

# 電子銃テストビームラインの 現状

2010/11/29

第29回高輝度電子源開発G会合資料

KEK-ERL入射器グループ

宮島司、本田洋介、山本将博、松葉俊哉

# 報告内容

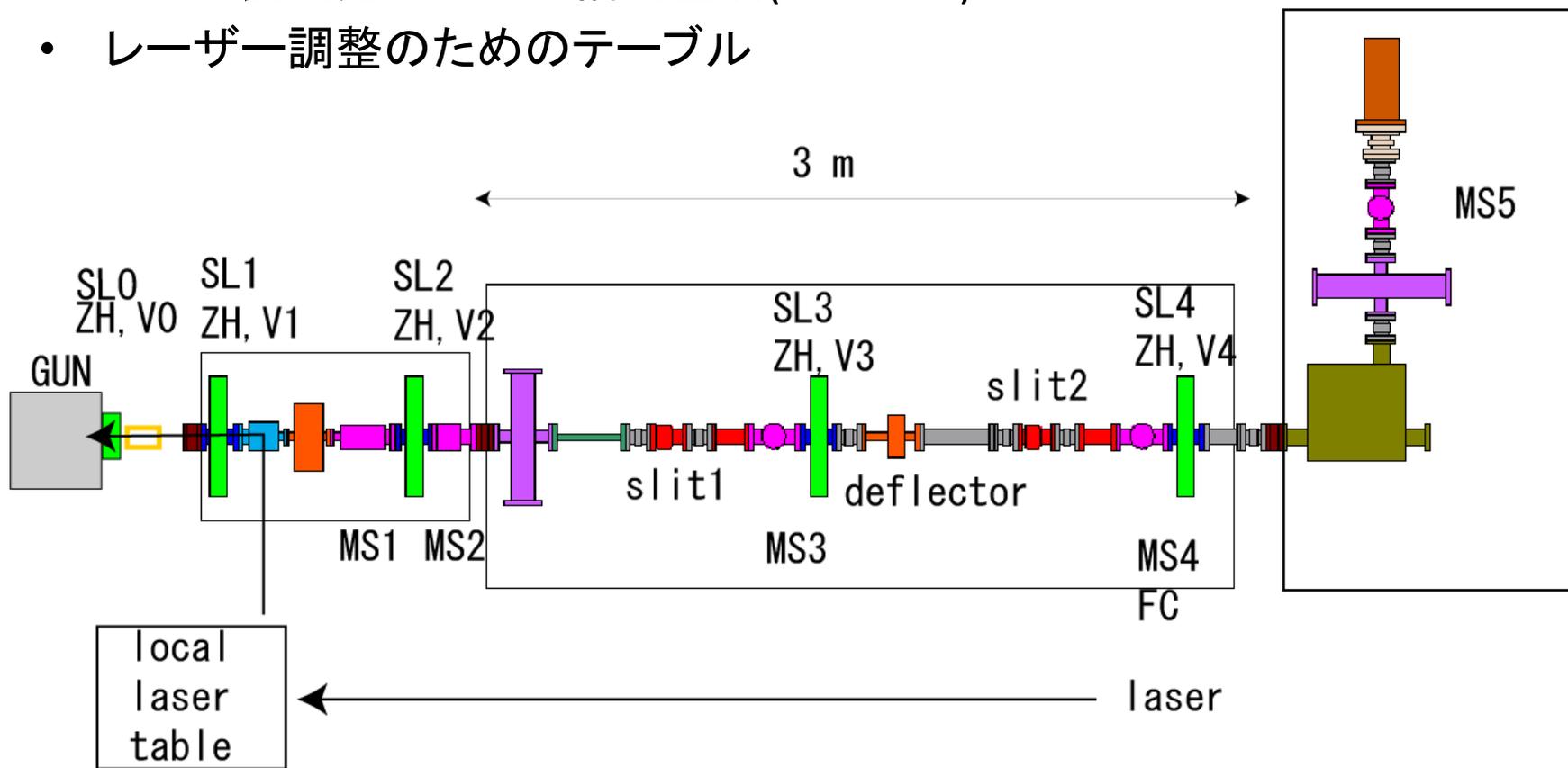
1. ビームラインの現状
2. ビームテストの結果
  - エミッタンス測定
  - バンチ長測定
3. まとめ

