

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 27.04.07.

30 Priorité : 23.10.06 JP 2006287964.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 14.11.08 Bulletin 08/46.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : MITSUBISHI ELECTRIC CORP — JP.

72 Inventeur(s) : GOTOU SEIKI, INOUE AKIRA, KUNII TETSUO et OUE TOSHIKAZU.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

54 AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE A HAUTE FREQUENCE.

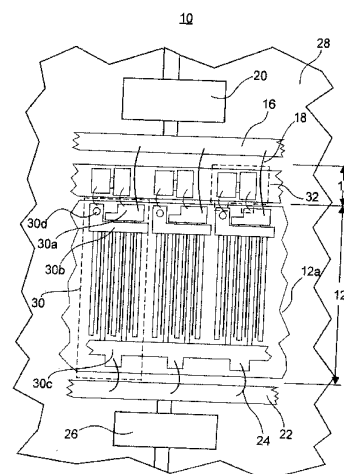
57 Amplificateur de puissance (10) à haute fréquence, comprenant:

- un élément transistorisé (12) ayant plusieurs unités de transistors (30) comprenant chacune plusieurs transistors en parallèle sur un premier substrat semiconducteur (12a) et comprenant chacune une borne de commande (30a), une borne (30b) connectée à une extrémité à potentiel constant et une borne (30c) de sortie;

- un circuit haute fréquence (14) ayant plusieurs circuits de résonance série (32) montés en dérivation entre les bornes de commande et les extrémités à potentiel constant, et situé sur un second substrat semiconducteur (14a), deux des circuits de résonance série ayant des fréquences de résonance différentes correspondant aux harmoniques de second rang et plus d'une fréquence incluse dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'élément transistorisé;

- une première ligne de connexion (18) connectée à un circuit d'adaptation d'entrée et reliant les différentes bornes de commande de l'élément transistorisé,

- et une seconde ligne de connexion (24) connectée à un circuit d'adaptation de sortie et reliant les différentes bornes de sortie de l'élément transistorisé.



AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE A HAUTE FREQUENCE

La présente invention est relative à un amplificateur de puissance à haute
5 fréquence et, plus particulièrement, à un amplificateur de puissance à haute
fréquence utilisé, par exemple, dans des dispositifs pour télécommunications mobiles
et par satellites dans les bandes hyperfréquences et millimétriques, par exemple de
plusieurs mégahertz à plusieurs centaines de gigahertz.

Depuis quelques années existe une demande croissante de dispositifs de
10 communication miniaturisés et d'une plus grande puissance destinés à servir dans les
bandes hyperfréquences et millimétriques. Il existe également une demande
croissante visant à améliorer la qualité de la propagation des signaux. Avec ces
demandes est apparue une demande d'amplificateur de puissance à haute fréquence
présentant des caractéristiques de faible distorsion et ayant un grand rendement.

En particulier, dans un système de télécommunications en hyperfréquences
15 utilisant un signal multiporteuse ou un signal à onde modulée conformément au
système d'accès multiples à répartition par code (CDMA) ces dernières années, un
amplificateur servant à l'amplification de signaux est utilisé en fonctionnant à un
niveau de sortie bien plus bas que la puissance maximale afin d'éviter l'influence
20 d'une distorsion due à une non-linéarité de l'amplificateur.

Dans les amplificateurs à grande puissance de sortie utilisés dans des
stations terrestres pour des télécommunications mobiles ou par satellites, on a besoin
d'utiliser un élément transistorisé à grande largeur de grille afin de réaliser une
amplification de forte puissance. Pour constituer un tel élément transistorisé, de
25 multiples transistors de type à doigts de grilles sont combinés en étant connectés en
parallèle les uns aux autres. Dans un cas où un élément transistorisé à grande largeur
de grille est constitué en connectant de multiples transistors du type à doigts de
grilles connectés en parallèle les uns aux autres, les impédances d'entrée et de sortie
de l'élément transistorisé sont forcément réduites et une charge du circuit
30 d'adaptation pour l'adaptation d'impédances au transistor à la fréquence de
fonctionnement du transistor est extrêmement faible.

On sait qu'un amplificateur à haute fréquence fonctionne à un grand
rendement si un état de charge proche d'un état en court-circuit est établi par rapport
à la seconde harmonique du côté entrée. Cependant, pour réaliser un état de charge
35 proche d'un état de court-circuit par rapport à la seconde harmonique de la fréquence

de fonctionnement dans le but de faire fonctionner à un grand rendement un élément transistorisé à grande largeur de grille tel qu'un amplificateur de puissance à haute fréquence, en plus d'établir une charge de circuit d'adaptation à impédance très faible par rapport à la fondamentale de la fréquence de fonctionnement, il convient d'établir
5 l'impédance de la charge du circuit d'adaptation à une valeur encore plus basse par rapport à l'harmonique de la fréquence de fonctionnement.

Dans la technique antérieure, il a été proposé comme amplificateur de puissance à haute fréquence un agencement dans lequel un circuit constitué d'une
10 seconde ligne d'une longueur électrique sensiblement égale au quart de la longueur d'onde par rapport à une fréquence fondamentale et d'un condensateur montés en série est disposé entre une extrémité à la terre et un point de connexion B situé entre la grille d'un transistor de puissance et une ligne d'adaptation d'entrée. Ce circuit assure que l'impédance de la seconde ligne, vue du point B, est sensiblement nulle et que l'impédance d'entrée par rapport à la seconde harmonique peut être commandée
15 sans influencer l'impédance d'entrée par rapport à l'onde fondamentale, ce qui améliore donc le rendement du fonctionnement (on se reportera par exemple au brevet japonais n° 8-37 433 ouvert à l'inspection publique, paragraphe n° [0039] et Fig. 2).

