

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 78400121.6

51 Int. Cl.²: **H 05 G 1/52**
H 01 J 35/14

22 Date de dépôt: 29.09.78

30 Priorité: 21.10.77 FR 7731743

43 Date de publication de la demande:
02.05.79 Bulletin 79/9

84 Etats contractants désignés:
CH DE GB

71 Demandeur: **COMPAGNIE GENERALE DE RADIOLOGIE**
13 square Max-Hymans
F-75 741 PARIS CEDEX 15(FR)

72 Inventeur: **Quang, Dang Tran**
"THOMSON-CSF" - SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: **Leguen, Jacques**
"THOMSON-CSF" - SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris cedex 08(FR)

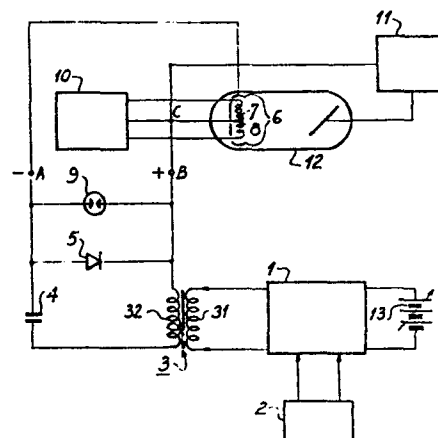
72 Inventeur: **Delair, Jacques**
"THOMSON-CSF" - SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

74 Mandataire: **Thierr, Francoise et al,**
"THOMSON-CSF" - SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

54 Procédé et dispositif pour améliorer la définition radiologique des foyers des tubes à rayons X.

57 L'invention concerne un procédé et un dispositif pour améliorer la définition des foyers des tubes à rayons X qui consiste à faire varier périodiquement la tension de polarisation appliquée à la pièce de concentration (6) du faisceau d'électrons émis par le filament (7,8) du tube (12) entre une valeur minimale ou nulle et une valeur maximale, négative, avec une forme d'onde de tension de fréquence supérieure à 10 kilohertz, permettant à cette tension de polarisation de prendre au moins deux valeurs.

Fig. 2



EP 0 001 729 A2

- 1 -

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR AMELIORER LA DEFINITION
RADIOLOGIQUE DES FOYERS DES TUBES A RAYONS X.

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour améliorer la qualité radiologique ou définition des foyers des tubes à rayons X.

La qualité de l'image en radiologie est liée,
5 entre autres, aux dimensions du foyer du tube à rayons X. Le flou géométrique est d'autant plus faible que le foyer est de dimensions plus réduites. Les dimensions effectives des foyers peuvent être déterminées par la méthode du sténopé ou par la méthode de la
10 fonction de transfert de modulation (FTM) de mires d'essai. Cette seconde méthode a l'avantage de donner également la répartition électronique au niveau de la surface focale. Or on sait que la qualité radiologique d'un foyer de dimensions nominales données
15 est également liée à l'uniformité de cette répartition. Lorsqu'on examine les radio-images des foyers de tubes à rayons X, on constate dans la majorité des cas, sinon dans leur totalité, des concentrations importantes des électrons, ou "barres", sur les
20 deux côtés délimitant la surface focale dans le sens de la largeur. Une coupe microdensitométrique de ces

radio-images fait apparaître sur un densitogramme deux ou plusieurs pics et une ou plusieurs vallées très prononcés, comme le montre la figure 1 qui représente des diagrammes de la distribution des électrons incidents (N , nombre d'électrons) suivant une coupe transversale du foyer (X , distance par rapport à l'axe du foyer).

D'autre part, les dimensions mesurées par la méthode du sténopé sont toujours inférieures à 10 celles déterminées par la FTM des mires d'essai. Or, depuis un certain temps, cette dernière méthode est souvent appliquée par les radiologues pour le contrôle de la qualité des foyers des tubes X. Pour tenir compte des exigences des utilisateurs, les constructeurs sont obligés de trier les foyers ou de remplacer les tubes jusqu'à satisfaction du client, d'où une perte de temps, d'argent et de renommée pour la marque du constructeur, malgré la conformité dimensionnelle des foyers avec la plupart des normes en vigueur basées sur la méthode du sténopé.

