

# Photocathode for High Current Density Pulsed Electron Source

Masahiro Miyao

Research Institute of Electronics, Shizuoka University  
Hamamatsu 432

## Abstract.

The photocathodes used for generating intense short pulsed electron beam sources are discussed. The photocathode is irradiated by the mode locked laser light, which has the period of RF-frequency. Emitted electrons from the photocathode are then bunched with same frequency as that of the laser light. For the intense electron beam guns, the photocathode is illuminated by the high intensity laser light. If the photocathode is used as the relativistic electron source and/or some power devices such as the LASERTRON, the potential applied between the anode and the cathode become very high. Therefore the photocathode materials must have requirements such as stability, durability and matching to the laser light. Different photocathode are compared.

The laser light exciting the photocathodes are of very short duration. This results in current limitation effect due to the surface charge limit, and affects the photocathode design. These are also discussed.

## 光電面とレーザーとのマッチング

レーザートロンはレーザーの持っているパルス光をそのまま電子ビームに変換して、このバンチングビームをキャビティによりマイクロ波エネルギーに変換してとり出すデバイスである。そこでこのレーザートロンの発生する電力はカソードからどれだけの電力が取り出すことができるかによって決まる。ところがこの光を電子に変換する光電面の効率は光の波長に強く依存する。そこで光電面と励起レーザーとは切り離しては考えられない。図1は現在の時点で可能な種々のレーザーと光電面を光の波長との関係で対応させたものである。現在用いられている光電面材料には次の様なものがある。すなわち

1) アンチモンセシウム、マルチアルカリなどのアルカリアンチモン形光電面、このタイプの光電面が現在主流であるが材料のアルカリアンチモン化合物半導体が比較的不安定な物質であるため高負荷での動作には問題がある。アルカリとアンチモンの分解、セシウムの脱離、それにセシウムのイオン伝導の問題を解決する必要がある。このタイプのカソードは大気に触れると感度を失う。しかし最も使い易いNd:YAGレーザーの波長(第二高調波)に良く感度域が合っている。2) メタルフォトカソードは大気中でも安定な貴金属を用いたカソードであり耐久性、再生が可能等の優れた性質を持つが、光感度が真空紫外光のみしかなく、現在適当なレーザーが無い。このカソードは大気にさらされても感度を失わない唯一のカソードである。3) のGaAs光電面は一番新しいフォトカソードでIII-V属半導体とCs単原子層を利用したものである。高い感度と長い限界波長をもった優れたカソードであるがCs単原子層を利用しているため表面に敏感であり寿命などの点でいまだ解決すべき点がある。しかし材料として単結晶半導体のバルクを用いるため電流耐量は通常の半導体素子並に期待できる(数百A/cm<sup>2</sup>)

### 各種光電面の高電流負荷動作時の問題点

1) アルカリアンチモン系光電面は高電流負荷動作時には次のような問題点がある、それはもちろむ物質が半導体、それもあり壊れやすい物であるためレーザー光の熱に耐えられるかどうかである。レーザー光の照射時間が極めて短時間であるため放熱では解決できないかもしれない。さらにこの物質はイオン伝導をわずかではあるが行うので物質内部でCsが移動し特性を劣化させる可能性が考えられる。しかしながら最大の問題点は常に超高真空中に保たなければならず、内部へ空気をリークできないことである。