# テストビームラインの目的と現状

- 電子銃テストビームラインが完成し、NPES3電子銃と接続された。10月26日からビームコミッショニングを開始している。
- テストビームラインではエミッタンスや時間応答の測定法と解析法、ビーム調整法を確立し、ビームラインやカソードの評価を行うことを目的としている。
- ビームラインのバグ出しが一段落し、エミッタンスと時間応答の測定を開始した。

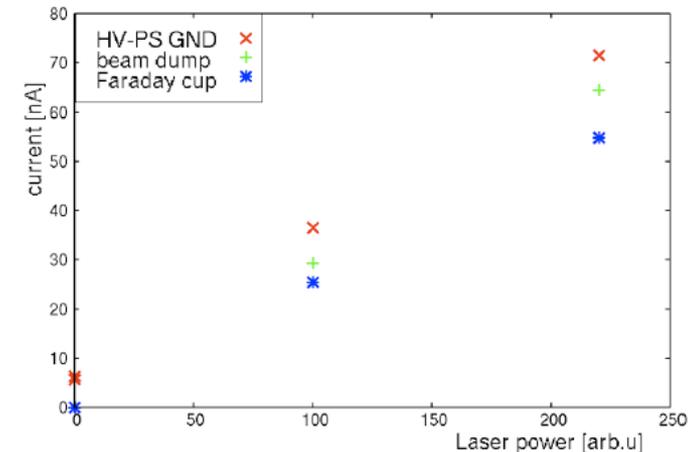
# テストビームラインのレイアウト

- ビーム調整用のソレノイド(SL) ステアリング(ZH,V)
- ビームプロファイルを見るためのスクリーン(MS)、ファラデーカップ(FC)
- エミッタンス測定のためのスリット(slit)
- バンチ長測定のための偏向空洞(deflector)
- レーザー調整のためのテーブル



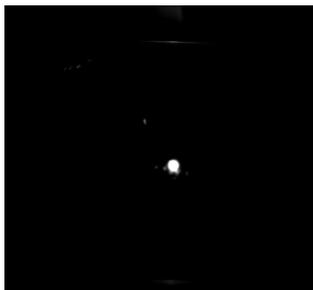
# ビームコミッショニング

- 加速電圧100 kV ビーム電流 10nA程度  
励起レーザー He-Neレーザー CW 544nm
- 8月末にアクティベーションし、QEは0.5%であった。
- ソレノイドの電流を変化させてもビーム重心がぶれない位置に調整することでソレノイドの中心を通るビーム軌道確立し、95%以上の輸送効率が得られた。