On peut diminuer les dimensions des foyers en appliquant à la pièce de concentration du faisceau d'électrons émis par le filament, constituée par une électrode en forme de coupelle entourant ce dernier du côté opposé à celui en regard de la cible (anticathode), une tension de polarisation négative V_p . Plus la valeur absolue de cette tension est grande, plus la largeur du foyer, et dans une proportion moindre sa longueur, diminuent, c'est-à-dire que les deux "barres" délimitant la largeur du foyer se rapprochent. Elles se confondent pour une certaine valeur de la tension de polarisation. La figure 1 annexée donne la largeur l et la répartition élec-

tronique des foyers d'un même tube pour plusieurs valeurs V_p . On peut d'ailleurs, au cas où la pièce de concentration est divisée en deux parties isolées l'une de l'autre, réduire les deux dimensions en
5 même temps en leur appliquant respectivement deux tensions de polarisation de valeurs différentes dans les deux dimensions. Toutefois, dans l'état de la technique antérieure, la tension de polarisation négative appliquée à la pièce de concentration reste
10 constante. De plus, la surface focale étant ainsi réduite, les charges admissibles applicables au tube doivent être réduites en conséquence.

Dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 3.992.633, on a décrit un tube radiogène à cible
15 fixe ayant une cathode de forme sensiblement circulaire, indirectement chauffée et de grande dimension (diamètre) émettant vers la cible, qui est de dimension comparable, un faisceau d'électrons de grand diamètre. Dans l'un des modes de réalisation, le tube
20 est entouré par une bobine de focalisation qui agit sur la concentration du faisceau d'électrons en fonction du courant qui la parcourt. La variation périodique de ce courant entraîne une contraction et un étalement périodique du flux d'électrons frappant la
25 cible de façon à compenser des irrégularités dans le faisceau. Dans un autre mode de réalisation, le tube radiogène comporte en outre un électrode supplémentaire, dite grille, de forme cylindrique ou annulaire, disposée à mi-chemin environ entre la cathode et
30 la cible, et entourant le faisceau d'électrons de façon à agir simultanément sur la concentration du flux d'électrons et sur son intensité. La modulation pulsée de la tension de polarisation de la grille



agit donc sur le courant et la dimension du foyer en sens inverse. Un ensemble de bobines de déviation classique engendrant des champs magnétiques orthogonaux permet en outre de balayer la cible avec le
5 faisceau d'électrons.

Dans le brevet français N° 1.057.152, on a décrit un procédé de commande d'un tube à rayons X connecté en auto-redresseur entre un enroulement très-haute-tension d'un transformateur alimenté par le
10 réseau alternatif. Le tube comporte une pièce de concentration associée à une grille qui recouvre le filament du côté en regard de la cible. Cette grille, isolée du filament, est alimentée par un autre enroulement d'un transformateur, sensiblement en opposition de phase avec la tension alternative fournie
15 par l'enroulement alimentant l'anode et la cathode du tube, à travers un montage parallèle composé d'une résistance et d'un condensateur de façon à obtenir une tension de polarisation de la grille comportant une
20 composante alternative fournie par l'enroulement et une composante continue négative provoquée par le courant de grille au cours des demi-périodes positives de la composante alternative. La cathode et la grille sont alors équivalents à une diode de redressement,
25 car la tension anode-cathode est alors négative et il n'y a aucun courant anodique. Pendant la demi-période positive de la tension anode-cathode, la tension de polarisation de la grille devient autant plus négative que le potentiel de l'anode devient
30 positif engendrant ainsi une relative stabilisation du courant et des dimensions du foyer.

L'invention a pour but de remédier aux inconvénients de la polarisation constante de la pièce de concentration dans un tube à filament linéaire

fin constituant la cathode. Elle permet, tout en conservant constantes les dimensions hors tout, lues au sténopé, de modifier la répartition électronique du foyer de telle sorte que les dimensions déterminées par la fonction du transfert de modulation de mires d'essai puissent être réglées à des valeurs égales, inférieures ou très inférieures (jusqu'à 50%) aux dimensions déterminées par la méthode de sténopé.

