U. D. C. 621.385.832

二要素観測用ブラウン管

Dual-gun Cathode-Ray Tubes

小泉喜八郎* 泉田侑広*
Kihachirō Koizumi Yukihiro Izumida

内容梗概

二要素観測用ブラウン管にはX軸に対して（1）電子銃の横配列方式(たとえば5SP形)と（2）電子銃の縦配列方式(たとえば日立H8105B)とがある。いずれも二つの電極軸がけい光膜上で一致するように組み立てられているので，これによるひずみがある。(1)については位相ひずみとX輝線平行度ひずみを取扱い，X輝線平行度ひずみ補正にはわん曲偏向板をX偏向系として用いた。(2)については電極間のシールドおよび内部黒鉛の電位を変えることによりY輝線の平行度ひずみを補正しうることを見出した。

1. 緒言

二つの電気的現象を同時に観測したり，二つの電圧間の相対関係あるいは電圧-電流間の関係などを同時に測定しようとするときには主として二要素ブラウン管を用いた二現象オシロスコープが使われる。この二要素観測用ブラウン管には古くは1個の電極系で分割板を用い電子ビームを分割した方式のものも試作されたが，最近では独立した2個の電極系を封入した形式のものが広く使われている。二要素ブラウン管にはその電極の配列上からX軸に対して，

（1） 電極の横配列方式

（2） 電極の縦配列方式

とがある。前者の例としては従来より使用されている5SP形ブラウン管を，後者の例として日立H8105Bを例にとって，その特長と使用上注意すべき点などについて述べる。

2. 電極横配列の二要素ブラウン管

電極が横配列の二要素ブラウン管の代表的なものは，現在広く使われている5SP形ブラウン管がある。**第1図**は5SP形ブラウン管の概略構造を示したもので，二つの電極は横方向に配列されると同時にけい光膜の中心に対して約2.5度の傾斜をもって組み立てられている。

バルブ内壁の黒鉛は二つに分割され，後段加速方式が採用されている。後段加速の使用に際しては第3陽極電圧V_{b3}/第2陽極電圧V_{b2}の比αを3以下で使用するとよい。これはαをあまり大きくとると加速電極レンズの球面収差により観測図形がひずむからである[1]。

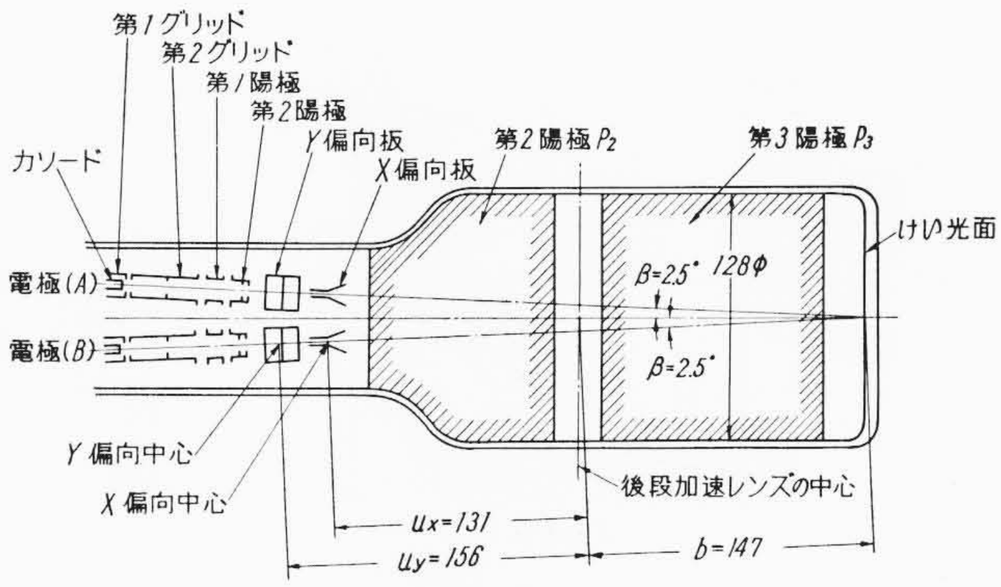
2.1 位相ひずみについて

電極を横配列した場合には，電子ビームをX軸方向に偏向させると，電極軸とけい光膜とが垂直でないために，**第2図**に示すようにX_1方向とX_2方向とでそれぞれ輝線の長さが異なる。したがって，たとえ両輝線の長さを一致させたとしても，輝点上の同一長さの点が時間的に一致せず，位相差を生ずる。**第2図**において，

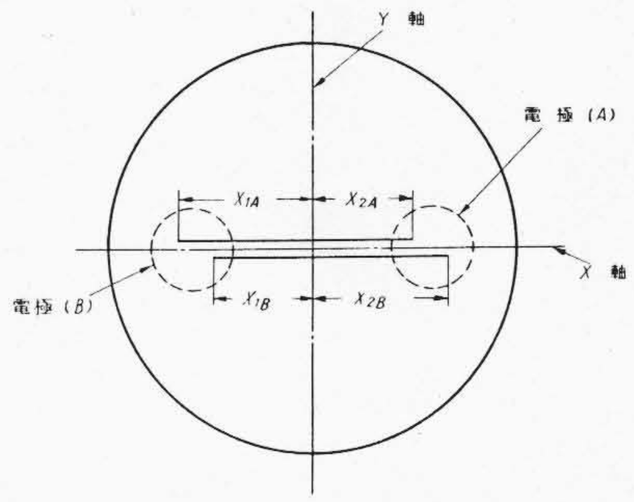
$$\omega=|X_{1A}-X_{1B}|=|X_{1A}-X_{2A}|$$

