

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 461 353**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 80 15522**

(54) Procédé et dispositif pour corriger l'astigmatisme dans des microscopes électroniques à balayage et équipements analogues.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 01 J 37/153, 37/28.

(22) Date de dépôt..... 11 juillet 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Japon, 12 juillet 1979, n° 54-88409.*

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 5 du 30-1-1981.

(71) Déposant : Société dite : KABUSHIKI KAISHA AKASHI SEISAKUSHO, résidant au Japon.

(72) Invention de : Takashi Kimura.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,  
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention se rapporte à un procédé et un dispositif pour corriger l'astigmatisme dans des microscopes électroniques à balayage et équipements analogues.

5 Dans un microscope électronique à balayage ou équipement semblable, les faisceaux d'électrons focalisés sur l'échantillon doivent généralement être circulaires. Cependant, selon la condition de l'objectif et le parcours par où passent les faisceaux d'électrons, en particulier la  
10 touche sur l'ouverture insérée dans l'objectif, les faisceaux focalisés forment un point elliptique au lieu d'un point circulaire.

Cette condition déformée est connue sous le nom d'astigmatisme des faisceaux d'électrons. Traditionnellement, un tel astigmatisme a été corrigé en prévoyant une bobine d de correction de l'astigmatisme d en plus d'une bobine de déviation c qui balaye ~~bidimensionnellement~~ un échantillon a au moyen des faisceaux d'électrons b, comme cela est illustré sur la figure 1. Cette  
20 correction est accomplie en ajustant d'abord le foyer de l'échantillon image au foyer correct en surveillant l'image sur l'écran d'un tube de Braun e, puis en contrôlant le courant passant à travers la bobine d par manipulation de potentiomètres f et g jusqu'à ce  
25 que l'image brouillée de l'échantillon devienne nette.

Sur la figure 1, les références h et i désignent des circuits produisant des ondes en dent de scie pour le balayage horizontal et vertical, j et k désignent des circuits de commutation de grossissement, l et m désignent des sources de courant pour corriger l'astigmatisme en directions X et Y, et n est un amplificateur.  
30

Cependant, le moyen traditionnel de correction de l'astigmatisme qui est représenté sur la figure 1 ne peut assurer une correction correcte, car sa correction  
35 est basée sur la découverte d'un point où l'image de l'échantillon sur le tube Braun e devient la plus nette, en manipulant les potentiomètres f et g au jugement de l'opérateur. Cela demande un opérateur compétent.

Alors, même une correction effectuée par un opérateur compétent comporte un processus subjectif pour trouver l'image la plus nette de l'échantillon.

La présente invention a pour but de résoudre ces 5 problèmes. La présente invention a pour objet un procédé et un dispositif précis et faciles à mettre en œuvre pour corriger l'astigmatisme dans les microscopes électroniques à balayage et équipements analogues.

Afin d'atteindre cet objectif, le procédé de 10 correction de l'astigmatisme dans des microscopes électroniques à balayage et équipements analogues selon l'invention comprend les étapes, dans des microscopes électroniques à balayage ayant un tube de Braun sur lequel est reproduite l'image d'un échantillon, et équipements analogues, de faire correspondre le centre d'une image de l'échantillon comme image de correction de l'astigmatisme apparaissant sur une partie de l'écran du tube de Braun avec un point prédéterminé sur l'écran en appliquant l'une des ondes en dent de scie en synchronisme 15 avec les ondes en dent de scie de balayage horizontal et vertical pour balayer horizontalement et verticalement des rayons corpusculaires chargés, avec un courant de correction d'astigmatisme en direction X, à un organe de correction d'astigmatisme en direction X, en appliquant 20 l'autre des ondes en dent de scie avec un courant de correction d'astigmatisme en direction Y à un organe de correction d'astigmatisme en direction Y, puis en contrôlant les courants de correction d'astigmatisme 25 en directions X et Y, et en arrêtant l'alimentation de ces ondes en dent de scie vers les organes de correction 30 d'astigmatisme en directions X et Y.