Le procédé selon l'invention est principalement caractérisé en ce que l'on fait varier périodiquement la tension de polarisation de la pièce de concentration entre une valeur négative minimale ou nulle et une valeur négative maximale, avec une fréquence telle que chaque durée de fonctionnement du tube à rayons X comporte un nombre important de périodes de variation de la tension de polarisation. De cette manière, les faisceaux d'électrons donnent naissance à des barres qui peuvent balayer toute la surface focale, afin d'assurer au foyer une distribution électronique sensiblement uniforme.

Suivant une caractéristique de l'invention, la fréquence de modulation de la tension de polarisation est comprise entre 20 et 60 kilohertz.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé défini ci-dessus.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention seront mis en évidence dans la suite de la description, donnée à titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

30 - les figures 1 (a) à 1 (e) représentent respectivement des courbes de répartition densitométrique pour plusieurs valeurs de la tension continue de polarisation de la pièce de concentration, obtenues

sans utiliser le procédé de l'invention ;

- la figure 2 représente schématiquement un circuit de variation de la tension de polarisation de la pièce de concentration d'un tube radiogène ;

5 - les figures 3 (a) à 3 (h) représentent respectivement des courbes de répartition densitométrique obtenues pour une fréquence de modulation de 20 kHz pour différentes amplitudes (valeurs crête) de la tension de polarisation variable de la pièce de
10 concentration.

Sur les figures 1(a) à 1(e), on a représenté respectivement des courbes de répartition densitométrique des électrons dans le sens transversale d'un foyer linéaire, pour plusieurs valeurs de la tension
15 de polarisation continue V_p de la pièce de concentration. On y voit que la largeur ℓ à mi-hauteur du foyer et l'espacement et le nombre de pics (barres) varient sensiblement en fonction inverse de la valeur absolue de la tension de polarisation négative.

20 La figure 1(a) donne pour une tension V_p nulle, une largeur ℓ de 1,45 mm avec quatre pics (trois minima) dont les extrêmes présentent des amplitudes importantes. La figure 1 (b) donne, pour une tension V_p de - 100 V, une largeur ℓ de 1,09 mm
25 avec trois pics (deux minima) de hauteurs sensiblement égales. La figure 1(c) a été relevée à une tension de polarisation V_p de - 200 V et elle donne une largeur ℓ de 0,91 mm avec trois pics de moindre amplitude. La figure 1 (d) donne, pour une tension V_p
30 de - 300 V, une largeur ℓ de 0,78 mm avec sensiblement deux pics d'amplitude encore inférieure, et la figure 1(e) donne, pour une tension V_p de - 400 V, une largeur ℓ de 0,65mm avec deux pics (maxima)

délimitant un creux médian (minimum), d'amplitudes réduites.

Il apparaît donc qu'il est possible, en utilisant durant le temps d'exposition (fonctionnement du tube radiogène) deux ou plusieurs valeurs de la tension de polarisation de la pièce de concentration pendant des périodes de temps sensiblement égales, inférieures aux temps d'exposition, de rendre plus uniforme la répartition densitométrique du foyer. En faisant varier la tension de polarisation V_p entre 0 V et - 200 V à l'aide d'un signal carré par exemple, on peut observer qu'en superposant les figures 1 (a) et 1 (e), on obtient une largeur de foyer à mi-hauteur ℓ de 1,45mm environ avec des pics et creux de faible amplitude, donc une répartition sensiblement plus uniforme pour la totalité du temps d'exposition.

Le procédé de l'invention consiste à faire varier ou à moduler la tension de polarisation de la pièce de concentration, négative par rapport à la cathode, avec une forme d'onde de tension dont la fréquence est supérieure à 10 KHz et, de préférence comprise entre 20 et 60 kHz. On peut effectuer la variation avec différentes formes d'onde à savoir carrée, rectangulaire, trapézoïdale, sinusoïdale, triangulaire, en dents de scie, etc. Des essais ont montré qu'on obtenait les meilleurs résultats avec des formes d'ondes sinusoïdales ou triangulaires. La tension de polarisation variera donc entre une valeur négative minimale ou nulle et une valeur négative maximale choisies expérimentalement.

