

レーザートロンの開発

吉岡正和、黒田寛人[°]、中野昇[°]、西村弘志[°]、竹田誠之⁺、宮尾正大^{*}、亀井亨[#]、
佐藤勇[#]、福島靖孝[#]、水野元[#]、新竹積[#]、松本浩[#]、設楽哲夫[#]
東京大学原子核研究所、(°) 東京大学物性研究所、(+) 大阪大学産業科学研究所
(*) 静岡大学電子工学研究所、(#) 高エネルギー物理学研究所

1. 序

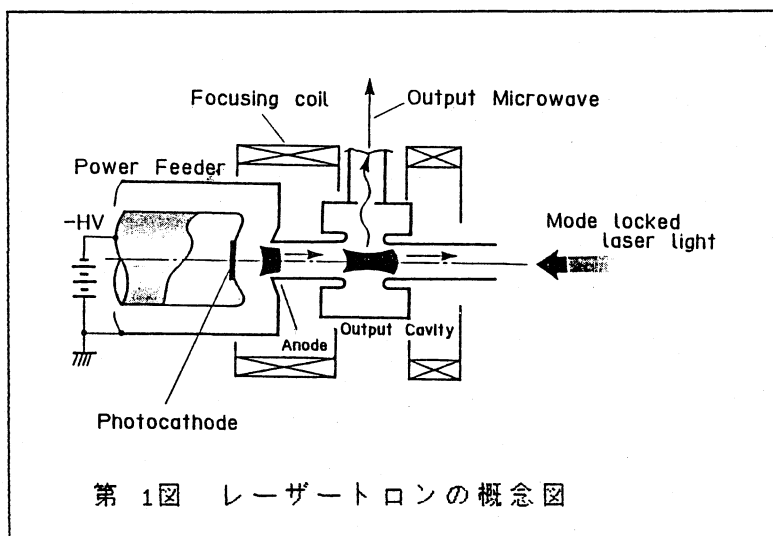
TRISTAN 後のエネルギーフロンティアを目指す加速器の候補として TeV 領域の e+e-リニアコライダーの検討が進められている(文献 1)。これを実現させるためには、尖頭出力電力がギガワットクラスにまで達するパルスマイクロ波源の開発が必要である。

この為に、我々はレーザートロンの開発を開始し、既に前年度および前々年度のこの研究会で最初の実証実験等について報告している(文献 2、3)。ここでは、それに引き続き、その後の研究結果について報告する。

第 1 図にレーザートロンの概念図を示す。原理については、これまでの報告を参照して頂く。最初に我々は、この装置で実際マイクロ波を発生させる事が出来る事を実証し、カソードからバンチしたビームが放出され、加速を受ける時のビームダイナミクスについて調べる事に主眼を置いた一連

の実験を、mark-I と称する Sb-multialkali のフォトカソードのチューブと物性研の mode-locked YAG laser を使い行ってきた。これで、最終的には kW クラスの尖頭出力電力は容易に得られる事が分かったが、このカソードでは、チューブ内でアルカリの分圧が高く、そのために加速電圧を上げると放電を起こし、より高出力のものを作るには不適當である。

そこで、mark-I の実験を終了し、ガリウムヒ素 GaAs フォトカソードを使う次のステップへ移った。GaAs は、10% 近い量子効率が得られる事、また Cs の蒸気圧が、mark-I に比較して、二桁以上小さいので、高電圧を印加出来るという長所を持っている。



第 1 図 レーザートロンの概念図

2. Lasertron のパラメーター

フォトカソードから放出され得る最大電流は、レーザーパワーが十分であれば、空間電荷効果で制限される。パルス当たりの最大放出電荷(これを臨界電荷 Q_c と呼ぶ)は、カソード、アノード間の容量を C 、加速電圧を V とすると、

$$Q_c = C \times V \quad (1)$$

と書ける。平均電流 I とマイクロ波出力 P_o は、マイクロ波周波数を f とすると、

$$I = f \times Q_c \quad (2)$$

$$P_o = k_1 \times k_2 \times I \times V = k_1 \times k_2 \times f \times C \times V^2 \quad (3)$$