Dans la technique antérieure a été décrit comme autre amplificateur de
20 puissance à haute fréquence un agencement dans lequel des transistors à effet de champ (FET) à l'arséniure de gallium constitués de puces de semiconducteur et servant de dispositifs d'amplification de puissance sont respectivement disposés dans un état de source à la terre sur un premier trajet A et un second trajet B entre une borne d'entrée IN et une borne de sortie OUT, et dans lequel des circuits d'adaptation
25 d'entrée et de sortie comportant chacun un circuit de résonance comme circuit équivalent sont respectivement présents sur les côtés entrée et sortie de chaque FET au GaAs (on se reportera par exemple au brevet japonais n° 2005-109 651 ouvert à l'inspection publique, paragraphe n° [0006] et Fig. 1).

Dans la technique antérieure a également été décrit encore un autre
30 amplificateur de puissance à large bande dans lequel des filtres passe-bandes ayant des bandes passantes prédéterminées pour déterminer des caractéristiques d'amplification de fréquence sont disposées en étages avant et après chacun de trois amplificateurs de puissance. En disposant ces filtres passe-bandes, les trois amplificateurs de puissance constituent des amplificateurs de puissance à bande

étroite (on se reportera par exemple au brevet japonais n° 2002-43 873 ouvert à l'inspection publique, paragraphe n° [0006] et figures 1 et 2).

5 Cependant, dans les amplificateurs de puissance décrits dans les documents de brevets précités, un circuit pour commander des harmoniques, un circuit de résonance ou un filtre passe-bandes est disposé du côté du circuit extérieur d'un élément transistorisé combiné sous la forme d'un seul transistor de puissance ou d'une seule puce à bornes d'entrée et de sortie.

10 Dans le cas de la commande d'harmoniques d'un élément transistorisé à grande largeur de grille tel qu'un amplificateur de puissance à haute fréquence, le problème est qu'il est difficile d'obtenir une charge de faible impédance par rapport aux harmoniques même si un circuit de traitement servant à régler les harmoniques est ajouté du côté du circuit extérieur de chaque élément transistorisé dont les extrémités d'entrée et de sortie sont respectivement combinés de la manière habituelle. En outre, si l'élément transistorisé a une largeur de bande de fréquences de fonctionnement, des fréquences harmoniques de second rang ou plus sont générées dans une certaine largeur de bande ainsi que des fréquences de fonctionnement, et on a besoin de commander la charge d'entrée sur la totalité d'une large bande.

20 La présente invention a été élaborée pour résoudre le problème, et un premier objectif de la présente invention consiste à réaliser un amplificateur de puissance à haute fréquence ayant un grand rendement de sortie et de meilleures caractéristiques de distorsion sur la totalité d'une large bande de fréquence.

25 Selon un premier aspect de l'invention, il est proposé un amplificateur de puissance à haute fréquence comprenant : un élément transistorisé ayant plusieurs unités de transistors sur un premier substrat en semiconducteur, chacune des unités de transistors ayant une pluralité de transistors connectés en parallèle les uns aux autres sous une forme multi-doigts, et chacune des unités de transistors ayant une borne de commande par l'intermédiaire de laquelle est appliqué un signal d'entrée, une première borne connectée à une extrémité à potentiel constant, et une seconde borne par l'intermédiaire de laquelle un signal de sortie est délivré ; un circuit de traitement de haute fréquence ayant plusieurs premiers circuits de résonance série montés en dérivation entre les bornes de commande des unités de transistors de l'élément transistorisé et les extrémités à potentiel constant, et situé sur un second substrat en semiconducteur ; une première ligne de connexion servant à connecter les unes aux autres les différentes bornes de commande de l'élément transistorisé ; une

30

35

seconde ligne de connexion servant à connecter les unes aux autres les différentes secondes bornes de l'élément transistorisé ; un circuit d'adaptation d'entrée connecté à la première ligne de connexion ; et un circuit d'adaptation de sortie connecté à la seconde ligne de connexion, deux des premiers circuits de résonance série ayant des fréquences de résonance correspondant aux harmoniques de second rang et plus d'une fréquence incluse dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'élément transistorisé, et différentes l'une de l'autre.

Ainsi, dans l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon la présente invention, chaque premier circuit de résonance série est monté en dérivation entre la borne de commande de l'unité de transistor correspondant ou constituant l'élément transistorisé et l'extrémité à potentiel constant et est réglé de manière à se mettre en résonance avec la fréquence voulue correspondant à l'harmonique de deuxième ordre ou plus de la fréquence de fonctionnement. Par conséquent, la charge de haute fréquence par rapport à l'harmonique de second rang ou plus de la fréquence de fonctionnement peut facilement être commandée à une faible impédance en regardant depuis le côté borne de commande de l'élément transistorisé. En outre, deux des premiers circuits de résonance série ont des fréquences de résonance qui correspondent aux harmoniques de second rang et plus d'une fréquence incluse dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'élément transistorisé, et qui sont différentes l'une de l'autre. Ainsi, dans le circuit de traitement de haute fréquence, les premiers circuits de résonance série, ayant des fréquences de résonance différentes correspondant aux harmoniques de la bande de fréquence de fonctionnement, sont mêlés, ce qui réduit donc la variation de distorsion dans la bande de fréquence de fonctionnement en comparaison d'un cas où ne sont présents que des circuits de résonance à une seule fréquence de résonance, et ce qui donne des caractéristiques de distorsion stables sur la totalité d'une bande relativement large.

Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un amplificateur de puissance à haute fréquence comprenant : un élément transistorisé comprenant plusieurs unités de transistors sur un premier substrat en semiconducteur, chacune des unités de transistors ayant plusieurs transistors bipolaires montés en parallèle les uns avec les autres sous une forme multi-doigts, et chacune des unités de transistors ayant une borne de commande par l'intermédiaire de laquelle un signal d'entrée est appliqué, une première borne connectée à une extrémité à potentiel constant, et une seconde borne par l'intermédiaire de laquelle un signal de sortie est délivré ; un circuit de traitement de haute fréquence ayant plusieurs premiers circuits de

résonance série montés en dérivation entre les bornes de commande des unités de transistors de l'élément transistorisé et les extrémités à potentiel constant, et situé sur un second substrat en semiconducteur ; une première ligne de connexion servant à connecter les unes aux autres les différentes bornes de commande de l'élément transistorisé ; une seconde ligne de connexion servant à connecter les unes aux autres les différentes secondes bornes de l'élément transistorisé ; un circuit d'adaptation d'entrée connecté à la première ligne de connexion ; et un circuit d'adaptation de sortie connecté à la seconde ligne de connexion, les premiers circuits de résonance série ayant des fréquence de résonance correspondant à l'harmonique de second rang ou plus d'une fréquence incluse dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'élément transistorisé.

Ainsi, dans l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon la présente invention, chaque premier circuit de résonance série est monté en dérivation entre la borne de l'unité de transistor correspondant constituant l'élément transistorisé et l'extrémité à potentiel constant et est réglé de façon à résonner à la fréquence voulue correspondant à l'harmonique de second rang ou plus de la fréquence de fonctionnement. Par conséquent, la charge de haute fréquence par rapport à l'harmonique de second rang ou plus de la fréquence de fonctionnement peut facilement être établie à une impédance basse, vue du côté de la borne de commande de l'élément transistorisé.

L'invention sera mieux comprise à l'étude de la description détaillée d'un mode de réalisation pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par les dessins annexés sur lesquels :

la Fig. 1 est une vue en plan d'une partie d'un amplificateur de puissance à haute fréquence selon une forme de réalisation de la présente invention ;

la Fig. 2 est une vue en plan d'une partie de l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon une forme de réalisation de la présente invention, représentant un élément à transistors à effet de champ (FET) et un circuit de traitement de haute fréquence ;

la Fig. 3 est une vue en coupe d'une partie d'une plage de connexion de source, prise suivant le ligne III-III de la Fig. 2 ;

la Fig. 4 est un schéma de circuit équivalent de l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon une forme de réalisation de la présente invention ;

les figures 5A à 5C sont des schémas représentant schématiquement les fréquences de résonance des circuits de résonance série de l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon la présente invention ;

5 la Fig. 6 est un graphique illustrant des caractéristiques de distorsion de l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon la présente invention, en fonction de la fréquence de fonctionnement ;

la Fig. 7 est une vue en plan d'une partie d'un exemple de variante de l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon une forme de réalisation de la présente invention ;

10 la Fig. 8 est un schéma de circuit équivalent illustrant un exemple de variante du circuit de résonance série de l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon une forme de réalisation de la présente invention ;

la Fig. 9 est un schéma de circuit équivalent d'un amplificateur de puissance à haute fréquence selon une forme de réalisation de la présente invention ; et

15 la Fig. 10 est un schéma de circuit équivalent d'un amplificateur de puissance à haute fréquence selon une forme de réalisation de la présente invention.

Sur toutes les figures, les éléments sensiblement identiques sont désignés par les mêmes repères.

20 La Fig. 1 est une vue en plan d'une partie d'un amplificateur de puissance à haute fréquence selon une première forme de réalisation de la présente invention. La Fig. 2 est une vue en plan d'une partie de l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon une forme de réalisation de la présente invention, représentant un élément à transistors à effet de champ (FET) et un circuit de traitement de haute
25 fréquence.

En référence à la Fig. 1, un amplificateur de puissance de haute fréquence 10 comprend un élément 12 à FET servant d'élément transistorisé, un circuit de traitement de haute fréquence 14, un câblage de connexion 16 de grille et des fils servant de première ligne de connexion, un circuit d'adaptation d'entrée 20 connecté
30 au câblage de connexion 16 de grille, un câblage de connexion 22 de drain et des fils 24 servant de seconde ligne de connexion, ainsi qu'un circuit d'adaptation de sortie 26 connecté au câble de connexion 22 de drain. Ces composants sont disposés sur une surface d'un substrat métallique, par exemple une puce PHS 28 en alliage de cuivre et de tungstène.

L'élément 12 à FET possède plusieurs unités de FET 30 servant d'unités de transistors sur un substrat 12a en GaAs d'une seule pièce constituant un premier substrat en semiconducteur. Les unités de FET 30 sont connectées en parallèle les unes aux autres.

5 Chaque unité de FET 30 a une plage de connexion 30a de grille servant de borne de commande, une plage de connexion de source 30b servant de première borne et une plage de connexion de drain 30c servant de seconde borne.

10 Les plages de connexion de grille 30a des unités de FET 30 sont connectées en commun par les fils 18 au câblage 16 de connexion de grille. Le câblage 16 de connexion de grille est en outre connecté au circuit d'adaptation d'entrée 20.