Une telle variation périodique devrait théoriquement permettre d'obtenir une surface focale à répartition électronique sensiblement uniforme

ou un foyer à répartition densitométrique uniforme, c'est-à-dire un foyer dont la répartition densitométrique est sensiblement rectangulaire ou carrée.

Les essais effectués ont montré qu'on pouvait obtenir
 5 de tels foyers dans des conditions particulières mais que, dans la majeure partie des cas, les coupes microdensitométriques des radio-images de ces foyers faisaient ressortir une répartition densitométrique débutant avec deux ou plusieurs pics et une ou plu-
 10 sieurs vallées (creux) pour une tension de polarisation d'amplitude nulle, pour se rapprocher de la répartition gaussienne ou triangulaire lorsqu'on augmente l'amplitude crête à crête de la tension de polarisation et ceci tout en conservant les dimensions
 15 hors tout du foyer constantes. Ceci est illustré par la figure 3 et par le tableau ci-dessous indiquant les largeurs des foyers mesurées par la méthode du sténopé et par la méthode des mires d'essai. Les valeurs indiquées correspondent à un foyer nominal de
 20 1,2 mm, un régime de fonctionnement du tube à mi-puissance (75 kV, 700 mA) et une fréquence de modulation de 20 kHz avec une forme d'onde sinusoïdale (ou triangulaire).

25	A	B	C	D
	0	1,45	1,75	a
	- 100	1,45	1,64	b
	- 200	1,43	1,61	c
	- 300	1,43	1,51	d
30	- 400	1,42	1,42	e
	- 500	1,35	1,31	f
	- 600	1,35	1,19	g
	- 700	1,35	1,10	h

- A = Valeur crête négative de la tension de polarisation en volts ;

- B = Dimension lue au sténopé, en mm ;

- C = Dimension avec les mires d'essai en mm ;

5 - D = le repère alphabétique du densitogramme correspondant de la figure 3.

Ces exemples montrent l'intérêt de l'invention qui permet en outre de régler en clientèle la définition du foyer et de rattraper éventuellement
10 les foyers dont les dimensions au sténopé sont hors normes pour les rendre conformes.

On a représenté sur la Figure 2 un mode de réalisation d'un dispositif de modulation de la tension de polarisation de la pièce de concentration
15 pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention. Il comporte un amplificateur 1 dont une entrée alimentée par la sortie d'un générateur de signaux 2 dont on peut faire varier l'amplitude, la forme d'onde et la fréquence, selon les besoins. L'autre
20 entrée de l'amplificateur 1 recevant une tension d'alimentation continue, variable d'une source de tension 13, permet de faire varier le gain de l'amplificateur 1 afin de régler l'amplitude crête-à-crête de la tension de polarisation négative de la pièce de concen-
25 tration. La sortie de l'amplificateur 1 alimente l'enroulement primaire 31 d'un transformateur d'isolement 3 qui isole l'amplificateur 1 de la partie haute-tension du montage tout en lui transmettant la composante alternative de son signal de sortie. L'en-
30 roulement secondaire 32 du transformateur 3 alimente un montage série composé d'un condensateur 4 et d'une diode 5 dont l'anode est réunie à l'une des bornes condensateur 4 et dont la cathode est reliée à l'une des bornes de l'enroulement secondaire, l'autre

borne du condensateur 4 étant réunie à l'autre borne de cet enroulement 32.