で与えられる。ここに、 k_1 と k_2 はそれぞれ、電源に蓄えられた電力をビーム電力に変換する効率およびそのビーム電力をマイクロ波電力に変換する効率である。

Lasertron の場合は、ビームが、カソードから放出される時から既にパンチしているために、カソード・アノード間でウエークフィールドを発生する。従って、 k_1 を計算するために通常の直流ビームと同様には扱えない。現在我々は、この問題を解くために、FCI (文献 4) および PACOL (文献 5) というシミュレーションコードを開発している。第 2 図に、その出力例を示すが、今のところ、外部磁場の効果を入れる部分が未完成で、 k_1 および k_2 の評価はまだ完全には出来ていないので、一応 $k_1 \times k_2$ を 50% とひかえ目に仮定し、開発の第一段階の目標にしている lasertron のパラメーターを右の表に示す。我々が最終目標にしているのは、尖頭出力が 1 GW クラスのものであるが、その実現のためには 700 kV の電圧を印加し、2800 A の電流を取り出さねばならないので、放電の問題や、beam collector、rf 窓、また大出力レーザー等、解決すべき問題が多いのでそれに至る段階として、この表に示す LT300 という、尖頭出力 47 MW の Lasertron を先ず開発する事とした。

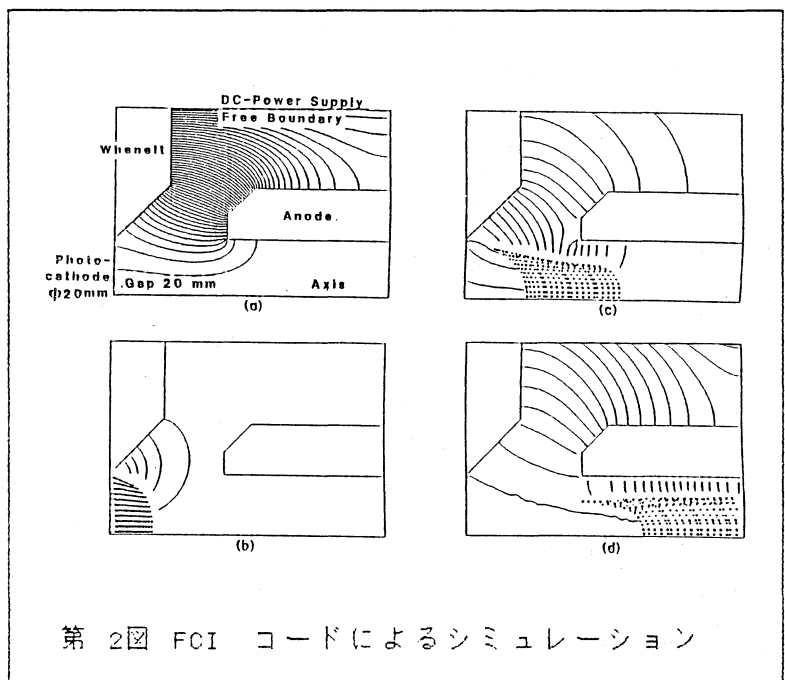
rf 出力	47 MW
rf 周波数	2856 MHz
印加電圧	300 kV
加速間隙	3 cm
出力電流	310 A
パルス幅	500 ns
くり返し	20 pps
平均ビーム電力	0.93 kW
カソード直径	4 cm
量子効率	> 5 %
レーザー波長	530 nm
◀ エネルギー	7.5 mJ/burst
◀ 平均電力	0.15 W
◀ 微細パルス幅	60 ps
◀ ピーク電力	89 kW
寿命	10000 時間

3. 実験装置

我々は先ず第 3 図に示す様なカソードテスト用の超高真空装置を製作した。この装置では、次の様な項目について基礎研究をし、かつ LT300 のカソード部分として使用する予定である。

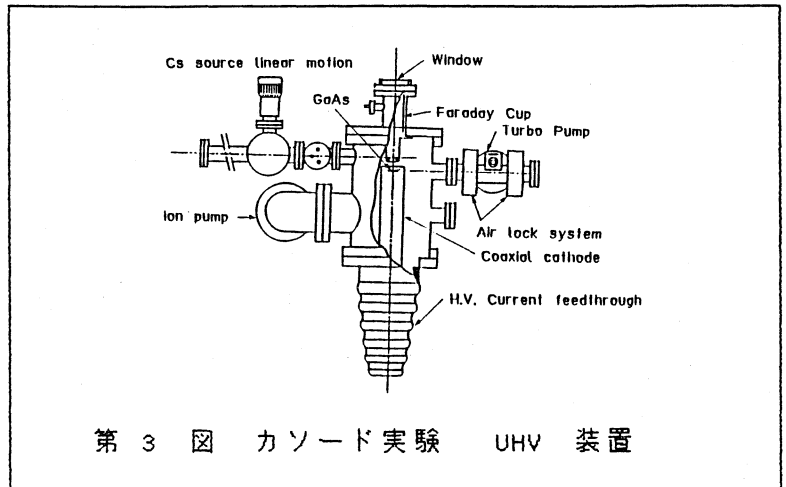
a) GaAs フォトカソードの活生化技術を確立する。目標とする量子効率および寿命はそれぞれ 5 %

