世界最大の放射光源となる予定である。(表1)

このRIKEN-SRには、シンクロトロンへの入射を行なうためと、原子核実験用のパルスストレッチャーへの入射器としての2つの役割を兼ね備えた、Linacが用いられる。

SR用、原子核実験用と、Linacの使用目的が異なるため、Linacの基本仕様も各々の場合において異なってくる。今回はPROJECTの第一ステップである、SR用入射器としてのLinacについて検討した結果を報告する。

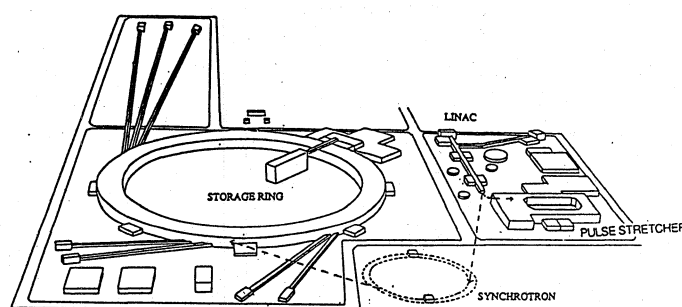


図1 RIKEN-SRの構成案

全体の構成

Linacは、電子または陽電子を加速する2つのモードがあり、SRの入射器として要求される仕様を満たす必要がある。

表1 必要な性能

出力エネルギー	1.5 GeV
電流	100 mA (10 mA e ⁺ mode)
繰り返し数	50 pps
パルス幅	15 nsec

図2に、Linacの構成を示す。Linacのレギュラー部は、ディスクロード定電界型とし、モードは $2\pi/3$ とする。

PROJECT全体に対するLinacのコストを下げるために、Linacはできるだけ全長を短くする必要がある。そのために、高電界加速を行ない加速効率を上げる事とした

クライストロンの選択は、高電界加速のための重要な要素である。ここでは入手可能なPV-3035 (35 MW peak) とSLAC-5045 (65 MW peak) の高電力クライストロンについての検討を行なった。ここでは安定なRFパワーの供給という観点から、最大出力をそれぞれ30 MW、50 MWとしている。

図3、4にクライストロンのパワーを1分割、2分割、4分割したものと、加速管の長さが、平均電界強度にどのように影響を与えるかを示す。

Filling Time を $1.0 \mu\text{sec}$ 以下に抑えることを考慮して、Linacのレギュラー部は、図5のように3m管2本に対して、1本のクライストロンでRFパワーを入力する構成とした。

Linacのレギュラー部の加速管パラメータを、表2に示す。

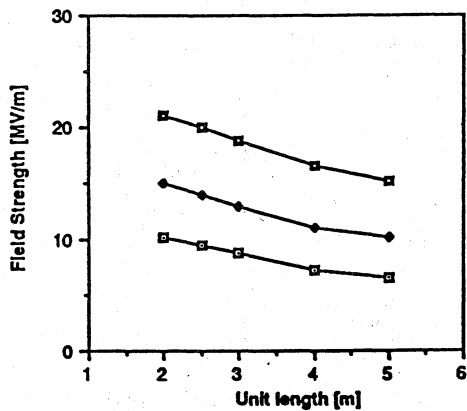


図3 平均電界強度 (PV-3035)

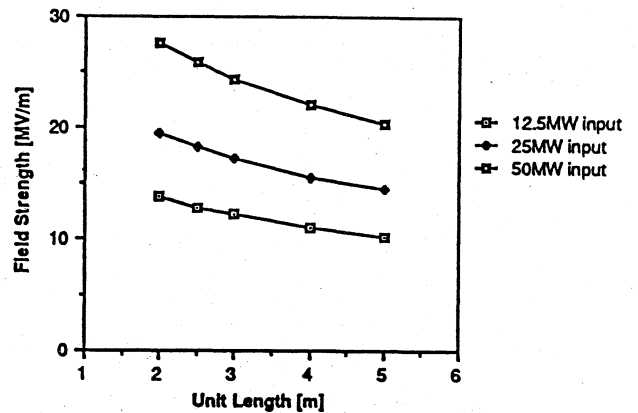


図4 平均電界強度 (SLAC-5045)