Le dispositif pour corriger l'astigmatisme dans 35 des microscopes électroniques à balayage et équipements analogues selon l'invention comprend, dans un microscope électronique à balayage et équipement semblable, un tube de Braun pour reproduire l'image d'un échantillon, un système de balayage horizontal comprenant un générateur d'ondes en dent de scie pour appliquer des ondes en dent

de scie de balayage horizontal à un organe de déviation de balayage horizontal dans le tube de Braun et un organe de déviation de balayage horizontal dans le microscope, un système de balayage vertical comprenant un générateur d'ondes en dent de scie pour appliquer des ondes en dent de scie de balayage vertical à un organe de déviation de balayage vertical dans le tube de Braun et un organe de déviation de balayage vertical dans le microscope, un système de correction d'astigmatisme en direction X comprenant une source de courant de correction d'astigmatisme en direction X pour fournir un courant de correction d'astigmatisme en direction X à un organe de correction d'astigmatisme en direction X dans le microscope, et un système de correction d'astigmatisme en direction Y comprenant une source de courant de correction d'astigmatisme en direction Y pour fournir un courant de correction d'astigmatisme en direction Y à un organe de correction d'astigmatisme en direction Y dans le microscope, le système de correction d'astigmatisme en direction X étant relié par un premier commutateur à l'un des systèmes de balayage horizontal et vertical et le système de correction d'astigmatisme en direction Y étant relié par un second commutateur à l'autre des systèmes de balayage.

25 L'invention sera mieux comprise et d'autres buts, caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative qui va suivre faite en référence aux dessins schématiques annexés donnés uniquement à titre d'exemple illustrant un mode de réalisation de l'invention et dans lesquels :

- la figure 1 montre un dispositif de correction de l'astigmatisme selon l'art antérieur ;
- la figure 2 est un circuit électrique du dispositif pour corriger l'astigmatisme dans des microscopes électroniques à balayage et équipements analogues selon la présente invention ;
- la figure 3 est une forme d'onde montrant une

opération pour trouver une partie sans astigmatisme ;

- la figure 4 montre schématiquement une marque utilisée pour l'opération illustrée sur la figure 3 ; et

- la figure 5 est une forme d'onde montrant une opération pour éliminer l'astigmatisme.

5 Comme on peut le voir sur la figure 2, des générateurs 1 et 2 d'ondes en dent de scie de balayage horizontal et vertical sont reliés à des bobines de déviation 4 et 5, constituant des organes de déviation de balayage horizontal et vertical, dans un tube de Braun 3, et également à des bobines de déviation 9 et 10, constituant des organes de déviation de balayage horizontal et vertical faisant balayer des faisceaux d'électrons 8 qui sont des rayons corpusculaires chargés, dans le 10 microscope, à travers des circuits de commutation de grossissement (sélecteurs de grossissement) 6 et 7.

15 En conséquence, les ondes en dent de scie à la sortie du circuit 1 sont appliquées par le circuit de commutation de grossissement 6, où leur amplitude est changée de façon appropriée, à la bobine de déviation 9 où sont balayés horizontalement les faisceaux d'électrons 8. En même temps, les ondes en dent de scie synchronisées sur les ondes en dent de scie appliquées à la bobine de déviation 9 sont appliquées à la bobine 4 du tube de Braun 3, où les ondes en dent de scie sont synchronisées sur le faisceau d'électrons 8 pour balayer 20 horizontalement les faisceaux d'électrons dans le tube de Braun 3. Ainsi, le circuit 1, les bobines de déviation 4 et 9 et le circuit de commutation de grossissement 25 6 forment un système HS de balayage horizontal.

30 Les ondes en dent de scie à la sortie du circuit 2 et celles synchronisées avec elles sont appliquées aux bobines de déviation 5 et 10, sensiblement de la même façon que dans le cas du système de balayage horizontal HS, les faisceaux d'électrons 8 dans le microscope et les faisceaux d'électrons dans le tube de Braun 3 étant verticalement balayés. Alors, le circuit 35 2, les bobines de déviation 5 et 10 et le circuit de

commutation de grossissement 7 forment un système de balayage vertical VS.