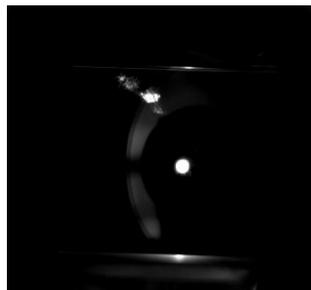


各スクリーンでのビームプロファイル

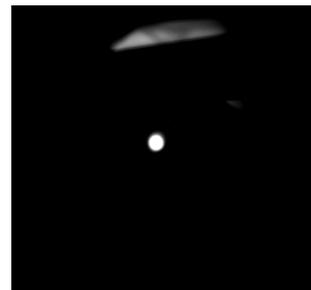
電流測定結果



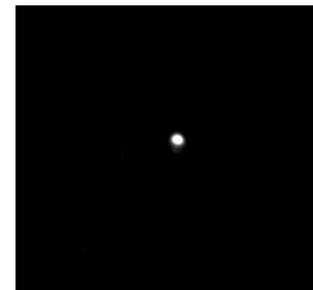
MS1



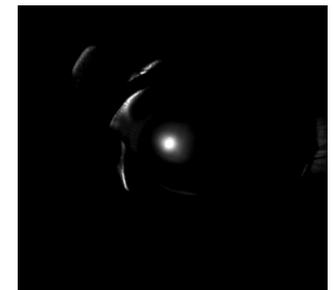
MS2



MS3



MS4



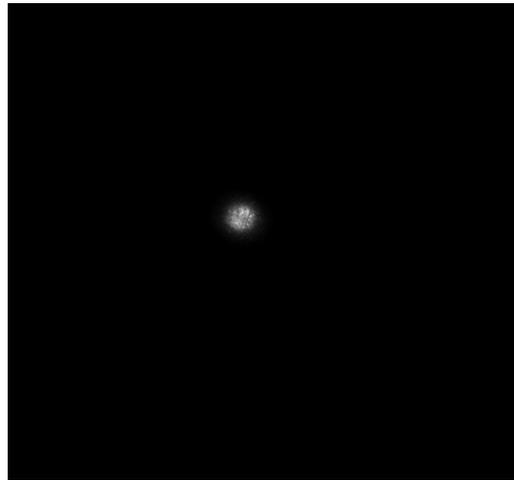
MS5

# 初期エミッタンス測定

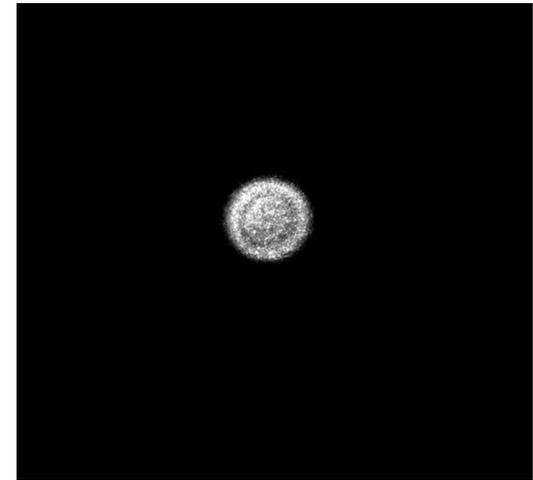
- 低電流極限でのエミッタンスをレーザーのサイズ、波長を変えて測定する。
- レーザーはピンホールにより整形してトップハット形状にしている。
- ピンホールでのレーザーの分布がカソード上で2倍にイメージするような光学系でレーザーを輸送している。



