

後段加速電極系について

On the Accelerating System for the Post Deflection C.R. Tube

小泉喜八郎*

内 容 梗 概

後段加速型ブラウン管の試作が進むにつれ、後段加速電極系の取扱いについての設計上の知識の必要性が痛感せられた。筆者は電子光学的な立場から、後段加速電極系を考察した。取扱った問題は

- (1) 偏向率に対する影響
- (2) 主レンズ系におよぼす影響

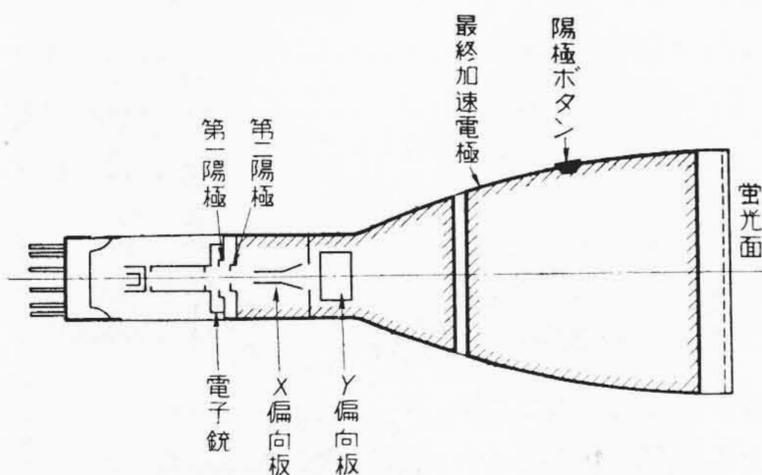
であるが、いずれも後段加速電極系を一つの電子レンズとして考察した。定性的に実験と計算とはよくあうことが認められたが、両者の間には 1~2 割の開きがある。

〔I〕 緒 言

最近筆者らは 5 ABP 1 型の後段加速型ブラウン管を完成したが、この種ブラウン管は筆者らにとっては比較的新しい製品なので、その特性について十分なる結果がなく、したがってその取扱いについてもほとんど見るべきものがなかった。今回 5 ABP 1 を完成したのを機会に後段加速電極が偏向率や集束電圧におよぼすべき影響を知ることができたので、これらを基にして加速電極系を電子光学的に取扱いその両者を比較する機会が与えられたのでここに簡単に報告にまとめた次第である。

〔II〕 後段加速型ブラウン管について

後段加速型ブラウン管とは第 1 図に示すように、ブラウン管の管壁に塗られた黒鉛を二つまたはそれ以上に分割して、偏向板に近い部分から逐次電圧を高めて使用する。このようにすると偏向板を通る電子ビームは比較的低い電子速度を有しているので、これを偏向するための電位を小さくすることができる。すなわち偏向感度を大きくして使用できる。しかして、蛍光膜の発生能率は電子の加速電圧の約 2 乗に比例するので、偏向後にさらに電子を加速することにより輝度の高い輝線がえられる。これを従来のブラウン管と比較すると、同一輝度の輝線



第 1 図 後段加速ブラウン管の外観
Fig. 1. Outline of Post Deflection C.R. Tube

をうる場合には後段加速型の方が偏向感度がよい。また同一偏向感度ならば後者の方が高い輝度がえられる利点がある。

しかしながら図に示すように管壁の黒鉛は円筒に近い型をとっているため、第 2 陽極と最終加速電極との間には一種の電子レンズ系を成形していると考えられるので、今まで直進して来た電子ビームはここで若干曲げられることが考えられ、偏向率および主レンズの集束電圧に変化があることが期待される。

〔III〕 後段加速電極の偏向率におよぼす影響

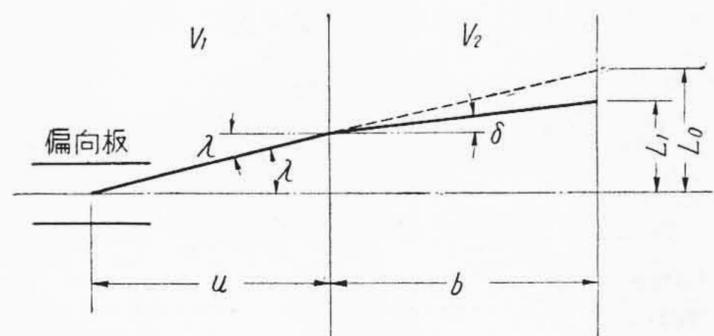
(1) 非レンズ的取扱い

第 1 図に示すように第 2 陽極と後段加速電極との間には電位差が与えられるが、これを簡単に第 2 図に示すように V_1 なる電位から急激に V_2 なる電位に変ると考えた場合について取扱う。