Des sources 11 et 12 de courant de correction d'astigmatisme en direction X et en direction Y sont reliées

5 à des bobines de correction 13 et 14, qui constituent respectivement un organe de correction d'astigmatisme en direction X et un organe de correction d'astigmatisme en direction Y, les sources de courant 11 et 12 ayant des alimentations en courant 15 et 16 et des potentiomètres 10 17 et 18, respectivement.

En conséquence, du courant (continu) à la sortie de la source de courant 11 est appliqué à la bobine de correction 13 où est corrigé l'astigmatisme des faisceaux d'électrons 8 en direction X. Ainsi, la source 15 de courant 11 et la bobine de correction 13 forment un système de correction d'astigmatisme en direction X, XS.

Du courant (continu) à la sortie de la source de courant 12 est appliqué à la bobine de correction 14, 20 sensiblement de la même façon que dans le système XS de correction d'astigmatisme en direction X, l'astigmatisme des faisceaux d'électrons 8 en direction Y étant ainsi corrigé. Ainsi, la source de courant 12 et la bobine de correction 14 forment un système YS de 25 correction d'astigmatisme en direction Y.

Le générateur 1 d'ondes en dent de scie de balayage horizontal est relié par un premier commutateur 19 à un circuit de mélange 21 de la source 11 de courant de correction d'astigmatisme en direction X, ainsi le

30 système XS de correction d'astigmatisme en direction X est relié par le premier commutateur 19 au système de déviation horizontale HS. Le générateur 2 d'ondes en dent de scie de balayage vertical est relié par un second commutateur 20 solidaire du premier commutateur 19, à un circuit de mélange 22 de la source 12 de courant de correction d'astigmatisme en direction Y, ainsi le 35 système YS de correction d'astigmatisme en direction Y est relié par le second commutateur 20 au système VS de

déviation verticale.

En conséquence, quand les premier et second commutateurs 19 et 20 sont fermés, des courants combinant les courants de correction d'astigmatisme et les ondes en dent de scie sont appliqués par les sources 11 et 12 et les bobines de correction 13 et 14.

Les circuits 1 et 2 générateurs d'ondes en dent de scie sont reliés à un circuit 23 générateur de marque qui comprend des circuits 24 et 25 générateurs d'impulsions qui produisent des impulsions en synchronisme avec les ondes en dent de scie des circuits 1 et 2 et un circuit porte 26 qui reçoit les impulsions des circuits générateurs d'impulsions 24 et 25 et produit une sortie appropriée.

Quand il est irradié des faisceaux d'électrons 8, un échantillon 27 émet des électrons secondaires et réfléchis. Ces signaux sont détectés par un détecteur 28, amplifiés par un amplificateur 29, introduits dans la grille ou cathode du type de Braun 3, puis projetés, par modulation d'intensité, sous forme d'une image de l'échantillon sur l'écran 3a du tube de Braun 3. Le détecteur 28, l'amplificateur 29 et autres forment un système de détection de signaux DS.

Le côté sortie de l'amplificateur 29 dans ce système DS de détection de signaux est relié à un circuit de mélange 30 qui, à son tour, est relié au circuit générateur de marque 23 par un troisième commutateur 31 solidaire des premier et second commutateurs 19 et 20.

Quand le troisième commutateur 31 est fermé, l'impulsion à la sortie du circuit générateur de marque 23 est appliquée par le circuit de mélange 30 à la grille ou cathode du tube de Braun 3 et une marque 32 est formée, par modulation d'intensité, sur l'écran 3a du tube de Braun 3.

Cette marque 32 peut avoir toute forme et tout emplacement sur l'écran 3a en ajustant l'impulsion à la sortie du circuit générateur 23. Dans ce mode de réalisation, la marque 32 est en forme de croix et est

placée sensiblement au centre de l'écran 3a.

Quand le troisième commutateur 31 est ouvert, la marque 32 disparaît de l'écran 3a.