ピンホール  $\phi 0.2$   
カソード上  $\phi 0.4$

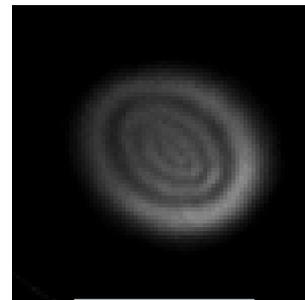


ピンホール  $\phi 0.4$   
カソード上  $\phi 0.8$

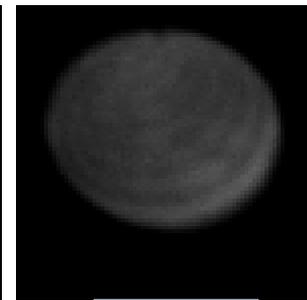


ピンホール  $\phi 1$   
カソード上  $\phi 2$

- ビームプロファイルをみてレーザーを調整する。カソードがスクリーンに投影されるようなオプティクスでビームに縞模様が見えないようにレーザー光路を調整している。



Before



After

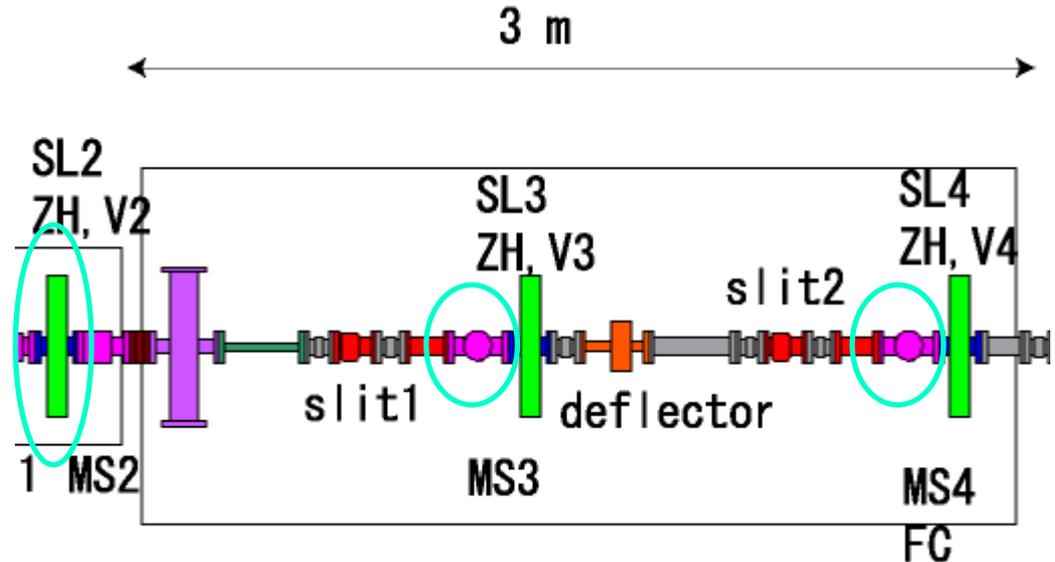
MS3における  
プロフィール

# ソレノイドスキャン

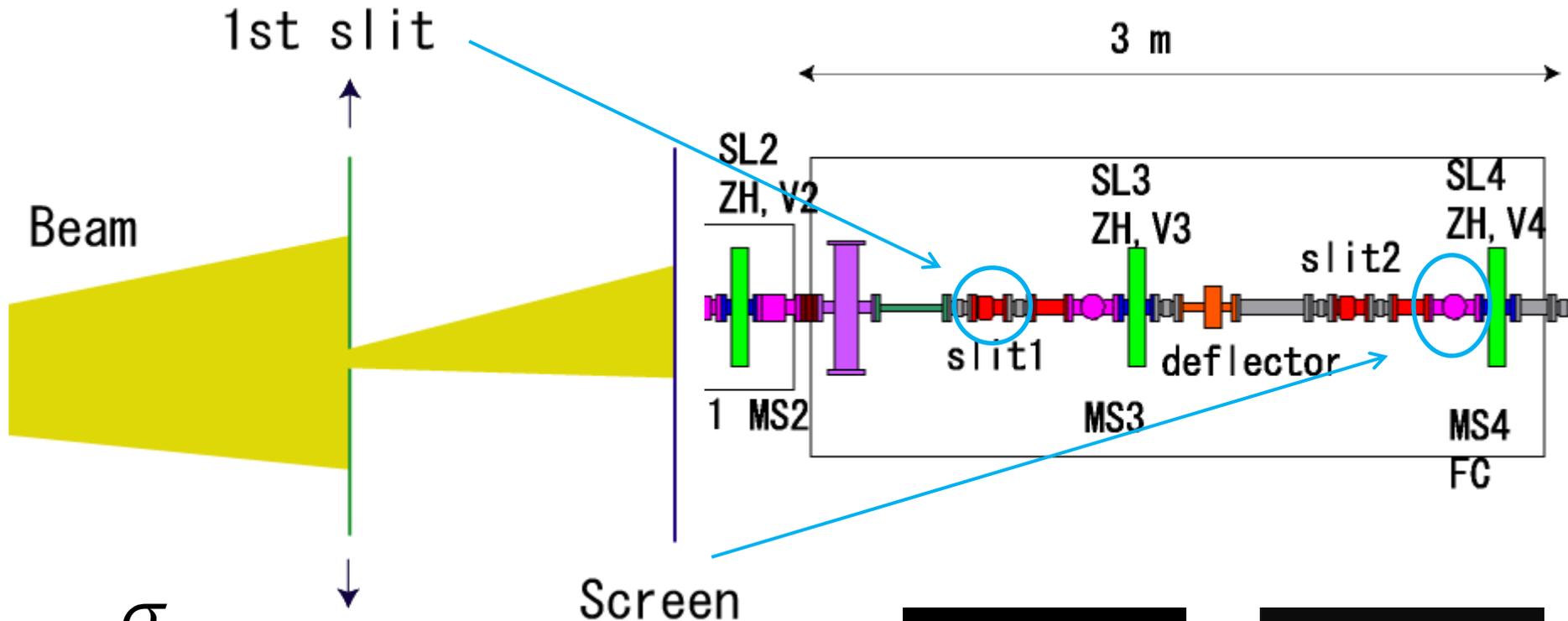
- SL2の電流(K値)を変化させ、MS3(距離1.491m)および、MS4(距離2.981m SL3はオフ)の位置でビームサイズを測定する。
- ビームサイズはスクリーンの画像をX軸に投影したものを、ガウス関数でフィットして求めている。