を位相ひずみと定義し[2]，5SP1Aにつきこれの性質について説明する。

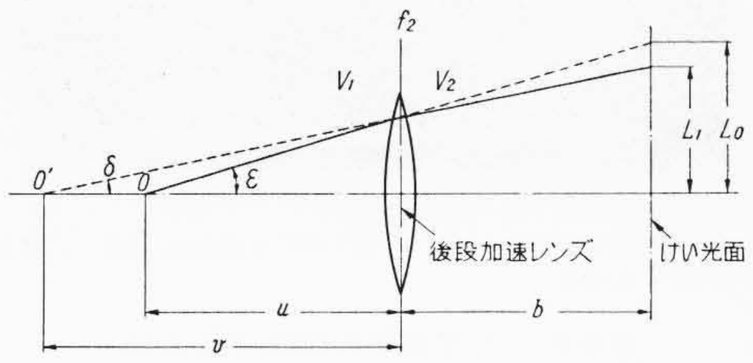
5SP1Aは後段加速方式を採用している。後段加速電極系は**第3図**に示すように両側の電位がそれぞれV_1，V_2なる界浸レンズとして取扱うことができる。偏向中心0から発した電子は$V_1=V_2$なる場合（レンズ作用がない）にはけい光膜上L_0に達するが，後段加速して使用する場合（$V_2>V_1$）には，この電極系のレンズ作用によりL_1点を打つことになる。このような場合には，レンズ公式から



第1図 5SP1Aの概略構造（上視図）



第2図 位相ひずみの状況



第3図 後段加速レンズの説明図

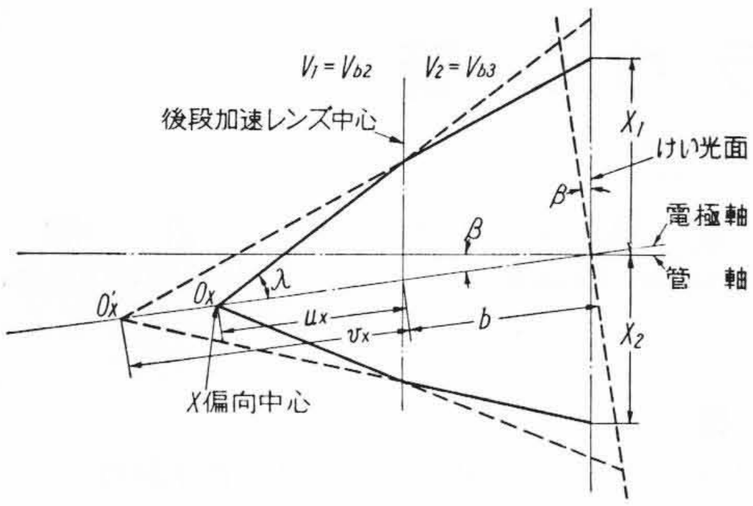
$$\frac{\sqrt{V_1}}{u}-\frac{\sqrt{V_2}}{v}=\frac{\sqrt{V_2}}{f_2} \quad \cdots\cdots(1)$$

が成り立つ。ここにf_2は第2焦点距離を示す[3]。

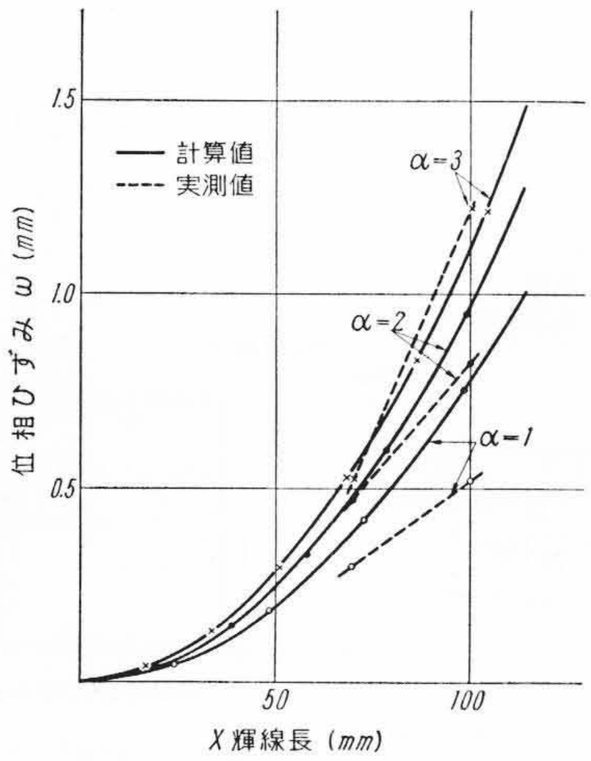
次に**第4図**のように管軸とβだけ傾いて取付けた電極から出た電子について考える。けい光膜上の偏位X_1およびX_2は

$$X_1=(v_x+b)\frac{u_x}{v_x}\cdot\frac{\sin\lambda}{\cos(\beta+\lambda)} \quad \cdots\cdots(2)$$