5 Pour corriger l'astigmatisme en utilisant le dispositif de correction ci-dessus selon l'invention, l'image est correctement focalisée en manœuvrant un bouton (non représenté), ensuite les premier à troisième commutateurs 19, 20 et 31 sont simultanément fermés.

10 En fermant les commutateurs 19, 20 et 31, les ondes en dent de scie à la sortie du circuit 1 sont appliquées à la source de courant 11 et au circuit générateur d'impulsions 24 et les ondes en dent de scie à la sortie du circuit 2 sont appliquées à la source de courant 12 et au circuit générateur d'impulsions 25.

15 Les sources de courant 11 et 12 appliquant des courants  $I_x$  et  $I_y$  combinés aux ondes en dent de scie (voir figure 3) aux bobines de correction 13 et 14. Le circuit 23 générateur de marque applique des impulsions pour former la marque, à travers le circuit 20 de mélange 30, à la grille ou cathode du tube de Braun 3.

25 Les courants  $I_x$  et  $I_y$  sont en dent de scie, comme cela est illustré sur la figure 3. En conséquence, des courants  $i_x$  et  $i_y$  de correction de l'astigmatisme s'écoulent temporairement à travers les bobines de correction 13 et 14 ainsi, comme on peut le voir sur la figure 4, une image circulaire de correction de l'astigmatisme 33 est projetée sur une partie de l'écran 3a du tube de Braun 3.

30 Aucune autre image à part l'image de correction de l'astigmatisme 33 ne se forme sur la partie brouillée restante de l'écran 3a.

35 En même temps, la marque 32 se forme, par suite de la modulation d'intensité, sensiblement au centre de l'écran 3a. Comme on peut le voir sur la figure 4, la marque 32 est formée dans une position de l'écran 3a où le centre des ondes en dent de scie appliquées à la bobine de déviation horizontale 4 du tube de Braun 3 rencontre le centre des ondes en dent de scie appliquées

à la bobine de déviation verticale 5 du tube de Braun 3. Mais cette position ne correspond pas toujours au centre de l'écran 3a. Cela est dû au fait que la largeur réelle de l'écran 3a n'est souvent pas en rapport avec l'amplitude des faisceaux d'électrons induits par les ondes en dent de scie.

Ainsi, la marque 32 est formée sensiblement au centre de l'écran 3a.

Alors, les potentiomètres 17 et 18 sont manœuvrés afin que l'image 33 de correction de l'astigmatisme soit déplacée jusqu'à ce que son centre rencontre la marque 32 comme cela est indiqué par la flèche sur la figure 4.

Cette opération amène les courants  $i_x$  et  $i_y$  de correction de l'astigmatisme en accord avec le centre des courants  $I_x'$  et  $I_y'$  à la sortie des sources de courant 11 et 12, comme cela est illustré sur la figure 5. En d'autres termes, les courants continus à la sortie des sources 11 et 12 sont amenés en accord avec les courants  $i_x$  et  $i_y$ , respectivement.

Les premiers à troisième commutateurs 19, 20 et 31 sont alors ouverts. En conséquence, l'alimentation en ondes en dent de scie de correction d'astigmatisme vers les bobines 13 et 14 de correction d'astigmatisme en direction X et Y et l'alimentation en impulsions de formation de marque par le circuit générateur 23 à la grille ou cathode du tube de Braun 3 sont arrêtées, et la marque 32 disparaît et à sa place est projetée, sur la totalité de l'écran 3a, une image de l'échantillon dépourvue d'astigmatisme.

A ce moment, les courants  $i_x$  et  $i_y$  sont appliqués par les sources 11 et 12 aux bobines de correction 13 et 14, parce qu'on fait correspondre les courants continus à la sortie des sources 11 et 12, aux courants de correction d'astigmatisme  $i_x$  et  $i_y$  en faisant correspondre le centre de l'image de correction d'astigmatisme 33 avec la marque 32. Une fois cette correspondance obtenue, les courants continus restent en accord avec

les courants  $i_x$  et  $i_y$  même après arrêt de l'alimentation en ondes en dent de scie.