$$\sigma_x = \sqrt{a \left( \frac{1}{f} - b \right)^2 + c}$$

$$\varepsilon_x = \gamma \beta \frac{\sqrt{ac}}{L^2}$$



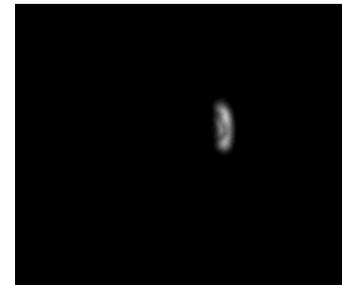
# スリットスキャン



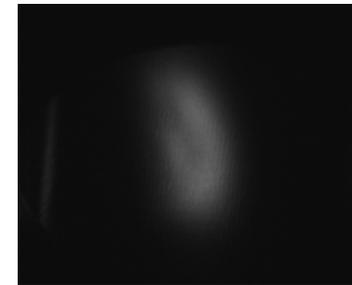
$$x' = \frac{\sigma_{xMS4}}{L}$$

$$\varepsilon_x = \gamma\beta \cdot \sigma_{xSlit} \cdot x'$$

•スリットの位置を変えながら、下流のスクリーンでビームサイズを測ることでスリット位置でのビームサイズと角度広がり測定でき、エミッタンスが分かる。



MS3

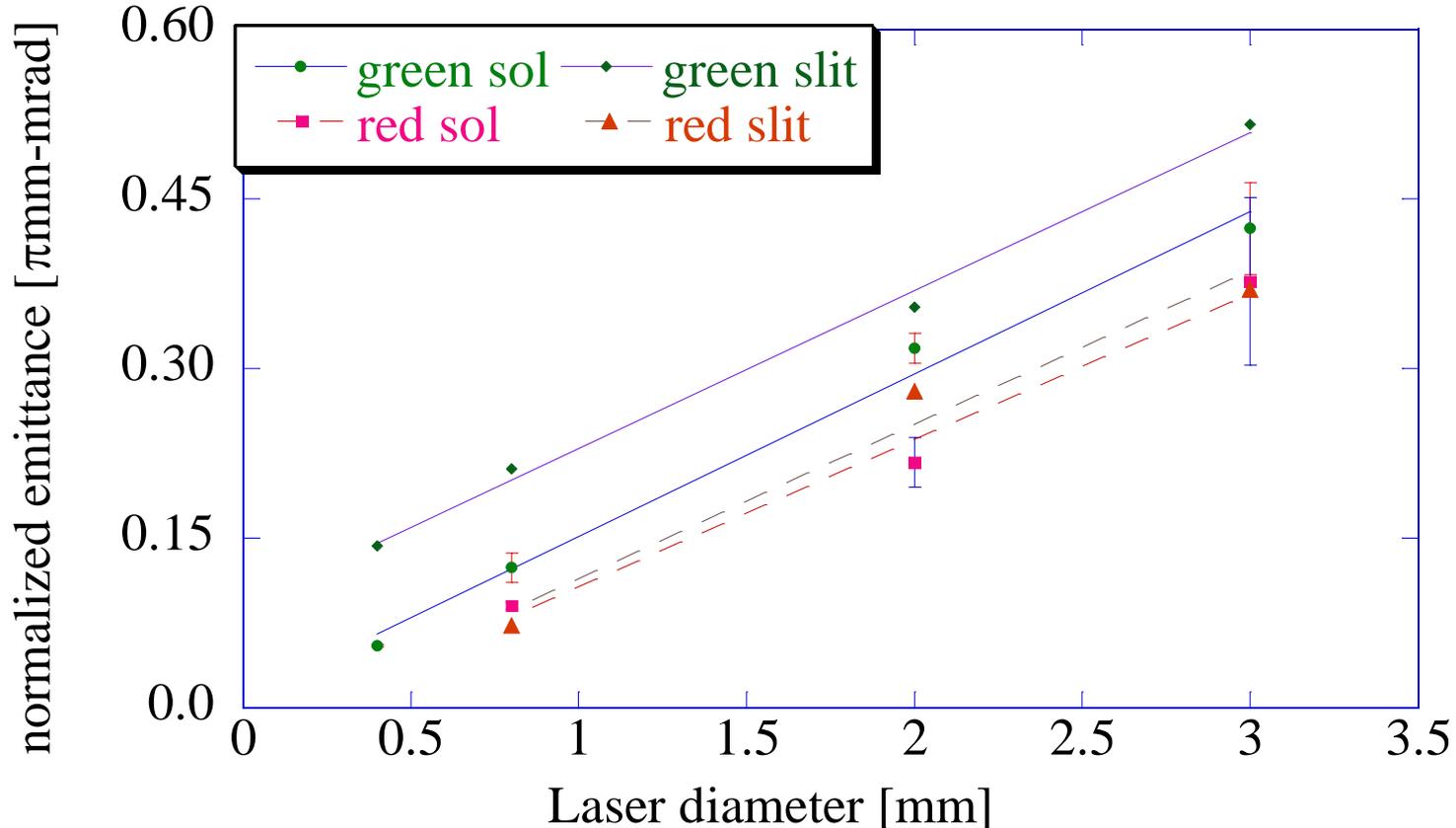


MS4

スクリーンでのプロファイル

# エミッタンス測定結果

- スリットスキャンとソレノイドスキャンによる測定結果を示す。  
ソレノイドスキャンは数回の測定結果の平均をとりエラーを標準偏差で見積もっている。



- この結果から余剰エネルギーを求めると、green (544nm)の時が164 meV  
red(633nm)の時が136 meVとなり、計算値とおおむね一致している。
- この結果から、ソレノイドスキャンとスリットスキャンの測定解析手法についての整合性が確認される。

