

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 18789**

---

(54) Dispositif de mesure et de visualisation de l'illumination dans un système à faisceau de particules chargées.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). G 01 T 1/29; H 01 J 37/28, 37/30.

(22) Date de dépôt ..... 6 octobre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 14 du 8-4-1983.

---

(71) Déposant : Société dite : THOMSON-CSF, société anonyme. — FR.

(72) Invention de : Emmanuel de Chambost.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire :

---

DISPOSITIF DE MESURE ET DE VISUALISATION DE L'ILLUMINATION  
DANS UN SYSTEME A FAISCEAU DE PARTICULES CHARGÉES

La présente invention se rapporte à un dispositif de mesure et de visualisation de l'illumination d'un substrat dans un système à faisceau de particules chargées. Elle concerne aussi bien les systèmes mettant en oeuvre les faisceaux d'ions que ceux mettant en oeuvre des faisceaux électroniques.

5 Dans cette dernière catégorie, l'invention trouve ses applications principales dans les microscopes électroniques à balayage et les systèmes de lithographie par faisceau d'électrons.

Dans ces systèmes, il est d'usage courant d'utiliser comme source de particules, un canon thermoionique comprenant une cathode, un wehnelt et une anode. La cathode peut être constituée par un filament, une pastille ou un batonnet en matériau émissif.

10

Cet ensemble peut être assimilé à une source fictive située dans un plan orthogonal à l'axe moyen d'émission de la cathode et localisé entre l'anode et le wehnelt et qui est le plan de première convergence du faisceau.

15 Dans ce plan, la section du faisceau, généralement connue sous l'expression anglo-saxonne de "cross-over", est minimal. La forme et le profil énergétique exacts de cette source fictive dépendent de nombreux paramètres physiques liés à la source et notamment des paramètres qui peuvent être rendus variables tels que la température de la cathode, la position de la cathode par rapport au wehnelt, la polarisation du wehnelt, c'est à dire la différence de potentiel appliquée entre cette électrode et la cathode et la

20 tension d'accélération, c'est à dire la différence de potentiel appliquée entre la cathode et l'anode.

Dans ce qui suit la section du faisceau dans le plan de première convergence sera appelée plus brièvement "première convergence".

25

La forme et le profil énergétique exacts de la première convergence sont des données importantes à connaître, puisqu'elles sont liées de façon biunivoque aux paramètres permettant le réglage optimum des caractéristiques de la source.

30 A titre d'exemple, dans un microscope électronique à balayage, après

réductions successives des dimensions de la première convergence, son image est projetée sur l'échantillon à analyser. Il est notamment important d'obtenir une forme et un profil énergétique prédéterminés de la première convergence.

5 Dans l'art connu, pour effectuer les réglages précités, on relève les paramètres de l'image de la première convergence dans le plan de l'échantillon. Ce procédé ne peut donner que des informations peu précises sur les caractéristiques réelles de la première convergence car entrent en jeu les caractéristiques d'un système d'optique électronique complexe interposé  
10 entre la cible, ou plan de l'échantillon, et la source de particule.

Pour pallier les inconvénients de l'art connu, l'invention propose un dispositif permettant de rendre compte de façon précise des paramètres physiques importants, caractérisant une source d'émission de particules chargées, ce en mesurant et en visualisant la forme et le profil énergétique  
15 de la première convergence.

L'invention a donc pour but un dispositif de mesure et de visualisation de l'illumination due à un faisceau de particules chargées dans un système comprenant une source pour émettre les particules de ce faisceau selon un axe moyen d'émission et des éléments optiques interagissant sur le faisceau  
20 de particules chargées, le faisceau émis présentant une section minimale dans un plan de première convergence ; dispositif principalement caractérisé en ce qu'il comprend, disposés sur l'axe moyen d'émission, en sortie de ladite source, des moyens optique électronique pour former l'image de la section du faisceau de particules dans le plan de première convergence avec un  
25 grandissement déterminé dans un second plan, des moyens de captation d'une fraction du faisceau particules traversant le second plan, des moyens électroniques de déviation selon deux axes de coordonnées orthogonaux du faisceau de particules créant un déplacement de l'image selon un agencement prédéterminé et couplés à des moyens d'acquisition de données  
30 représentant la carte des variations énergétiques de ladite image projetée obtenues par la conversion en signaux proportionnels desdites fractions du faisceau de particules captée en tout point de l'image.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à l'aide de la description qui suit, en référence aux figures annexées :

- la figure 1 illustre schématiquement un canon à électrons ;
- les figures 2 à 4 illustrent des modes de fonctionnement de ce canon à électrons ;
- la figure 5 est un diagramme illustrant schématiquement le fonctionnement d'un microscope électronique à balayage selon l'art connu ;
- la figure 6 est un exemple de réalisation d'un dispositif de l'invention selon une première variante d'exécution ;
- les figures 7 et 8 illustrent des points particuliers du fonctionnement de ce dispositif ;
- la figure 9 est une vue détaillée d'un des éléments constitutifs principaux du dispositif de l'invention ;
- la figure 10 illustre schématiquement un dispositif conforme à l'invention, réalisé selon une seconde variante d'exécution ;
- la figure 11 illustre schématiquement un exemple de système de microlithographie par faisceaux d'électrons utilisant le dispositif de l'invention.

Dans ce qui suit, à titre d'illustration de l'invention et sans que cela soit limitatif de sa portée, seuls seront considérés des systèmes utilisant des sources d'électrons. Les éléments communs à deux ou plusieurs figures portent la même référence et ne seront décrits qu'une seule fois.

Il est tout d'abord utile de rappeler brièvement, pour fixer les idées, les principales caractéristiques et le fonctionnement d'une source classique d'électrons.

La figure 1 illustre schématiquement un canon à électron. Il est constitué d'une cathode 1 par exemple comprenant un filament émissif par effet thermoélectronique, une première électrode ou wehnelt 2 et une seconde électrode ou anode 3.

En général, ces électrodes (2 et 3) sont dotées d'une structure de révolution. Le wehnelt joue en outre un rôle d'écran et est entièrement fermé à l'exception d'une faible ouverture de diamètre typique 2 mm. L'anode de façon usuelle est portée au potentiel de la terre, c'est à dire un potentiel d'accélération  $V_a$  positif par rapport à la cathode. Le wehnelt est polarisé négativement à la tension  $V_w$  par rapport à la cathode. Par effet Joule le filament, alimenté par une source de courant (non représentée) est

portée à une température  $T_K$  permettant l'émission par effet thermo-électronique.