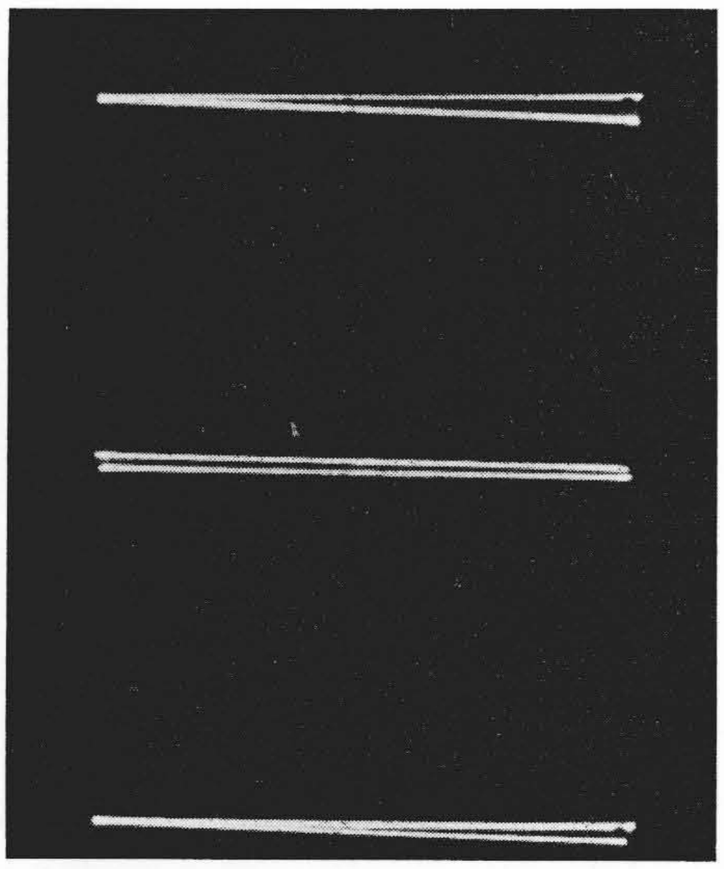
* 日立製作所茂原工場



第4図　位相差の解析図



第5図　5SP1AのX輝線長さと位相ひずみ



注：1.　測定条件 $V_{b3}/V_{b2}=3{,}000/1{,}500$ V
2.　X輝線長を60 mmとし，Y軸方向に±40 mm移動した場合
3.　5SP1A使用

第6図　X輝線平行度ひずみの例

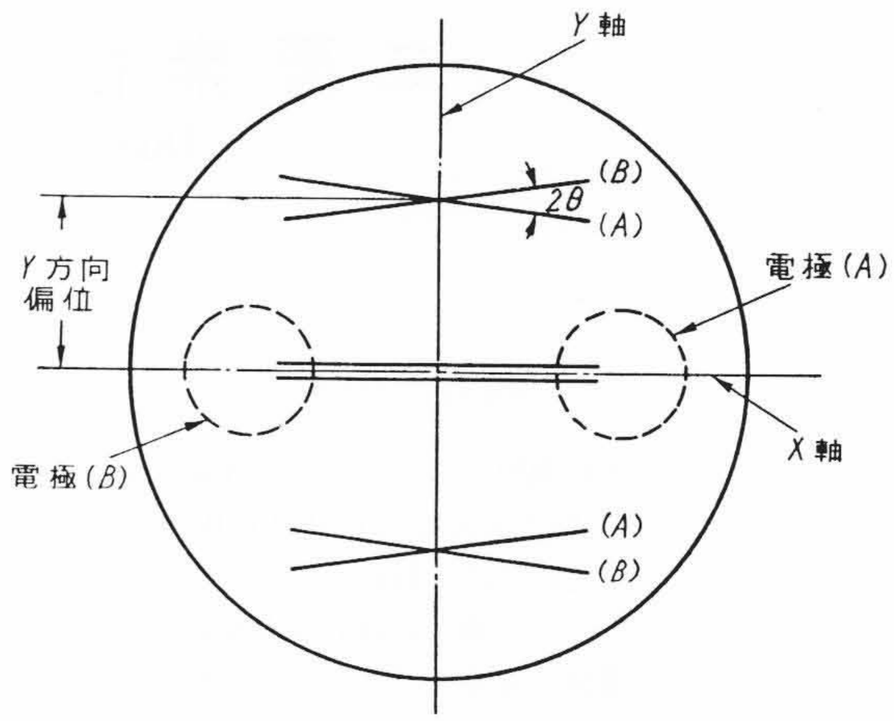
$$X_2=(v_x+b)\frac{u_x}{v_x}\cdot\frac{\sin\lambda}{\cos(\beta-\lambda)}\quad\cdots\cdots(3)$$

で表わされる。(1)式を(2)，(3)式に代入して

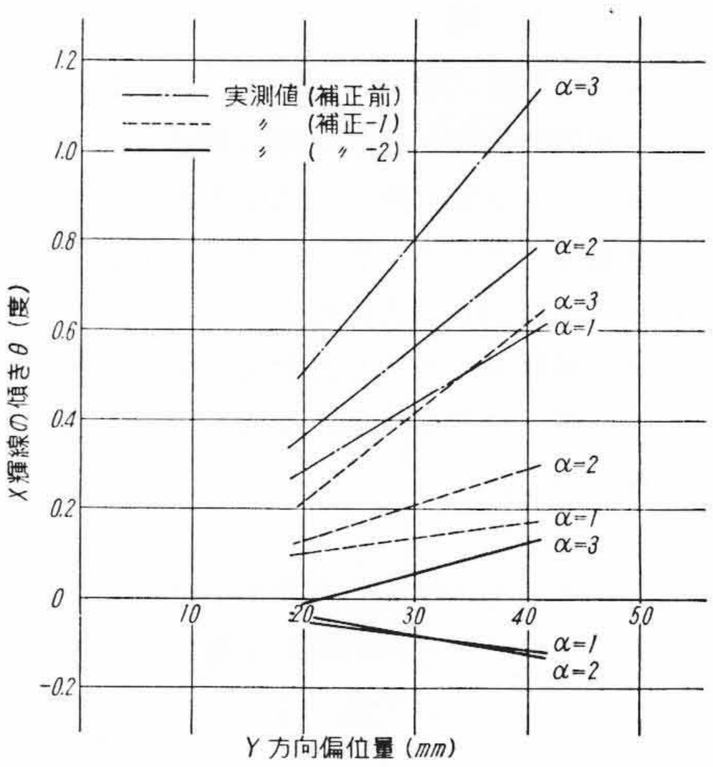
$$|X_1|=\left|\left\{u_x+b\left(\sqrt{\frac{V_1}{V_2}}-\frac{u_x}{f_2}\right)\right\}\frac{\sin\lambda}{\cos(\beta+\lambda)}\right|\quad\cdots\cdots(4)$$

$$|X_2|=\left|\left\{u_x+b\left(\sqrt{\frac{V_1}{V_2}}-\frac{u_x}{f_2}\right)\right\}\frac{\sin\lambda}{\cos(\beta-\lambda)}\right|\quad\cdots\cdots(5)$$