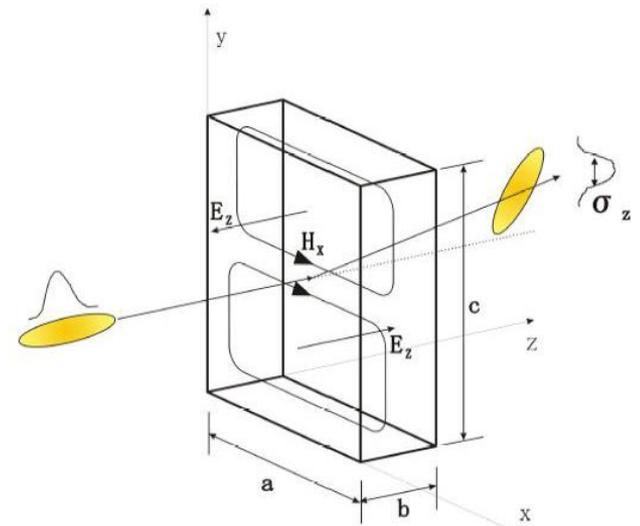
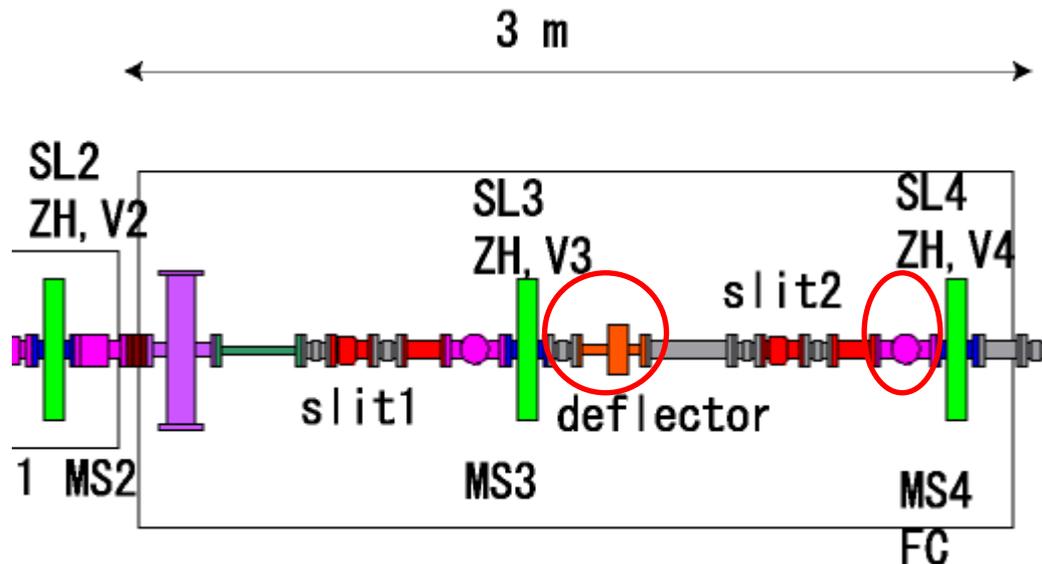
# バンチ長の測定

- 空洞のダイポールモードを使用して、縦方向位置に比例した蹴りをビームに与え、下流でのビームサイズを測ることで、バンチ長を測定する。

- 空洞の性能

Q値 : 14000 周波数 : 2.6 GHz

投入電力: 20 W



バンチ長測定の原理

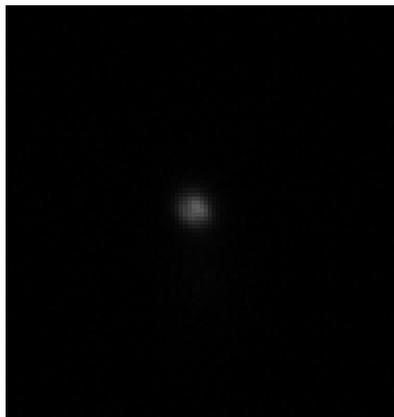
N.Kudo et al. proc of 1<sup>st</sup> annual meeting of particle accelerator society (August 4 - 6, 2004, Funabashi Japan)

# バンチ長測定

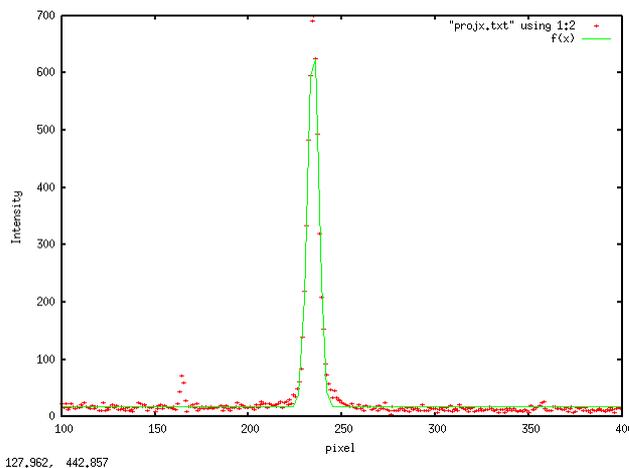
- QEの高い状態で、波長780nm パルス長2.3 psecのTi-sapphireレーザーを使用して、測定した。

