

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 83 03783

⑭ Appareil de mise au point automatique.

⑮ Classification internationale (Int. Cl.⁷). G 02 B 15/00; H 01 L 21/66.

⑯ Date de dépôt..... 8 mars 1983.

⑰ ⑱ ⑲ Priorité revendiquée : JP, 8 mars 1982, n° 35260/82.

⑳ Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 37 du 16-9-1983.

㉑ Déposant : Société dite : TOKYO SHIBAURA DENKI KABUSHIKI KAISHA. — JP.

㉒ Invention de : Tomohide Watanabe.

㉓ Titulaire : *Idem* ㉑

㉔ Mandataire : Cabinet Beau de Loménie,
55, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.

La présente invention concerne un appareil de mise au point automatique et, plus particulièrement, un appareil de mise au point automatique servant à contrôler des motifs de circuits intégrés.

5 Avec les progrès de la photolithographie, il est devenu nécessaire que différents types de motifs, comme par exemple un motif de couche métallique formé sur un substrat semi-conducteur, obéissent à de plus strictes conditions de précision. Ceci est également vrai pour le contrôle des motifs, qui vise à déterminer si
10 un motif présente des défauts, si la taille du motif est convenable, si la distance entre motifs adjacents est convenable, si le motif est déformé, si la qualité du motif est bonne ou le motif est écarté par rapport à sa position correcte, etc.

Un système jusqu'ici employé pour effectuer ce contrôle consiste à prendre une photographie d'un motif et à comparer
15 la photographie avec un modèle de référence donné du motif. Toutefois, ce système de contrôle est inévitablement affecté par le fait que la planéité de la surface du substrat portant un motif influence grandement la précision de l'image du motif. Plus spécialement, si la
20 surface du substrat est ondulée ou irrégulière, la distance du motif à un système optique de l'appareil de formation d'image varie. En conséquence, une image ponctuelle du motif varie dans le système de formation d'image.

Dans ces conditions, l'image du motif est floue. Pour
25 éviter cela, le système classique est doté d'un appareil de mise au point automatique qui détecte la défocalisation du système optique et corrige en conséquence. L'appareil de mise au point automatique fait appel à un capteur du type microcapteur à air pour détecter un défaut de mise au point du motif. Toutefois, ce type de capteur possède une précision de détection faible et une réponse de détection
30 lente. Le capteur nécessite un compresseur d'air pour fournir de l'air comprimé. L'utilisation du capteur fait que le système de contrôle de motifs est volumineux.

De plus, comme il est classique, le système de formation d'image du motif et le système de mise au point demandent
35

chacun un système optique. Ainsi, le système complet est volumineux, complexe et coûteux.

5 Ainsi, un but de l'invention est de proposer un appareil de mise au point automatique de petite taille, de poids léger et de structure simple présentant une grande précision pour la détection d'un défaut de mise au point et une vitesse élevée de détection.

10 Selon l'invention, il est proposé un appareil de mise au point automatique comprenant un objectif disposé en regard de la surface d'un substrat portant un motif, un premier élément photo-
sensible qui est disposé en un premier point focal de la distance focale dudit objectif et est excité en fonction de la lumière inci-
dente, un deuxième élément photosensible qui est disposé plus près
15 dudit objectif d'une distance donnée par rapport à un deuxième point focal de la distance focale dudit objectif et est excité en fonction de la lumière incidente, un troisième élément photosensible qui est disposé plus loin dudit objectif de ladite distance donnée par rapport à un troisième point focal de la distance focale dudit objectif et est excité en fonction de la lumière incidente, un premier
20 moyen capteur qui produit un signal électrique à partir de la répartition d'excitation dudit premier élément photosensible, un deuxième moyen capteur qui produit un signal électrique à partir de la répartition d'excitation dudit deuxième élément photosensible, un troisième moyen capteur qui produit un signal électrique à partir de la répartition d'excitation dudit troisième élément photosensible, un
25 premier circuit différentiel qui différencie le signal de sortie venant dudit premier moyen capteur, un deuxième circuit différentiel qui différencie le signal de sortie venant dudit deuxième moyen capteur, un troisième circuit différentiel qui différencie le signal de sortie venant dudit troisième moyen capteur, un moyen détecteur
30 qui détecte l'écart entre ledit substrat et une distance appropriée prédéterminée séparant ledit objectif dudit substrat en fonction des signaux de sortie venant des trois circuits de différentiation, et un moyen de correction qui corrige ledit écart sur la base du signal
35 de sortie dudit moyen détecteur.

La description suivante, conçue à titre d'illustration de l'invention, vise à donner une meilleure compréhension de ses caractéristiques et avantages ; elle s'appuie sur les dessins annexés, parmi lesquels :

- 5 - la figure 1 est un schéma simplifié du circuit d'un mode de réalisation d'appareil de mise au point automatique selon l'invention ;
- la figure 2 montre une image de motif sur un capteur linéaire lors du balayage du motif contrôlé ;
- 10 - les figures 3A à 3C sont des formes d'onde de signaux de sortie venant de capteurs linéaires de l'appareil de mise au point automatique présenté sur la figure 1 ;
- les figures 4A à 4C montrent des formes d'onde de signaux des figures 3A à 3C après différenciation ;
- 15 - les figures 5A à 5C sont des formes d'onde de signaux de sortie venant de capteurs linéaires de l'appareil de mise au point automatique présenté sur la figure 1 ;
- les figures 6A à 6C sont des formes d'onde de signaux des figures 5A à 5C après différenciation ;
- 20 - la figure 7 montre un schéma de circuit détaillé d'un capteur linéaire et d'un circuit de commande de capteur linéaire appartenant à l'appareil de la figure 1 ;
- les figures 8A à 8C sont des diagrammes temporels de signaux apparaissant en des points importants du circuit de commande présenté sur la figure 7 ;
- 25 - la figure 9 montre un schéma de principe d'un circuit détecteur utilisé dans l'appareil de mise au point automatique de la figure 1 ; et
- la figure 10 montre un schéma de principe simplifié d'un dispositif de correction appartenant à l'appareil présenté sur
- 30 la figure 1.