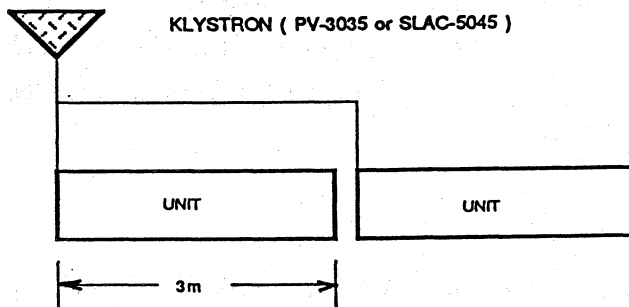


図5 レギュラー部構成

表2 Linacレギュラー部パラメータ

RF周波数	f	2856 MHz
Q値	Q	14000
ユニット長	L	3 m
フィリングタイム	t_F	$0.8 \mu\text{s}$
シャントインピーダンス	r_s	$55 \text{ M}\Omega/\text{m}$
減衰定数	τ	.522
入力パワー	P_e	25 MW
電流	i_e	100 mA

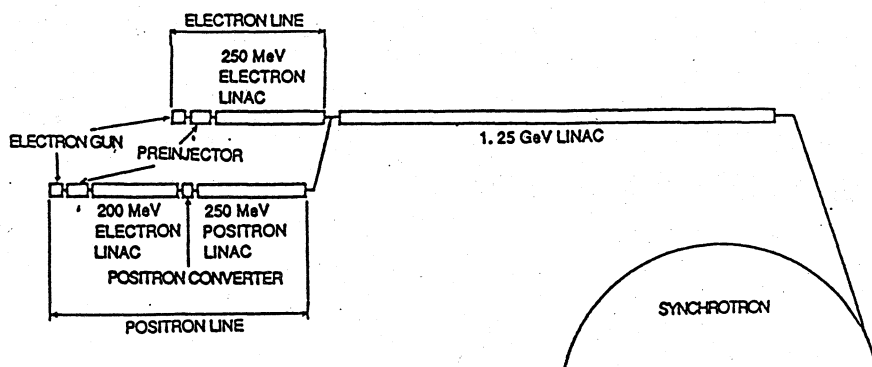


図2 Linacの構成

エネルギースペクトル

SRの入射器としてLinacに求められることは、エネルギースペクトル及びエミッタンスが小さいということである。表1に示したように、ストレージリングへの蓄積方法から、15nsのショートパルス運転であり、Filling Timeが0.8μs程度と考えられるので加速管部においては、過渡状態で加速される。

以下に定常状態における加速と、過渡状態における加速がパルスビームのエネルギーゲインにどのような影響を与えるかを示す。

定電界型加速管1本における、エネルギーゲインT(t)は、表2の各パラメータを使って以下で与えられる。

過渡状態 (0 < t < t_F)

$$T(t) = \{ (1 - e^{-2\tau}) r_0 P_0 L \}^{1/2} - r_0 i_0 L / \{ 2 (1 - e^{-2\tau}) \} + r_0 i_0 L (\omega e^{-2\tau} t / Q + e^{-\omega t / Q}) / \{ 2 (1 - e^{-2\tau}) \}$$

定常状態 (t > t_F)

$$T(t) = \{ (1 - e^{-2\tau}) r_0 P_0 L \}^{1/2} - r_0 i_0 L \{ 1 - 2\tau e^{-2\tau} / (1 - e^{-2\tau}) \} / 2$$

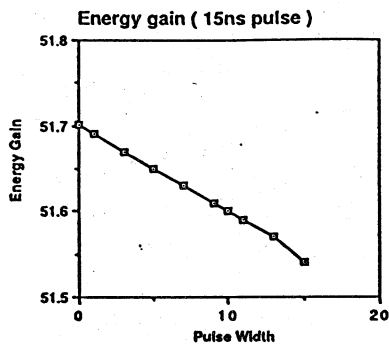


図6 エネルギーゲイン (ショートパルス)

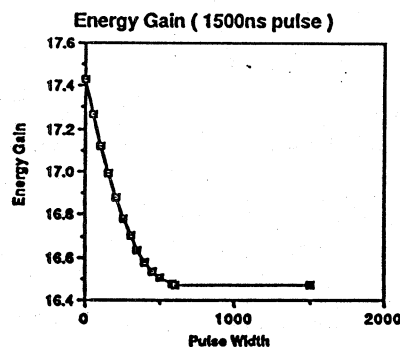


図7 エネルギーゲイン (ロングパルス)

以上のように、過渡状態におけるビームのエネルギーゲインは、3mの加速管1本につき0.3%程度の広がりしかもたない。ビームが加速管を何本通過しても、エネルギーゲインはリニアに増加すると考えられるので、0.3%という値は、例えば加速管に入力するRFの変動と比較すると大きなものではないと言う事がわかる。

まとめ

安定なビームを得るためには、BBU、ウエイクフィールド等考慮すべき問題は多いが、また収束電磁石系、バンチャー部等も、今後のRIKEN-SRのR&Dに伴って検討していく予定である。

参考文献

- 「全国共同利用電子ライナックの新設」 東北大学 昭和61年5月
- 「2.5GeV電子線型加速器に関する研究」 佐藤勇