Le faisceau d'électrons émis par la cathode est tout d'abord divergent puis converge à nouveau. La forme exacte de la section du faisceau est déterminée par de nombreux paramètres liés notamment à la géométrie des électrodes et aux tensions appliquées, ainsi qu'à la température de la cathode.

La figure 2 illustre de façon plus détaillée la marche des électrons. La cathode 1 présente une zone active d'émission qui peut, par exemple, être assimilée à un disque de diamètre  $S_1 S_2$  dans un plan  $P_S$ . L'axe moyen d'émission est l'axe  $\Delta$ . Du fait des différents champs électriques qui s'établissent dans l'espace, les images des points  $S_1$  et  $S_2$  se forment, respectivement, en  $S'_1$  et  $S'_2$  dans un plan  $P'_S$ . Le faisceau présente une section minimale dans un plan  $P_O$ , proche du plan  $P'_S$  et compris dans l'espace situé entre l'anode 3 et le wehnelt 2.

Cette section minimale ou première convergence est appelée couramment "cross-over" et porte la référence 4. Selon la valeur des paramètres précités et également l'enfoncement du filament dans le Wehnelt, c'est à dire la distance  $h$  séparant le plan  $P_S$  et l'orifice de sortie du Wehnelt 2, la forme de la première convergence et la distribution énergétique du faisceau dans le plan  $P_O$  sont très variables.

Ce phénomène est décrit, entre autres publications, dans le livre de SEPTIER, édité par ACADEMIC PRESS 1967 (New York, Londres) intitulé : "Focusing of Charged Particles" au chapitre II. Des exemples de formes particulières de première convergence sont illustrées par les figures 3 et 4. Ces formes de sections de faisceaux dans le plan  $P_O$  ont été obtenues pour les valeurs typiques suivantes :  $V_a = -20\ 000$  V,  $T_K = 2\ 800^\circ\text{K}$  et  $h = 0,2$  mm communes aux formes des figures 3 et 4 et des valeurs de tensions de Wehnelt  $V_W$  égales à, respectivement 350 V pour la forme représentée sur la figure 3 et 280 V pour celle représentée sur la figure 4.

Les formes et distributions énergétiques de la section du faisceau dans le plan  $P_O$  sont représentatives des caractéristiques de la source. Celle-ci peut être assimilée, avec une bonne approximation, à une source fictive de même forme et dont la répartition du pouvoir émissif a le même profil que

le "cross-over" 4.

Dans les microscopes électroniques à balayage, l'image de celui-ci est projetée, après réductions successives, sur un échantillon à analyser.

La figure 5 est un diagramme illustrant schématiquement le fonctionnement d'un tel appareil. On retrouve le canon à électrons : 1, 2, 3. La première convergence 4 est comprise dans le plan  $P_0$ . Une première lentille électronique  $L_1$  en forme l'image réduite dans un plan  $P_1$ , qui est ensuite réduite par une deuxième lentille électronique  $L_2$  dans un plan  $P_2$ . En aval de ce plan, est placé un système, un bloc de déviation électronique  $D_{XY}$  du faisceau autour de l'axe optique  $\Delta$  de l'appareil, déviant à volonté le faisceau suivant deux axes de coordonnées orthogonaux X, Y. Une troisième lentille électronique  $L_3$  réduit une nouvelle fois l'image formée dans le plan  $P_2$  et la projette en une image définitive sur le plan  $P_3$  sur lequel est disposé un échantillon à analyser. La position exacte de cette image dans le plan  $P_3$  dépend de la déviation apportée au faisceau par le bloc déviateur  $D_{XY}$ . Dans l'art connu, on se contente de déduire de la résolution de l'image de l'échantillon une approximation de la section minimale 4 comme il a été rappelé. En réalité, on ne peut obtenir que des informations peu précises sur les dimensions et la répartition énergétique du faisceau dans le plan  $P_0$  d'après la seule résolution obtenue sur l'image projetée. Le réglage des paramètres physiques liés au canon à électrons est d'autant plus difficile à réaliser à partir de ces données que l'optique électronique, c'est à dire dans le cas présent, les lentilles  $L_1$  à  $L_3$  et le bloc déviateur  $D_X$  pour ne s'en tenir qu'aux éléments essentiels, est complexe et réagit sur les caractéristiques de l'image projetée sur le plan  $P_3$ .

L'invention se fixe pour but un dispositif permettant de visualiser avec précision la forme et la distribution énergétique de la première convergence, c'est à dire la section du faisceau dans le plan  $P_0$ .

La figure 6 représente une réalisation d'un dispositif conforme à l'invention selon une première variante d'exécution. Il comporte les éléments suivant : une lentille électronique 5, un ensemble déviateur 6 selon deux axes de coordonnées orthogonaux xy, un diaphragme 7 et un élément collecteur de particules chargées 8. Le dispositif de mesure et de visualisation est disposée en aval de la source de particules chargées.

Dans l'exemple décrit, comme il a été rappelé précédemment, on se place dans le cas de systèmes comprenant une source d'électrons, par exemple le canon à électrons décrit en relation avec les figures 1 et 2. Le faisceau émis présente une section minimale ou première convergence 4 dans le plan  $P_O$ . La lentille 5 a pour but de former l'image agrandie 40 de la première convergence 4 dans un plan  $P'_O$ . La position de ce plan dépend du grandissement de la lentille 5. Cette lentille est du type électromagnétique et, comme il est connu, comprend un enroulement 50 et un circuit magnétique 51 à pièces polaires. Le centre optique O est située sur l'axe optique  $\Delta$  du système utilisant la source à électrons.