となる。(4)，(5)式から位相ひずみとして



第7図　X輝線平行度ひずみの状況



注：(1)　試料は5SP1A
(2)　補正-1は $r=325$ mm　　補正-2は $r=200$ mm
(3)　測定値は3個の平均値を示す

第8図　Y方向偏位量とX輝線の傾き

$$\omega=\Big||X_1|-|X_2|\Big|$$
$$=\left|\left\{u_x+b\left(\sqrt{\frac{V_1}{V_2}}-\frac{u_x}{f_2}\right)\right\}\sin\lambda\left(\frac{1}{\cos(\beta+\lambda)}-\frac{1}{\cos(\beta-\lambda)}\right)\right|\quad\cdots\cdots(6)$$

をうる。

$\alpha=1,\ 2,\ 3$ におけるX輝線の長さ($|X_1|+|X_2|$)と位相ひずみ ω との関係を示すと**第5図**のようになる。同図には実側値をも示したが，計算値と実側値とはよい一致を示している。一般には，この程度のひずみであれば実用上ほとんど問題ないと思われる。

2.2　X輝線平行度ひずみ

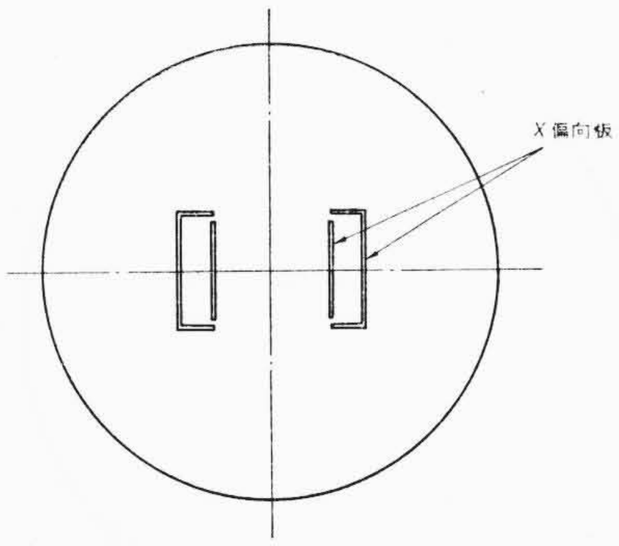
次に電極の横配列で生ずるほかのひずみは，X輝線を上下に動かすと，**第6図**に示すようにX輝線が傾くことである。これをX輝線平行度ひずみと称することにする[2]。

このX輝線の傾きは(A)，(B)両電極でまったく反対方向に生ずるので，両輝線の交角は 2θ となる（**第7図**参照）。

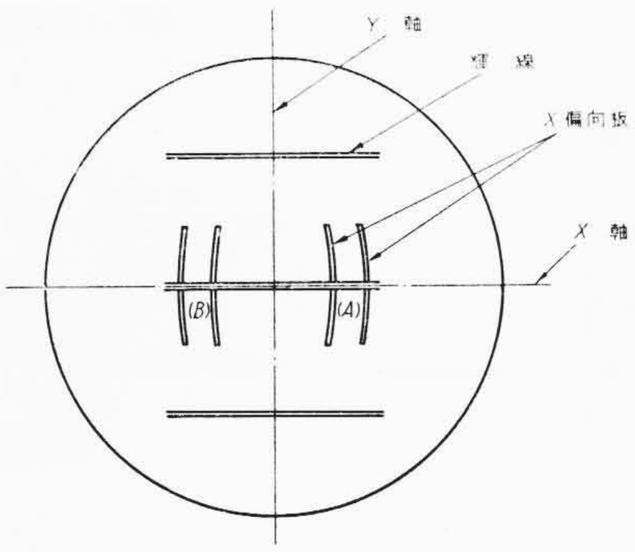
X輝線平行度ひずみは左右偏向位置において，Y方向の偏向率が異なることに起因する。したがって θ はYの偏位量に比例し，X輝線の長さには無関係と考えてよい。

第8図は5SP1Aについて測定したX輝線の傾き θ とY方向の偏位量とを示したものである。同図には補正前後の値を比較のため示した。

X輝線平行度ひずみを補正するには，X方向の偏向に際し若干の



第9図　X輝線平行度ひずみ補正法の例



第10図　わん曲したX偏向板を使用した場合

Y方向成分を与えるようにすればよい。この補正法としては**第9図**に示すようにX偏向板の一方をコの字形に曲げたものも考えられるが，X輝線の傾きθは**第8図**に示したようにY偏向量に比例するので，**第10図**に示すようなわん曲した偏向板を使用して補正した[4]。

第11図(A)において，Y偏向板よりζなる角度で出た電子がX偏向板のP端でpなる高さで入射し，他端Qからqなる高さで出射するものとする。またX偏向板は同図(B)に示すように，平均半径rの並行偏向板とする。X偏向板内の電子ビームの高さをyとすると，

$$y=\zeta Z+p \quad \cdots\cdots(7)$$

ただし　$Z=0$ はP点とする。

で表わされる。y点における偏向電界の分力はそれぞれ

$$\left.\begin{aligned} E_x&=E\cos\xi \\ E_y&=E\sin\xi \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(8)$$