偏向板を通る電子ビームは一般に拋物線に近い軌跡を描くが、偏向板を通過した電子ビームは偏向板の中心から λ なる角で放出されると考えて大過ない。いま、偏向板の中心から u なる点で電位が V_1 から V_2 に変わるものとする。 $V_1 = V_2$ の場合の蛍光面の偏位 L_0 と、 $V_1 \neq V_2$ の場合の蛍光面の偏位 L_1 との比 L_0/L_1 は

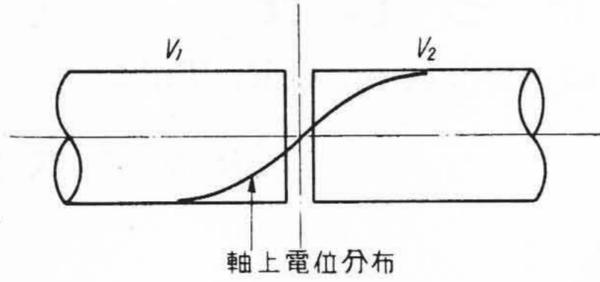
$$\frac{L_0}{L_1} = \frac{(u+b) \tan \lambda}{u \tan \lambda + b \tan \delta} \dots \dots \dots (1)$$

ただし b は加速電極から蛍光面までの距離、 δ は V_2 側における電子ビームの傾きである。しかして

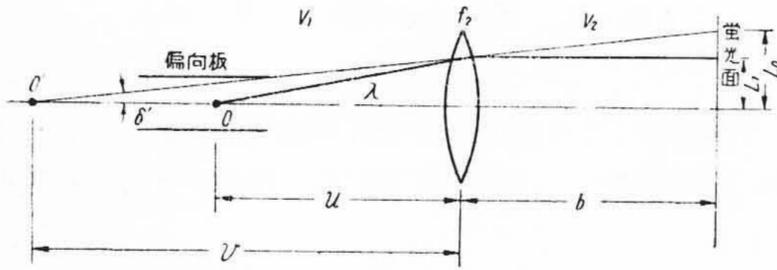


第 2 図 加速電圧が急に変った場合の電子軌道
Fig. 2. Electron Path at Sharp Change of Accelerating Potential

* 日立製作所茂原工場



第3図 2つの同軸円筒によるレンズ系
Fig.3. Lens System of Two Coaxial Cylinders



第4図 加速電極系を界浸レンズとした場合
Fig.4. Immersion Lens System formed by Accelerating System

$$\frac{\tan \delta}{\tan \lambda} = \sqrt{\frac{V_1}{V_2}} \dots\dots\dots (2)$$

と考えられるので (λ, δ はいずれも小さいと考えて)

$$\tan \delta = \sqrt{\frac{V_1}{V_2}} \tan \lambda \dots\dots\dots (3)$$

ゆえに

$$\frac{L_0}{L_1} = \frac{u+b}{u+b\sqrt{\frac{V_1}{V_2}}} \dots\dots\dots (4)$$

がえられる。

(2) レンズ的取扱い

つぎに第2陽極と加速電極との間に1つのレンズ系ができていて、これが第3図に示すような半無限円筒によって生ずる界浸レンズ系と同様であると考えれば問題が非常に簡単になる。第3図に示すようなレンズ系の定数は早くから研究されているから、これをそのまま利用すれば第1表に示すようになる⁽¹⁾。

後段加速電極の作るレンズの口径は大きいから、電子ビームの偏向中心0はレンズの焦点距離内に入るの、レンズ通過後は電子は屈折されて、あたかも虚像点0'から δ' なる角度で偏向されたごとく螢光面に入射する。レンズから0, 0'までの距離を第4図に示すごとくそれぞれ u, v とすると、レンズ公式から

$$\frac{\sqrt{V_1}}{u} - \frac{\sqrt{V_2}}{v} = \frac{\sqrt{V_2}}{f_2} \dots\dots\dots (5)$$