Ce montage série est équivalent à un redresseur de crête à une alternance qui engendre aux 5 bornes du condensateur 4 une tension continue sensiblement égale à la valeur crête de la tension alternative, avec le pôle positif à la jonction du condensateur 4 avec l'enroulement 32 et le pôle négatif à sa jonction avec l'anode de la diode 5. La 10 cathode de la diode 5 se trouve donc galvaniquement reliée au pôle positif et son anode au pôle négatif. A cette tension continue redressée, est superposée la tension alternative provenant de l'amplificateur 1, qui est transmise par le condensateur 4 et apparaît 15 sensiblement en entier aux bornes A et B de la diode 5. La diode 5 joue ici également le rôle d'une diode de calage (dit "clamping" dans la littérature anglo-américaine) en faisant coïncider les crêtes positives de la forme d'onde avec le potentiel du 20 pôle positif du condensateur 4, car elle ne conduit que lorsque son anode est positive par rapport à sa cathode.

Le pôle positif B du dispositif de polarisation négative variable ou modulée est reliée à la 25 cathode du tube radiogène 12, plus précisément à la jonction C de deux filaments 7 et 8 car on a représenté sur la Figure 2 un tube 12 à deux foyers. Le pôle négatif A de ce dispositif est alors relié à la pièce de concentration 6 classique, en forme de 30 coupelle qui entoure les filaments 7,8 des côtés opposés à celui en regard de la cible. La pièce de concentration 6 sera alors soumise à une tension de polarisation négative par rapport à la cathode C du tube qui variera entre une valeur nulle et une

valeur négative maximale - V_{pmax} qui est égale à la valeur crête-à-crête de la forme d'onde de tension fournie par l'enroulement secondaire, la composante continue de cette tension de polarisation étant
5 alors égale à la valeur moyenne de la tension entre les pôles A et B.

Il peut être désirable de faire varier la tension de polarisation V_p de la pièce de concentration entre une valeur négative minimale - V_{pmin}
10 inférieure à zéro et une valeur négative maximale - V_{pmax} . Ceci peut être obtenu en insérant entre les bornes C (jonction des filaments 7 et 8) et B (pôle positif du dispositif de polarisation) une source de tension continue fixe (non représentée) de faible
15 résistance interne, réunie avec son pôle positif à la borne C et avec son pôle négatif à la borne B. La valeur crête-à-crête de la forme d'onde de tension aux bornes de l'enroulement 32 doit alors être égale à $(V_{pmax} - V_{pmin})$. Les filaments 7,8 sont alimentés
20 de manière classique par une alimentation 10 qui peut comporter un transformateur d'isolement et d'adaptation et l'anode et la cathode C du tube 12 sont respectivement réunies aux deux pôles d'une alimentation très-haute-tension variable et commandable
25 en ce qui concerne la durée de son fonctionnement, dite générateur radiologique.

Bien entendu l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et/ou représentés. On peut notamment envisager la modulation
30 par d'autres formes d'onde que celles citées. Le circuit de modulation décrit peut être remplacé par tout autre dispositif permettant d'obtenir la même tension de sortie.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour améliorer la définition des foyers de tubes radiogènes, du type dans lequel on varie la tension (7,8) de polarisation de la pièce de concentration (6) entourant le filament (7,8) 5 émetteur d'électrons du côté opposé à celui en regard de l'anode pendant son fonctionnement, caractérisé par le fait que cette tension de polarisation est modulée périodiquement à l'aide d'une forme d'onde de tension alternative de fréquence supérieure 10 à une dizaine de kilohertz, entre une valeur nulle ou négative minimale et une valeur négative maximale, de façon à présenter, durant chaque périodes de fonctionnement du tube, un grand nombre de périodes de modulation.
- 15 2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la composante alternative de la tension de polarisation présente une forme d'onde sinusoïdale, triangulaire, en dents de scie, carrée, rectangulaire ou trapézoïdale.
- 20 3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la fréquence de la forme d'onde modulant la tension de polarisation de la pièce de concentration est comprise entre 20 et 60 kilohertz.
- 25 4. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé par fait qu'il comporte un générateur de signaux (2) fournissant des signaux périodiques dont on peut faire varier la forme d'onde, l'ampli- 30 tude et la fréquence, un amplificateur (1) à gain variable alimenté, d'une part, par le générateur (2)

- 2 -

et, d'autre part, par une source de tension continue variable (13) et alimentant l'enroulement primaire (31) d'un transformateur (3) dont l'enroulement secondaire (32) a l'une de ses bornes directement réunie à la cathode (6) du tube radiogène (12) et à la cathode d'une diode (5), l'autre borne de l'enroulement secondaire étant réunie par l'intermédiaire 5 d'un condensateur (4) à l'anode de la diode (5) et à la pièce de concentration (6), de façon à faire varier la tension de polarisation de celle-ci par rapport à la cathode (C) du tube (12), entre une va-
10 leur nulle et une valeur négative maximale pendant que la tension continue aux bornes du condensateur (4) est égale, en valeur absolue, à la valeur moyenne de la tension entre la cathode et la pièce de concentration.

