

2010/7/22

第25回高輝度電子源開発G会合



CST Studioによる カソード温度上昇の計算

広島大学大学院 先端物質科学研究科

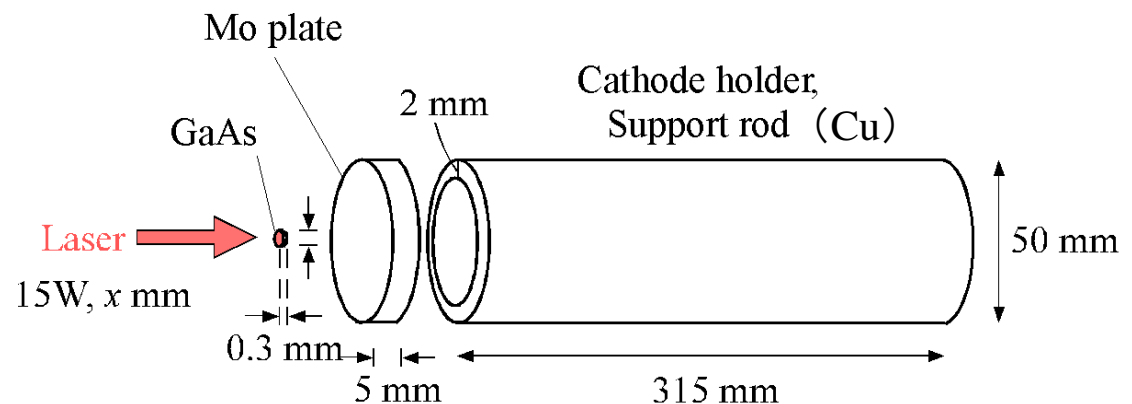
飯島北斗、栗木雅夫

これまで



- 量子効率1%に対して波長800nmの光で100mAを引出すためには約15Wのパワーが必要。
- 割とパワーが高いためカソードを加熱する可能性がある。
- これまでにシンプルなモデルを仮定して計算を行った。
- レーザーパワー15W、スポットサイズ $\phi 2$ に対して50度の上昇が計算された。
- 今回、より詳細な計算をCST Studioで行った。

カソードの温度上昇の計算に用いたモデル。サポートロッドの終端を室温に固定して熱伝導を計算。15W- $\phi 2$ のレーザー入射に対してカソード温度は50度上昇する。



CST Studioによる計算の条件(1)



- JAEA 500kV電子銃の電極形状を用いた。(カソードパック、カソード電極、サポートロッドを含む。)
- SUS、Ti、Mo等の熱伝導率を考慮した計算。
- 電極やサポートロッド表面からの熱放射を考慮。
- 計算の境界上は23°Cに設定。
- カソード表面の中心、 $\phi 2$ の範囲に10Wのパワーが与えられたとして、定常状態の温度分布を計算。

CST Studioによる計算の条件(2)



- CST studioの熱放射は境界温度との差のみで計算される。
- カソード表面での反射は考慮していない（入射パワー = 熱源）。
- 定常状態を計算（入射パワー = 全体からの熱放射）。

	GaAs	Mo	Ti	SUS	Ta
使用箇所	カソード	カソードパック	電極、ロッド	カソードパック	キャップ
熱伝導率	55 W/Km	138 W/Km	17.1 W/Km ^{※1}	16.7 W/Km	57.5 W/Km
放射率	0.7		0.5(?) ^{※2}		