Dans ce mode de réalisation, la dimension de l'image 33 de correction de l'astigmatisme diminue avec 5 l'augmentation du grossissement, ce qui facilite la correspondance du centre de l'image 33 avec la marque 32.

Dans le mode de réalisation ci-dessus décrit, les 10 ondes en dent de scie étaient tirées d'entre le circuit 1 générateur d'ondes en dent de scie et le circuit de commutation de grossissement 6 du système HS de 15 balayage horizontal, et d'entre le circuit générateur d'ondes en dent de scie et le circuit de commutation 7 de grossissement du système de balayage vertical VS. Les ondes en dent de scie peuvent également 20 être tirées d'entre le circuit 1 et la bobine de déviation 4 du tube de Braun 3 et le circuit 2 et la bobine de déviation 5 du tube de Braun 3, ou bien ils peuvent être tirés d'entre le circuit de commutation de grossissement 6 et la bobine de déviation 9 dans le microscope et le circuit de commutation de grossissement 7 et la 25 bobine de déviation 10 dans le microscope.

La marque 32 peut être collée sur l'écran 3a au lieu d'être formée par une modulation d'intensité.

La marque 32, qui est formée sensiblement au centre 25 de l'écran 3a, peut également être prévue en tout autre emplacement approprié. Dans ce cas, les potentiomètres 17 et 18 sont ajustés de façon que les courants continus 30 des sources 11 et 12 correspondent aux courants de correction d'astigmatisme  $i_x$  et  $i_y$  interceptant les ondes en dent de scie à la sortie des sources de courant 11 et 12 en un autre point que le centre.

La marque 32, en forme de croix dans le mode de réalisation ci-dessus, peut également être en forme de 35 point ou d'anneau.

Au lieu de relier le système XS de correction d'astigmatisme en direction X par le commutateur au système HS de balayage horizontal et le système YS de correction

d'astigmatisme en direction Y par le commutateur au système VS de balayage vertical comme on l'a fait dans le mode de réalisation ci-dessus décrit, le système de correction d'astigmatisme en direction Y peut être 5 relié par un commutateur au système HS de balayage horizontal et le système de correction d'astigmatisme en direction X par un commutateur au système de balayage vertical VS.

10 Comme on l'a décrit ci-dessus, le procédé de correction de l'astigmatisme dans des microscopes électroniques à balayage et équipements analogues selon l'invention assure une correction précise de l'astigmatisme de façon simple en faisant correspondre une image de correction de l'astigmatisme, apparaissant sur une 15 partie de l'écran du tube de Braun, avec un point pré-déterminé (comme une marque), sur l'écran, au lieu de dépendre de l'adresse et de la perception.

20 Le dispositif pour corriger l'astigmatisme dans des microscopes électroniques à balayage et équipements semblables selon la présente invention offre une structure simple pour la mise en œuvre du procédé ci-dessus de correction de l'astigmatisme, en reliant le système de correction de l'astigmatisme en direction X par le premier commutateur à l'un des systèmes de 25 balayage horizontal et vertical et le système de correction de l'astigmatisme en direction Y par le second commutateur à l'autre système de balayage.

30 Bien entendu l'invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et représenté qui n'a été donné qu'à titre d'exemple. En particulier, elle comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises en œuvre dans le cadre de la protection comme revendiquée.