Fig-1

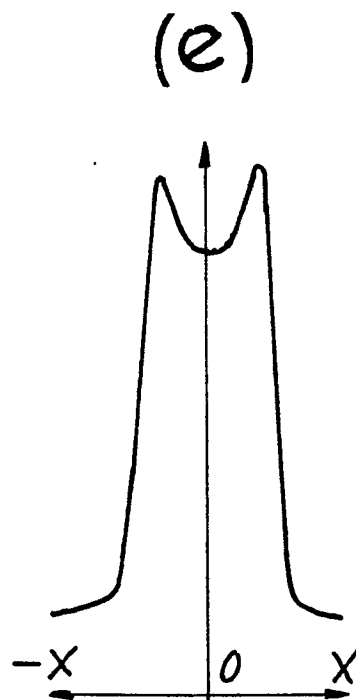
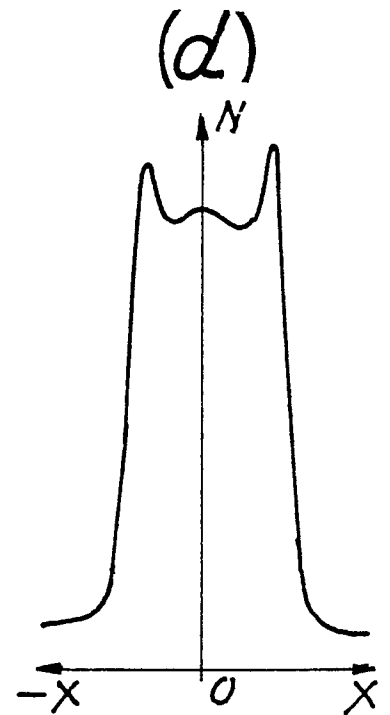
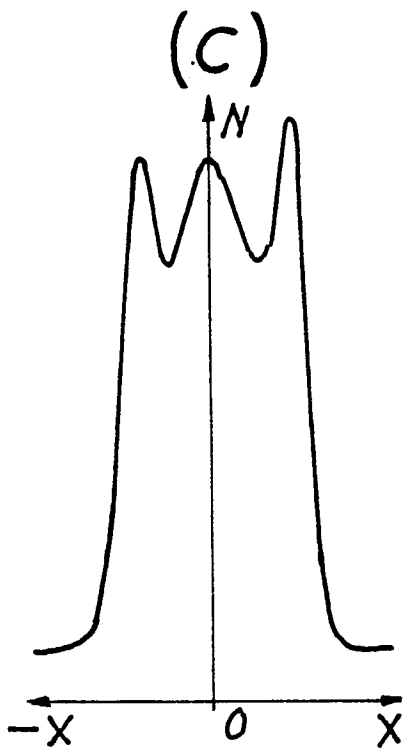
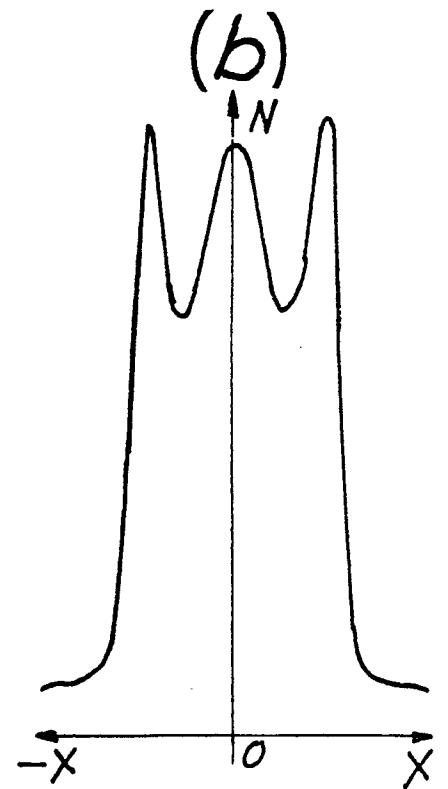
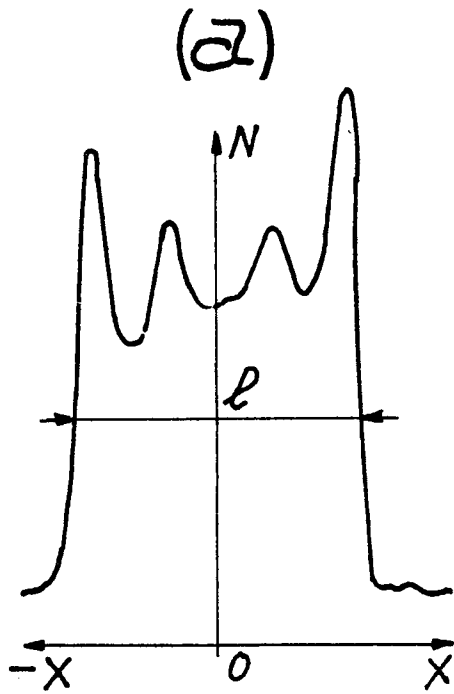