ここに　$E=\dfrac{V}{d}$　(X偏向板内の電界強度)

V：　偏向電圧

d：　偏向板間隔

$$\sin\xi=\frac{y}{r}$$

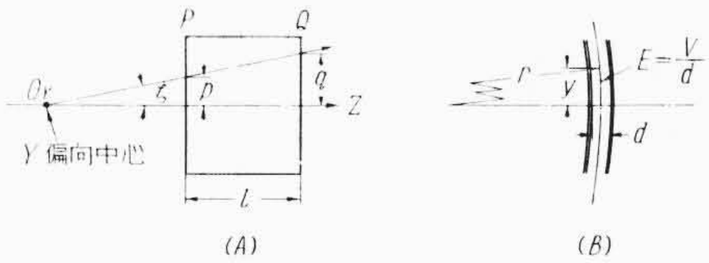
$$\cos\xi=\frac{\sqrt{r^2-y^2}}{r} \quad \cdots\cdots(9)$$

となる。y点における電子の運動方程式は次式で与えられる。

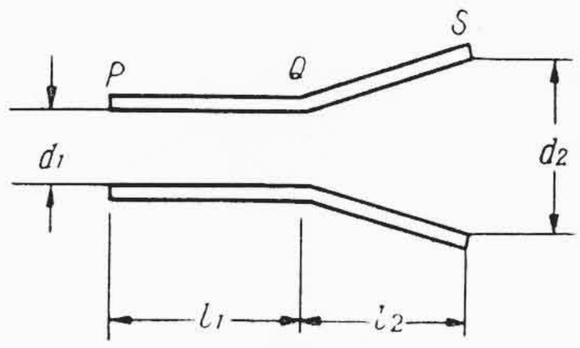
$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2y}{dt^2}&=-\frac{e}{m}E\sin\xi \\ \frac{d^2x}{dt^2}&=-\frac{e}{m}E\cos\xi\fallingdotseq-\frac{e}{m}E \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(10)$$

$r\gg y$に選んであるので，$\cos\xi\fallingdotseq1$と考えてよい。(10)式からY方向の速度成分を求めると，

$$\frac{dy}{dt}=v_y=-\frac{e}{m}E\int\sin\xi\,dt+v_{y0}$$



第11図　わん曲偏向板



第12図　実際のX偏向板

$$=-\frac{e}{m}\cdot\frac{E}{v_0}\int\sin\xi\,dz+v_{y0} \quad \cdots\cdots(11)$$

ここに　$dt=\dfrac{dz}{v_0}$

v_0：　電子のz軸方向の速度成分

v_{y0}：　y方向の初期速度成分

この(11)式に(8)，(9)式を代入し，かつ$z=0$から$z=l$までの積分を考えれば，

$$v_y=-\frac{eEl}{mv_0r}\left(\frac{1}{2}\zeta l+p\right)+v_{y0} \quad \cdots\cdots(12)$$

をうる。すなわち，このようなわん曲したX偏向板を電子が通ることにより，Y方向の成分にはY偏向板によるv_{y0}成分のほかに$-\dfrac{eEl}{mv_0r}\left(\dfrac{1}{2}\zeta l+p\right)$が附加される。

この増分をv_{y1}とすると，

$$v_{y1}=-\frac{eEl}{mv_0r}\left(\frac{1}{2}\zeta l+p\right) \quad \cdots\cdots(13)$$

となる。次にX偏向板によるX方向の成分v_xは(10)式より

$$v_x\fallingdotseq-\frac{eEl}{mv_0} \quad \cdots\cdots(14)$$

したがって，$v_{y1}/v_x=\phi$とおくと，ϕは電極軸に直角な面内でのX軸に対するX輝線の傾きを示すことになる。

$$\phi=\frac{v_{y1}}{v_x}=\frac{1}{r}\left(\frac{1}{2}\zeta l+p\right)$$

$$=\frac{1}{r}\left(\frac{p+q}{2}\right) \quad \cdots\cdots(15)$$

逆に電極軸に対してけい光膜が傾いて，X輝線平行度ひずみが生ずるような場合には(15)式を用いて補正することが可能となる。

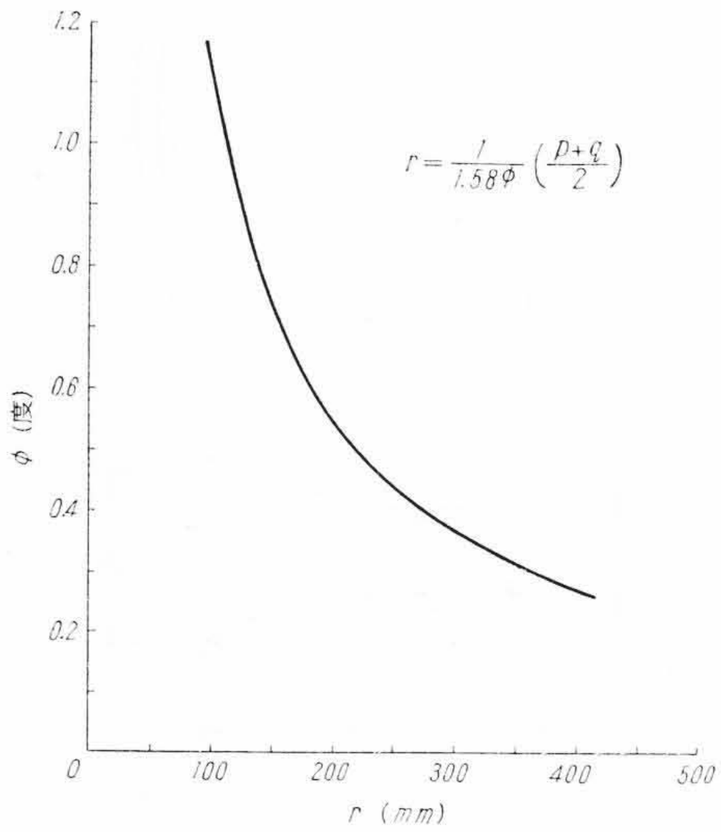
実際のX偏向板には**第12図**に示すような折曲げ式の偏向板を使用している。このような場合にも，並行部で輝線平行度の補正を行なうようにすると製作上容易なので，このような場合について述べる。X方向の成分v_xを並行部と傾斜部との速度の和と考えて，