Si A est le point d'intersection de l'axe optique  $\Delta$  et du plan  $P_O$  et B son image dans le plan  $P'_O$ , le grandissement est égal à  $OB/OA$ . Le diaphragme 7 est disposé dans le plan  $P'_O$  ou à proximité immédiate de celui-ci et comporte une ouverture de faible dimension 70 de manière à ne laisser se propager qu'une faible fraction du faisceau électronique. Cette fraction est recueillie par un collecteur 8 qui la transforme en courant électrique dont l'intensité est directement proportionnelle à la densité électronique du faisceau dans la zone de l'ouverture 70 du diaphragme. Le bloc déviateur 60, qui peut comprendre deux systèmes d'enroulements électromagnétiques, 60 et 61 pour des déviations, selon les axes respectifs X et Y, a pour but de déplacer l'image 40 dans le plan  $P'_O$  ou ce qui revient au même dans le plan du diaphragme 7.

La figure 7 illustre de façon plus détaillée ce point de fonctionnement. Du fait de la déviation imprimée par le déviateur 6, le point B image du point A va également se déplacer dans le plan du diaphragme 7.

Si on se reporte à nouveau à la figure 6, le trajet qui suit le point B dans son déplacement dépend essentiellement de la nature des signaux d'alimentation des enroulements de déviation 60 et 61. De nombreux schémas de balayage du point B peuvent être retenus et par exemple, un balayage continu du type télévision en zig-zag ou un balayage point par point en lacet. L'enveloppe de ce balayage peut être typiquement un rectangle 71 représenté sur la figure 7 en traits pointillés.

Les signaux nécessaires au balayage sont élaborés par un générateur 9 dont les deux sorties  $V_X$  et  $V_Y$  fournissent les signaux nécessaires à

l'alimentation des enroulements 60 et 61 via des organes d'adaptation représentés par des amplificateurs  $A_X$  et  $A_Y$ . Cette génération de signaux se fait de façon classique et est à la portée de l'homme de métier.

Sur la figure 8 est représenté un exemple de balayage du type point par point en lacet. Le point B va décrire le parcours 72 indiqué par des flèches inscrit dans le rectangle 71. Les coordonnées  $X_0$   $Y_0$  représentent les coordonnées de l'axe optique  $\Delta$ , c'est à dire la position du point B image de A, lorsque les enroulements de déviations 60 et 61 ne sont pas alimentés ( $V_X$  et  $V_Y = 0$ ).

Pour des raisons de simplifications, il a été représenté trois positions de balayages distinctes selon les deux axes X, Y. Sur l'axe des temps, l'intervalle T représente le temps nécessaire au balayage d'une ligne selon l'axe X. Les diagrammes  $V_x$  et  $V_y$  représentent la variation en marches d'escalier en fonction du temps des signaux de commande transmis respectivement aux amplificateurs  $A_x$  et  $A_y$  alimentant les enroulements 60 et 61 et leur interdépendance. A titre d'exemple, de l'instant  $t = 0$  à l'instant  $t = \frac{T}{3}$ ,  $V_x = \Delta V_x$ ,  $V_y = + \Delta V_y$  et le point B, du fait de la déviation correspondante du faisceau d'électrons, a pour coordonnées  $Y_0 + \Delta_y$  et  $X_0 - \Delta_x$ .

Le point B et également l'image 40 du "cross-over" reste immobile pendant chaque intervalle de temps égale à  $\frac{T}{3}$  et plus généralement égal à  $\frac{T}{n}$  si n est le nombre de points de balayage par ligne. Si m est le nombre de lignes de balayage, la résolution de la mesure est proportionnelle à  $n \times m$ . Les valeurs  $\Delta_x$  et  $\Delta_y$  sont directement proportionnelle respectivement aux incréments de tension  $\Delta V_x$  et  $\Delta V_y$ . De façon pratique, on peut choisir  $\Delta_x$  égal à  $\Delta_y$  et de l'ordre de grandeur du diamètre de l'orifice 70. L'amplitude des signaux de tensions dépendent des caractéristiques propres aux amplificateurs  $A_x$  et  $A_y$ . Ceux-ci fournissent des courants proportionnels à ces tensions parcourant les enroulements de déviation 60, 61 et imprimant une déviation du faisceau en proportion.

A chaque position du balayage, le collecteur 8 convertit la fraction de faisceau interceptée en courant électrique dont les valeurs successives représentent la carte des variations de densité de l'image 40 de la section minimale ou "cross-over" 4, c'est à dire au grandissement près (OA/OB) la carte de cette section.

Le collecteur 8 agit donc comme une sonde de courant transmettant un signal via un organe d'adaptation représenté sur la figure 6 par un amplificateur  $A_S$  à l'entrée  $E_S$  d'un appareil de mesure et/ou d'affichage, par exemple un écran 100 d'oscilloscope comme représenté sur la figure .

5       Celui-ci reçoit également les signaux  $V_x$  et  $V_y$  qui sont, dans cet exemple de réalisation utilisés comme signaux de balayage X, Y du spot sur l'écran. Le signal transmis sur l'entrée  $E_S$  agit sur la brillance du spot. L'écran 100 de l'appareil restitue donc l'image 40 de la première convergence 4, c'est à dire sa carte énergétique.

10       De façon plus générale, les signaux  $V_x$  et  $V_y$  sont utilisés dans un but de synchronisation et de repérage de coordonnées.

Dans un exemple de réalisation, non illustré, l'appareil 10 peut être un enregistreur ou la mémoire d'un ordinateur. Dans chaque position de mémoire successive est enregistrée une information d'abscisse dérivée du  
15 signal  $V_x$ , une information d'ordonnée dérivée de  $V_y$  et une information représentant la densité électronique du faisceau, dérivée du signal capté par le collecteur 8.

La sonde 80 du collecteur d'électrons 8 est séparé de son support 82 de préférence en matériau conducteur par une pièce isolante 82 et reliée à  
20 l'extérieur du système électronique par un fil conducteur 83. Le collecteur 80 peut être constitué par un puits de Faraday, une pièce en matériau conducteur ou un dispositif semiconducteur.

Le collecteur 8 doit pouvoir être retiré du trajet normal du faisceau en dehors des périodes de mesure et de visualisation du "cross-over", ce par une  
25 commande extérieure à l'espace interne du système électronique dans lequel règne une pression très basse.