Fig. 2

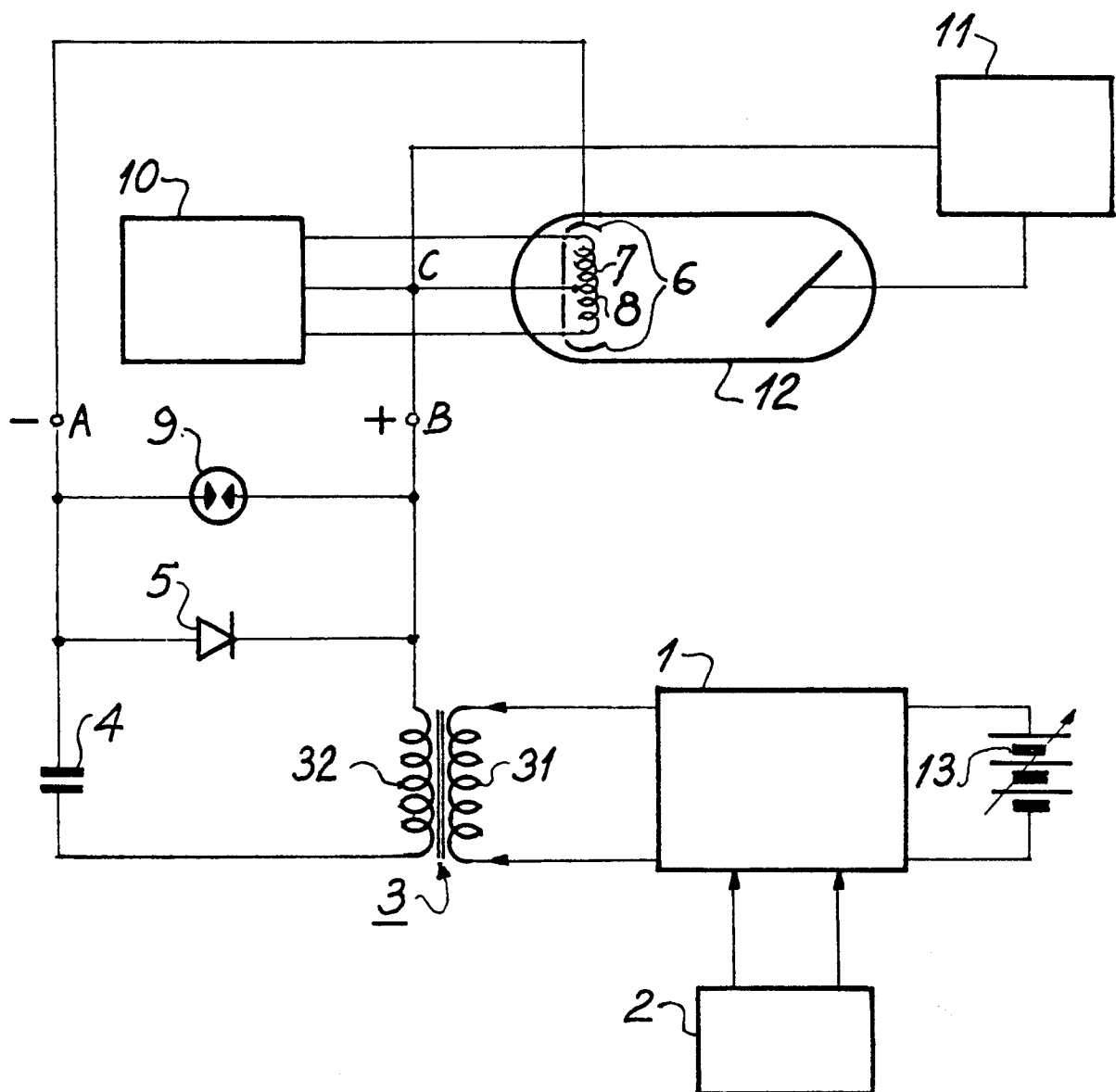


Fig. 3

