

STATUS OF THE MICROWAVE SOURCE OF THE PHOTON FACTORY INJECTOR LINAC

S. Fukuda, S. Anami, Y. Saito, T. Shidara, H. Hanaki, N. Matsuda

H. Honma, K. Nakao and G. Horikoshi

National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

Status of the microwave source of the PF linac is presented. Some improvements in main booster amplifier and sub-booster amplifiers were described. In main modulator troubles of the TRIG-II and PFN capacitors were briefly reported. Also some problems about the high power klystrons were described. The average fault rate due to klystron internal arcing was 1.9 times/hour/41 tubes during the latest operation period.

放射光実験施設入射器ライナック・RF源の現状

(1) 始めに

放射光実験施設入射器用2.5 GeV電子ライナックは1986年10月からトリスタンARへの定常運転が始まり、運転モードもそれ迄とだいぶ変化した。放射光リングへの入射は1日1~2回であるが、トリスタンARへの入射は1日15~16回でかつ1回の入射に約30分ぐらい要する。その間中断することなく入射するためには安定な運転が要求され、特にマイクロ波源に対する信頼性が大きく要求されている。一方で物理実験の方の要請から運転期間が長期化し、5週間連続運転などで保守点検の時間も制限される厳しい運転状況となっている。

その様な中でここ1年間の運転はなんとか順調に行ってきたが、本稿ではマイクロ波源に関する最近の運転状況を簡単に報告する。昨年9月から今年7月までマイクロ波源としては運転準備も含めて約4100時間の運転を行った。全体を通じてマイクロ波源の現状報告で問題となるのはやはり大電力クライストロンの問題である。しかし最近ではモジュレーターのPFNコンデンサーなども故障が生じ始めており、全体の見直しや改善等も必要となりつつある。それらの点についても概略を述べる。

(2) 励振系の故障及び運転状況

陽電子加速器が建設されてからマイクロ波源の励振系のシステムも若干変更となり現在図1のようになっている。119MHzの主発振器、増幅器、周波数通倍器及びクライストロン(1.2kW, CW)をふくむメインブラスター

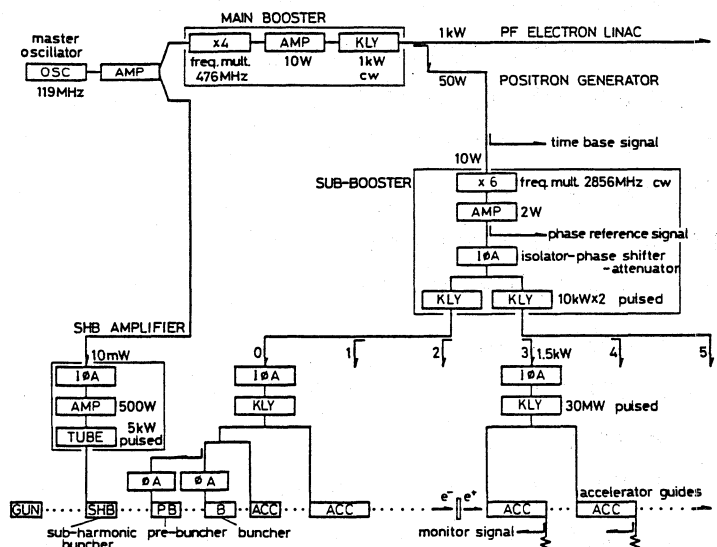


図1 マイクロ波源系統図

増幅器関係では特に目だった故障はなかった。この部分の故障は全体に及ぼす影響が大きいが特にメインブスター・クライストロン（バリアン3KM3000LA）は寿命の点で心配である。そこで現在この部分を半導体増幅器に替えることを検討している。周波数は476MHz、出力は0.5～1.5kWでありALC（自動レベル制御）及びAPC（自動位相制御）内蔵のものである。

サブブスター増幅器は陽電子加速器を含めて現在6台運転中である。ここではサブブスターのパルス変調器のスイッチ管（アイマック4PR60C）を励振する4PR60ドライバーユニット（出力800V）の真空管（8875）の故障が数本あった。またスイッチ管4PR60Cの寿命が半年ないし1年程度と短いという問題があり、そのために寿命のくるまえに定期的に交換していたが、年間20本近く交換しなければならなかった。故にスイッチ管をより大型の4PR1000Aに全数交換した。その結果寿命的にはほぼ問題がなくなったようである。その他4PR1000Aに印加する直流電源（スベルマン）が数回故障している。サブブスター・クライストロン（トムソンTH2436）は全部で12本使用しているが今の所問題なく動作している。