※1 純チタンの値。合金(KS100)の熱伝導率は6~10 W/Kmくらい？

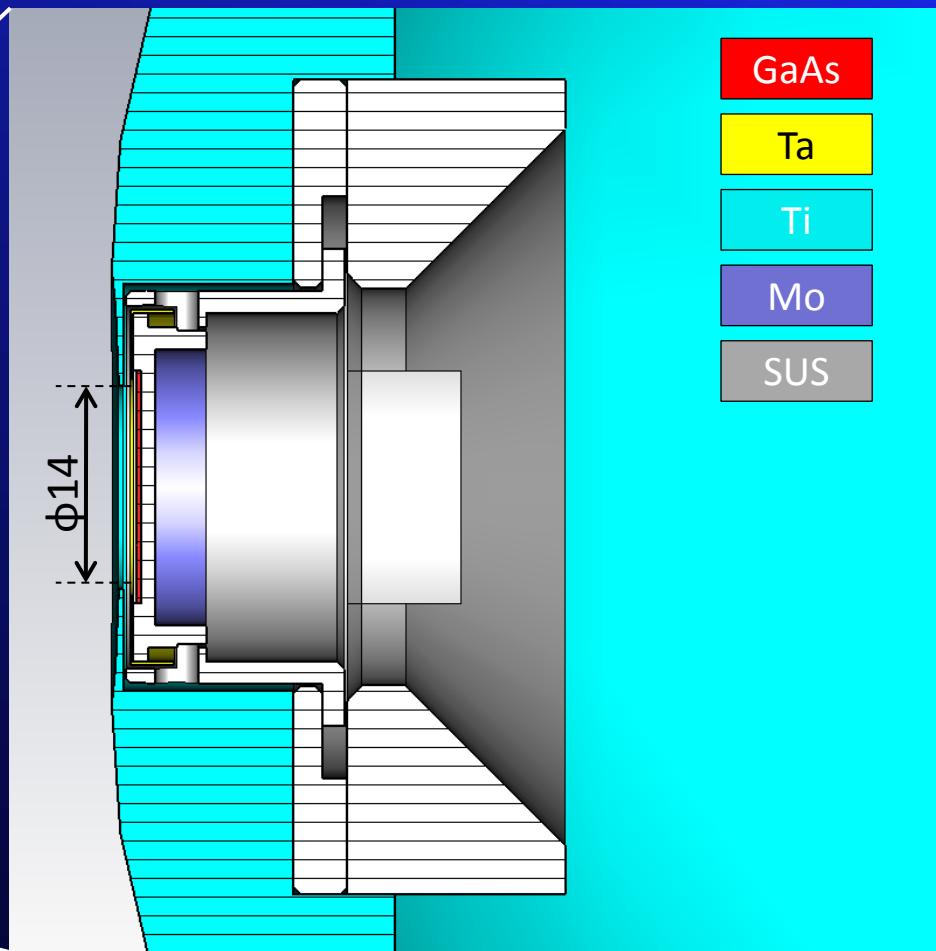
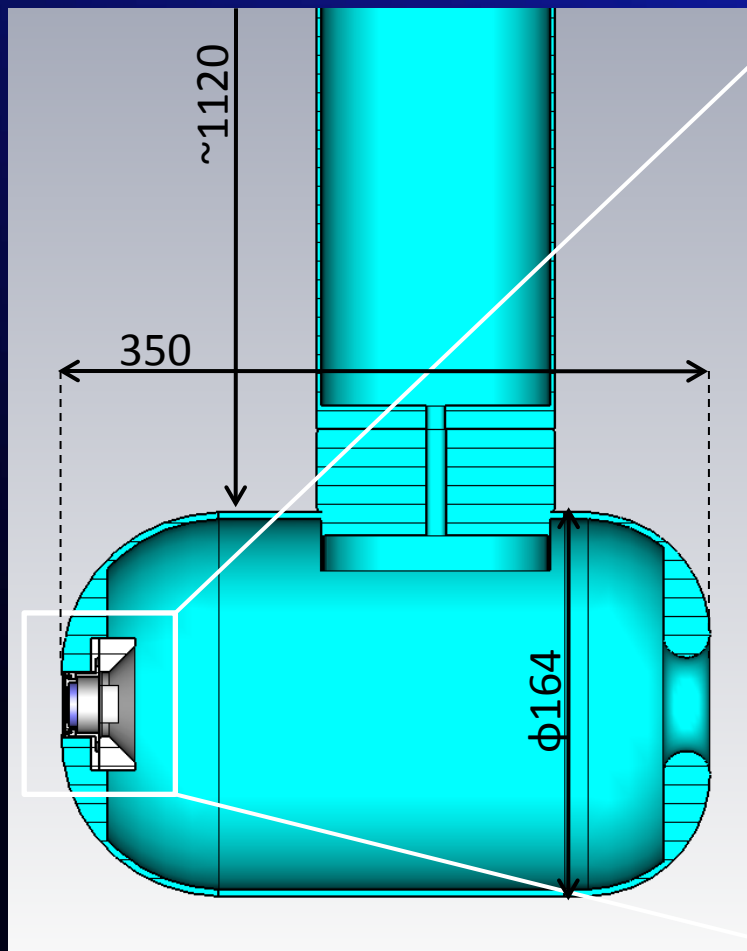
※2 金属の放射率は表面状態によってずいぶん変わるようで正しい値はよく分からない。

