

Meeting memo

date: 9th Sep. 2009
place: Room 307, Wako

M. Iwasaki
K. Yokoyama
D. Tomono

APCO

HIDEKAZU SAITO
ADVISER

APCO Ltd.
522-10, KITANO-MACHI
HACHIOJI-SHI
TOKYO, 192-0906, JAPAN

TEL : +81-42-646-4466
FAX : +81-42-656-1404
e-mail : h-saito_9528@spa.nifty.com

APCO

KOUICHI MORIGUCHI
ELECTRONICS DESIGN
MANAGER

APCO Ltd.
522-10, KITANO-MACHI
HACHIOJI-SHI.
TOKYO, 192-0906, JAPAN

TEL : 042-646-4467
FAX : 042-656-1404
E-mail : k-moriguchi@apco-jp.com

'09.9.7

株式会社 アプコ

〒90-0182 東京都八王子市
192-0906 北野町 522-10

TEL:042-646-4466

報告書

(μ⁺線鏡筒 (MOC) について, 1keV の MOC は小さな大きさとなります)

線源半開角 $\alpha_0=10^{-4}\text{rad}$ なる線源径 $dg=1,000\ \mu\text{m}$ を $1\ \mu\text{m}$ 径に集束する場合, 必要な結像系の拡大率は $M=1/1,000$, target に入射する μ^+ 線の半開角は $\alpha_1=10^{-1}\text{rad}$ となります。縮小率 $1/M$ の増大とともに α_1 が大きくなり, 収差 (特に球面収差) も増えますので, 静電レンズ集束系による最小集束径は,

線源半開角 $\alpha_0=0.1\ \text{mrad}$ のとき, 約 $5\ \mu\text{m}$ 程度" $=0.015\ \text{mrad}$ のとき, 約 $1\ \mu\text{m}$ 程度1. μ^+ と e^- に関する鏡筒 (各々 MOC と EOC) の類似について μ^+ と e^- に電荷及び質量を,

$$q_\mu = +1.6 \times 10^{-19}\text{Coul}, \quad m_\mu = 9.1 \times 10^{-31}\text{kg} \times 207$$

$$q_e = -1.6 \times 10^{-19}\text{Coul}, \quad m_e = 9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$$

とし, 両者とも同一の加速電圧 ($V_A=1\text{kV}$) による energy を持つとしますと,

1) 静電 MOC とする場合

軌道形状は, MOC の電場 E, 加速電圧 V_A として E/V_A に依存します。両者が同一の加速電圧 V_A である場合, 同一の鏡筒で同一の軌道を得ます。

2) 電磁 MOC とする場合

加速電圧 V_A が両者同一の場合の同一軌道条件は, 磁束密度を B として軌道形状は $(mV_A/q)^{1/2} \cdot 1/B$ に依存するので、

$$(m_e V_A / q_e)^{1/2} \cdot 1/B_e = (m_\mu V_A / q_\mu)^{1/2} \cdot 1/B_\mu$$

$$m_\mu = 200 \times m_e \text{ のとき,}$$

$$B_\mu = 207^{1/2} \cdot B_e = 14.4 B_e, \quad V_A^{1/2} \propto B$$

ですので,

静電鏡筒とした場合, $V_A=1\text{kV}$ の μOC は $V_A=1\text{kV}$ の EOC と同一
電磁鏡筒とした場合, $V_A=1\text{kV}$ の μOC は $V_A=207\text{kV}$ 級の EOC に相当