- ビームのコア部分は3psec。

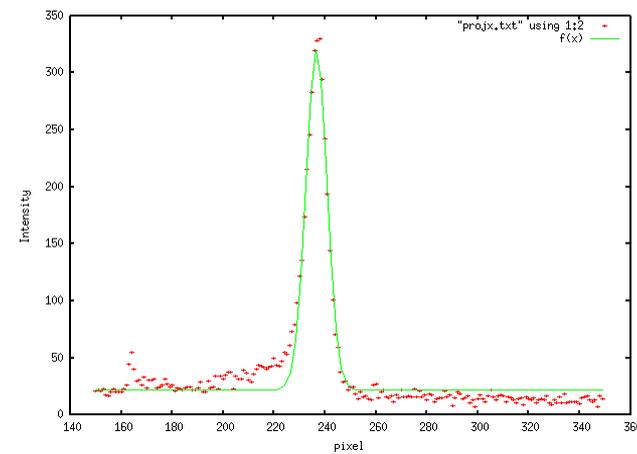
空洞  
OFF



空洞  
ON



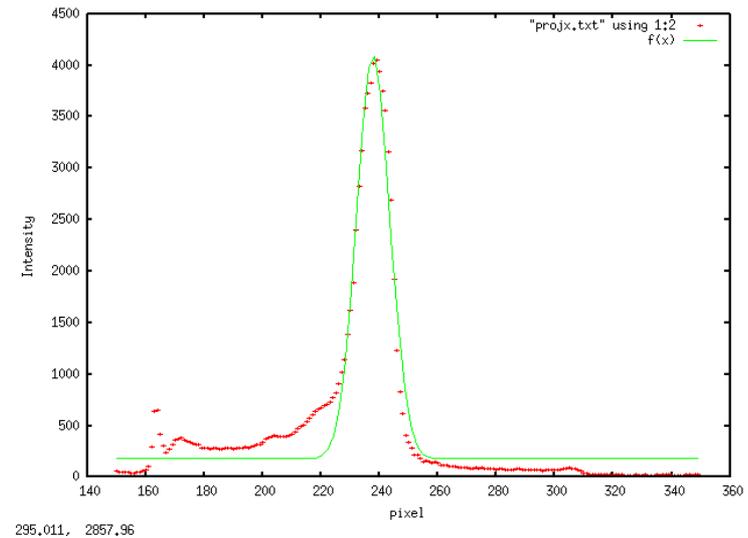
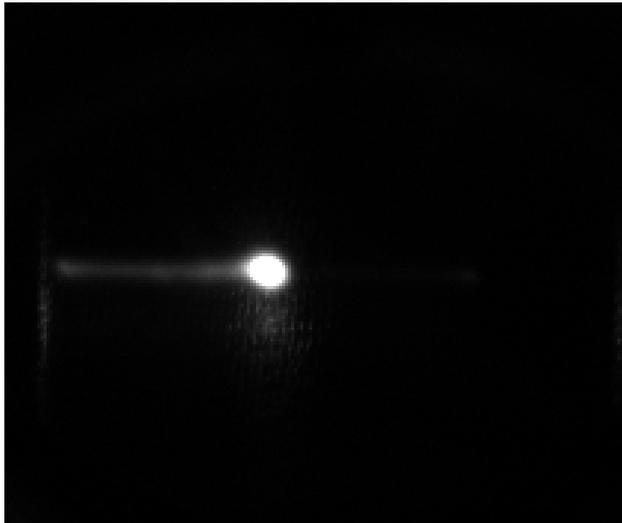
127,962, 442,867



244,750, 227,524

# ビームのテイル

- 同じ条件で、カメラの感度を上げて測定。
- 96psecを超えるテイルを引いていることが確認できた。



# まとめと今後

- ERL用電子銃のテストビームラインが完成しビーム試験が開始された。
- ビームコミッショニングにより、ビーム調整法の経験を積み、速やかな測定に移れるようになった。
- エミッタンスを測定し、ソレノイドスキャンとスリットスキャンで求めた値が一致しており測定、解析手法の妥当性を確認した。
- レーザー波長及びレーザースポット径によるエミッタンスの変化を測定し、初期エミッタンスを求めた。
- バンチ長の測定を行い、テイルを引いていることを確認した。
- ビームの円筒対称性が崩れているので、原因を探る。
- バルクGa-As以外のカソード材質に対して特性の評価を行っていく。