Sur la figure 1, est schématiquement représenté un appareil de mise au point automatique selon un mode de réalisation de l'invention. Un objectif 2 est disposé en regard d'un substrat, par exemple un substrat semi-conducteur 1. Des motifs métalliques P1 à P4 sont formés à la surface du substrat semi-conducteur 1 en regard de l'objectif 2. Une paire de miroirs semi-argentés 3 et 4

35

sont disposés sur l'axe de l'objectif 2. Le miroir 4 est placé plus près de l'objectif 2 que le miroir 3. Les miroirs semi-argentés 3 et 4 sont inclinés à 45° par rapport à l'objectif 2 et sont disposés de manière sensiblement parallèle entre eux. Puisque les miroirs semi-argentés 3 et 4 sont ainsi disposés sur l'axe de l'objectif, une partie de la lumière incidente transmise au travers de l'objectif 2 est amenée à passer directement suivant l'axe de l'objectif 2, tandis que le reste de la lumière est dévié sensiblement à 45° par rapport à l'axe de l'objectif 2. Le trajet optique de la lumière qui passe indirectement sera appelé ci-après "trajet optique direct" et le trajet optique de la lumière déviée "trajet optique dévié". Un premier capteur linéaire 5 est disposé sur le trajet optique dévié R3 du miroir semi-argenté 3. La face d'entrée du premier miroir linéaire 5 est placée en un premier point focal P_{FR3} sur le trajet optique dévié R3. Un deuxième capteur linéaire 6 est disposé sur le trajet optique dévié R4 du miroir semi-argenté 4. La face de sortie du deuxième capteur linéaire 6 est placée en un deuxième point focal P_{FR4} sur le trajet optique dévié R4 du miroir semi-argenté 4. La face d'entrée du capteur 6 se trouve à une distance Δf par rapport au deuxième point focal P_{FR4} . Un troisième capteur linéaire 7 est placé sur le trajet optique direct D de l'objectif 2. La face d'entrée du troisième capteur linéaire 7 est éloignée de l'objectif 2 d'une distance Δf par rapport à un troisième point focal P_{FD} de l'objectif 2. Les capteurs linéaires 5 à 7 sont excités en fonction de la quantité présente de lumière incidente et ils détectent les bords des motifs P1 à P4. Trois circuits 8, 9 et 10 de commande de capteurs sont respectivement connectés aux trois capteurs 5 à 7. Ces circuits 8, 9 et 10 de commande de capteurs produisent des signaux d'impulsions en fonction des répartitions de l'excitation sur les capteurs linéaires 5 à 7. Les circuits 8, 9 et 10 sont respectivement connectés à des circuits différentiels 11, 12 et 13, qui différencient les signaux d'impulsions. Les circuits différentiels 11, 12 et 13 sont connectés à un détecteur 14 de défaut de mise au point en vue de la détection de l'absence de mise au point de l'objectif 2 ou d'un écart du motif par rapport à un point objet prédéterminé, sur la base des signaux de sortie des circuits différentiels 11, 12 et 13. La borne de sortie du premier cir-

cuit 8 de commande de capteur est connectée au circuit différentiel 11 ainsi qu'à un circuit 15 de contrôle de motif. Le circuit 15 de contrôle de motif reçoit le signal de sortie venant du circuit 8 de commande du premier capteur et il analyse électriquement le signal optique arrivant sur la face d'entrée du premier capteur linéaire 5 afin qu'il soit déterminé si des défauts sont ou non contenus dans l'image du motif, si la taille du motif est convenable, si la distance entre motifs adjacents est convenable, si le motif est déformé, si la qualité du motif est bonne, ou si le motif est écarté de sa position correcte, etc. Le détecteur 14 de défaut de mise au point est connecté à un dispositif de correction 16. Le dispositif de correction 16 répond au signal de sortie venant du détecteur 14 de défaut de mise au point en ajustant la hauteur d'une table de support 17 sur laquelle est placé le substrat semi-conducteur 1. Au moyen de ce réglage, la distance séparant l'objectif 2 et le substrat semi-conducteur 1 est amenée à une valeur prédéterminée appropriée de sorte que l'image du motif se forme sur la face d'entrée du premier capteur linéaire 5. De cette manière, on ajuste la hauteur de la table de support 17 en maintenant le substrat 1 à une distance appropriée vis-à-vis de l'objectif 2, afin d'assurer un contrôle correct du motif.

On va maintenant présenter le fonctionnement de l'appareil de mise au point automatique à la figure 1.

En ce qui concerne le contrôle du motif, il est formée une image du substrat semi-conducteur 1 au moyen des trois capteurs linéaires 5 à 7 de la manière ci-dessous indiquée.

Le faisceau lumineux issu du substrat 1 traverse l'objectif 2 en direction des miroirs semi-transparents 3 et 4. Une partie du faisceau lumineux traverse les miroirs semi-transparents 3 et 4 suivant l'axe de l'objectif 2 et arrive sur le capteur linéaire 7. La partie restante du faisceau lumineux est déviée à 45° environ. Le faisceau lumineux dévié par le miroir 3 arrive sur le capteur linéaire 5. Le faisceau lumineux dévié par le miroir 4 arrive sur le deuxième capteur linéaire 6. Les trois capteurs linéaires 5 à 7 sont excités en fonction de la quantité de lumière qui tombe sur leurs faces d'entrée. Les trois circuits 8, 9 et 10

de commande de capteurs produisent respectivement des signaux d'impulsions qui dépendent de la répartition de l'excitation sur les trois capteurs linéaires 5 à 7. Les signaux d'impulsions de sortie venant des trois circuits 8, 9 et 10 de commande de capteurs respectivement délivrés aux circuits différentiels 11, 12 et 13 et sont différenciés. Ensuite, ils sont appliqués au détecteur 14 de défaut de mise au point. Le détecteur 14 de défaut de mise au point détecte une certaine quantité de défaut de mise au point à partir des signaux différenciés venant des circuits différentiels 11, 12 et 13. Le signal de sortie du premier circuit 8 de commande de capteur correspond à un signal venant du premier capteur linéaire 5 dont la face d'entrée est placée au niveau du premier point focal de l'objectif 2. Le signal de sortie du premier circuit 8 de commande de capteur est également appliqué à un circuit 15 de contrôle de motif. Le circuit 15 de contrôle de motif reconnaît électriquement un motif représenté par le signal et compare le signal avec un signal de référence représentant un motif voulu du point de vue du contrôle des motifs. Pendant ce processus, il est déterminé si le motif présente des défauts, s'il est approprié, si la distance entre motifs adjacents est appropriée, si le motif est déformé, si la qualité du motif est bonne, ou si le motif est écarté par rapport à sa position correcte, etc.