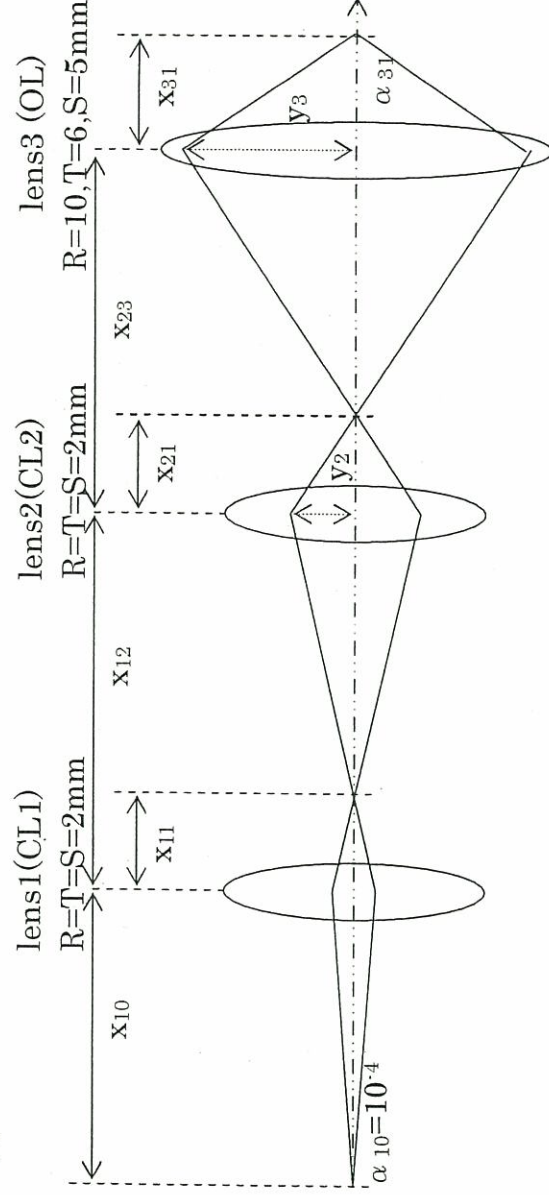
となります。以降静電 MOC について述べます。

2. 静電型 MOC (3-lens 系) による最小 beam 径 d_b
 lens1,2 の最小像距離は $x_{11}=x_{21}$ =約 4mm とした場合,

加速電圧 : $V_A=1kV$, source 径 : $d_g=1mm$ ϕ
 source 半開角 : $\alpha_0=1 \times 10^{-4}rad$
 source=CL1 間距離 : $x_{10}=80mm$
 CL1=CL2 間距離 : $x_{12}=80mm$
 CL2=OL 間距離 : $x_{23}=150mm$
 OL=target 間距離 : $x_{31}=40mm$, 以上 source=target 間距離を 340mm