計算に用いたカソード周りの構造

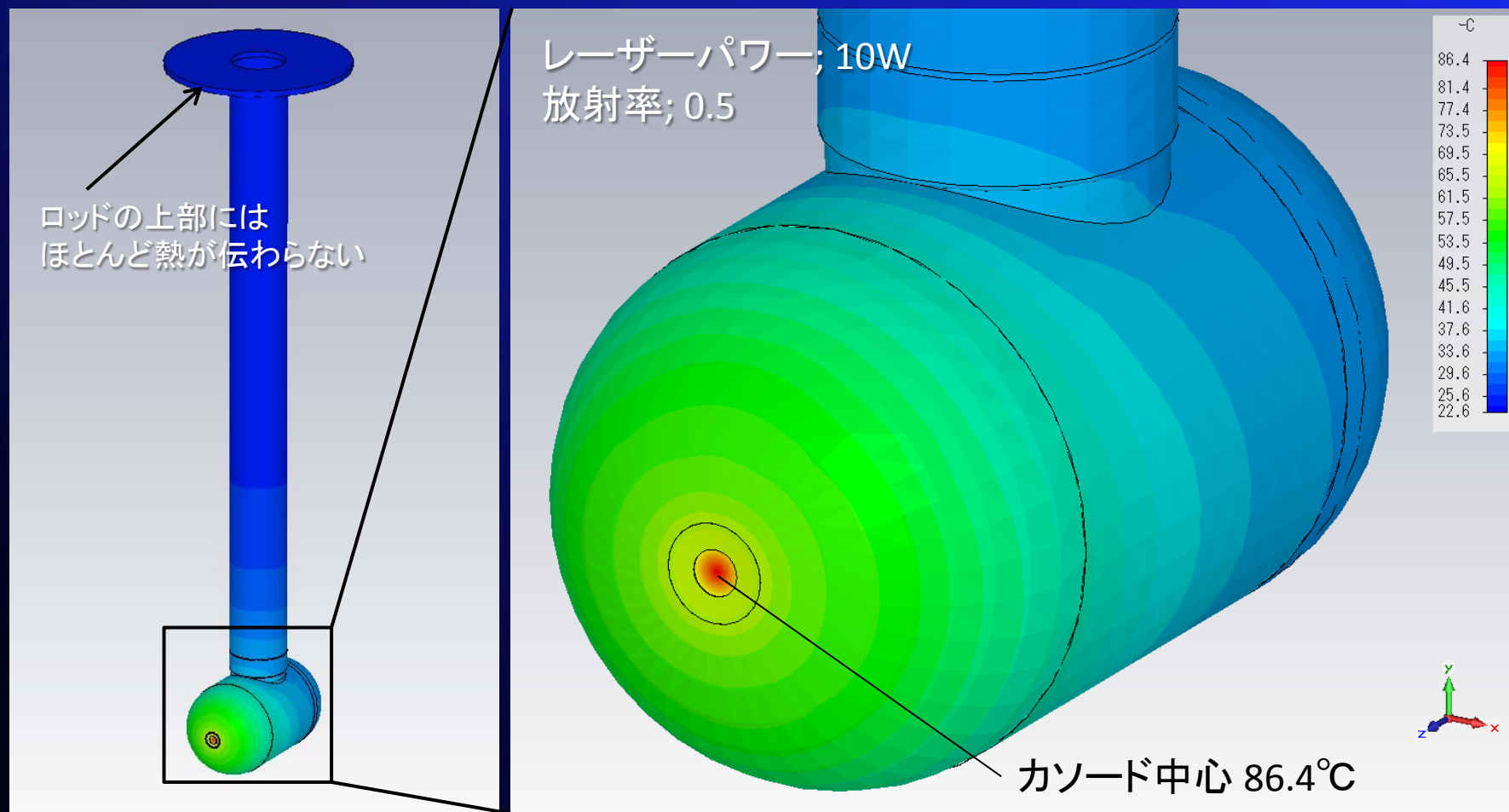


JAEA 500kV電子銃 カソード電極断面図

カソード電極断面図 (パック付近)