 Dans la présente forme de réalisation, la plage de connexion de source 30b de chaque unité de FET 30 est par exemple connectée à une extrémité de mise à la terre servant d'extrémité à potentiel constant, par l'intermédiaire d'un trou d'interconnexion 30d.

15 En outre, dans la présente forme de réalisation, la plage de connexion de drain 30c est formée d'une seule pièce au lieu d'être divisée d'une façon correspondant aux unités de FET 30. Cependant, chaque plage de connexion de drain 30c est connectée en commun au câblage 22 de connexion de drain par l'intermédiaire des fils 24. Le câblage 22 de connexion de drain est connecté au
20 circuit d'adaptation de sortie 26.

 En référence à la Fig. 2, chaque unité de FET 30 est construite, par exemple, en connectant plusieurs transistors à effet de champ en parallèle les uns aux autres sous une forme multi-doigts. Les extrémités d'un groupe de doigts 30e de grille sont connectées en commun à la plage de connexion 30a de grille de l'unité de
25 FET 30.

 De même, les extrémités d'un groupe de doigts 30f de source adjacents au groupe de doigts 30e de grille connectés en commun à la plage 30a de grille sont connectés en commun à la plage de connexion 30b de source de l'unité de FET 30.

30 De même, les extrémités d'un groupe de doigts 30f de source adjacents au groupe de doigts 30e de grille connectés en commun à la plage de connexion 30a de grille sont connectées en commun à la plage de connexion 30b de source de l'unité de FET 30.

35 De même, les extrémités d'un groupe de doigts 30e de drain adjacents au groupe de doigts 30e de grille connectés en commun à la plage de connexion 30a de grille sont connectées en commun à la plage de connexion 30c de drain.

Le circuit de traitement 14 de haute fréquence comprend plusieurs circuits de résonance série 32 servant de premiers circuits de résonance série correspondant aux unités de FET 30 sur un substrat 14a en GaAs servant de second substrat en semiconducteur adjacent aux unités de FET 30.

5 Dans la présente forme de réalisation, une première extrémité de chaque circuit 32 à résonance série est connectée à la plage de connexion 30a de grille par un fil 34, tandis que l'autre extrémité du circuit à résonance série 32 est connectée à un trou d'interconnexion 30d par un fil 36. Ainsi, le circuit 32 à résonance série est monté en dérivation entre la plage de connexion 30a de grille et l'extrémité de mise à
10 la terre.

Dans le circuit 32 à résonance série, un condensateur 32a, constitué par exemple par un condensateur métal-isolant-métal (MIM), et une inductance 32b, constituée par exemple par une inductance en spirale, sont montés en série.

Puisque, dans la forme de réalisation représentée sur la Fig. 2, le circuit 32 à
15 résonance série est connecté à la plage de connexion 30a de grille par le fil 34 et au trou d'interconnexion 30d par le fil 36, ces fils 34 et 36 sont également inclus dans l'inductance 32b du circuit 32 de résonance série.

La Fig. 3 est une vue en coupe d'une partie d'une plage de connexion de source prise suivant la ligne III-III de la Fig. 2.

20 En référence à la Fig. 3, la plage de connexion 30b de source a une structure de pont à air. Les branches de la plage de connexion 30b de source sont réunies aux doigts 30f de source et la plage 30b enjambe les doigts 30e de grille et les doigts 30g de drain, des espaces d'air étant ménagés entre eux.

Le substrat en GaAs 12a comprend un corps principal 38 de substrat en
25 GaAs, une couche épitaxiale de GaAs 40 formée par croissance épitaxiale de GaAs à la surface du corps principal 38 du substrat en GaAs, et dans laquelle est formée une couche active, et une couche de Au 42 formée au dos du corps principal 38 du substrat en GaAs. La couche 42 de Au du substrat en GaAs 12a est réunie à la surface de la puce PHS 28 par une matière d'assemblage telle que de la brasure.

30 La construction du substrat 14a en GaAs sur lequel sont formés les circuits 32 à résonance série est la même que celle du substrat 12a en GaAs. Le substrat 14a en GaAs est également réuni à la surface de la puce PHS 28 par une matière d'assemblage.

35 La Fig. 4 est un schéma de circuit équivalent de l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon une forme de réalisation de la présente invention.

Sur la Fig. 4, les éléments de circuit sur le schéma de circuit équivalent de l'amplificateur de puissance 10 à haute fréquence et les composants de l'amplificateur de puissance 10 à haute fréquence représentés sur les figures 1 et 2 sont désignés par les mêmes repères correspondant à ceux de l'une et l'autre figures. Une borne d'entrée 44 de signal et une borne de sortie 46 de signal sont présentes en plus des composants décrits plus haut. Les circuits de résonance série 32 sont temporairement numérotés successivement 32(1), 32(2), 32(3), ..., 32(k-1), 32(k) depuis l'emplacement le plus haut sur le schéma du circuit.

Chaque circuit de résonance 32 est constitué sous la forme d'un circuit de résonance à haute fréquence en résonance avec l'harmonique de deuxième ordre ou plus d'une fréquence de fonctionnement sur une bande de fréquence de fonctionnement. Le circuit de résonance série 32 est connecté à l'électrode de grille de l'unité de FET correspondante 30 par l'intermédiaire de la plage de connexion 30a de grille.