On va alors supposer que la partie du substrat semi-conducteur 1 portant le motif P1 est plane et que le motif P1 est placé de telle façon que son image se trouve au niveau de la face d'entrée du premier capteur linéaire 5. L'image de la région du substrat semi-conducteur 1 contenant le motif P1 se forme donc sur la face d'entrée du premier capteur linéaire 5. Dans ce cas, la répartition de l'excitation sur le premier capteur linéaire 5 est telle que représentée sur la figure 2. Sur la figure 2, la partie blanche L correspond au motif P1, et la partie obliquement hachurée correspond à la région du substrat. Il n'est pas formé d'image de la région du substrat semi-conducteur contenant le motif P1 sur les faces des capteurs 6 et 7, puisque ces faces d'entrée ne sont respectivement pas situées aux points focaux P_{FR4} et P_{FD} . Les répartitions d'excitation des capteurs 6 et 7 sont différentes de celle (figure 2) du capteur 5 et elles ne sont pas escarpées au

niveau de la séparation entre le motif P1 et la région du substrat. Par conséquent, les trois circuits 8, 9 et 10 de commande de capteurs produisent des signaux d'impulsions respectifs A03, A01 et A02 comme cela est montré sur les figures 3A, 3B et 3C. Sur les figures 2A à 3C, où l'abscisse représente le temps et l'ordonnée représente la tension, les formes d'onde qui sont indiquées par une ligne en trait interrompu désigne des formes d'onde différenciées. De même que pour les figures 4A à 4C, les figures 5A à 5C et les figures 6A à 6C contiennent le temps en abscisse et la tension en ordonnée. Puisque le capteur linéaire 5 possède une image du motif P1 sur sa face d'entrée, alors, comme on peut le voir sur la figure 3B, le niveau du signal de sortie A01 s'élève et s'abaisse brusquement. Puisqu'il n'est formé aucune image sur la face d'entrée des capteurs 6 et 7, les niveaux des signaux de sortie A02 et A03 s'élèvent et s'abaissent doucement. Les écarts présentés par les faces d'entrée des capteurs 6 et 7 vis-à-vis des points focaux respectifs P_{FR4} et P_{FD} de l'objectif 2 sont égaux, c'est-à-dire valent Δf . Par conséquent, les formes d'onde des signaux A02 et A03 sont sensiblement identiques. Les signaux d'impulsions de sortie A01 à A03 venant respectivement des trois circuits 8, 9 et 10 de commande de capteurs (figures 3B, 3C et 3A) sont respectivement appliqués aux circuits différentiels 11, 12 et 13 et sont différenciés de façon à produire les signaux A11 à A13 dont les formes d'onde sont présentées sur les figures 4B, 4C et 4A. Sur les figures 4B, 4C et 4A, H_{A11} à H_{A13} désignent les valeurs de crête respectives des signaux A11 à A13. Ces signaux différenciés sont appliqués au détecteur 14 de défaut de mise au point. Le détecteur 14 compare les valeurs de crête H_{A11} à H_{A13} des signaux A11 à A13 afin de détecter l'importance du défaut de mise au point. Plus spécialement, si les quantités de lumière arrivant sur les capteurs 6 et 7, qui sont séparés d'une distance Δf vis-à-vis des points focaux P_{FR4} et P_{FD} dans des sens opposés, sont égales, la valeur de crête H_{A12} du signal A12 est égale à la valeur de crête H_{A13} du signal A13. Par conséquent, elles sont comparables l'une à l'autre. Lorsqu'il n'est pas détecté de défaut de mise au point pour l'objectif 2, la valeur de crête H_{A11} du signal A11 est plus grande que les valeurs H_{A12} et H_{A13} des signaux A12 et A13. Alors,

les deux valeurs de crête H_{A12} et H_{A13} subissent une comparaison avec la valeur de crête H_{A11} afin que soient vérifiées les relations suivantes : $H_{A12} = H_{A13}$, $H_{A11} > H_{A12}$ et $H_{A11} > H_{A13}$. Ensuite, est produit le signal représentant $V_s = (H_{A13} - H_{A11}) - (H_{A12} - H_{A11})$.

5 Lorsque que la condition indiquée ci-dessus n'est pas satisfaite, le signal de sortie V_s venant du détecteur 14 de défaut de mise au point est $V_s = 0$, c'est-à-dire que le détecteur 14 ne produit aucun signal de sortie. Puisque le motif P1 est formé sur la partie plane du substrat semi-conducteur 1, les valeurs de crête H_{A12} et H_{A13} des signaux A12 et A13 sont égales entre elles comme on peut le voir sur les figures 4C et 4A. De plus, on a supposé que l'image du motif se formait sur la face d'entrée du premier capteur 5. Par conséquent, la valeur de crête H_{A11} du signal A11 est plus grande que les valeurs H_{A12} et H_{A13} des signaux A12 et A13. Les conditions indiquées ci-

10 dessus sont satisfaites, si bien que $V_s = 0$. Ainsi, aucun signal n'est produit pas le détecteur 14 de défaut de mise au point, et le dispositif de correction 16 n'entre pas en service. La hauteur du substrat 1 ne subit pas de modification.

Si le motif P1 est réalisé sur une partie convexe du substrat semi-conducteur 1, et non sur la partie plane, l'image du motif ne se forme pas sur la face d'entrée du capteur linéaire 5. Un des capteurs 6 et 7, dont les faces d'entrée sont écartées de la distance Δf par rapport aux points focaux P_{FR4} et P_{FD} de l'objectif 2, est excité de manière plus intense que le capteur 5. Par

20 exemple, le capteur linéaire 7, dont la face d'entrée est située à la distance Δf du point focal P_{FD} , est excité avec plus d'intensité. Dans ce cas, les signaux de sortie A01 à A03 des circuits de commande 8 à 10 ont des formes d'onde telles que présentées sur les figures 5B, 5C et 5A. Sur les figures 5A, 5B et 5C, les lignes en

25 trait interrompu indiquent les formes d'onde des signaux A01 à A03 différenciés. Le niveau du signal A03 du circuit de commande 10 correspondant au capteur linéaire 7 s'élève et retombe de la façon la plus abrupte. Le niveau du signal A01 du circuit de commande 8 correspondant au capteur linéaire 5 s'élève et s'abaisse plus dou-