がえられる。また図からあきらかなごとく

$$\frac{\tan \delta'}{\tan \lambda} = \frac{u}{v} \dots\dots\dots (6)$$

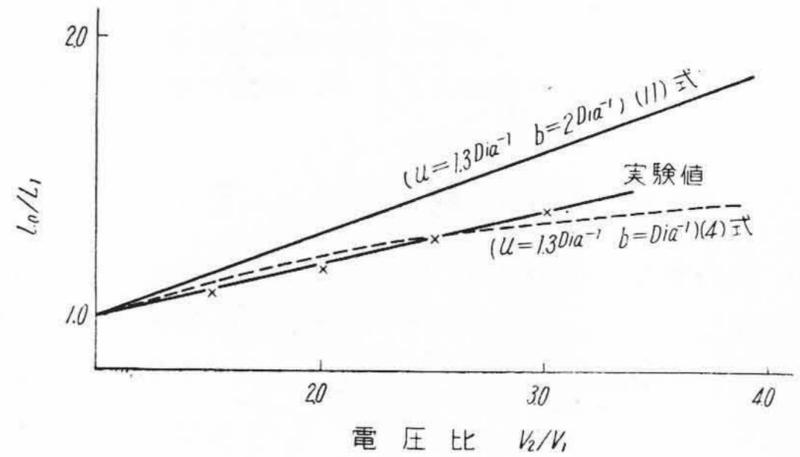
なるゆえ

$$\tan \delta' = \frac{u}{v} \tan \lambda \dots\dots\dots (6)'$$

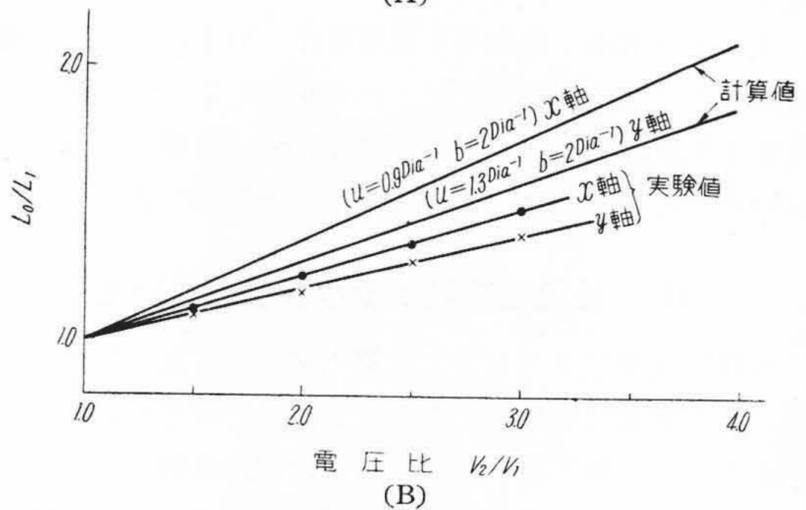
第1表 2つの同軸円筒のレンズ定数
Table 1. Lens Constants of Two Coaxial Cylinder Lenses

$\alpha = V_2/V_1$	1	2	3	4
$f_2(\text{dia}^{-1})$	∞	11.4	7	5
β	0.5	0.58	0.62	0.60

ただし $\beta = \frac{\sqrt{\alpha}}{b} - \frac{\sqrt{\alpha}}{f_2}$
 $b=2$



(A)



第5図 計算値と実測値の比較
Fig.5. Comparison of Calculated Value and Experimented Value with Deflection Factor Ratio L_0/L_1

これに(5)式を代入して

$$\tan \delta' = \left(\sqrt{\frac{V_1}{V_2}} - \sqrt{\frac{u}{f_2}} \right) \tan \lambda \dots\dots\dots (7)$$