は, 最大縮小率 1,000 を得る構成です。R,T,S (下記) は各々 lens の半径, 中間電極長, 電極間隙です。

lens1 と lens2 の焦点距離 $f_1=f_2$ なる条件で, 下図 MOC の結像状況を粗く調べます。

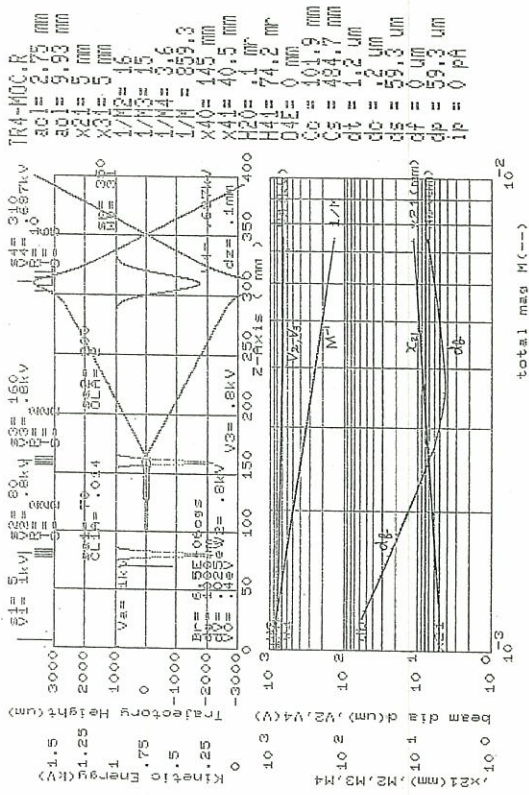


次頁に示す粗い計算によりますと,

	$\alpha_0=1 \times 10^{-4}rad$ $V_{1,2}=-712V, V_3=-688V$	$\alpha_0=1.5 \times 10^{-5}rad$ $V_{1,2}=-822V, V_3=-687V$
各像距離	$x_{11}=8.5, x_{21}=8.6, x_{31}=40mm$	$x_{11}=4.3, x_{21}=4.3, x_{31}=40mm$
全 lens 拡大率	$M=1/250$	$M=1/1178$
各拡大率	$M_{1,2,3}=1/9.4, 1/8.3, 1/3.5$	$M_{1,2,3}=1/18.6, 1/17.6, 1/3.6$
最小 beam 径	$d_b=4.4um$	$d_b=1.0um$
真像径	$d_t=3.7um$	$d_t=0.8um$
色収差	$d_c=0.1um$	$d_c=0.0um$
球面収差	$d_s=2.4um$	$d_s=0.4um$
回折収差	$d_f=0um$	$d_f=0um$

注) この頁の図では, lens1,2,3 は lens2,3,4 と表示されています。

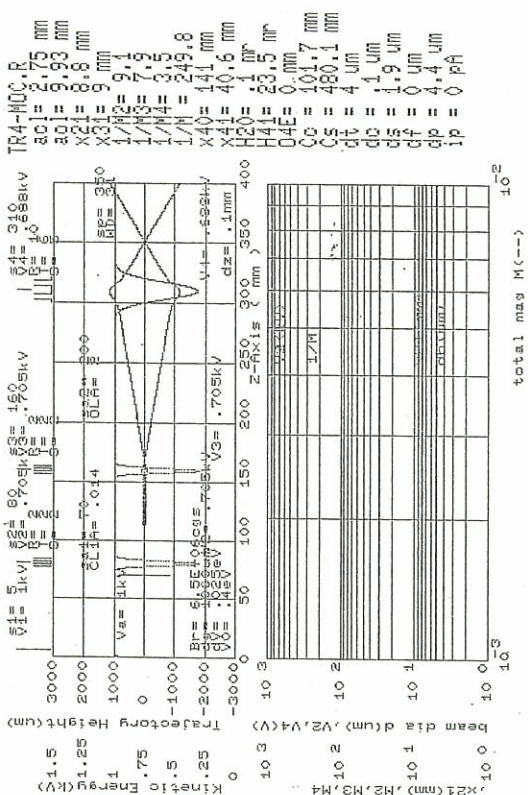
2009/08/31 20:14:53



$\alpha_0 = 1 \times 10^{-4} \text{rad}$ の場合,

上: 軸上 potential 分布及び軌道

2009/09/01 10:33:33

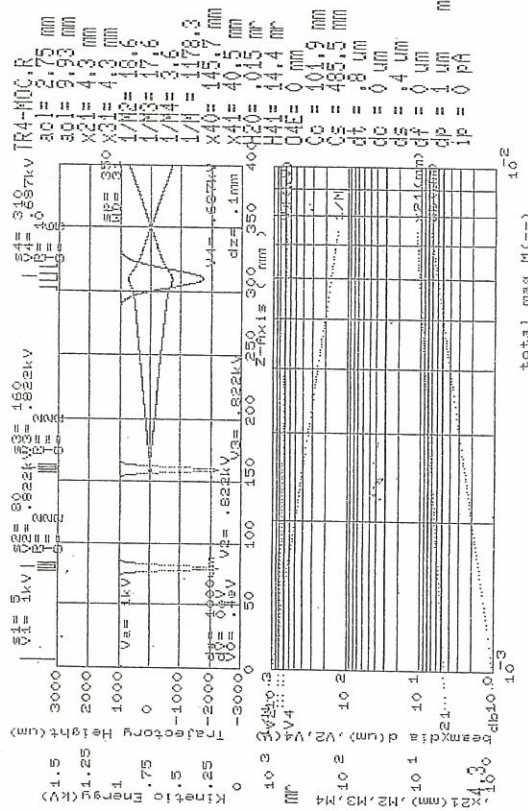


$\alpha_0 = 1 \times 10^{-4} \text{rad}$ の場合,

上: 最小 db を得る軌道

下: その知ときの諸数

2009/09/07 14:57:52



$\alpha_0 = 1.5 \times 10^{-5} \text{rad}$ の場合,

上: 最小 db を得る軌道

下: その知ときの諸数

total mas M(---)