30 cément que le signal A03. Le signal A02 venant du circuit de commande 9 correspondant au capteur linéaire 6 est celui qui s'élève et

retombe de la manière la plus douce. Ainsi, les formes d'onde des signaux AO1 à AO3 possèdent, après avoir été différenciées par les circuits de différentiation respectifs 11 à 13, les formes d'onde des signaux A11 à A13, comme cela est respectivement indiqué sur les figures 6B, 6C et 6A. Ces signaux sont appliqués au détecteur 14 de défaut de mise au point en vue de la détection de l'importance du défaut de mise au point. Dans ce cas, les valeurs de crête H_{A12} et H_{A13} des signaux A12 et A13 ne sont pas égales entre elles. La valeur de crête H_{A11} du signal A11 est plus grande que la valeur de crête H_{A12} du signal A12, mais est plus petite que la valeur de crête H_{A13} du signal A13. Ainsi, la condition ci-dessus définie n'est pas satisfaite. Le circuit détecteur 14 produit un signal représentant $V_s = (H_{A13} - H_{A11}) - (H_{A12} - H_{A11})$. Ce signal signifie que le motif P1 est formé sur la partie convexe du substrat 1. Ce signal indique également que le motif P1 n'est pas mis au point pour l'objectif 2, c'est-à-dire que le motif P1 n'est pas placé à la position voulue prédéterminée. L'importance et le sens du défaut de mise au point de l'objectif ou bien de l'écartement du motif par rapport à la position prédéterminée sont définis à partir de la valeur absolue et du signe, positif ou négatif, du signal de sortie. Plus spécialement, l'importance du défaut de mise au point est représentée par la valeur absolue du signal de sortie. Quant au sens du déplacement du motif, on comprendra, que lorsque le signal de sortie V_s est positif, le motif P1 est placé trop loin par rapport à l'objectif 2. Lorsque le signal V_s est négatif, le motif est placé trop près par rapport à l'objectif 2. Le dispositif de correction 16 reçoit le signal V_s du circuit détecteur 14 et déplace la table de support 17 dans le sens opposé au sens du défaut de mise au point, sur la distance considérée du défaut de mise au point. De cette manière, la distance entre le motif 1 et l'objectif 2 est ramenée à la valeur convenable prédéterminée, et l'image du motif P1 est formée sur la face d'entrée du premier capteur linéaire se trouvant au point focal P_{FR3} de l'objectif 2.

La figure 7 représente un montage détaillé du premier capteur linéaire 5 et du circuit 8 de commande de capteur de l'appareil de mise au point de la figure 1. Les capteurs linéaires 6 et 7

restants possèdent chacun la même structure que le capteur linéaire 5, et les circuits de commande 9 et 10 restants ont la même structure que le circuit de commande 8.

Le capteur linéaire 5 peut être un dispositif à couplage de charges (communément désigné par le sigle CCD) et il comprend une aire photosensible 21_1 , des portes de transfert 21_2 et 21_3 servant à commander le transfert des charges emmagasinées dans l'aire photosensible 21_1 , des registres à décalage analogiques 21_4 et 21_5 servant à emmagasiner les charges transférées via les portes de transfert 21_2 et 21_3 , un amplificateur 22 servant à amplifier le signal de sortie des registres à décalage analogiques 21_4 et 21_5 et un circuit de correction, ou compensation, 23 servant à corriger le signal de sortie de l'amplificateur 22. Le circuit 8 de commande de capteur est constitué d'un oscillateur 24 contenant un résonateur à cristal par exemple, qui est destiné à produire de manière stable des impulsions d'horloge, trois diviseurs de fréquence 25, 26 et 27 qui servent à diviser la fréquence de l'impulsion de sortie de l'oscillateur 24, un quatrième diviseur de fréquence 23 servant à diviser la fréquence de sortie venant du diviseur 25, un amplificateur différentiel 29 recevant comme premier et deuxième signaux d'entrée les signaux de sortie de l'amplificateur 22 et du circuit de correction 23, et un circuit de filtrage 30 qui filtre le signal de sortie de l'amplificateur 29.

Dans le capteur linéaire 5 et le circuit 8 de commande de capteur ainsi conçus, l'oscillateur 24 produit de manière stable des impulsions d'horloge. Les impulsions d'horloge de l'oscillateur 24 sont appliquées au diviseur de fréquence 26 et leur fréquence est divisée par un rapport convenable de division de fréquence de façon qu'il soit produit un signal SH, qui est représenté sur la figure 8A. L'impulsion de sortie de l'oscillateur 24 est également délivrée au diviseur de fréquence 27 et subit une division de fréquence à un rapport convenable afin qu'il soit produit une impulsion d'horloge ϕ_2 , qui est représentée sur la figure 8C. L'impulsion d'horloge venant de l'oscillateur 24 est également délivrée au diviseur de fréquence 25 et subit une division de fréquence à un rapport de division de fréquence approprié afin qu'il soit

formé un signal d'impulsion RS, qui est représenté sur la figure 8D.
 Le signal d'impulsion de sortie du diviseur de fréquence 25 est
 délivré au diviseur de fréquence 28 et subit une division de fré-
 quence de manière à former une impulsion d'horloge ϕ_1 , qui est
 représentée sur la figure 8B. Le signal SH est appliqué aux portes
 de transfert 21_2 et 21_3 de façon à commander le transfert des
 charges emmagasinées dans l'aire photosensible 21_1 à destination
 des registres à décalage analogiques 21_4 et 21_5 . Les impulsions
 d'horloge ϕ_1 et ϕ_2 sont toutes deux appliquées aux registres à
 décalage analogiques 21_4 et 21_5 de façon à décaler séquentiellement
 les données de charges emmagasinées dans le mode série. Le signal
 d'impulsion RS est appliqué comme signal de repositionnement à
 l'amplificateur 22 et au circuit de compensation, ou correction, 23.
 Lorsque les signaux SF, ϕ_1 , ϕ_2 et RS sont appliqués par le circuit 8
 de commande de capteur au capteur linéaire 5, l'amplificateur 22
 du capteur linéaire 5 produit un signal d'impulsion ϕ_S , qui est
 représenté sur la figure 8F, et le circuit de compensation 23 produit
 un signal d'impulsion $D\phi_S$, qui est représenté sur la figure 8E.
 Dans le signal d'impulsion ϕ_S , l'aire hachurée correspond à la partie
 de l'aire photosensible 21_1 sur laquelle tombe le faisceau lumineux.
 Les signaux d'impulsion ϕ_S et $D\phi_S$ sont appliqués à l'amplificateur
 différentiel 29, et la composante de différence est amplifiée. Le
 signal de sortie de l'amplificateur 29 est appliqué au circuit de
 filtrage 30 et est filtré de sorte qu'il est produit un signal de
 sortie Vout, qui est représenté sur la figure 8G. Le signal de sortie
 Vout est appliqué au circuit différentiel 11 de l'appareil de mise
 au point automatique représenté sur la figure 1.

La figure 9 montre un schéma de principe du détec-
 teur 14 de défaut de mise au point. Le circuit 14 comprend un détec-
 teur 41 de valeur de crête qui reçoit le signal de sortie A11 venant
 du circuit amplificateur différentiel 11, un détecteur 42 de
 valeur de crête qui reçoit le signal de sortie A12 du circuit
 amplificateur différentiel 12, un détecteur 43 de valeur de crête qui
 reçoit le signal de sortie A13 du circuit amplificateur différen-
 tiel 13, un premier amplificateur différentiel 44 qui reçoit les
 signaux de sortie H_{A11} et H_{A12} des détecteurs 41 et 42 de valeur de

crête, un deuxième amplificateur différentiel 45 qui reçoit les signaux de sortie H_{A11} et H_{A13} des détecteurs 41 et 43 de valeur de crête, et un troisième amplificateur différentiel 46 qui reçoit les signaux de sortie $(H_{A12} - H_{A11})$, $(H_{A13} - H_{A11})$ des amplificateurs 44 et 45.