La figure 9 représente un exemple de réalisation de collecteur 8 permettant cette opération. L'appareil mettant en oeuvre la source d'électrons comporte une enceinte dans laquelle on a effectué le vide se  
30 présentant généralement sous la forme d'une colonne cylindrique creuse. On insère dans la paroi 84 une pièce métallique également creuse 85 munie d'un joint étanche 850. A l'intérieur de cette pièce glisse le support 82 de la sonde 81. Une deuxième pièce également creuse formant capot est insérée sur la première. Le support 82 est relié mécaniquement à un piston 87 dont

une extrémité communique avec le milieu extérieur. Ce piston comporte un canal dans lequel est glissé le fil de liaison 83 relié à un connecteur étanche placé à l'extrémité extérieure du piston. Le piston est repoussé vers l'intérieur de la colonne par un tombac 88 assurant l'étanchéité.

5 La seconde pièce métallique comporte une butée 860 sur laquelle vient s'appuyer un renflement 870 du piston 87 de manière à définir une première position stable I dans laquelle la sonde 80 est placée en coincidence avec l'axe optique  $\Delta$  de l'appareil.

10 Le renflement 870 comporte une encoche 871 dans laquelle vient s'insérer un poussoir 860 entraîné par un ressort 861. Lorsqu'un opérateur tire sur le piston, le poussoir retient celui-ci dans une seconde position stable II. Dans cette position, la sonde 80 n'intercepte plus le faisceau électronique.

15 Le diaphragme 7 doit également être amovible. Cependant, certains système électronique à faisceau d'électrons étant muni d'un diaphragme de limitation de faisceau, celui-ci peut être utilisé avec profit et jouer le rôle du diaphragme 7.

20 Il en est de même des autres éléments, lentille 5 et bloc déviateur 6. En particulier certains systèmes sont munis d'une lentille en sortie de la source de particules chargées qui couvrent parfaitement pour former l'image de la première convergence.

25 On peut en outre modifier les caractéristiques du fonctionnement de ces éléments, soit en agissant sur leurs propres organes de commande, soit par une commutation simple, en les connectant pendant la période de mesure et de visualisation de la première convergence à des générateurs de signaux de commandes propres au dispositif de l'invention. On peut par ce biais notamment obtenir le grandissement voulu : OA/OB.

30 Bien que, si on utilise un des diaphragmes du système, le seul élément mobile restant du dispositif de l'invention est le collecteur 8, il est cependant nécessaire d'utiliser des moyens pour son déplacement du type qui ont été décrit en relation avec la figure 9. Ces moyens sont relativement complexes, puisqu'à l'intérieur de la colonne régnent une très basse pression, et on peut désirer en éviter l'utilisation.

La figure 10 représente schématiquement une variante d'exécution du

dispositif de l'invention dans laquelle le collecteur de particules 8 est rendu fixe. Pour ce faire on utilise un déviateur supplémentaire constitué par un enroulement 73 qui, lorsqu'il est mis en service pendant la période de mesure, dévie le faisceau en sortie du diaphragme 7 vers le collecteur 8. 5 Celui-ci est placé dans une région éloignée de l'axe optique  $\Delta$  du système et ne gêne pas son fonctionnement normal lorsque le déviateur 73 n'est pas alimenté par un signal de commande (non représenté).

Dans une autre variante non illustrée, par exemple dans le cadre de l'application à un microscope à balayage électronique, le collecteur 8 peut 10 être placé directement sur le dispositif supportant l'échantillon, c'est à dire dans le plan  $P_3$ , sur la figure 5. La position de ce dispositif dans ce plan peut généralement être commandé de l'extérieur de l'enceinte sous vide par un mécanisme approprié.

Une variante supplémentaire, proche de la précédente, consiste dans le 15 cas d'un appareil de microlithographie à placer le collecteur 8 sur le dispositif supportant l'échantillon impressionné dont la position est également commandé de l'extérieur de l'enceinte.

Les résultats des mesures sont utilisés à des fins de réglage précis de la source de particules. Dans l'exemple décrit, dans lequel la source est un 20 canon à électron, on agit sur les paramètres qui ont été rappelés. Cette action peut être manuelle, notamment en observant l'évolution de la forme de la tache image de la première convergence, ou encore rendue entièrement automatique de la manière qui va être décrite dans ce qui suit.

Outre l'application au microscope électronique à balayage, dont le 25 fonctionnement a été rappelé en relation avec la figure 5, une des applications principales dans laquelle peut être mis en oeuvre le dispositif de l'invention et la microlithographie par faisceau électronique.

A titre d'exemple, un système de ce type est illustré schématiquement par la figure 11. Ce système a une structure analogue à celui décrit dans le 30 brevet français publié sous le n° 2 351 497. Il comprend un canon à électrons 110 capable d'engendrer un faisceau électronique. Le faisceau électronique est délimité par un premier diaphragme 7, plan. Une première lentille électronique 110 forme de ce diaphragme avec un grandissement constant, dépendant uniquement de ses paramètres physiques, une image réelle, sur le

plan d'un second diaphragme 113.

A cette lentille est associée un système de déflexion 112 capable sous l'action d'un convertisseur numérique-analogique 117, connecté à la sortie d'un calculateur de commande 119 de déplacer dans le plan du diaphragme 113, l'image du diaphragme 7. Le faisceau est alors limité par l'ensemble de  
5 l'image du diaphragme 7 et le diaphragme 113.

Il traverse alors un nouvel ensemble d'optique électronique 114, qui forme de l'ensemble 113 - image réelle de 7 avec un grandissement très faible, une image dans le plan de l'objet à impressionner 116. A cette lentille  
10 électronique est associé un deuxième système de déflexion 115, qui reçoit un signal de commande d'un autre convertisseur numérique-analogique 118. Le convertisseur commande le système de déflexion 115, pour déplacer l'image obtenue dans le plan 116.