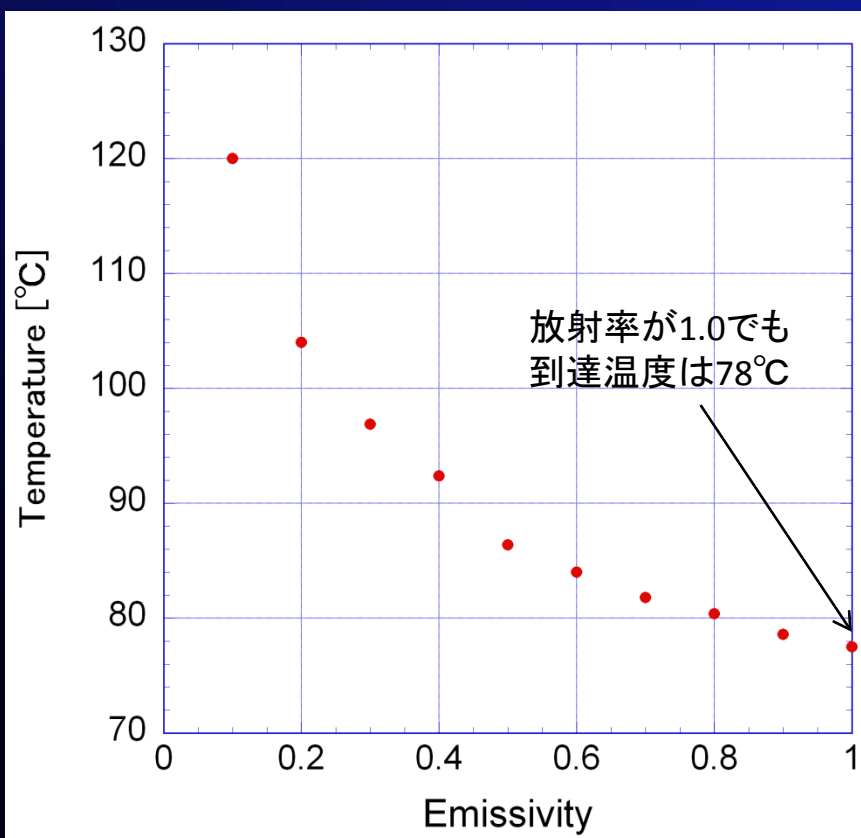
電極周りの温度分布(計算結果)