Dans le détecteur 14 de défaut de mise au point ainsi conçu, les détecteurs 41, 42 et 43 de valeur de crête reçoivent respectivement les signaux de sortie A11 à A13 des circuits différentiels 11, 12 et 13 et détectent les valeurs de crête H_{A11} , H_{A12} et H_{A13} . Les valeurs de crête H_{A11} et H_{A12} détectées par les détecteurs 41 et 42 sont appliquées à l'amplificateur différentiel 44, lequel effectue alors l'opération définie par $(H_{A12} - H_{A11})$. De la même façon les valeurs de crête H_{A11} et H_{A13} détectées par les détecteurs 41 et 43 sont appliquées à l'amplificateur différentiel 45 lequel effectue alors l'opération définie par $(H_{A13} - H_{A11})$. Les résultats des opérations effectuées par les amplificateurs 44 et 45 sont délivrés à l'amplificateur 46, lequel effectue l'opération $(H_{A13} - H_{A11}) - (H_{A12} - H_{A11})$. Le résultat de cette opération est délivré sous forme du signal de détection V_s du détecteur de défaut de mise au point 14. Dans l'appareil de mise au point automatique présenté sur la figure 1, lorsque le motif P1 est réalisé sur la partie plane du substrat semi-conducteur et que le motif P1 est placé à la position voulue prédéterminée, l'image du motif se forme sur la face d'entrée du premier capteur linéaire 5. Alors, les relations suivantes sont vérifiées : $H_{A12} = H_{A13}$, $H_{A11} > H_{A12}$ et $H_{A11} > H_{A13}$ et $V_s = 0$. Le signal V_s de détection de défaut de mise au point est nul. Lorsque le motif P1 est réalisé sur la partie convexe du substrat semi-conducteur 1 et est situé hors de la position voulue prédéterminée, le signal de sortie V_s indique une quantité et un sens pour le déplacement du motif P1 par rapport à la position prédéterminée. Le signal de sortie V_s est délivré au dispositif de correction 16.

La figure 10 montre un exemple du dispositif de correction 16. Le dispositif de correction 16 comprend un amplificateur de puissance 51 servant à amplifier le signal de sortie V_s du détecteur de défaut de mise au point 14, un moteur 52 qui reçoit

le signal de sortie de l'amplificateur 51, un engrenage 53 qui réduit la vitesse de rotation du moteur 52, une vis 54 qui est entraînée à partir du signal de sortie du moteur 52 et dont la vitesse est réduite par l'engrenage 53 afin de déplacer le substrat semi-conducteur 1 vers le haut ou vers le bas. Le signal de sortie 5 V_s du détecteur de défaut de mise au point 14 est appliqué à l'amplificateur de puissance 51 et est amplifié jusqu'à un niveau voulu. Le signal amplifié est délivré au moteur 52 afin de faire tourner ce dernier. L'amplitude et le sens de la rotation du 10 moteur 52 sont déterminés par le signal de sortie du détecteur de défaut de mise au point 14. La force de rotation fournie par le moteur 52 est appliquée à l'engrenage 53, par lequel cette force subit une diminution de vitesse d'application. La force de rotation exprimée à la sortie de l'engrenage 53 est transmise à la vis 54 15 de manière à faire tourner cette dernière. La vis 54 engrène avec un taraudage 17A monté sur la table de support 17 qui porte le substrat semi-conducteur 1. Lors de la rotation de la vis 54 sous l'action du moteur 52, la table de support 17 se déplace vers le haut ou vers le bas. L'amplitude et le sens de la rotation du taraudage 17A sont 20 déterminés par l'amplitude et le sens de la rotation de la vis 54, ceux-ci étant eux-mêmes définis par le signal de sortie du détecteur de défaut de mise au point 14. Ainsi que cela a précédemment été établi, le signal de sortie V_s du détecteur de défaut de mise au point 14 détermine l'amplitude et le sens de rotation du moteur 52 25 de sorte que la table de support 17 se déplace d'une quantité correspondant à l'écart existant pour le motif P1 et dans le sens opposé au sens de cet écart. Ainsi, la distance existant entre l'objectif 2 et le substrat 1 est maintenue à une valeur voulue prédéterminée. En d'autres termes, le motif P1 est maintenu à la distance 30 voulue prédéterminée de l'objectif 2, et, pour cette distance, l'image du motif P1 se forme sur la face d'entrée du premier capteur linéaire 5 placé au point focal P_{FR3} . En tant que moyen d'entraînement de la table de support 17, le moteur 52 peut être remplacé par un élément piézo-électrique ou un moyen utilisant une 35 force électromagnétique.

Comme ci-dessus décrit, l'invention utilise un moyen électrique pour détecter le défaut de mise au point, au contraire de l'appareil de la technique antérieure qui fait appel à un détecteur du type microdétecteur à air. Ceci offre de nombreux avantages. L'appareil est d'un poids léger. La dimension de l'appareil de mise au point lui-même est réduite. La précision de la détection du défaut de mise au point est élevée. La réponse est rapide. De plus, il n'est utilisé qu'un seul système optique pour la détection du défaut de mise au point et pour le contrôle du motif se trouvant sur le substrat semi-conducteur. Cette particularité conduit à une simplification de la structure et à une réduction de taille de l'appareil de mise au point, ceci entraînant une réduction du prix de fabrication.

L'invention n'est pas limitée au mode de réalisation ci-dessus mentionné. Pour effectuer l'opération de mise au point avec le mode de réalisation ci-dessus mentionné, il est réalisé un déplacement du motif qui place l'image au point focal du système optique. En d'autres termes, le substrat semi-conducteur 1 subit un déplacement par rapport à l'objectif 2. Toutefois, il est possible de réaliser la mise au point en déplaçant verticalement le système optique au lieu du substrat semi-conducteur. Dans le mode de réalisation ci-dessus mentionné, il est utilisé un capteur linéaire dont la face d'entrée est placée au point focal de l'objectif, tandis que deux capteurs linéaires supplémentaires dont les faces d'entrée sont respectivement plus proche et plus éloignée des points focaux de l'objectif sont utilisés. Le défaut de mise au point sur le substrat examiné est détecté à partir des signaux de sortie venant de ces trois capteurs linéaires. Toutefois, un seul capteur linéaire suffit pour contrôler la position du motif.