となる。また

$$L_0 = (u+b) \tan \lambda \dots\dots\dots (8)$$

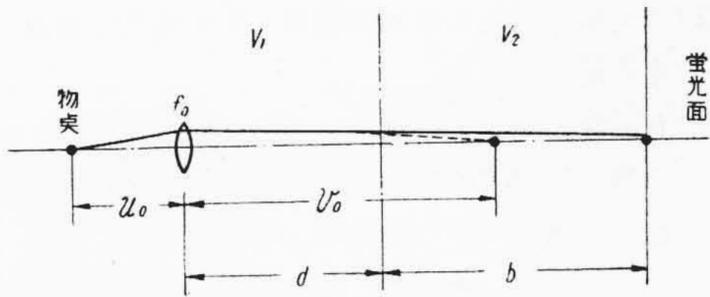
$$L_1' = (v+b) \tan \delta' \dots\dots\dots (9)$$

$$= \left\{ u+b \left(\sqrt{\frac{V_1}{V_2}} - \frac{u}{f_2} \right) \right\} \tan \lambda \dots\dots\dots (10)$$

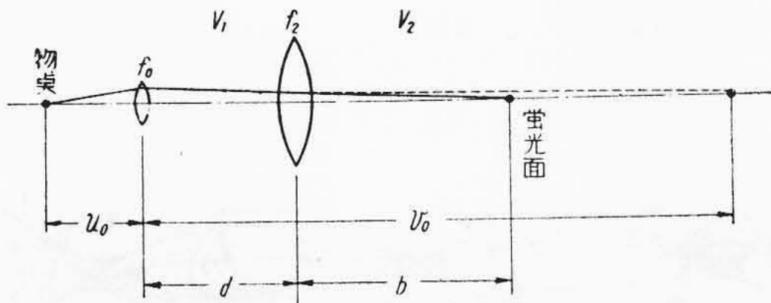
がえられるゆえ、 L_0/L_1' の比は

$$\frac{L_0}{L_1'} = (u+b) / \left\{ u+b \left(\sqrt{\frac{V_1}{V_2}} - \frac{u}{f_2} \right) \right\} \dots\dots\dots (11)$$

となる。したがって、 V_2/V_1 の比が与えられ、これに相当する焦点距離がわかれば(11)式から L_0/L_1' の比を計算することができる。第5図(A)は(4)および(11)式と5ABP1の実験値の比較を示した。この図では(4)式と実験値は近い値を示しているが、定性的には(11)式の方



第6図 集束レンズの結像系(その1)
Fig. 6. Image-forming System of Focusing Lens (1)



第7図 集束レンズの結像系(その2)
Fig. 7. Image-forming System of Focusing Lens (2)

がよく実験と一致している。同図(B)は x および y 偏向系に対する計算値と実験値の比較である。

〔IV〕 後段加速電極系の主レンズ系におよぼす影響

(1) 非レンズ的取扱い

つぎに主レンズ系にどのように加速電極系が影響するかを考える。例によつて〔III〕(1)に示したと同様に加速電極が単に電子加速にのみ利用されたと考える。しかる場合には主レンズによつて蛍光面に写像されるクロスオーバの像は第6図のように主レンズから v_0 なる点に変わるから、

$$v_0 = d + \sqrt{\frac{V_1}{V_2} b} \dots \dots \dots (12)$$

したがつて主レンズの屈折力 $\frac{1}{f_0}$ は

$$\frac{1}{f_0} = \frac{1}{u_0} + \frac{1}{d + \sqrt{\frac{V_1}{V_2} b}} \dots \dots \dots (13)$$