$$v_x=-\left(\frac{eVl_1}{mv_0d_1}+\frac{eVl_2}{mv_0(d_2-d_1)}\log\frac{d_2}{d_1}\right) \quad \cdots\cdots(16)$$

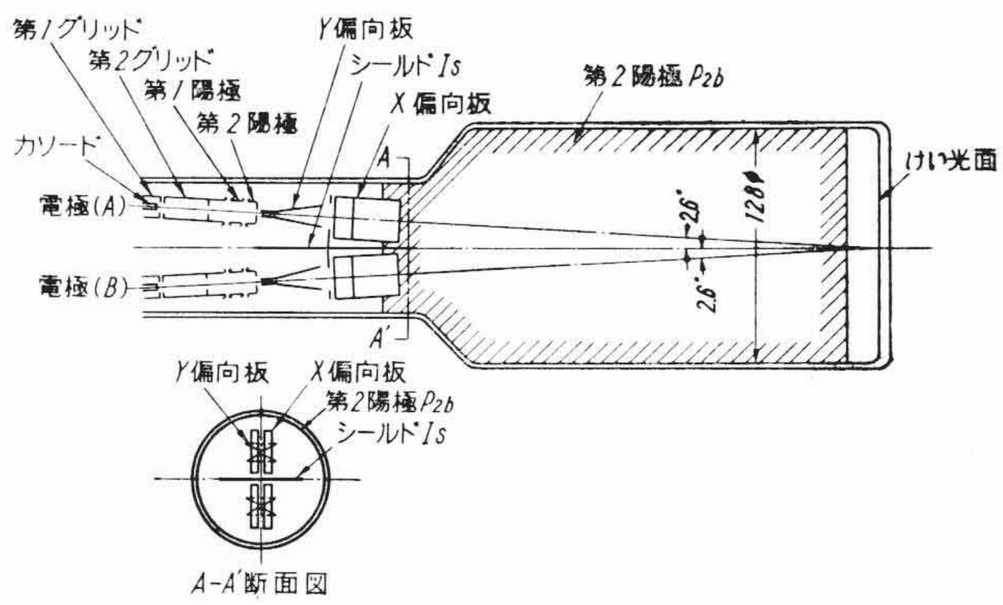
が得られる。これよりϕを求めれば

$$\phi=\frac{v_{y1}}{v_x}=\frac{1}{r\left(1+\dfrac{l_2/l_1}{d_2/d_1-1}\log\dfrac{d_2}{d_1}\right)}\cdot\left(\frac{p+q}{2}\right) \quad \cdots(17)$$

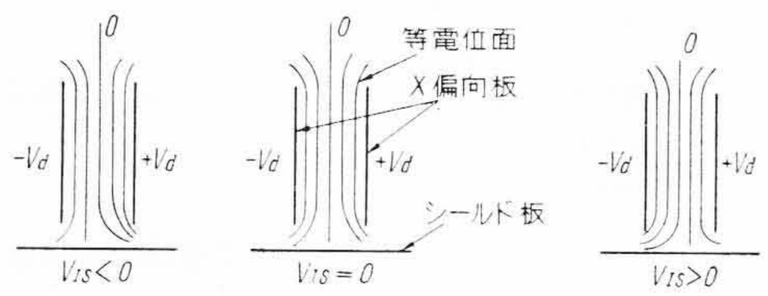
をうる。5SP1Aを例にとると$d_1=4$ mm, $d_2=9.1$ mm, $l_1=10$ mm, $l_2=9$ mmとなるので



第13図　5SP1Aの r と ϕ との関係



第14図　H8105Bの概略構造（側視図）



第15図　シールド板の効果説明図

$$r=\frac{1}{1.58\,\phi}\left(\frac{p+q}{2}\right) \quad \cdots\cdots(18)$$

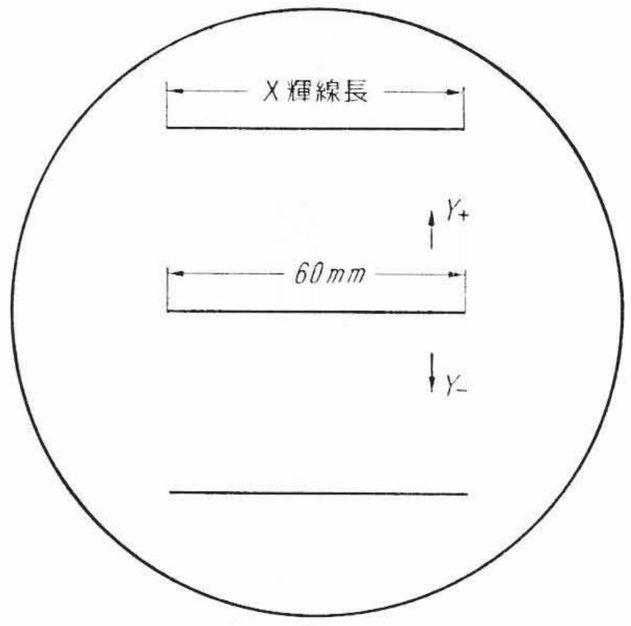
となる。X輝線平行度ひずみは後段加速しない場合に補正されていれば，αが変っても補正されているから，補正は $\alpha=1$ の場合について考えればよい。(18)式を用い，Y 方向偏位量40mmにおける r と ϕ との関係を求めると**第13図**のようになる。したがってX輝線平行度ひずみの補正には $\phi=0$ になるような r を選べばよい。**第8図**には $r=325$, 200mmのそれぞれについて補正した結果を示したが，**第13図**と比較して良い一致を示している。