Bien entendu, l'homme de l'art sera en mesure d'imaginer, à partir de l'appareil dont la description vient d'être donnée à titre simplement illustratif et nullement limitatif, diverses variantes et modifications ne sortant pas du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Appareil de mise au point automatique caractérisé en ce qu'il comprend :
- un objectif (2) disposé en regard de la surface d'un substrat (1) sur lequel un motif est formé ;
 - 5 - un premier élément photosensible (5) disposé en un premier point focal de la distance focale dudit objectif (2) et excité en fonction de la quantité de lumière incidente ;
 - un deuxième élément photosensible (6) disposé plus près dudit objectif d'une distance donnée relativement à un
 - 10 deuxième point focal de la distance focale dudit objectif et excité en fonction de la quantité de lumière incidente ;
 - un troisième élément photosensible (7) disposé plus loin dudit objectif de ladite distance donnée relativement à un
 - 15 troisième point focal de la distance focale dudit objectif et excité en fonction de la quantité de lumière incidente ;
 - un premier moyen capteur (8) qui produit un signal électrique à partir de la répartition d'excitation dudit premier élément photosensible (5) ;
 - un deuxième moyen capteur (9) qui produit un
 - 20 signal électrique à partir de la répartition d'excitation dudit deuxième élément photosensible (6) ;
 - un troisième moyen capteur (10) qui produit un signal électrique à partir de la répartition d'excitation dudit
 - 25 troisième élément photosensible (7) ;
 - un premier circuit différentiel (11) qui différencie le signal de sortie dudit premier moyen capteur (8) ;
 - un deuxième circuit différentiel (12) qui différencie le signal de sortie dudit deuxième moyen capteur (9) ;
 - un troisième circuit différentiel (13) qui
 - 30 différencie le signal de sortie dudit troisième moyen capteur (10) ;
 - un moyen détecteur (14) qui détecte l'écart pris par ledit substrat par rapport à une distance appropriée pré-déterminée entre ledit objectif et ledit substrat à partir des signaux de sortie des trois circuits différentiels (11 à 13) ;

- un moyen de correction (16) qui corrige ledit écart à partir du signal de sortie dudit moyen de détection (14).

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un moyen (15) permettant de reconnaître électriquement ledit motif à partir du signal de sortie dudit premier moyen capteur (8).

3. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit circuit détecteur (14) comporte un premier circuit (41) de détection de crête qui détecte une valeur de crête du signal de sortie dudit premier circuit différentiel (11), un deuxième circuit (42) détecteur de crête qui détecte une valeur de crête du signal de sortie dudit deuxième circuit différentiel (12), un troisième circuit (43) détecteur de crête qui détecte une valeur de crête du signal de sortie dudit troisième circuit différentiel (13), un premier moyen (44) qui détecte la différence entre valeurs de crête produites par ledit premier circuit détecteur de crête (41) et ledit deuxième circuit détecteur de crête (42), un deuxième moyen (45) qui détecte la différence entre valeurs de crête produites par ledit premier circuit détecteur de crête (41) et ledit troisième circuit détecteur de crête (43), et un troisième moyen (46) qui détecte la différence entre la différence de valeur de crête venant dudit premier moyen (41) et la différence de valeur de crête venant dudit deuxième moyen (42).

4. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit moyen de correction (16) comporte un moyen amplificateur (51) qui amplifie le signal de sortie dudit moyen détecteur (14) et un moyen (52, 53, 54) qui ajuste ledit écart à partir dudit signal de sortie dudit moyen amplificateur (51).

5. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits trois éléments photosensibles (5 à 7) sont respectivement des capteurs linéaires.

6. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits trois moyens capteurs (8 à 10) sont des moyens (8 à 10) de commande de capteurs.

FIG. 3A

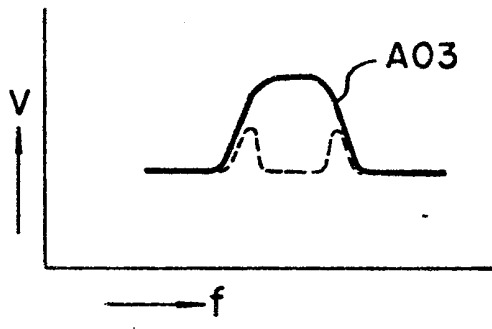


FIG. 4A

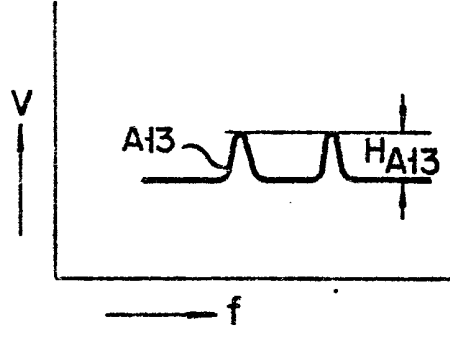


FIG. 3B

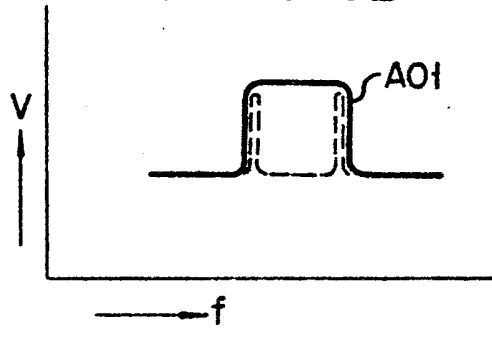


FIG. 4B

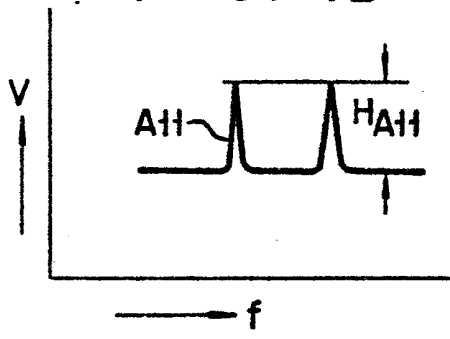


FIG. 3C

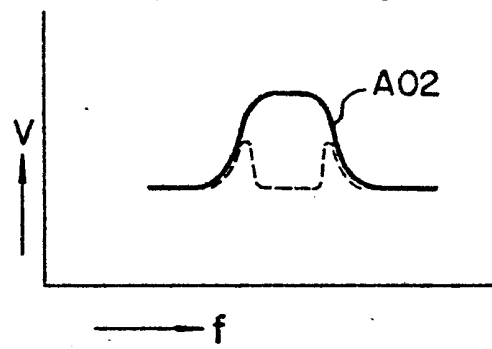
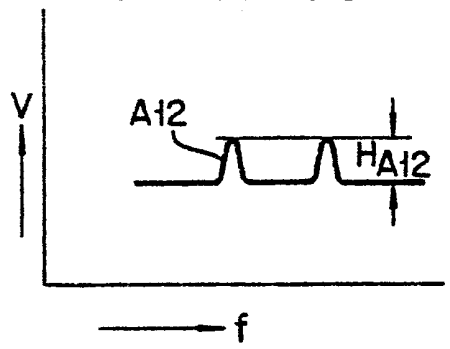