Outre ses organes propres, le système de microlithographie comprend  
15 les éléments du dispositif de l'invention, selon la première variante décrite (collecteur amovible). La lentille 5 et le bloc déviateur 6 sont placés en sortie du canon à électrons 110. La commande de ces deux organes peut être assurée également par le calculateur 119 via un ensemble 120 de convertisseurs numériques-analogiques alimentant les enroulements 50, 60 et 61  
20 (figure 6). Ces éléments sont fixes mais n'influent pas sur le bon fonctionnement du système lorsqu'ils sont inactifs. Le diaphragme 7 est utilisé pendant les périodes de mesure comme diaphragme de limitation du faisceau de l'image de la première convergence formée sur son plan. En position I le collecteur d'électrons est avancé sous le diaphragme 7 et le courant collecté  
25  $i_s$  est transformé par un convertisseur analogique-numérique 121 en un signal numérique proportionnel transmis au calculateur. Lorsque le balayage complet de l'image de la première convergence effectué selon la méthode décrite en relation avec la figure 7 est achevé et les différentes mesures mémorisées, le calculateur 119 peut être programmé pour élaborer, par  
30 exemple après comparaison avec des valeurs de consigne également mémorisées, des signaux de commande  $V_C$  transmis à l'organe 122 de commande du canon à électron 110 et modifier en conséquence les différents paramètres déterminant son fonctionnement. Des itérations peuvent être nécessaires, dans ce cas le processus décrit est répété. Ensuite le collecteur 8 est

rétracté en position II et le système de microlithographie reprend son fonctionnement normal.

L'invention n'est pas limitée aux seuls exemples de réalisation qui viennent d'être décrits à titre d'illustration. Rentrent, notamment dans le  
5 champ d'application de la présente invention, les systèmes mettant en oeuvre des sources d'ions. A titre d'exemple un tel système est décrit dans la demande de première addition à un brevet français publiée sous le n° 2 461 281.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de mesure et de visualisation de l'illumination due à un faisceau de particules chargées dans un système comprenant une source (1, 2, 3) pour émettre les particules de ce faisceau selon un axe moyen d'émission ( $\Delta$ ) et des éléments optiques interagissant sur le faisceau de particules chargées, le faisceau émis présentant une section minimale (4) dans un plan de première convergence ( $P_0$ ); dispositif caractérisé en ce qu'il comprend, disposés sur l'axe moyen d'émission ( $\Delta$ ), en sortie de ladite source, des moyens d'optique électronique (5) pour former l'image (40) de la section (4) du faisceau de particules dans le plan de première convergence ( $P_0$ ) avec un grandissement déterminé dans un second plan ( $P'_0$ ), des moyens de captation (7, 8) d'une fraction du faisceau particules traversant le second plan ( $P'_0$ ), des moyens électroniques de déviation (6, 9) selon deux axes de coordonnées orthogonaux (X, Y) du faisceau de particules créant un déplacement de l'image (40) selon un agencement prédéterminé (72) et couplés à des moyens (10) d'acquisition de données représentant la carte des variations énergétiques de ladite image projetée obtenue par la conversion en signaux proportionnels desdites fractions du faisceau de particules captée en tout point de l'image (40).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que, les particules étant des électrons, les moyens d'optique électronique (5) sont constituées par une lentille électronique comprenant un enroulement conducteur (50) et une pièce polaire (51) de centre optique (0) sur ledit axe moyen d'émission et formant une image (40) de ladite section minimale (4) avec un grandissement plus grand que 1 lorsque l'enroulement (50) est parcouru par un courant de commande et en ce que les moyens électroniques de déviation (6, 9) comprennent des première (60) et seconde (61) séries d'enroulements conducteurs centrés sur ledit axe moyen d'émission (1) et destinés à imprimer des déviations au faisceau suivant respectivement le premier (X) et le second (Y) des deux axes orthogonaux et un générateur de signaux (9) de commande délivrant des premier ( $V_X$ ) et second ( $V_Y$ ) signaux de commande synchronisés entre eux et transmis, respectivement aux première (60) et seconde (61) série d'enroulements conducteurs pour im-

primer au faisceau des déviations occasionnant le déplacement de l'image (40) selon ledit agencement (72) prédéterminé.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que lesdits éléments optiques du système interagissant sur le faisceau de particules  
5 comprenant plusieurs lentilles électroniques, ladite lentille électronique (5) à grandissement plus grand que 1 est constituée par l'une de ces lentilles.

4. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'agencement prédéterminé (72) étant constitué par un balayage en lacet comprenant des lignes parallèles équidistantes à l'un desdits axes orthogonaux (X),  
10 chaque ligne étant divisée en n positions discrètes de balayage équidistantes, m et n étant des nombres entiers plus grand que 1, le générateur de signaux (9) de commande délivre deux signaux périodiques ( $V_X$ ,  $V_Y$ ) en marches d'escalier, transmis respectivement aux première (60) et seconde (61) séries d'enroulements conducteurs, le premier ( $V_X$ ) comportant de façon répétitive,  
15 n échelons croissants suivis de n échelons décroissants, d'amplitudes égales ( $\Delta V_X$ ) et uniformément répartis dans le temps, et le second de façon répétitive, m échelons croissant d'amplitudes constantes ( $\Delta V_Y$ ) et uniformément répartis dans le temps, suivis d'une décroissance brutale égale à l'amplitude des m échelons ; la durée (T) d'un échelon du second signal étant  
20 égale à celle de n échelons du premier signal.

5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de captation (7, 8) comprennent un diaphragme (7) comportant un orifice (70) centré sur ledit axe moyen d'émission ( $\Delta$ ) et un collecteur de particule (8) disposé en aval de ce diaphragme recueillant les particules chargées  
25 traversant l'orifice et les transformant en courant proportionnel au nombre de charges interceptées.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le collecteur (8) comprend par une sonde (80) montée sur un substrat isolant (81) solidaire d'un support (83) la sonde étant couplée (83) auxdits moyens  
30 d'acquisition (10) et en ce que la sonde (80) est constituée par un puits de Faraday, une pièce métallique ou un élément semi-conducteur sensible auxdites particules.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le collecteur de particules (8) est amovible, le support (82) étant un chariot

déplaçable pour permettre une commutation entre des première (I) et seconde (II) positions fixes et en ce que, dans la première position (I) la sonde (80) est centrée sur ledit axe moyen d'émission ( $\Delta$ ) et dans la seconde position (II), la sonde est placée dans une région éloignée de cet axe ( $\Delta$ ) de manière à ne pas intercepter les particules chargées du faisceau.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que le diaphragme (7) est solidaire du collecteur (8) et déplaçable entre lesdites deux positions fixes (I, II).

9. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le diaphragme (7) est fixe et en ce que lesdits éléments optiques du système comprenant au moins un diaphragme de limitation de faisceau comportant un orifice centrée, sur ledit axe moyen d'émission ( $\Delta$ ) et disposé en regard de la source (1, 2, 3) de particules, le diaphragme (7) des moyens de captation (7, 8) est constitué par ce diaphragme.

10. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le collecteur de particules chargées (8) est disposé dans une région éloignée dudit axe moyen d'émission ( $\Delta$ ) et en ce qu'il comprend en outre des moyens électroniques supplémentaires de déviation (73) imprimant une déviation, la direction de propagation des particules traversant l'orifice (70) du diaphragme (7) de manière à ce qu'elles soient interceptées par le collecteur de particules chargées (8) lorsque ce bloc déviateur reçoit un signal de commande de déviation ; le collecteur n'interceptant pas ces particules en l'absence de signal de commande de déviation.

11. Dispositif selon la revendication 6, le système comprenant en outre pour assurer des fonctions qui lui sont propres, un support situé en aval dudit diaphragme (7) et déplaçable dans un plan orthogonal audit axe moyen d'émission ( $\Delta$ ), caractérisé en ce que le collecteur (8) est solidaire de ce support.

12. Dispositif selon la revendication 11, le système étant un microscope électronique ou un appareil de microlithographie, caractérisé en ce que ledit support est constitué par un porte-échantillon.

13. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens d'acquisition (10) comprennent un oscilloscope affichant sur un écran (100) la carte des variations énergétiques de l'image (40) de la section (4) du

faisceau dans le plan de première convergence ( $P_0$ ) formée sur le second plan ( $P'_0$ ).

5 14. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens d'acquisition (10) comprennent un calculateur numérique programmable (119), muni d'une mémoire enregistrant lesdites données représentant  
la carte des variations énergétiques de l'image (40) de la section (4) du faisceau dans le plan de première convergence formée sur le second plan, des moyens pour comparer ces données à des valeurs de consignes et des  
10 moyens pour élaborer à partir des résultats de ces comparaisons des signaux de commande ( $V_C$ ) de modification des caractéristiques électrique (122) regissant ladite source de particules chargées (110).

15 15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que le système comprenant une source de faisceau de particules chargées et des éléments optiques interagissant sur ce faisceau est un microscope électronique à balayage.

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que le système comprenant une source de faisceau de particules chargées et des éléments optiques interagissant sur ce faisceau est un système de microlithographie par faisceau d'électrons.