となる。この場合には $\frac{V_2}{V_1}$ の比が変れば f_0 が若干変ることが予想される。

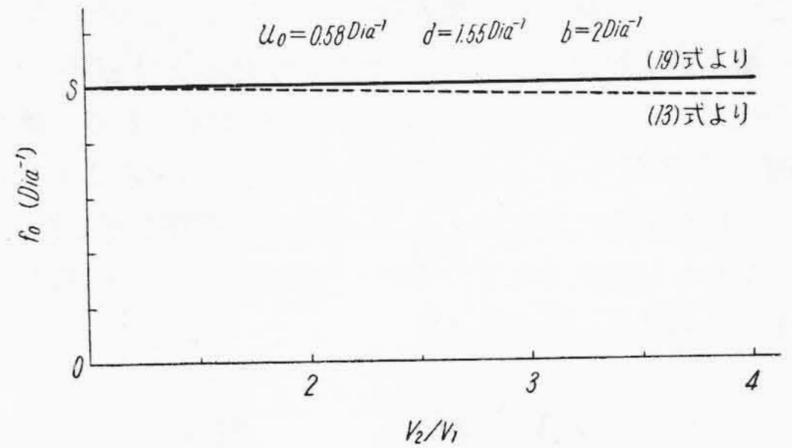
(2) レンズの取扱い

つぎに後段加速電極をレンズ系として〔III〕(2)と同様に考えると、集束レンズの結像系は第7図のごとくなる。

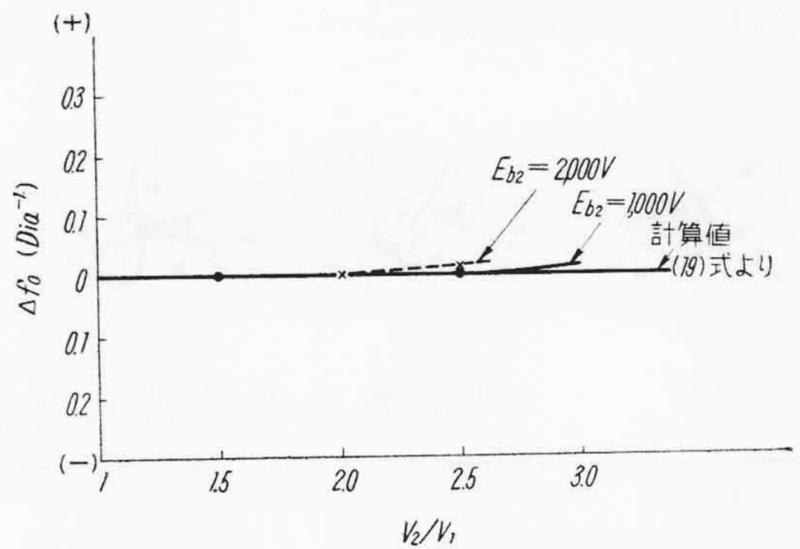
主レンズ系の結像についてはレンズの式から

$$\frac{1}{u_0} + \frac{1}{v_0} = \frac{1}{f_0} \dots \dots \dots (14)$$

が成立する。つぎに最終電極に V_2 なる電位を与えて、



第8図 両結像系の比較
Fig. 8. Comparison of Two System



第9図 主レンズ焦点距離の変化(実験値)
Fig. 9. Variation of Focal Distance of Focusing Lens with V_2/V_1

丁度蛍光面に輝点が焦点されたとすると、最後のレンズでは次式が成立する。

$$\frac{\sqrt{V_2}}{b} - \frac{\sqrt{V_1}}{v_0 - d} = \frac{\sqrt{V_2}}{f_2} \dots \dots \dots (15)$$

(14)式を変形して

$$v_0 = \frac{u_0 f_0}{u_0 - f_0} \dots \dots \dots (16)$$

これを(15)式に代入して整理すると

$$\frac{\sqrt{\alpha}}{b} - \frac{\sqrt{\alpha}}{f_0} = \frac{u - f_0}{(u_0 + d)f_0 - du_0} \dots \dots \dots (17)$$

たゞし $\alpha = V_2/V_1$

いま(17)式の左辺を

$$\frac{\sqrt{\alpha}}{b} - \frac{\sqrt{\alpha}}{f_2} = \beta \dots \dots \dots (18)$$

とおくと、(17)式は

$$\beta = \frac{u_0 - f_0}{(u_0 + d)f_0 - du_0} \dots \dots \dots (17-a)$$

となる。これより

$$f_0 = \frac{(1 + d\beta)u_0}{1 + \beta(u_0 + d)} \dots \dots \dots (19)$$

がえられる。

5ABP1については $u_0 = 0.58 (\text{Dia}^{-1})$, $d = 1.55 (\text{Dia}^{-1})$, $b = 2 (\text{Dia}^{-1})$ となるので、(13)式および(19)式にこれら