## R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé pour corriger l'astigmatisme dans des microscopes électroniques à balayage et équipements analogues, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes, dans un microscopes électronique à balayage ayant un
- 5 tube de Braun où est reproduite une image d'un échantillon et équipement analogue , de faire correspondre le centre d'une image de l'échantillon sous forme d'une image de correction de l'astigmatisme, apparaissant sur une partie d'un écran dudit tube de Braun, avec
- 10 un point prédéterminé sur ledit écran en appliquant une onde en dent de scie en synchronisme avec les ondes en dent de scie de balayage horizontal et vertical pour faire balayer des rayons corpusculaires chargés horizontalement et verticalement avec un
- 15 courant de correction d'astigmatisme en direction X à un organe de correction d'astigmatisme en direction X, en appliquant l'autre des ondes en dent de scie avec un courant de correction d'astigmatisme en direction Y à un organe de correction d'astigmatisme en direction
- 20 Y, puis en contrôlant les courants de correction d'astigmatisme en directions X et Y et en arrêtant l'alimentation en ondes en dent de scie vers les organes de correction d'astigmatisme en directions X et Y.
2. Dispositif pour corriger l'astigmatisme dans des
- 25 microscopes électroniques à balayage et équipements analogues, caractérisé en ce qu'il comprend, dans un microscope électronique à balayage et équipement analogue , un tube de Braun (3) pour reproduire une image d'un échantillon, un système de balayage horizontal
- 30 (HS) comportant un générateur d'ondes en dent de scie (1) pour fournir des ondes en dent de scie de balayage horizontal à un organe (4) de déviation de balayage horizontal dans ledit tube de Braun et à un organe de déviation horizontale (9) dans ledit microscope, un
- 35 système de balayage vertical (VS) comportant un générateur

(2) d'ondes en dent de scie pour fournir des ondes en dent de scie de balayage vertical à un organe de déviation de balayage vertical (5) dans ledit tube de Braun et à un organe de déviation verticale (10) dans le 5 microscope, un système (XS) de correction de l'astigmatisme en direction X comprenant une source (11) de correction d'astigmatisme en direction X pour fournir un courant de correction d'astigmatisme en direction X à un organe de correction (13) d'astigmatisme en direction X dans ledit 10 microscope, et un système de correction (YS) d'astigmatisme en direction Y comprenant une source (12) de courant de correction d'astigmatisme en direction Y pour fournir un courant de correction d'astigmatisme en direction Y à un organe (14) de correction d'astigmatisme en direction 15 Y dans ledit microscope, ledit système de correction (XS) d'astigmatisme en direction X étant relié par un premier commutateur (19) à l'un desdits systèmes de balayage horizontal et vertical et ledit système (YS) de correction d'astigmatisme en direction Y étant relié par un second commutateur (20) à l'autre desdits 20 systèmes de balayage.