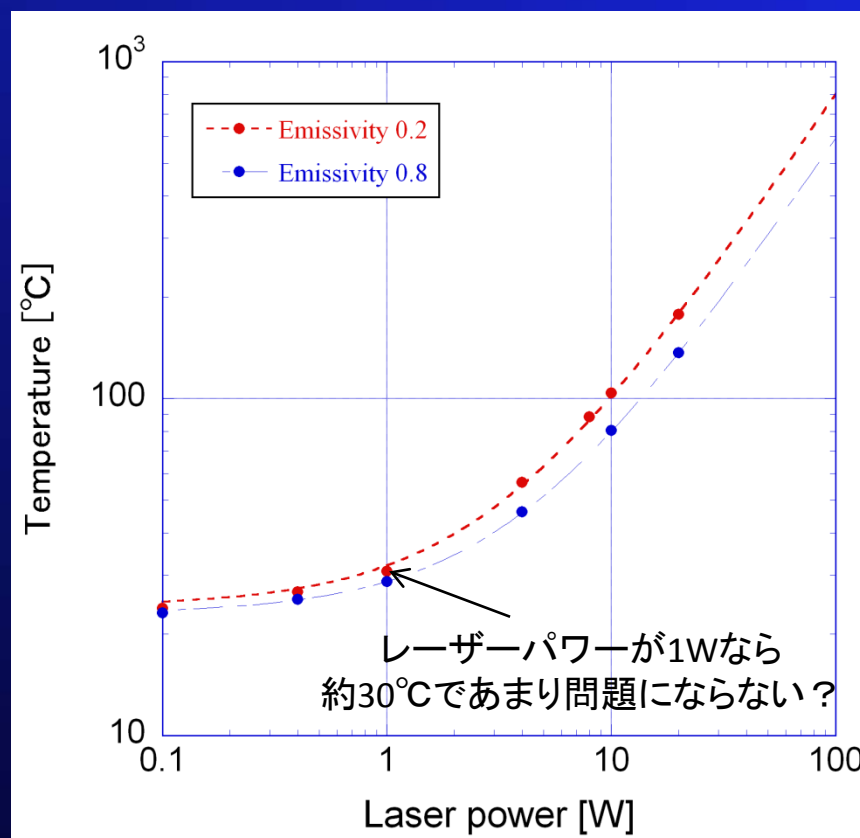
放射率とパワーの違いによる温度変化



放射率の違いに対する到達温度



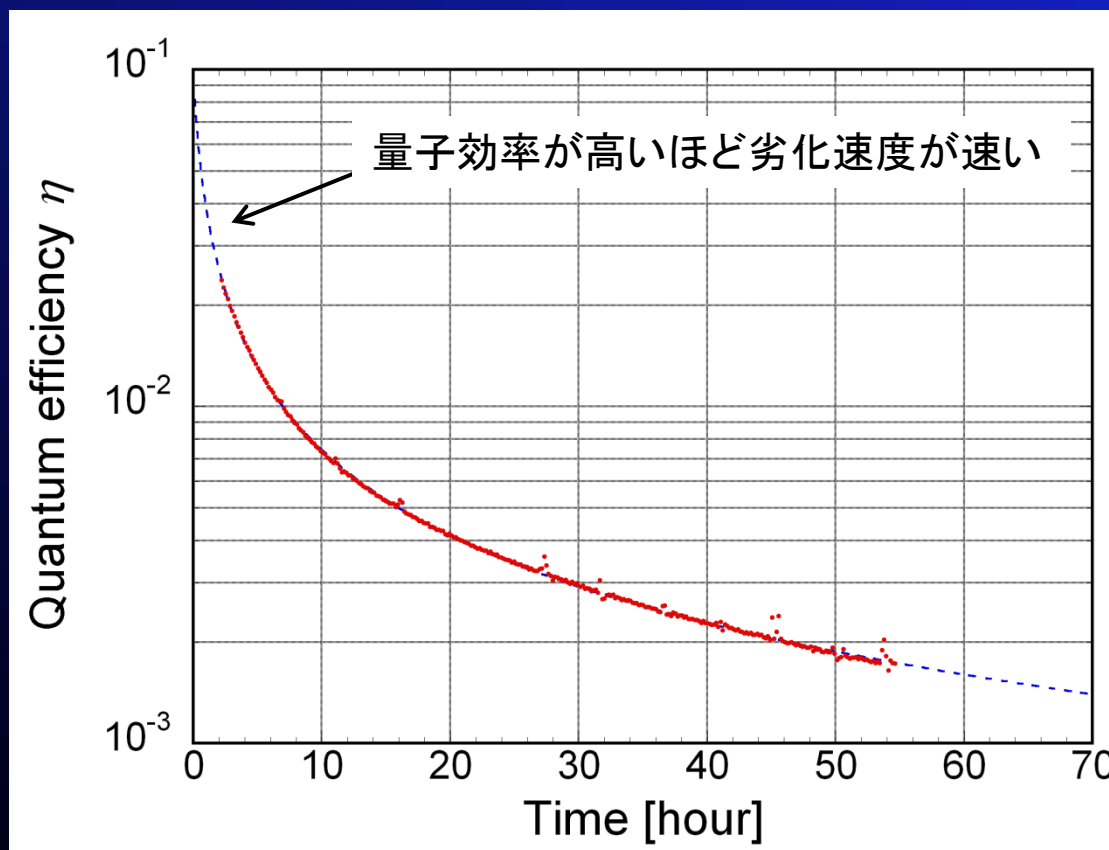
パワーの違いに対する到達温度



カソードが加熱された場合の暗寿命



広島大学の装置を用いて測定したカソードの暗寿命曲線
加熱洗浄用のヒータを用いて温度を85度に保って測定
寿命は指数関数的に変化しない



まとめ



- レーザーによるカソードの温度上昇(定常状態)をCST Studioで計算した。
- 電極表面の放射率を0.5、レーザーパワーを10Wとしたとき、カソードの温度は86度に達した。
- レーザーパワーが1Wなら温度は30度程度。10mA程度の電流発生なら、温度上昇によるQE劣化は顕著に現れないと考えられる。
- 広島大学で測定した85度の暗寿命は極端に短い。このままでは100mAの長時間運転は困難。
- 何らかの冷却機構が必要と考える。