（3）モジュレーターの運転状況

大電力クライストロン用モジュレーターは電子ライナックに41台、陽電子加速器に6台の合計47台が使用されている。最近運転時間の長期化にともない少しずつトラブルが目だってきた。モジュレーターの直流電源部にある整流コンデンサーが数本故障した。これはその後の調査で供給メーカーの使用に問題があることが判明し、その部分については全数交換した。組み込みユニットの中で一番トラブルが多かったのは主サイラトロンをドライブするTRIG-I回路（2kV、2 μ s）である。最近特に多かったのはスイッチ用サイラトロン5C22の故障である。その平均寿命は8000時間ぐらいであるが初期不良的なもので5000時間以下で寿命となるのも多かった。長寿命化の為にこのサイラトロンをSCRに最近交換し始めた。耐電圧の問題があるので1.6kVのSCRを2本直列にして使用し、その後パルストランスで2倍にして従来と同じトリガーパルスを作っている。今年の夏に全数の交換を終了する予定でありTRIG-Iの故障が減少することを期待している。従来のものと比較すると少しジッターの多いものも見受けられるので回路定数等の検討も行っている。

PFNのコンデンサーについては最近故障が多くなってきた。このコンデンサーについては定期的に保守を行っておりまた素子のtan δ の測定も行っているが、直接故障品との対応関係はない。故障の多くはPFN回路の初段で起きたのでこの回路の見直しを行った。特にサイラトロンのアノードでの浮遊容量と関連して速いノイズ電流が悪影響を与えている可能性もあるので、サイラトロンのアノードヘインダクタンス（ $\sim 4\mu$ H）を追加、更に初段の5個のコンデンサーをそれぞれ3個並列、2個並列にしてパルスの立ち上がりを遅くした。この改造は1986年の夏に行ったが、それ以降も1年間で10本ほど壊れている。従ってコンデンサーのエレメント自身の耐電圧の基準や動作電圧に対するマージンの点で問題がある可能性もある。現在コンデンサーの改良型を2社のコンデンサーメーカーで進めている。

（4）大電力クライストロンの使用状況

大電力クライストロンはやはりフォールト・レートが高いことが問題となっている。最近の1年間で12本のクライストロンを交換しているがそのほとんどが耐圧不良である。即ちクライストロン管内での放電、特に電子銃のアノード-集束電極間での放電によるものである。表1に今迄のフォールト・レート及び平均印加電圧の推移をまとめてしめた。また表2に今年の夏までの運転時間、

寿命などについての集計を示した。運転上問題となるのはPF及びARへの入射がクライストロンのフォールトで中断されることである。通常は2～3本の運転に参加していないクライストロン(stand-by mode のクライストロン)があるので、重症の時でもそれに切り替えて使用出来るので余り問題がないが、陽電子加速器及び入射部(バンチャー部)でのトラブルは深刻であり運転に支障を来すことが多い。最近供給メーカーでクライストロン製造プロセスで使用するベーキング炉を真空炉に変更したが、それを使用したクライストロンに短寿命のものが目だっている。これについては現象が複雑であり原因の究明が十分なされていない。短期的にみると従来のもより性能が安定しかつ品質の揃ったクライストロンであり、事実テストベンチでの成績も良好

表1 クライストロン運転 データー

年	月	期間	フォールトレート (/ 41台 / 日)	平均電圧 (k V)
1982	10-12		3.5	236
1983	1- 3		4.4	238
	5- 7		4.6	239
	10-12		3.3	241
1984	1- 3		2.6	243
	5- 7		2.4	242
	10-12		2.6	241
1985	1- 3		2.1	239
	5- 7		1.5	241
	10-12		1.6	238
1986	1- 3		1.6	239
	5- 7		1.9	240
	10-12		1.9	241
1987	1- 3		1.2	240
	5- 7		1.9	237

である。しかしながらクライストロンギャラリーにセットしてランニングすると2000時間ぐらいの高圧印加時間を経た後で急に管内放電を起こし耐圧不良になる。この問題も含めてクライストロンの管内放電については供給元のメーカーと一体となって、真空加熱処理、使用材料の吟味、及びバリウム含浸型カソードの使用などによる改善の努力を行っている。

表2 クライストロンの寿命 及び故障状況 1987年8月現在

年	総数	故障数	平均稼働時間		MTBF	故障内容		
			生存管	故障管		耐圧不良	窓	その他
1979	4	4	0	3902	3902	2	1	1
1980	20	14	14682	4672	10965	7	5	2
1981	20	10	15891	4663	20554	6	2	2
1982	9	6	10464	5785	11017	5	1	0
1983	13	3	11253	6019	43527	3	0	0
1984	11	7	7011	3971	7978	7	0	0
1985	11	4	5354	3138	12507	4	0	0
1986	12	4	2528	1475	6532	4	0	0
計	100	52	9931	4359	13526	38	9	5