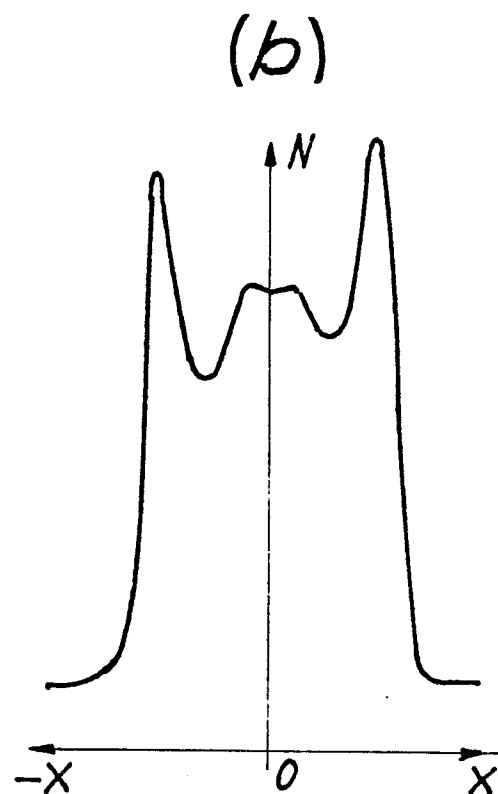
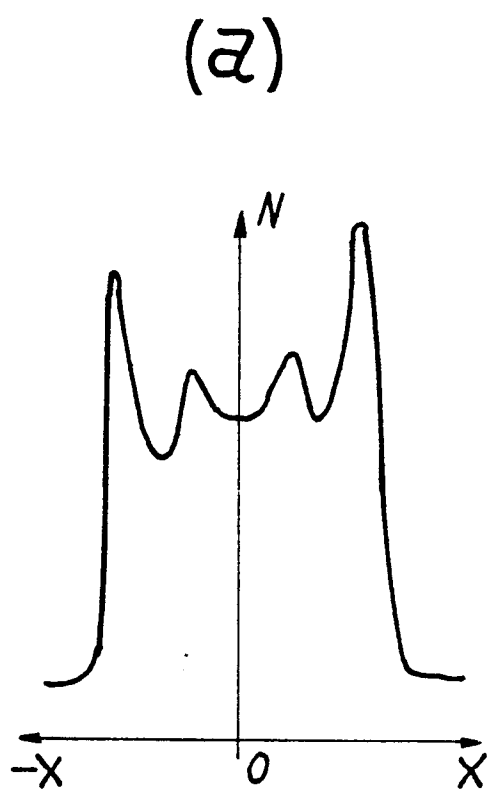


Fig. 3