3. 電極縦配列の二要素ブラウン管

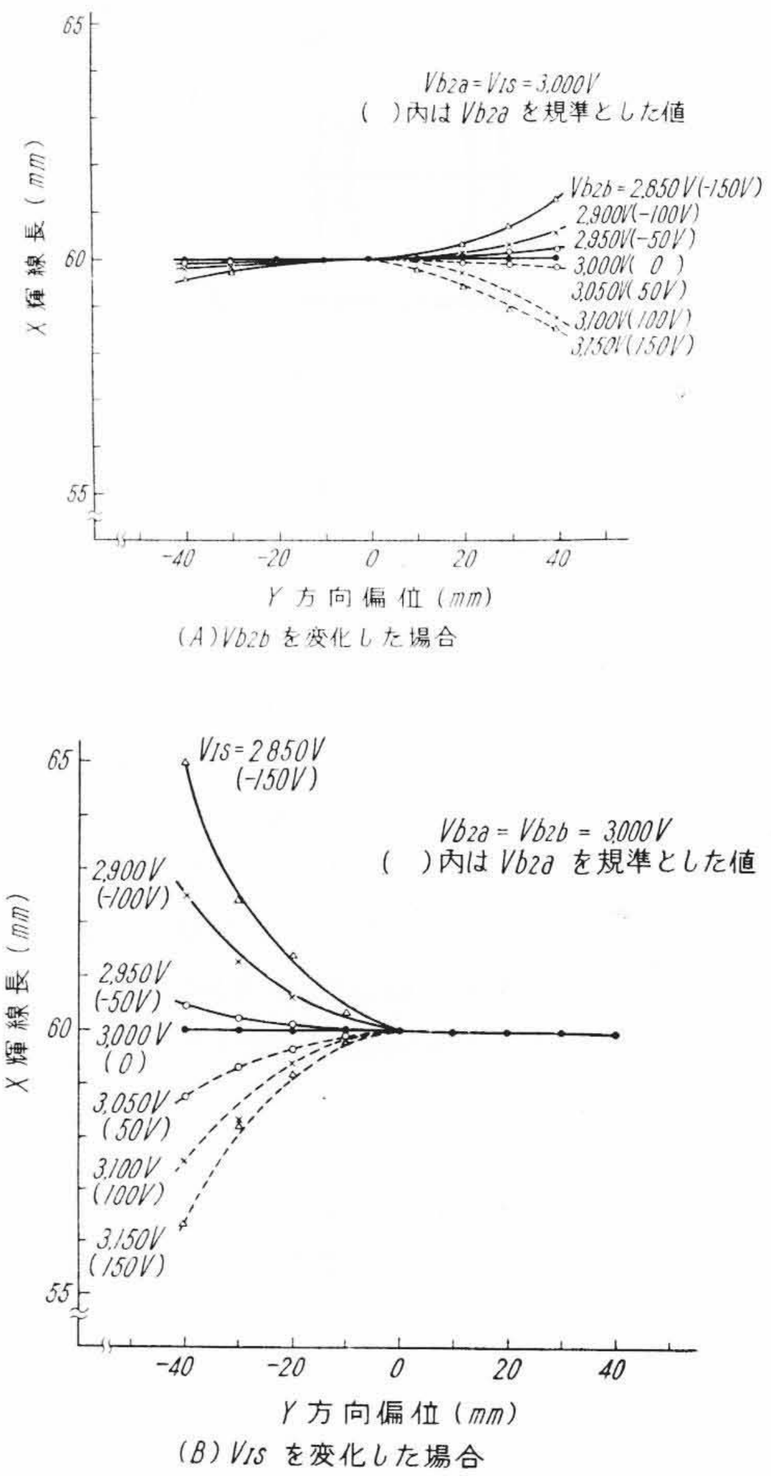
電極の縦配列のブラウン管の構造は**第14図**のような配置になる。

縦配列は横配列をちょうど90度回した形で各種の輝線ひずみが出るはずである。すなわち，

横配列		縦配列
位相ひずみ	——→	Y 軸感度差



第16図　シールド板および内部黒鉛電圧の効果測定法



第17図　Y方向偏位とX輝線長（(A)電極）

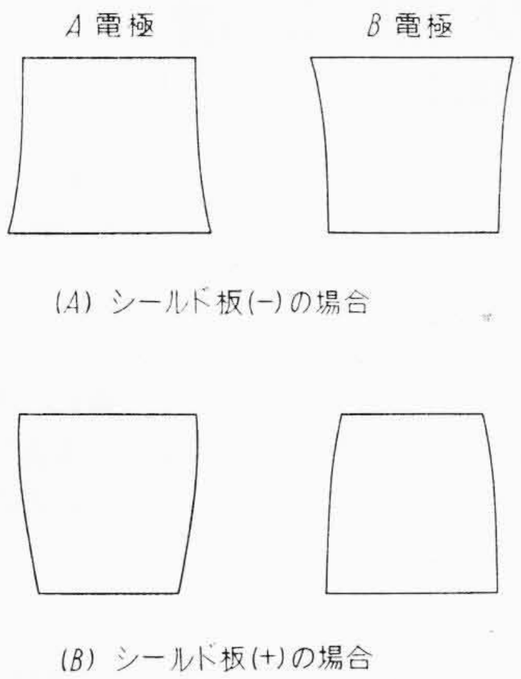
X輝線平行度ひずみ——→Y輝線平行度ひずみ

が対応する。

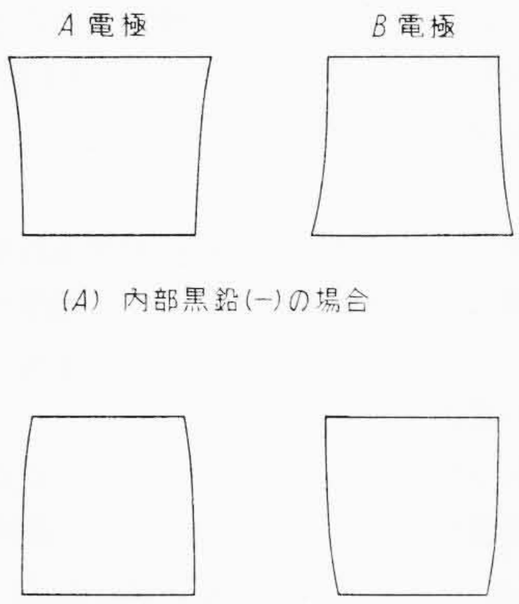
Y軸感度差については**第5図**からもわかるように1段後段加速の場合でも1％以下に押えられるし，日立H8105Bのように後段加速のない場合には0.5％以下になってしまうので問題はない。

Y輝線平行度ひずみについては**第14図**に示すように縦配列の場合には両電極のシールド板がX偏向板の側面にくるので，これによるひずみ補正作用があるものと思われる。

第15図はシールド板の効果を説明している。まず，シールド板電圧 $V_{IS}=0$ にして，シールド板のある側とない側とについて考えると，シールド板のある側のO電位附近の等電位面が疎になり，電界強度が弱くなりX偏向感度がわるくなることが知られる。また $V_{IS}<0$ すなわち負電位にした場合には $+V_d$ 側の偏向板の電界強度



第18図　シールド板電圧によるひずみの状況



第19図　内部黒鉛電圧によるひずみの状況

が強められてX偏向感度がよくなる。$V_{IS}>0$ すなわち正電位の場合は逆に弱められることになる。この効果は勿論，X偏向板とシールド板の相対距離によって決まる。

同様な効果がX偏向板の周囲の内部黒鉛の電位を変えても期待できる。この場合はシールド板とは反対の輝線端に効果が生ずる。**第16図**はシールド板および内部黒鉛電圧の効果を測定する一方法を示し，X輝線をけい光膜上に出し，これをY方向に上下してその輝線長を測定するものである。

第17図(A)，(B)は日立 H8105B につきそれぞれ内部黒鉛電圧 V_{b2}，シールド板電圧 V_{IS} を変えたときのX輝線長の変化を示した例である。この変化の模様はA電極とB電極とは変化を受ける位置が逆である。**第18図**および**第19図**はシールド板電圧とラスタ図形および内部黒鉛電圧とラスタ図形の状況を目視的に示したものである。このように縦配列方式では偏向板で補正しなくても外部電圧を調整して任意に補正ができることが知られる。したがって，H8105Bにおいてはシールド板端子と内部黒鉛端子を独立に設けてある。