を代入して計算すると第 8 図のようになる。(ただし β は第 1 表参照のこと)。この結果から見ると V_2/V_1 の比が変つても f_0 はあまり変わらないことが示される。第 9 図は 5 ABP 1 について実験した結果から求めた主レンズの焦点距離の変化 Δf と V_2/V_1 との関係を示した⁽²⁾。すなわち(19)式で与えたものと実験値とはよい一致を示すことがあきらかであろう。

〔V〕 結 言

後段加速電極の偏向率および主レンズにおよぼす影響につき考察し、実験と比較した結果は

- (1) 後段加速電極系をレンズ系として考えると定性

的によく説明できる。

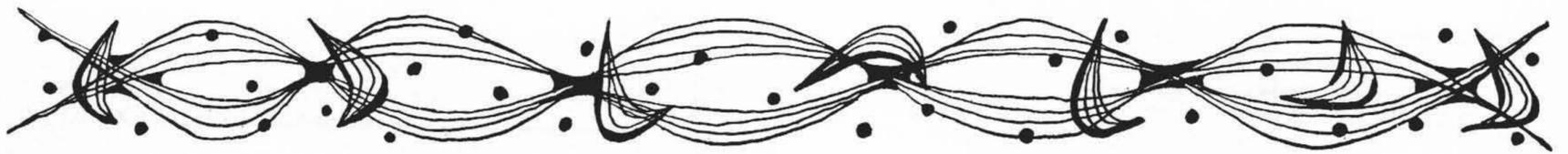
- (2) 簡単な場合には加速電界として考えて計算しても大過ない。

などの有益な結論がえられた。

終りに当り 5 ABP 1 の製作および測定を担当された泉田、西沢の両氏に厚く御礼申上げる。

参 考 文 献

- (1) V.K. Zworykin, G.A. Morton, F.G. Ramberg, J. Hillier, and A. W. Vance: "Electron Optics and the Electron Microscope" p. 450 1945, Wiley Co.
- (2) 沼倉, 森戸: 未発表



日 立 製 作 所 社 員 社 外 講 演 一 覧 (昭和 31 年 2 月 受 付 分)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
4/1~3	日本産業医学会	一般発塵の性質と防塵計画	日立研究所	橋本清隆
5/下旬	日本鋳物協会	ヒドロナリウムの耐蝕性について	日立工場	宮田 猛
2/22	九州炭鋳技術連盟	炭車連結器にかかる荷重とその強度について	戸畑工場	山根昭久
2/22	九州炭鋳技術連盟	新型車輪の構造について	戸畑工場	三原正一
2/14	電気通信学会	空中線測定上の諸問題	戸塚工場	白川庸一 古谷勝美
2/23	信越熱管理協会	サイクロンファーンズの概要	日立研究所	河原誠二
2/21	経営分析研究会	設備投資の効率測定の実務上の諸問題	本社	村川武雄
4/1	日本医学放射線学会	断層写真の鮮鋭度におよぼす各種要因について	亀戸工場	草谷晴之
4/1	日本医学放射線学会	X線高圧撮影法	亀戸工場	小林長平
2/22	厚生省	断層撮影の鮮鋭度について	亀戸工場	和田正脩
3/31	日本学術振興会	高炭素クロム鋼のオーステナイト粒度の現出法について	水戸工場	渡辺準守
2/22	九州炭鋳技術連盟	チェンの疲れと寿命, 過巻防止と巻上余裕距離の考察	亀有工場	石橋重遠
4/1	国鉄X線技師会	高電圧撮影について	亀戸工場	和田進脩
2/27	熔接学会 JIW第九委員会	ステンレス鋼の熔接部の腐食	日立工場	小野健二 渡辺 潔
2/29	中国電力	ボイラ用ファンについて	本社	菰田広利
3/9	日本事務能率協会	常備材料の計画と購買管理	本社	家長喜一
3/27	名古屋鋳山 保安監督部	鋳山用排水ポンプ	亀有工場	寺田 進
2/28	中国電力株式会社	火力発電所用ポンプについて	亀有工場	寺田 進
3/4	岡山大学	日立X線装置について	亀戸工場	和田正脩
3/1	大阪大学	日立X線装置について	亀戸工場	津守 徳
2/26	静岡県 エックス線技師会	日立断層撮影機について	亀戸工場	和田正脩
3/14	日刊工業新聞	真空蒸着の電気機器への応用	中央研究所	近藤 弥太郎