

的に照射し続けた。レーザーのスポット径は $\sigma = 0.4\text{mm}$ のガウス分布により、 $\pm 2\sigma$ の領域に発生させている。この測定をビームモードと呼ぶ。ビームモードでの量子効率の変化は、ガス吸着による効果と IBB による効果を含むものと考え、以下の式で表される。

$$\eta = \eta_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \exp\left(-\frac{\int JPdt}{\theta}\right) \quad (9)$$

ここで τ はガス吸着による寿命である。レーザーの照射パワーが低い場合はガス吸着が支配的となるので、ビームモードの測定後にレーザーを 20 分間隔で 2 秒間だけ照射して量子効率の時間変化を測定した。これをダークモードと呼ぶ。このダークモードの測定から τ を求め、ビームモードのデータからその効果を除くことで θ を実験的に求めた。この一連の測定をバイアス電圧を変化させながら繰り返した。図 7 は電圧-100V におけるダークモードの測定例である。このデータから τ を求める。実線はフィット関数の結果である。

図 8 は求められ τ により補正した η を JP の積分値の関数として表示したものである。この図の傾きから θ が求められる。図 9 に求めた θ をバイアス電圧の関数として表す。

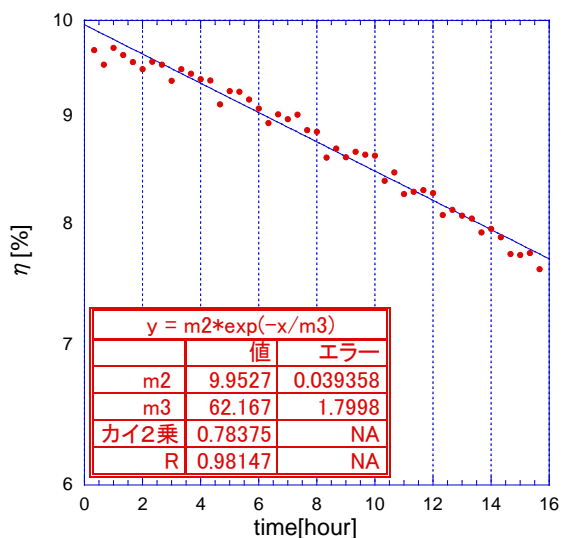


図 7 電圧-100V におけるダークモードの測定例。横軸は時間、縦軸は QE で、赤点が測定値、実線は指数関数によりフィットした結果をあらわす。

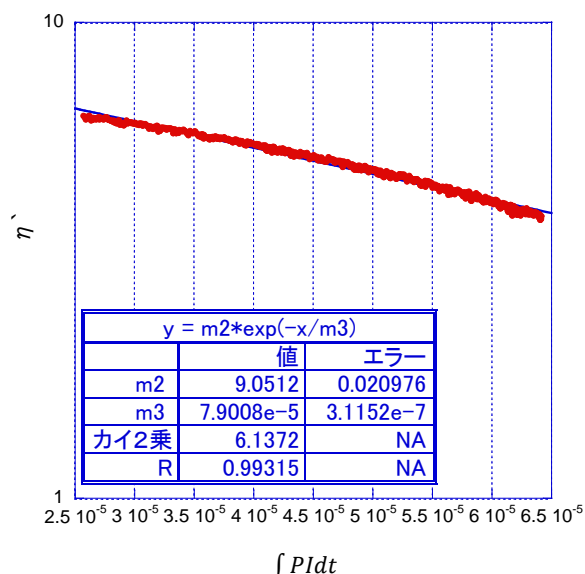


図 8 補正した量子効率を JP の積分値の関数として表示したものの。赤点が測定値、実線がフィット式 (9) によりフィットした結果。

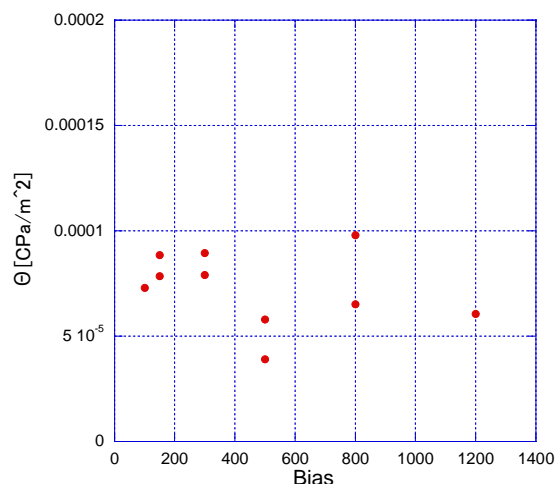


図 9 ビーム寿命 θ の解析結果をバイアス電圧の関数として表したものの。

θ を用いて式 (7) から σ_{NEA} を求めた。その結果を図 10 に示す。ここで気体の温度は室温 ($T=300\text{K}$) とした。図 10 から明らかなように、測定された範囲において、 σ_{NEA} にバイアス電圧依存性はみられなかった。平均をとると、その値は $1.33 \pm 0.49 \text{E-}13 \text{m}^2$ であった。

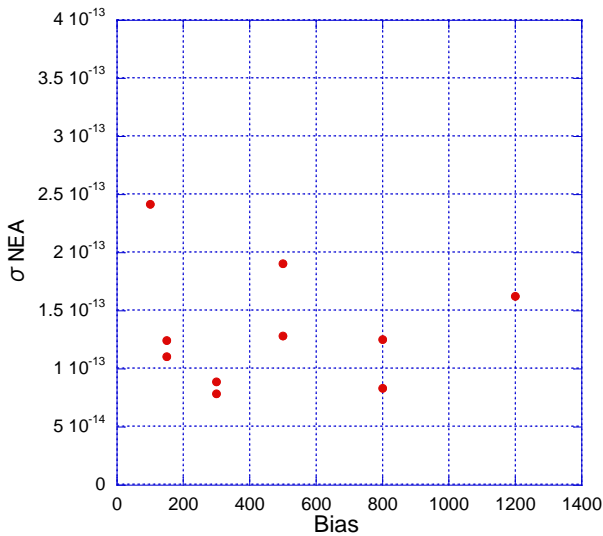


図 10 イオン衝突の影響係数 σ_{NEA} の解析結果をバイアス電圧の関数として表したものの。明確な電圧依存性は見られない。