FIG. 4C



3/7

FIG. 5A

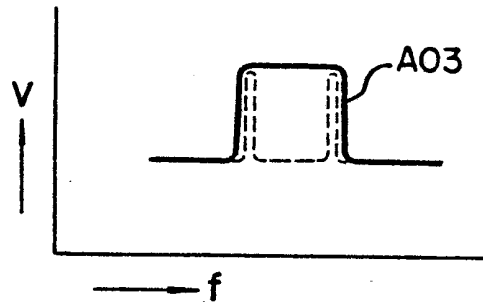


FIG. 6A

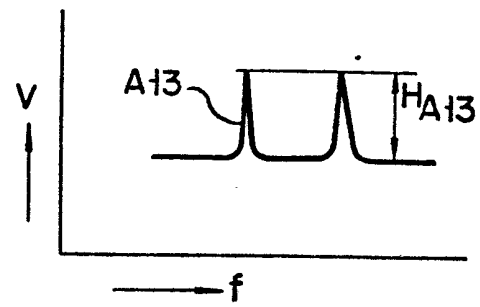


FIG. 5B

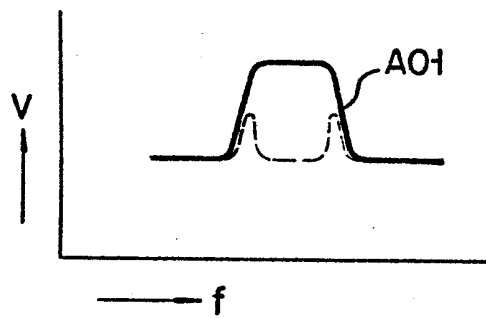


FIG. 6B

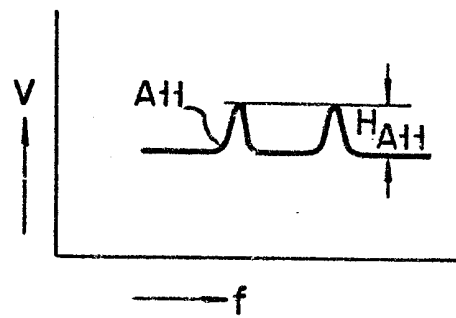


FIG. 5C

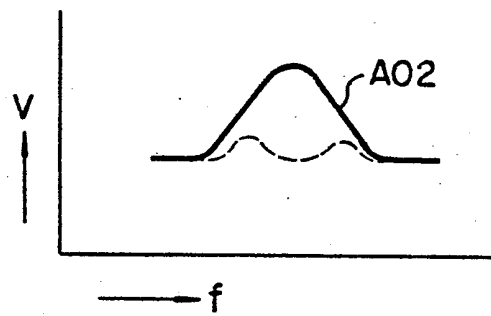


FIG. 6C

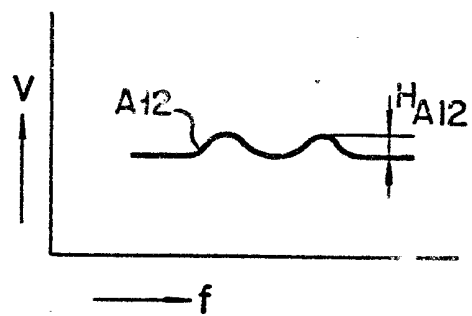
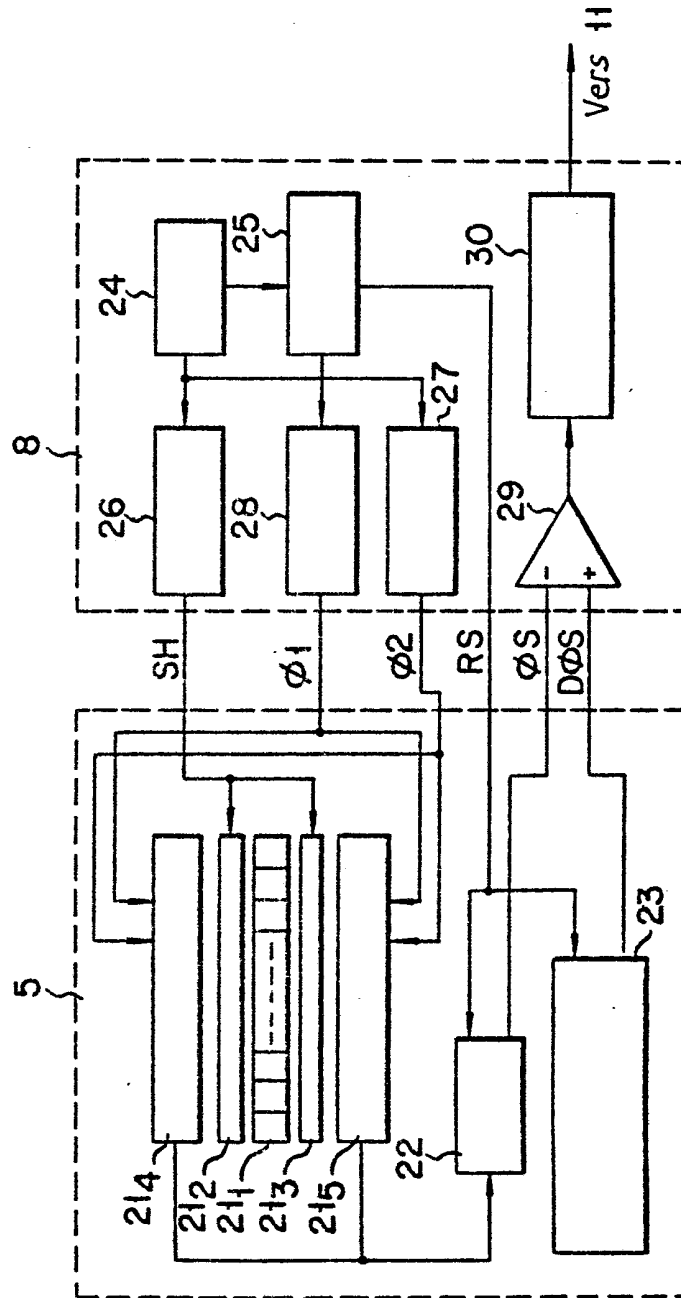