4. 結　　言

二要素観測用ブラウン管の横配列方式と，縦配列方式につき，電極系が管軸に対し傾斜していることにより生ずる輝線ひずみについて述べた。横配列においてはX輝線平行度ひずみをわん曲偏向板で補正し，縦配列においてはシールド板および内部黒鉛の電圧を変えることによりほぼ完全に補正できることを示した。

終りにあたり測定にご協力いただいたブラウン管検査課員二瓶弘氏はじめ関係各位に謝意を表する。

参　考　文　献

(1)　小泉喜八郎：　昭34電気四学会連合大会 865
(2)　常田朝秀：　昭33電気通信学会全国大会 162
(3)　小泉喜八郎：　日立評論 38, 717 (昭31-5)
(4)　泉田侑広：　実用新案登録 548261 (昭33-12出願)

Vol. 44　　日　立　評　論　　**No. 7**

目　次

- イラン・デズ発電所水車
- インド・シャラバティー 99,000 kVA ACG
- 日本原子力研究所納線形電子加速器出力
- 荷重電粒子分岐収束系
- 電子計算機による配管系の熱応力解析
- 内燃機関を反応器とした合成ガスの製造
- 大阪地下鉄電車用制御装置
- 円すい回転子電動機の軸推力特性
- 硫化カドミニウムセルとその応用
- RX1形クロスバ交換機
- 400 Mc・FM無線機
- 円筒状P-N接合のバラクタ特性
- 絶縁ワニスの乾燥性に関する二，三の考察
- マイクロ波回線用アルミ被同軸ケーブルの特性
- 熔接部断面内の板厚方向残留応力分布についての一考察
- Ni-Mo および Cu-Mo 合金鋳鉄のアシキュラ組織と機械的性質について

電子計算機特集

- 事務用電子計算機 HITAC-301
- 汎用小形事務用電子計算機 HITAC-201
- 科学用パラメトロン計算機 HITAC-103
- HITAC-102 のプログラムライブラリ
- 制御用電子計算機 HITAC-501, 502 について
- プログラムによる計算例—ELDおよびデータ・ロガー—
- 磁気増幅式アナログ演算機とその応用
- アナログ計算機の自動プログラムシステム

発行所　日立評論社　東京都千代田区丸の内1丁目4番地　振替口座 東京71824番
取次店　株式会社オーム社書店　東京都千代田区神田錦町3丁目1番地　振替口座 東京20018番