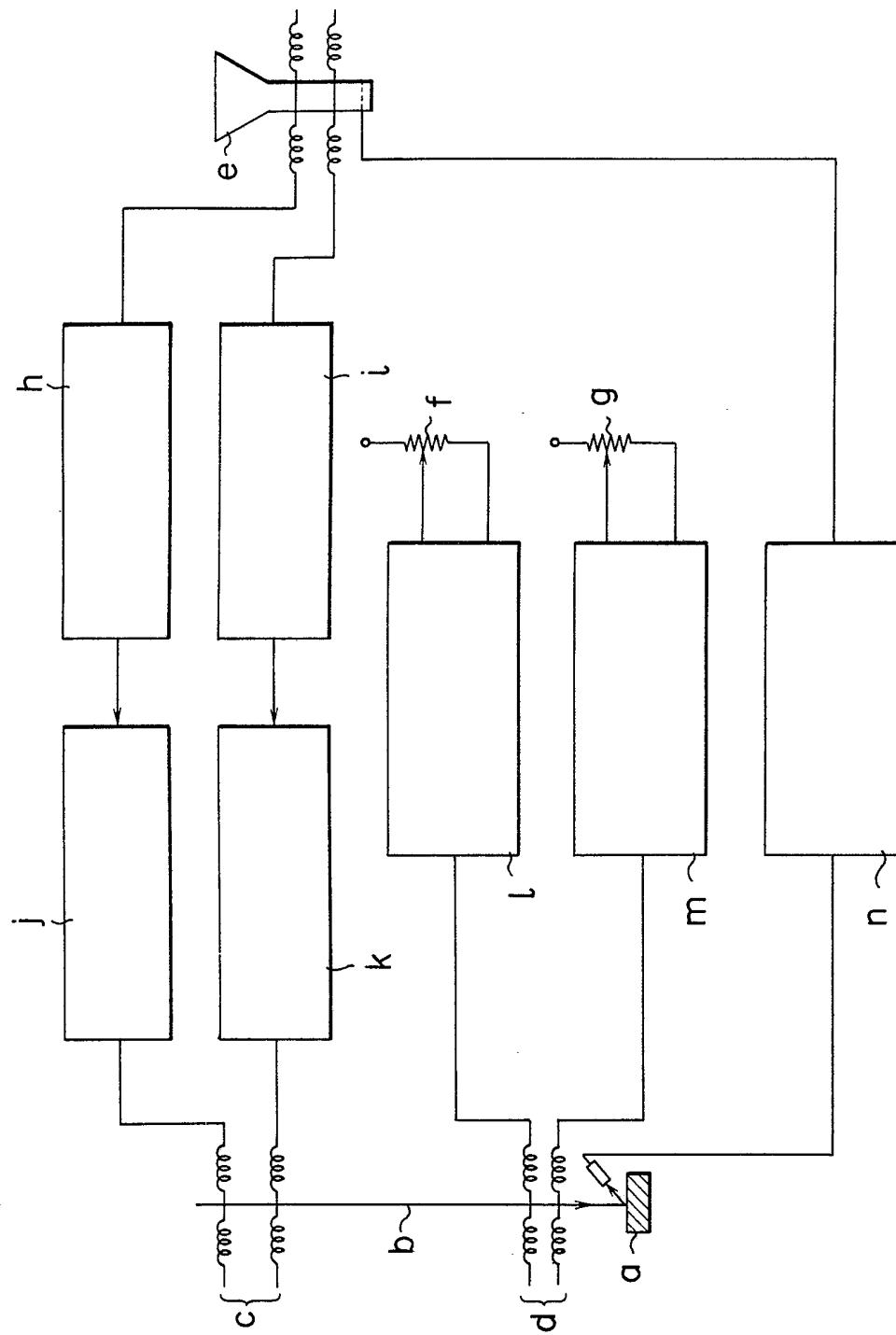
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que les premier et second commutateurs (19 et 20) précités sont solidaires l'un de l'autre.

25 4. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'une marque de référence (32) pour la correction de l'astigmatisme est formée sur l'écran (3a) du tube de Braun (3) précité.

30 5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que la marque de référence (32) précitée est formée sensiblement au centre de l'écran (3a) précité.

6. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que la marque de référence (32) précitée est formée sur l'écran (3a) par modulation d'intensité.