FIG. 7



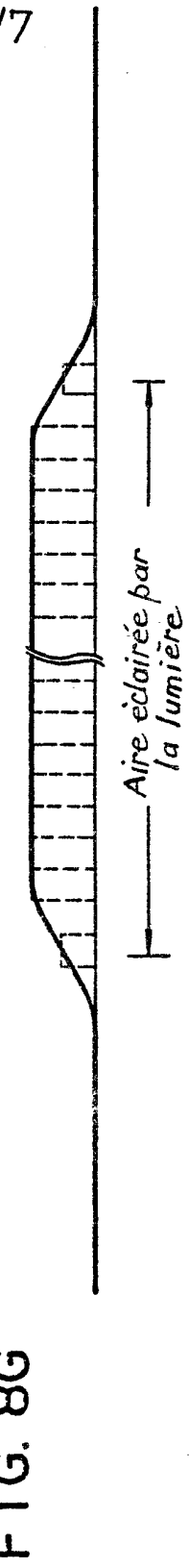
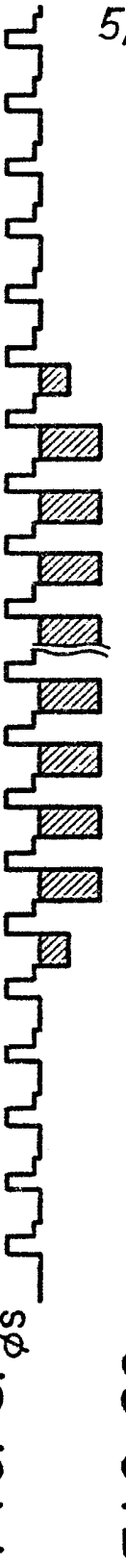
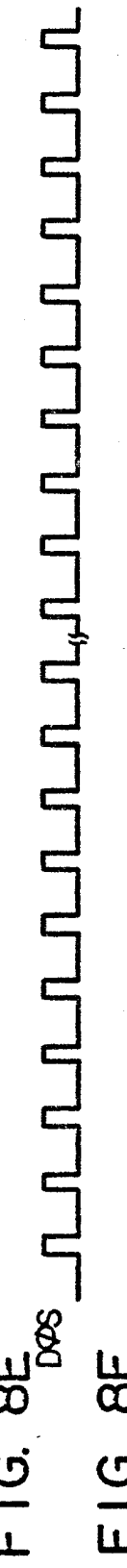
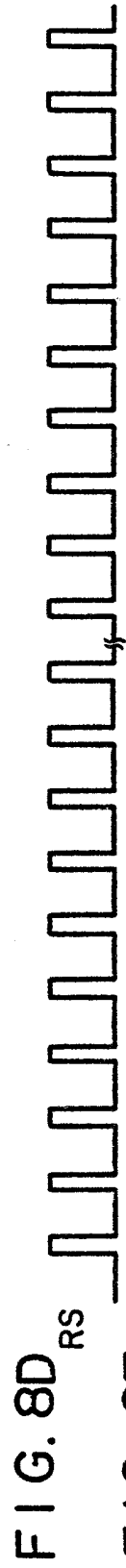
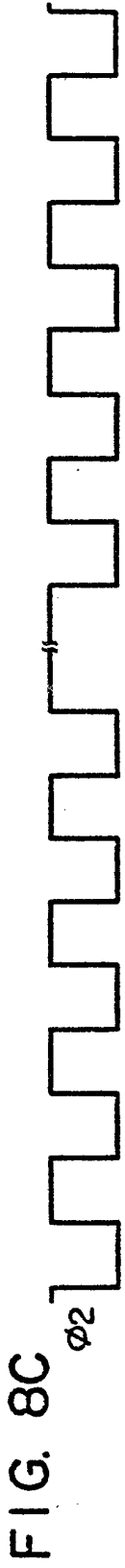
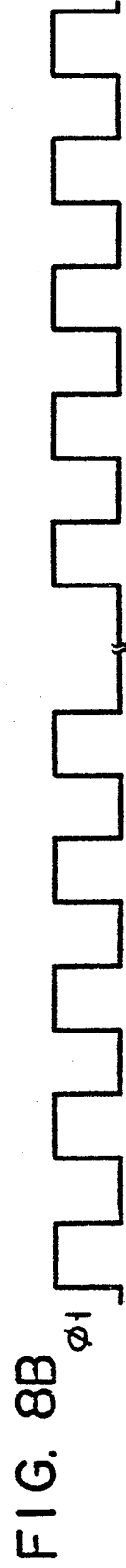
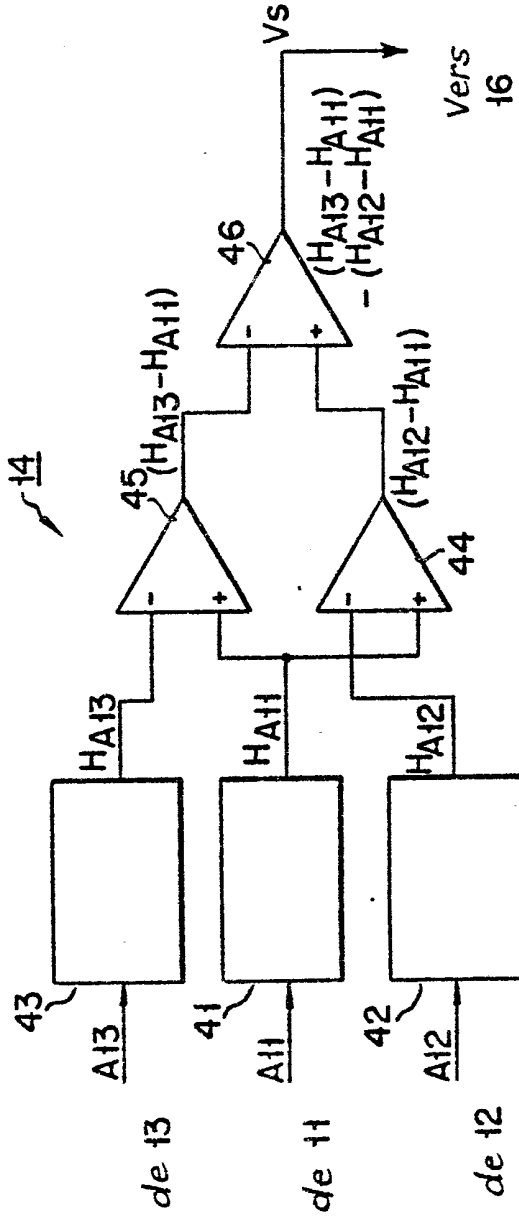


FIG. 9



7/7

FIG. 10