FIG. 1

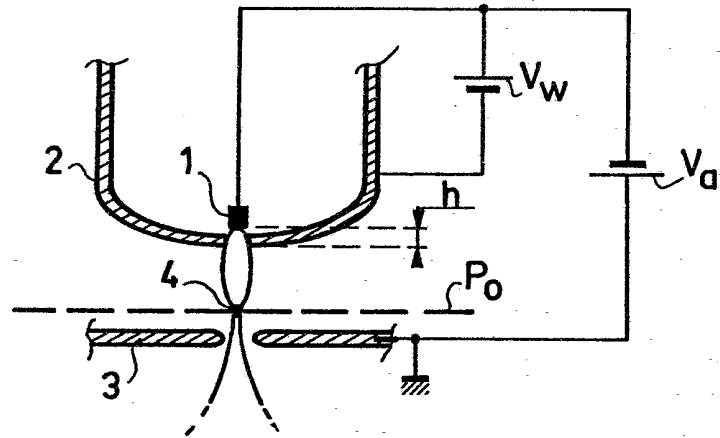


FIG. 3



FIG. 4

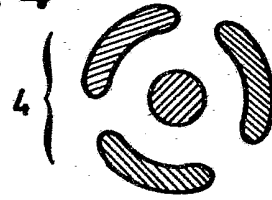


FIG. 2

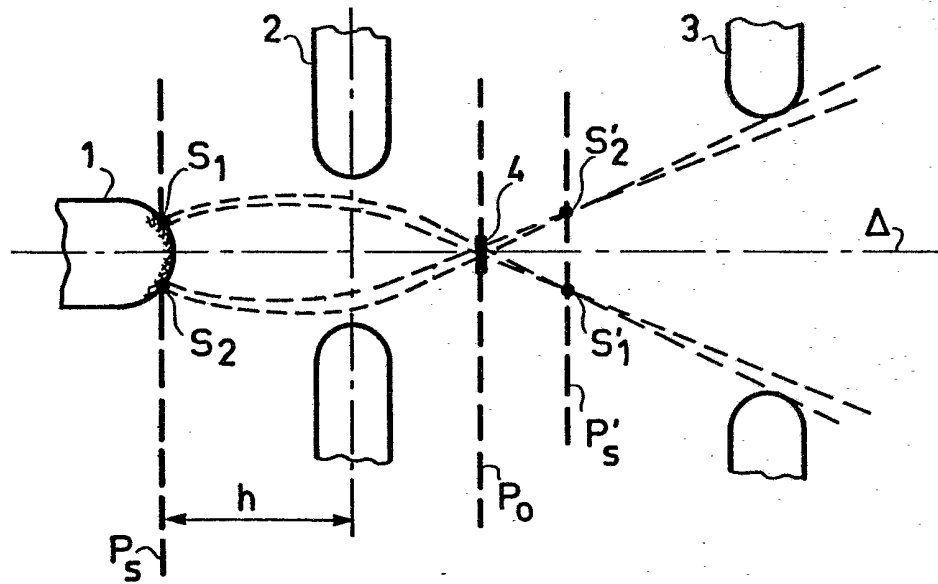


FIG. 5

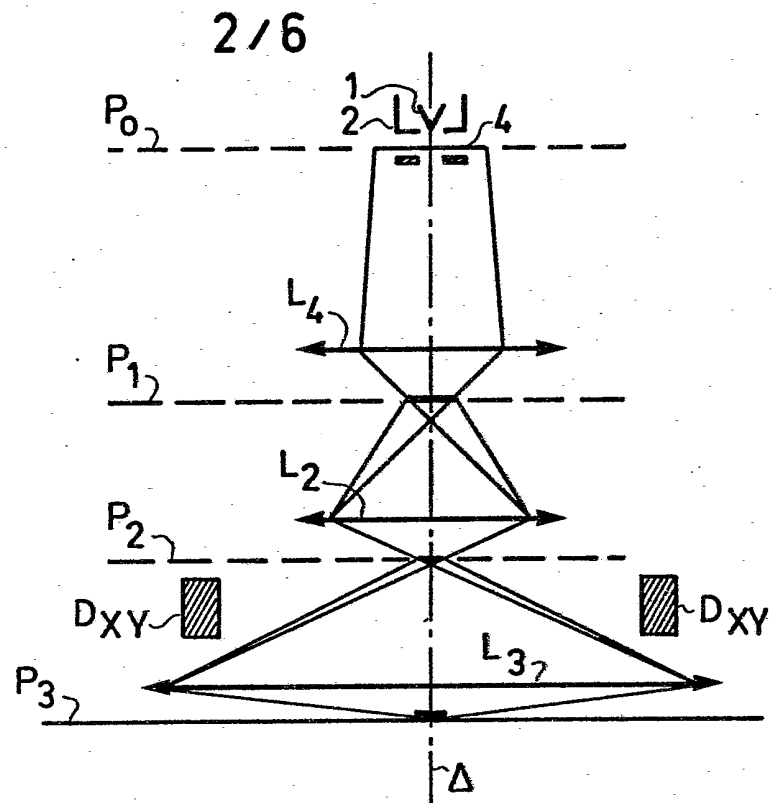
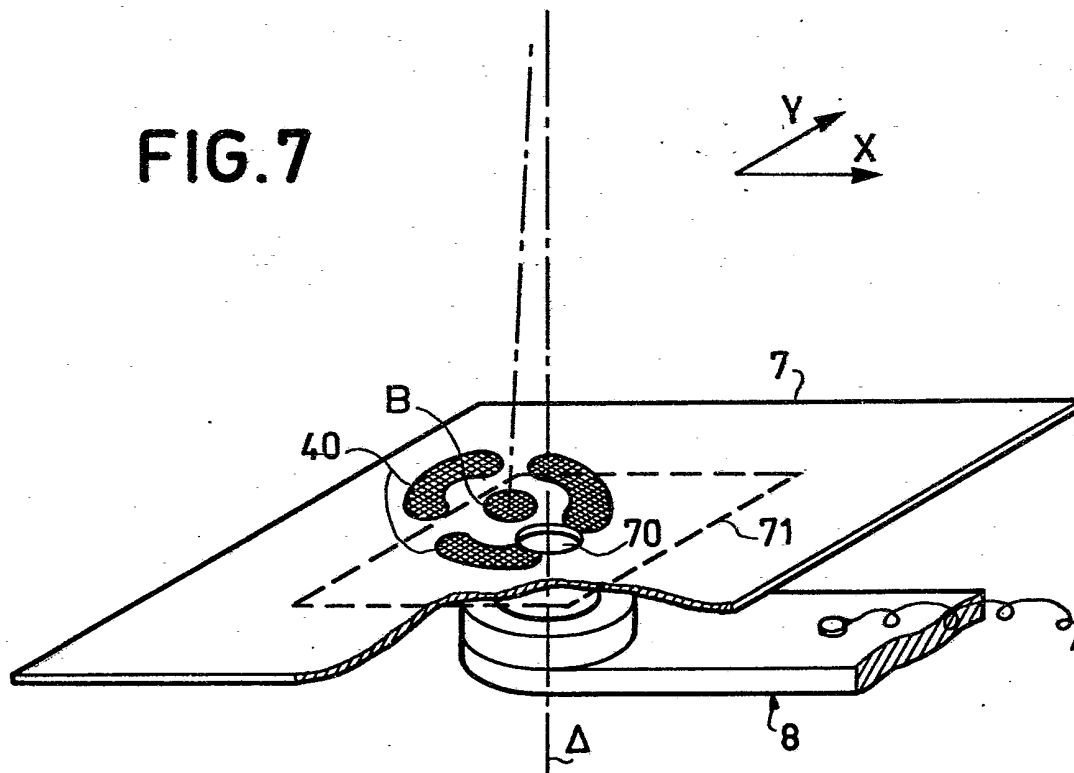