FIG. I



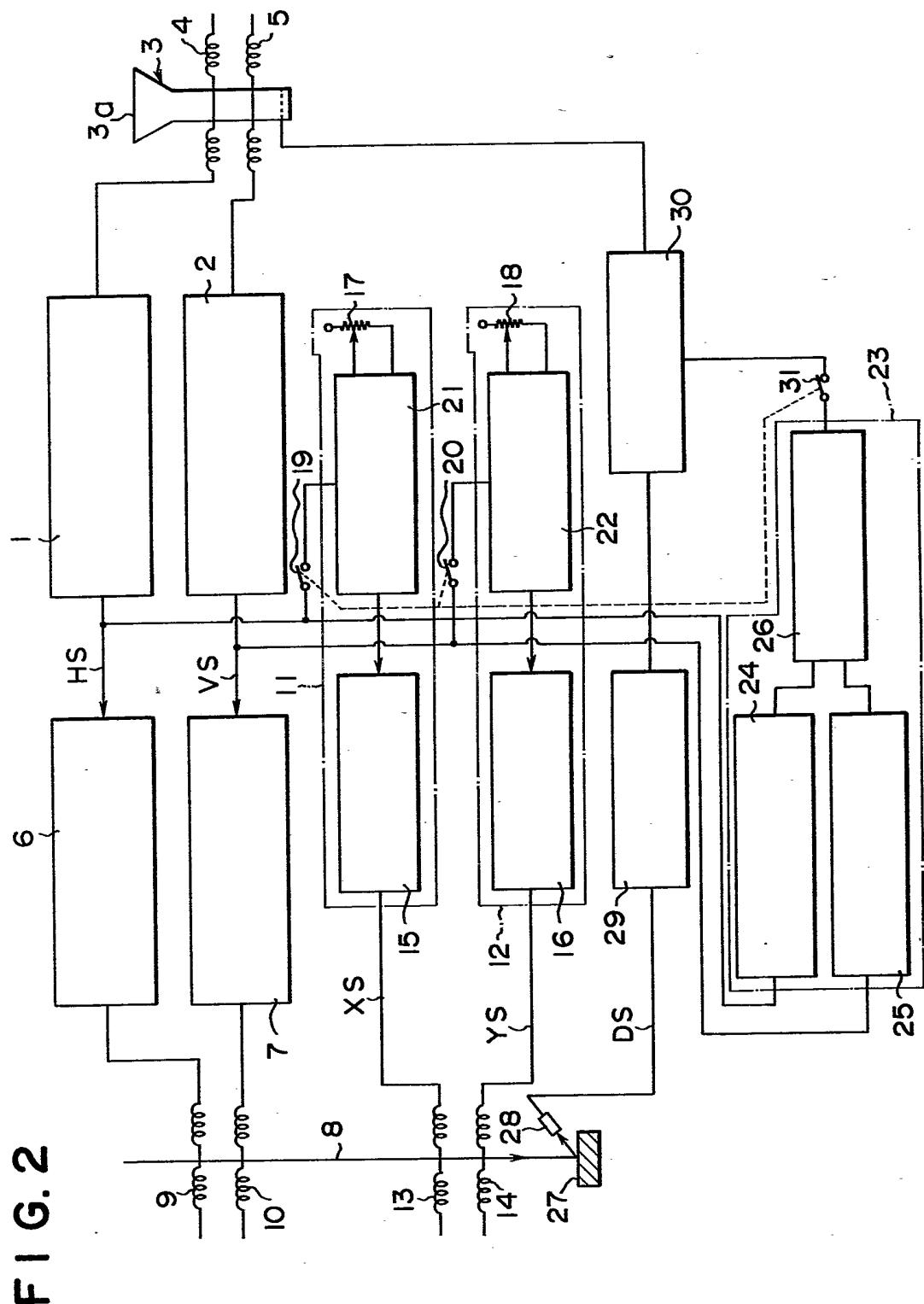


FIG. 3

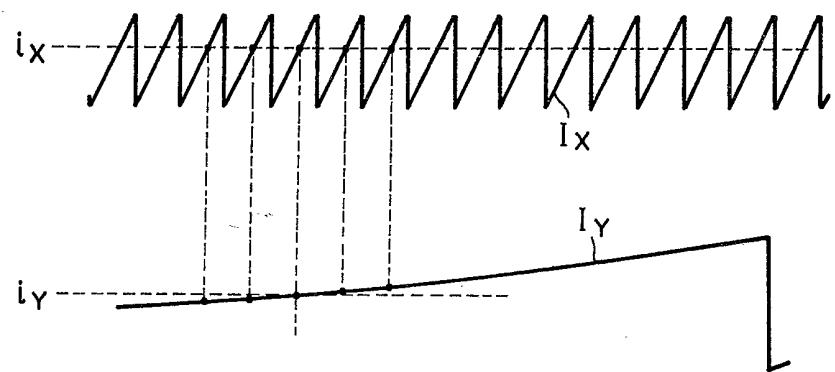


FIG. 4

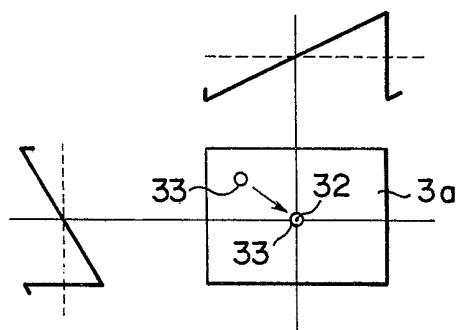


FIG. 5