以上の結果を用いて、500kV の電子銃において NEA-GaAs フォトカソードを使用した場合に予測されるビーム寿命を外挿により推測することが可能である。次元系を仮定し、イオン逆流確率を $\rho = 1$ として、すべてのイオンがカソードに逆流すると仮定する。またカソードとアノード間隔を 10cm とすると、式(8)により θ は $2.73E-9C.Pa/mm^2$ と求められる。温度を室温 $T = 300K$ にしている。真空圧力 $1E-10Pa$, ビームスポット径 $3.14mm^2$ を仮定した場合のビーム寿命として、85.7C, 10mA 運転時で 2.38 時間の連続運転が可能であることを示すものである。

6. まとめ

GaAs フォトカソードのビーム寿命特性について、解析をおこない、イオン衝突によるカソードの量子効率への影響係数 σ_{NEA} を求めた。この値は異なるバイアス電圧に対して、測定した範囲でほぼ一定であり、その平均値は $1.33 \pm 0.49E-13 m^2$ であった。この値から 500 kV の電子銃で予測される運転可能時間を外挿によりもとめ、10 mA での ERL において、85.7C, 2.38 時間の連続運転が可能であることを示すものである。

7. 謝辞

本研究は文部科学省の量子ビーム基盤技術開発プログラム「超伝導加速による次世代小型高輝度光子ビームの開発」および高エネルギー加速器研究機構による大学等連携支援事業のサポートのもとに行われた。

参考文献

- [1]羽島良一、“コンパクト ERL の設計研究”
- [2]“ILC Reference Design Report”, ILC-Report-2007-1, 2007
- [3]H.Iijima, et al., Proc. of International Particle Accelerator

Conf. (IPAC 2010), TUPE086, 2010

[4]正中智慧, “GaAs 光カソード加熱によるダーク寿命の低下についての研究” 6th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, 2009

[5]久保大輔, “クライオポンプと NEG ポンプを使用した光陰極試験装置開発”, 7th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, 2010

[6] 三好健太郎, 平成 23 年度学士論文, 「光陰極試験装置における 3 次元トラッキングシミュレーション」

[7]正中智慧, “高輝度電子源のための GaAs 光陰極寿命の温度依存性についての研究”, 修士論文(2009 年度)

[8]<http://www.nucleng.kyoto-u.ac.jp/people/itoh/lecture/scationzclasc.pdf>