Dans l'agencement selon la technique antérieure, un circuit servant à commander une harmonique est placé non pas à l'intérieur d'un élément transistorisé mais sous la forme d'un élément externe de circuit pour l'élément transistorisé. En revanche, dans l'amplificateur de puissance 10 à haute fréquence selon la présente forme de réalisation, chaque circuit de résonance série 32 constituant un circuit de résonance à haute fréquence en résonance avec l'harmonique de second rang ou plus d'une fréquence de fonctionnement est monté en dérivation entre l'électrode de grille de l'unité de FET correspondante 30 constituant l'élément 12 à FET et l'extrémité de mise à la terre. Ainsi, le circuit de résonance série 32 est monté en dérivation du côté du circuit interne de l'élément à FET 12 lui-même.

Avec l'agencement selon la technique antérieure, il était difficile d'obtenir une charge à faible impédance en ce qui concerne les harmoniques. Cependant, dans l'amplificateur de puissance 10 à haute fréquence, chaque circuit de résonance série 32 ayant la fréquence harmonique de résonance voulue est monté en dérivation entre l'électrode de grille de l'unité de FET correspondante 30 constituant l'élément à FET 12 et l'extrémité de mise à la terre et est réglé de façon à entrer en résonance avec la fréquence voulue, ce qui assure donc que la charge d'harmoniques par rapport à l'harmonique de second rang ou plus de la fréquence de fonctionnement peut facilement être commandée à une impédance plus basse, vue du côté de la grille de l'élément à FET 12.

En outre, l'élément à FET 12 a une certaine largeur de bande de fréquence de fonctionnement et, par conséquent, non seulement la fréquence de fonctionnement mais aussi la fréquence harmonique de second rang ou plus a elle aussi une largeur de bande. Par conséquent, on a besoin de commander la charge d'entrée sur la totalité d'une large bande. Pour cette raison, les circuits de résonance série 32 ayant différentes fréquences de résonance correspondant aux harmoniques de second rang ou plus de la bande de fréquence de fonctionnement sont organisés en mélange dans le circuit de traitement de haute fréquence 14.

Les figures 5A à 5C sont des dessins représentant schématiquement les fréquences de résonance des circuits de résonance série de l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon la présente invention.

Sur les figures 5A à 5C, fa, fb et fc désignent les fréquence de résonance des circuits de résonance série 32 ; f1 désigne la fréquence de fonctionnement à la limite inférieure de la bande de fréquence de fonctionnement de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10 ; et f2 désigne la fréquence de fonctionnement à la limite supérieure de la bande de fréquence de fonctionnement de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10.

En référence à la Fig. 5A, la fréquence de résonance fa d'un des circuits de résonance série 32 correspond à l'harmonique de second rang $2f1$ de la fréquence de fonctionnement f1 à la limite inférieure de la bande de fréquence de fonctionnement de l'amplificateur de puissance de haute fréquence 10, et la fréquence de résonance fb d'un autre des circuits de résonance série 32 correspond à l'harmonique de second rang $2fb$ de la fréquence de fonctionnement f2 à la limite supérieure de la bande de fréquence de fonctionnement de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10.

En référence à la Fig. 5B, la fréquence de résonance fa d'un des circuits de résonance série 32 correspond à une valeur moyenne $(3f1+f2)/2$ entre la fréquence $(f1+f2)$ de l'harmonique de second rang d'une valeur médiane $(f1+f2)/2$ entre la fréquence de fonctionnement f1 de la limite inférieure et la fréquence de fonctionnement f2 de la limite supérieure dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10, et la seconde harmonique $2f1$ de la fréquence de fonctionnement f1 à la limite inférieure dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10, et la fréquence de résonance fb d'un autre des circuits de résonance série 32 correspond à une valeur moyenne $(f1+3f2)/2$ entre la fréquence $(f1+f2)$ de l'harmonique de second rang d'une valeur moyenne $(f1+f2)/2$ entre la fréquence de

fonctionnement f_1 à la limite inférieure et la fréquence de fonctionnement f_2 à la limite supérieure dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10, et la seconde harmonique $2f_2$ de la fréquence de fonctionnement f_2 à la limite supérieure dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10.

Dans ces deux cas, si la fréquence de résonance du circuit de résonance série 32(1) est par exemple f_a , les circuits de résonance série 32 ayant les fréquences de résonance $f(a)$ et $f(b)$ sont disposées de façon alternée si bien que la fréquence de résonance du circuit de résonance série 32(2) est f_b , la fréquence de résonance du circuit de résonance série 32(3) est f_a et la fréquence de résonance du circuit de résonance série 32(4) est f_b . Si on inclut 2 comme mesure de k dans les circuits de résonance série 32(k), la fréquence de résonance du circuit de résonance série 32($k-1$) est établie à f_a et la fréquence de résonance du circuit de résonance série 32(k) est établie à f_b .

Ainsi, des circuits de résonance série 32 ayant différentes fréquences de résonance sont disposés de façon alternée d'une façon bien équilibrée dans le circuit de traitement de haute fréquence 14 pour permettre globalement un fonctionnement uniforme de l'élément à FET 12.

La Fig. 5C illustre un cas dans lequel trois fréquences f_a , f_b et f_c sont établies comme fréquences de résonance des circuits de résonance série 32.

Dans ce cas, la fréquence de résonance, f_a par exemple, est établie à l'harmonique de second rang $2f_1$ de la fréquence de fonctionnement f_1 à la limite inférieure dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10 ; la fréquence de résonance f_b est établie à la fréquence (f_1+f_2) de l'harmonique de second rang à valeur moyenne $(f_1+f_2)/2$ entre la fréquence de fonctionnement f_1 à la limite inférieure et la fréquence de fonctionnement f_2 à la limite supérieure dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10 ; et la fréquence de résonance f_c est établie à l'harmonique de second rang $2f_2$ de la fréquence de fonctionnement f_2 à la limite supérieure dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10.