FIG. 7



3/6

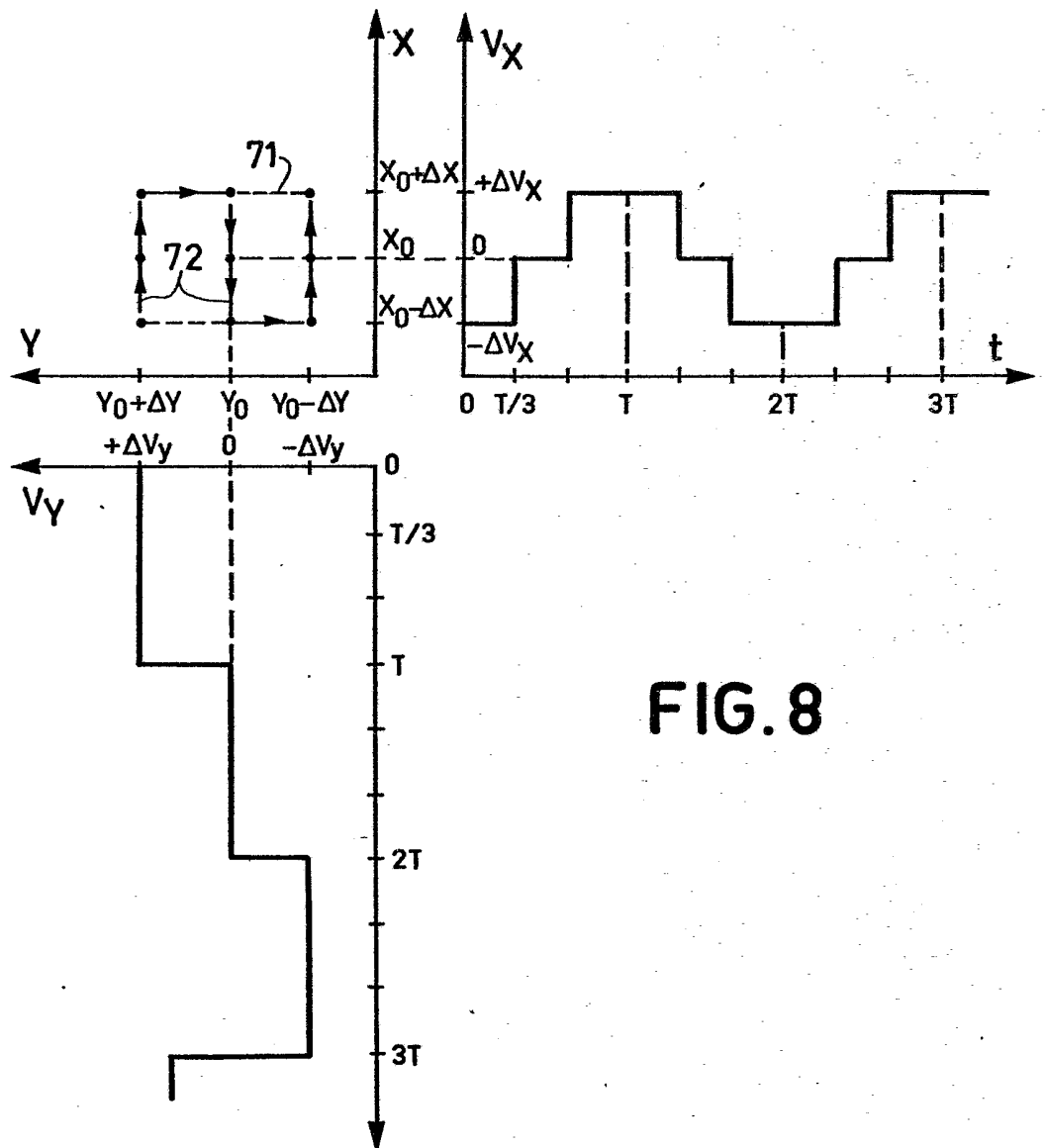


FIG. 8



FIG.10

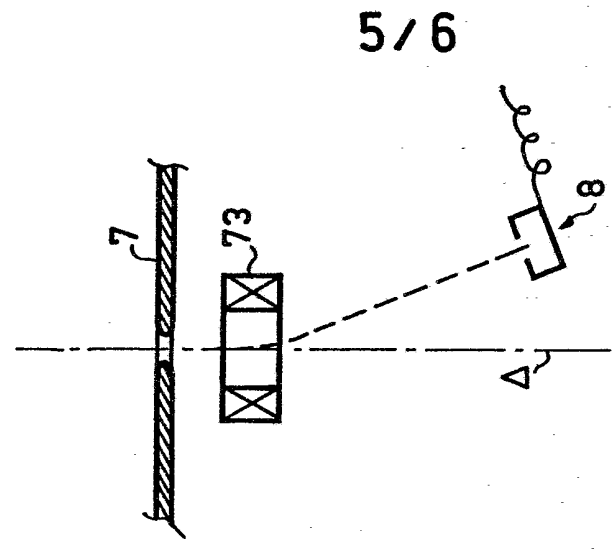


FIG.6

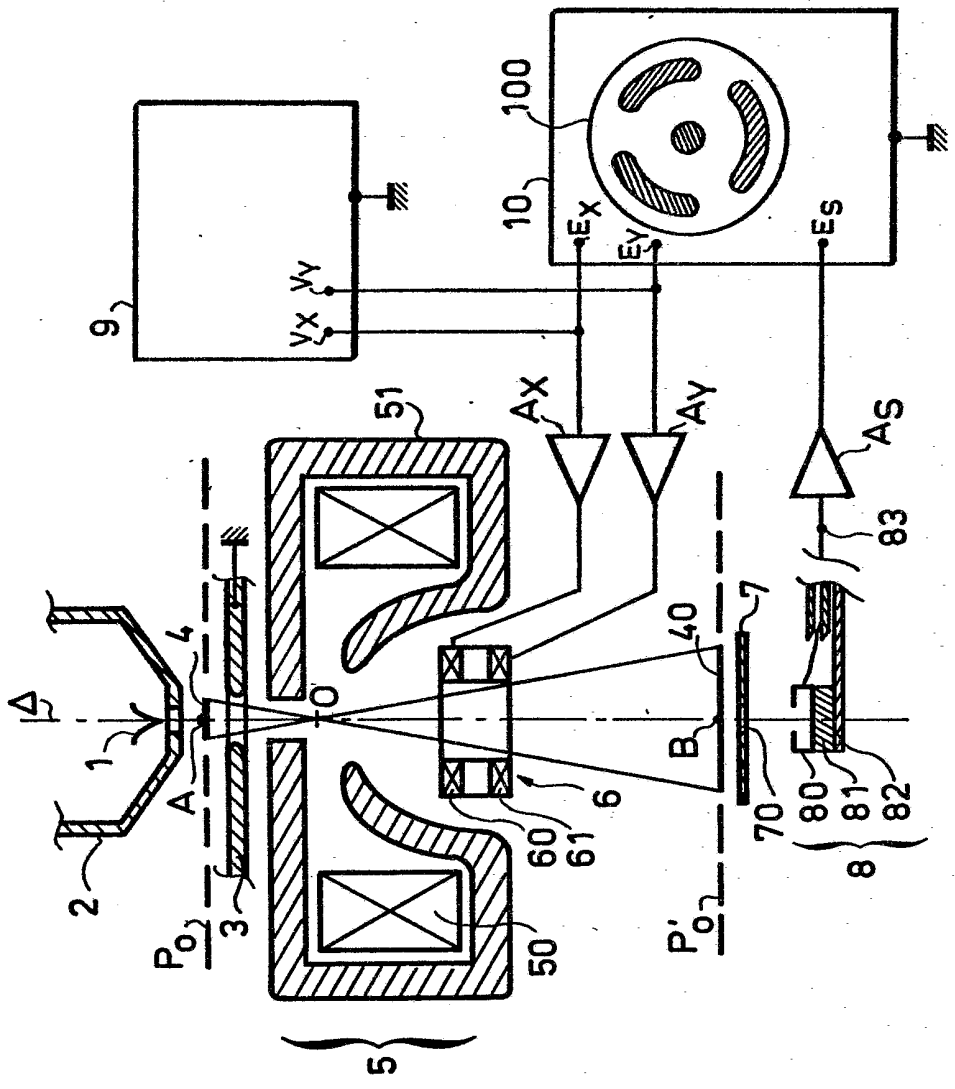


FIG.11