一度大気にさらされたカソードは再びアンチモンの蒸着から始めて造りなおさなければならない。

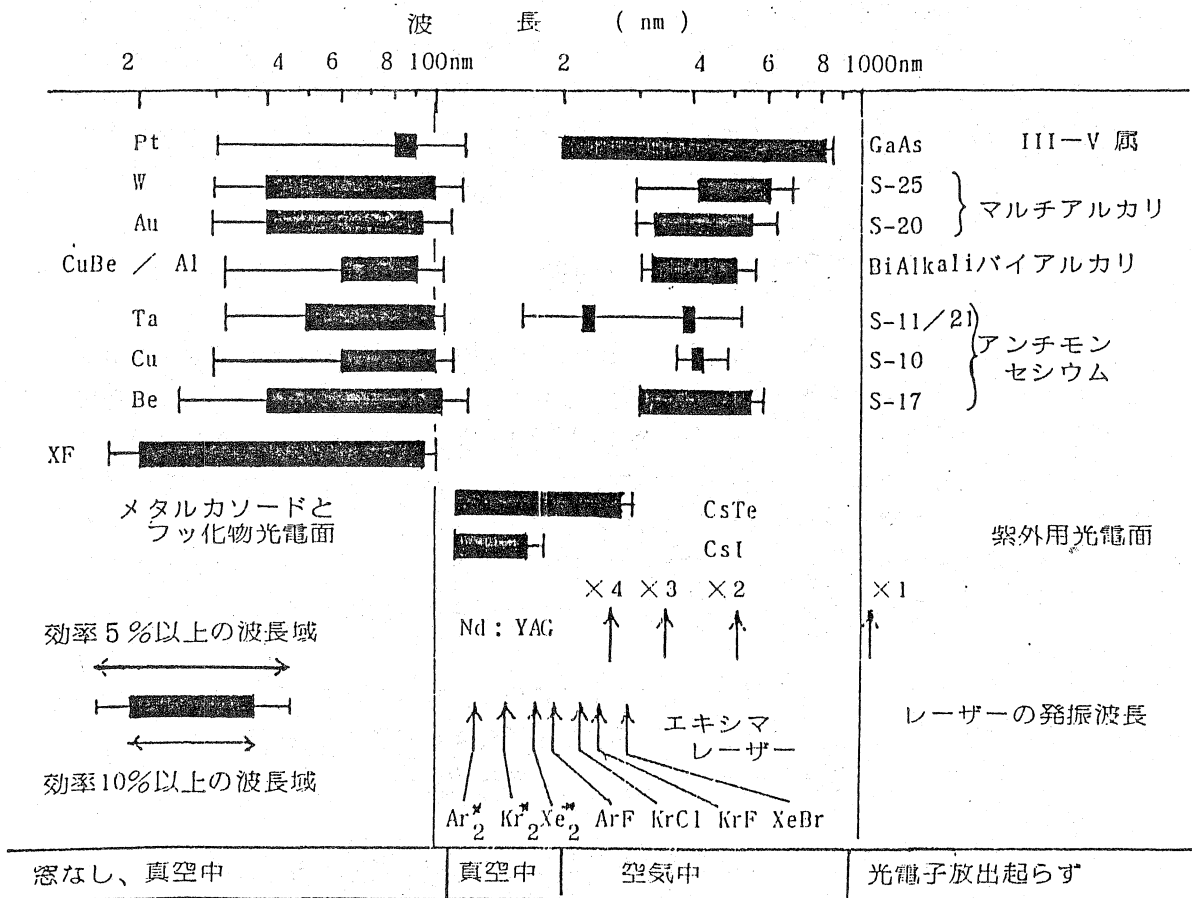
2) メタルカソードは大気中に置いても活性を失はないことより魅力ある材料である。この障害としては前に見るように光源に極端紫外光を使はなければならないことである。このカソードが使えるかどうかはひとえに極端紫外光レーザーが得られるかどうかにかかっている。

3) NEAフォトカソードは最適な状態を維持する点で単原子層の性質を利用したデバイスであるためむずかしい点がある。しかしながら材料が強くP-形にドープしたIII-V属半導体である為、通常の半導体デバイス並の電流密度を取ることが可能と考えられる。またこのデバイスは活性化することがアンチモンアルカリ光電面より容易である。さらにこの光電面の活性化はレーザーを使うと容易になる可能性があり、この点からもレーザートロン用の材料の対象として魅力がある。

以上のことより当面は光源としてYAGレーザーを使い、1)のカソードにより開発を進めた。その結果、光電面はカソード-アノード間に印加された高電圧により、管

内残留ガスまたは電子衝撃によりアノード等から放出されたガスによるブレークダウンによりカソード表面がボンバードされ、劣化が起こる様である。これはアルキアチモン光電面を製作する時に管壁に大量のCsを吸着させる為と、一度劣化した光電面を再活性化することが困難のため、十分にエージングできないことによる。そこで今後の開発の方向は 3) のGaAs光電面の開発に向ける。2) のメタルカソードについては極端紫外レーザーの開発を待ってから利用すればよいと思う。またメタルカソード自身については今の所大きな障害は無いようであるのでそれで十分間に合うであろう。

モードロックレーザー光のパルス光の様な極端にパルス幅の短い光が照射された時には放出された電子を捕う電荷が表面を移動できないために放出電子は電界により表面に誘起された電荷により制限される。この為、カソードの形状はこの電荷が次のパルス光が来るまでに供給できる形状、すなはちリング状をしていなくてはならない。この結果、放出電子ビームはリング状になり、このビームとカップリングできるキャビティの設計開発が必要と考えられる。



レーザーの発振波長と光電面の利用可能波長域の関係