Dans ce cas également, la fréquence de résonance du circuit de résonance série 32(1) est établie à f_a ; la fréquence de résonance du circuit de résonance série 32(2) est établie à f_b ; la fréquence de résonance du circuit de résonance série 32(3) est établie à f_c ; et les fréquences de résonance des autres circuits de résonance série

32 sont établies de façon que les fréquences de résonance f_a , f_b et f_c se répètent successivement et en alternance.

Si on inclut 3 comme mesure de k dans les circuits de résonance série 32(k), la fréquence de résonance du circuit de résonance série 32(k-2) est établie à f_a , la
 5 fréquence de résonance du circuit de résonance série 32(k-1) à f_b et la fréquence de résonance du circuit de résonance série 32(k) à f_c .

D'autres cas sont concevables, dont un cas où la fréquence de résonance f_a est établie à $2f_1$, la fréquence de résonance f_b à $2f_2$ et la fréquence de résonance f_c à f_1+f_2 . Une combinaison de fréquences de résonance peut être choisie en considérant
 10 la valeur Q des circuits de résonance série de telle sorte qu'on obtient une caractéristique de distorsion à planéité améliorée.

Bien qu'on ait décrit les cas dans lesquels deux ou trois fréquences sont établies comme fréquences de résonance, un plus grand nombre de fréquences de résonance peut être établi.

15 Dans le cas où le circuit de résonance série 32 est ajouté à chaque unité de FET 30 de l'élément 12 à FET, les nombres des unités de FET 30 et le nombre des circuits de résonance série 32 sont égaux l'un à l'autre. Il est également souhaitable, du point de vue d'un fonctionnement uniforme de tout l'élément à FET 12, d'établir le nombre de fréquences de résonance des circuits de résonance série 32 à une
 20 mesure du nombre d'unités de FET 30.

Dans l'élément 12 à FET selon la présente forme de réalisation, le circuit de résonance série 12 est ajouté à chaque unité de FET 30. En principe, il est souhaitable d'ajouter le circuit de résonance série 32 à chaque unité de FET 30 de l'élément 12 à FET. Cependant, l'apport du circuit de résonance série 32 à toutes les
 25 unités de FET 30 n'est pas forcément nécessaire.

La Fig. 6 est un graphique illustrant des caractéristiques de distorsion de l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon la présente invention en fonction de la fréquence de fonctionnement.

Sur la Fig. 6, l'abscisse représente la fréquence de fonctionnement normalisée et l'ordonnée représente la puissance de fuites de canaux adjacents (rapport de puissance de canaux adjacents, ci-après appelé RPCA), dont l'unité est le dBc. Ainsi, la Fig. 6 représente des variations du RPCA en fonction de la fréquence de fonctionnement normalisé, autrement dit, la variation de distorsion.

Par ailleurs, Δf indique une région de fréquence de $\pm 2\%$ autour de la
 35 fréquence centrale dans la bande de fréquence de fonctionnement.

Une courbe "a" représentée en trait continu sur la Fig. 6 concerne l'élément 12 à FET dans la présente forme de réalisation, c'est-à-dire le cas où le circuit de résonance série 32 est ajouté à chaque unité de FET 30 ; les fréquences de résonance du circuit de résonance série 32 sont f_a et f_b ; les circuits de résonance série 32 ayant ces fréquences sont disposés de manière mélangée en alternance.

Des courbes "b" et "c" sont présentées pour permettre une comparaison avec la courbe "a". La courbe "b" représentée sous la forme d'un trait discontinu correspond à un cas où toutes les fréquences de résonance du circuit de résonance série ajouté à chaque élément 12 à FET sont établies à f_a .

La courbe "c", représentée sous la forme d'un trait discontinu, correspond à un cas où toutes les fréquences de résonance du circuit de résonance série ajouté à chaque élément 12 à FET sont établies à f_b .

La fréquence de résonance f_a du circuit de résonance série indiquée par la courbe "b" correspond à l'harmonique de second rang de la fréquence centrale dans la bande de fréquence de fonctionnement, et la fréquence de résonance f_b du circuit de résonance série indiquée par la courbe "c" a une fréquence de résonance supérieure d'environ 3% à f_a , comme représenté sur la Fig. 6.

Dans le circuit de traitement 14 de haute fréquence correspondant à la courbe "a", les circuits de résonance série 32 ayant la fréquence de résonance f_a correspondant à la courbe "b" et les circuits de résonance série 32 ayant la fréquence de résonance f_b correspondant à la courbe "c" sont disposés de façon mélangée en alternance.

Si la fréquence de fonctionnement est modifiée et la charge au niveau de l'harmonique de second rang est modifiée avec le changement dans l'harmonique de second rang, cela aboutit à un changement de la caractéristique de distorsion.

Comme représenté sur la courbe "a", dans le cas où les circuits de résonance série 32 ayant les fréquences de résonance f_a et f_b sont disposés en mélange, la valeur minimale du RPCA est un peu plus grande que celle indiquée par la courbe "b" correspondant au cas où seuls les circuits de résonance série ayant la fréquence de résonance f_a sont présents ou à celle indiquée par la courbe "c" correspondant au cas où seuls les circuits de résonance série ayant la fréquence de résonance f_b sont présents. Cependant, le changement du RPCA avec le changement de la fréquence de fonctionnement est faible. Ainsi, on peut comprendre que, en ce qui concerne la courbe "a", la planéité de la caractéristique de distorsion est améliorée dans une

région de fréquence de $\pm 2\%$ autour de la fréquence centrale dans la bande de fréquence de fonctionnement.