3. lens 段数について

ここでは lens1, lens2 の最小像距離が $x_{11}=x_{21}$ 約 4mm ですので,

条件 $\alpha_0=1 \times 10^{-4}$ rad で最小 db=4.4um を得る縮小率 250 の場合,

この 3-lens 系では x_{10} , x_{12} を約半分の長さにしてもこの縮小率は成立します。

2-lens 系とする場合, $x_{10}=300$ mm とすれば, ほぼ同じ結果となります。

db=1um を得る為に絞りに絞りを用いて $\alpha_0=1.5 \times 10^{-5}$ rad とし, 縮小率 1000 を確保する場合,

この 3-lens 系の寸法で丁度よい (beam path は 340mm) です。

即ち 2-lens 系の beam path は 3-lens 系の場合の約 3 倍以上となります。

4. 構成材料

$V_A=1$ kV の μ OC は 200kV の EOC に匹敵するので、外乱磁場を無視できます。しかし、MOC のテストには電子線を用いるので、その評価には磁気シールド筒を要します。

本体の材料は超高真空対応の EOC と同一でよいでしょう。

5. その他

- ・収差については、収差積分を行ってより精度を上げる必要があります。
- ・ $\pi/2$ 偏向器を MOC の途中に入れる場合、例えば spherical 偏向器の持つ拡大率 (倍率) を含めて上記 MOC の構成を検討する必要があります。

6. MOC の構成

3-lens 系全段静電型でMOCを構成すると, alignment の追加等を配慮して2/5頁の dimension に近い大きさのMOCとなります。構成の他若干の要件を付記します。

1) source

source⇒ion化・速度計測空間⇒shield電極1⇒速度補正偏向機⇒shield電極2⇒加速空間⇒電極3(anode)という順序の4極構成?

加速電圧: $V_A=1\text{kV}$

半出射角: $\alpha_0=1\times 10^{-4}\text{rad}$

輝度: $\beta=6.5\times 10^{-6}\text{A/cm}^2\cdot\text{str}$ (10^{-6} 個/sec相当)

線源径: $dg=1,000\mu\text{m}$

energy分布: $\pm 0.026\text{eV}$

2) source aligner (M: 機械)

dx,dy: $\pm 1\text{mm}$ の機械aligner

3) 8極deflector (source aligner)

8極2段, 以下の2modeの重畳動作, 印加電圧(合計): $\pm 24\text{V}$ 以下

線束の平行移動: $\pm 0.5\text{mm}$

lens1 (CL1) 中心を節とする線束の傾斜: $\pm 1/20\text{rad}$

4) lens-1 (CL1: condenser lens, movable)

電極口径 4ϕ , -HT (-1.2kV) 印加, 機械移動: $\pm 0.5\text{mm}$

5) lens-2 (CL2: condenser lens, movable)

lens-1に同じ

6) 8極deflector (OL aligner)

線束の傾斜: $\pm 1/20\text{rad}$

7) OL aperture (OLA)

aperture径: 3種, 機械移動: $\pm 0.5\text{mm}$

8) 8極deflector (scanner/stigmator/aligner)

8極2段, 以下を重畳

scanner: lens-3 (OL) 中心を節とする, 印加電圧: $\pm 40\text{V}$ 以下

stigmator: upper deflectorのみ, 印加電圧: $\pm 15\text{V}$ 以下

9) lens-3 (OL: objective lens)

電極口径 $10\sim 30\phi$, -HT (-1kV) 印加

(10) MOC テスト治具

1keV電子銃

二次電子検出器

磁気シールド筒