以上、10000 時間である。b) フォトカソードが劣下しても容易に再活生化する技術を確立する。c) 活生化したカソードに高電圧を印加し、レーザーを照射して大電流を取り出しても放電を起こさない様にする。このためには、ビームダイナミックスの精度の高い計算が

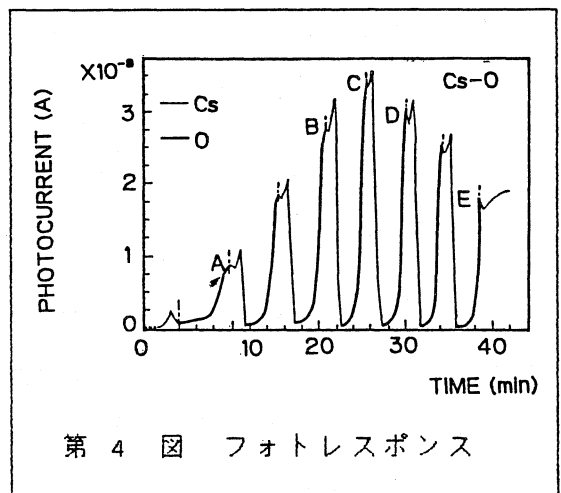


可能になっていなければならないが、電極および beam collector 等の材質や加工、表面処理方法に関する研究も必要である。

予備実験において、GaAs カソードの活生化技術は、ほぼ確立出来た。先ず GaAs ウエハーを UHV の中で 30 分間 550 ~ 600°C で加熱し、ついで、Cs と O を交互にカソード面上に送り込む。この時、フォトエミッションを監視しながら行い、感度が最大になるところで止める。第 4 図に典型的な活生化のパターンを示す。再活生の技術もほぼマスター出来ているので、現在長寿命化および、c) についての系統的实验に取り組んでいる。



第 3 図 カソード実験 UHV 装置

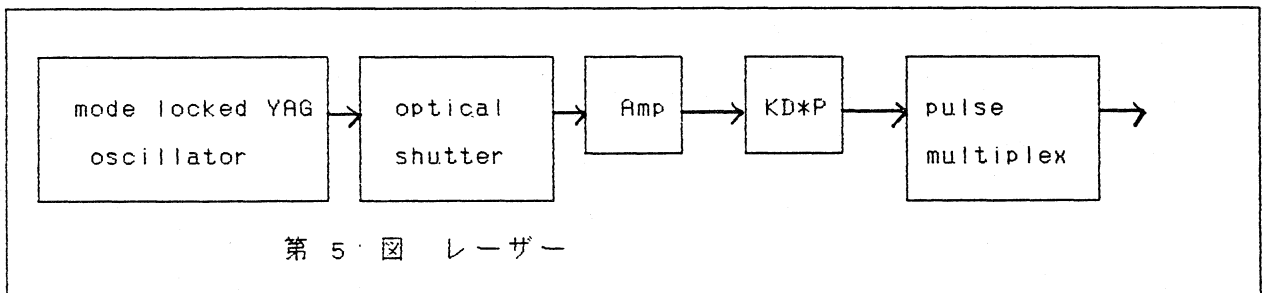


第 4 図 フォトレスポンス

4. Laser

レーザー装置のブロックダイアグラムを第 5 図に示す。文献 2 の mark-I で使用したシステムでは、pulse multiplex に etalon を使用したので、レーザーの効率を犠牲にしていたが、これを

、ハーフミラーを組み合わせて行う事とし、さらに発振器および Amp 等にも改良を加える。また将来さらには出力を上げるための検討も進めている。



第 5 図 レーザー

参考文献

1. 亀井亨 他 ; リニアコライダー調査報告書、高エネルギー将来計画研究会における資料、1985 年 3月25日、KEK
2. 設楽哲夫 他 ; 第 8回リニアック研究会、昭和58年 7月、東大核研
3. 設楽哲夫 他 ; 第 9回リニアック研究会、昭和59年 7月、京大化研
4. T. Shintake, KEK-preprint 84-15 November 1984 A.
5. H. Nishimura, 1984 Linear Accelerator Conference, Seeheim/Darmstadt