Par conséquent, la charge d'entrée au niveau d'une harmonique peut être commandée sur toute une large bande, et en outre un amplificateur de puissance à haute fréquence à faible distorsion sur une large bande de fréquence de fonctionnement peut être construit en choisissant de façon adéquate les fréquences de résonance f_a et f_b des circuits de résonance série 32 ayant l'harmonique de second rang ou plus de la fréquence de fonctionnement comme fréquences de résonance et en mélangeant de façon adéquate les circuits de résonance série 32 ayant ces fréquences de résonance dans le circuit de traitement de haute fréquence 14.

Bien qu'on ait décrit le choix d'une fréquence aux abords de l'harmonique de second rang de la fréquence de fonctionnement comme fréquence de résonance du circuit de résonance série 32, une harmonique d'un rang supérieur à l'harmonique de second rang, on peut également choisir, par exemple, la fréquence à harmonique de troisième rang.

Ainsi, l'harmonique de second rang de la fréquence de fonctionnement ou une fréquence voisine de l'harmonique de second rang est choisie comme fréquence de résonance f_a et l'harmonique de troisième rang de la fréquence de fonctionnement ou une fréquence voisine de l'harmonique de troisième rang est choisie comme fréquence de résonance f_b . Par ailleurs, les circuits de résonance série 32 sont constitués de façon que ces fréquences f_a et f_b se répètent de manière successive et alternée. Le fait d'ajouter le circuit de résonance série 32 à fréquence de résonance voisine de l'harmonique de troisième rang est efficace pour limiter la distorsion de modulation mutuelle sur la base d'une harmonique de rang élevé telle que l'harmonique de cinquième rang ou plus de la fréquence de fonctionnement.

Premier exemple de variante

La Fig. 7 est une vue en plan d'une partie d'un exemple de variante de l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon une forme de réalisation de la présente invention.

L'amplificateur de puissance à haute fréquence représenté sur la Fig. 7 est pour l'essentiel identique à l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10 selon la première forme de réalisation. Dans l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10, le substrat en GaAs 12a de l'élément 12 à FET et le substrat en GaAs 14a du circuit de traitement de haute fréquence 14 sont formés séparément l'un de l'autre. Cependant, dans le présent exemple de variante d'amplificateur de puissance à haute

fréquence, le substrat en GaAs 12a et le substrat en GaAs 14a constituent un substrat monolithique en GaAs 50.

De la sorte, les premières extrémités des circuits de résonance série 32 et la plage de connexion 30a de grille sont connectées par des éléments 52 d'une
5 combinaison de lignes présents à la surface du substrat en GaAs 50 à la place des fils 34. Par ailleurs, les autres extrémités des circuits de résonance série 32 et les trous d'interconnexion 30d sont connectés par des éléments d'une combinaison de ligne 54 présents à la surface du substrat en GaAs 50 à la place des fils 36.

De la sorte, chaque circuit de résonance série 32 est constitué du
10 condensateur 32a et de l'inductance 32b connectés en série. Puisque le fil inclus dans l'inductance est supprimé, le circuit de résonance série 32 à fréquence de résonance plus précise peut être formé.

La vue en coupe prise suivant la ligne VII-VII de la Fig. 7 est la même que celle représentée sur la Fig. 3.

15 Deuxième exemple de variante

La Fig. 8 est un schéma de circuit équivalent illustrant un exemple de variante du circuit de résonance série de l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon une forme de réalisation de la présente invention.

Le circuit de résonance série représenté sur la Fig. 8 utilise une diode 56
20 comme condensateur variable à la place du condensateur 32a dans le circuit de résonance série 32 représenté sur la Fig. 4. La fréquence de résonance peut être réglée à l'aide de la diode 56 et en modifiant la capacité de celle-ci.

Dans ce circuit de résonance série 32, un condensateur de coupure de courant continu 58 est disposé entre l'anode de la diode 56 et l'inductance 32b dans le
25 but de modifier la capacité de la diode 56 en appliquant une polarisation continue, et une borne d'alimentation en courant continu 60 est présente entre le condensateur 58 et l'anode de la diode 56.

La valeur d'inductance peut être modifiée pour changer la fréquence de résonance. A cette fin, l'inductance 32b est constituée par un fil de métallisation et la
30 longueur du fil de métallisation est modifiée.

La Fig. 9 est un schéma de circuit équivalent d'un amplificateur de puissance à haute fréquence selon une deuxième forme de réalisation de la présente invention.

Pour l'essentiel, la structure d'un amplificateur de puissance à haute fréquence 70 représentée sur la Fig. 9 est identique à celle de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10 représenté sur la Fig. 4, mais l'amplificateur de puissance à haute fréquence 70 diffère de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10 en ce que, alors que chaque circuit de résonance série constituant le circuit de traitement de haute fréquence 14 présente un seul état dans l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10, un circuit de résonance série 72 servant de second circuit de résonance série est monté en parallèle avec chaque circuit de résonance série 32 dans l'amplificateur de puissance à haute fréquence 70. Pour le reste, la structure de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 70 est la même que celle de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10.

Plusieurs circuits de résonance série 72 sont disposés sur le substrat en GaAs 14a au voisinage immédiat des circuits de résonance série 32. Chaque circuit de résonance série 72 est connecté de la même manière que le circuit de résonance série 32 en connectant par un fil une première extrémité du circuit de résonance série 72 à la plage de connexion 30a de grille et en connectant par un fil l'autre extrémité du circuit de résonance série 72 au trou d'interconnexion 30d. Ainsi, le circuit de résonance série 72 est monté en dérivation entre la plage de connexion 30a de grille et l'extrémité de mise à la terre.

Les éléments de circuit constituant ce circuit de résonance série 72 sont semblables à ceux du circuit de résonance série 32. Un condensateur 72a constitué, par exemple, par un condensateur MIM, et une inductance 72 constituée, par exemple, par une inductance en spirale, sont montés en série.

Cependant, la fréquence de résonance du circuit de résonance série 72 diffère de celle du circuit de résonance série 32. Comme décrit plus haut à propos de la Fig. 5, si le circuit de résonance série 32 a la fréquence de résonance f_a , le circuit de résonance série 72 est constitué de manière à avoir la fréquence de résonance f_b .

Les caractéristiques de distorsion peuvent être améliorées sur la totalité d'une large bande de fréquence en ce qui concerne chaque unité de FET 30 grâce à la présence du circuit de résonance série 32 et du circuit de résonance série 72 à fréquences de résonance différentes correspondant à l'unité de FET 30, comme décrit plus haut. En outre, comme décrit plus haut à propos de la première forme de réalisation, le choix d'une fréquence de résonance peut se faire de façon que la fréquence de résonance d'un des circuits de résonance série 32 et 72 soit établie à l'harmonique de second rang de la fréquence de fonctionnement ou à une fréquence

voisine de l'harmonique de second rang, tandis que la fréquence de résonance de l'autre des circuits de résonance série 32 et 72 est établie à l'harmonique de troisième rang de la fréquence de fonctionnement ou à une fréquence voisine de l'harmonique de troisième rang.

5 Bien qu'aient été décrits les éléments transistorisés comportant des transistors à effet de champ à forme multi-doigts, on peut également obtenir le même effet de la présente invention dans le cas de l'application à un élément transistorisé ayant des transistors bipolaires à forme multi-doigts.

10 Comme décrit plus haut, l'amplificateur de puissance à haute fréquence comprend un élément transistorisé ayant une pluralité d'unités de transistors sur un premier substrat semiconducteur, chacune des unités de transistors comprenant une pluralité de transistors connectés en parallèle les uns aux autres sous une forme multi-doigts, et chacune des unités de transistors ayant une borne de commande par l'intermédiaire de laquelle un signal d'entrée est appliqué, une première borne
15 connectée à une extrémité à potentiel constant et une seconde borne par l'intermédiaire de laquelle un signal de sortie est délivré ; un circuit de traitement de haute fréquence ayant une pluralité de premiers circuits de résonance série montés en dérivation entre les bornes de commande des unités de transistors de l'élément transistorisé et les extrémités à potentiel constant, et situés sur un second substrat en
20 semiconducteur ; une première ligne de connexion pour connecter les unes aux autres les différentes bornes de commande de l'élément transistorisé ; une seconde ligne de connexion pour connecter les unes aux autres les différentes secondes bornes de l'élément transistorisé ; un circuit d'adaptation d'entrée connecté à la première ligne de connexion ; et un circuit d'adaptation de sortie connecté à la seconde ligne de
25 connexion,

et deux des premiers circuits de résonance série ont des fréquences de résonance correspondant aux harmoniques de second rang et plus d'une fréquence incluse dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'élément transistorisé, et différentes l'une de l'autre.

30 Dans l'amplificateur de puissance haute fréquence ainsi constitué, chaque premier circuit de résonance série est monté en dérivation entre la borne de commande de l'unité de transistor correspondant constituant l'élément transistorisé et l'extrémité à potentiel constant et est réglé de manière à entrer en résonance avec la fréquence voulue correspondant à l'harmonique de second rang ou plus de la
35 fréquence de fonctionnement. Par conséquent, la charge de haute fréquence par

rapport à l'harmonique de second rang ou plus de la fréquence de fonctionnement peut facilement être commandée à une basse impédance, vue du côté de la borne de commande de l'élément transistorisé.

Par ailleurs, deux des premiers circuits de résonance série ont des
 5 fréquences de résonance qui correspondent à des harmoniques de second rang et plus d'une fréquence incluse dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'élément transistorisé, et qui sont différentes l'une de l'autre. Ainsi, dans le circuit de traitement de haute fréquence, les premiers circuits de résonance série ayant deux
 10 fréquences de résonance différentes correspondant aux harmoniques de la bande de fréquence de fonctionnement sont disposés en mélange, ce qui réduit donc la variation de distorsion dans la bande de fréquence de fonctionnement en comparaison d'un cas où ne sont présents que des circuits de résonance à une seule
 15 fréquence de résonance, et donne des caractéristiques de distorsion stables sur toute une bande relativement large. Ainsi, un amplificateur de puissance à haute fréquence ayant un grand rendement et des caractéristiques de distorsion améliorées sur une bande de fréquence relativement large peut être obtenue avec un agencement simple.

La Fig. 10 est un schéma de circuit équivalent d'un amplificateur de puissance à haute fréquence selon une troisième forme de réalisation de la présente
 20 invention.

La structure d'un amplificateur de puissance à haute fréquence 80 représenté sur la Fig. 10 est, pour l'essentiel, identique à celle de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10 représenté sur la Fig. 4, mais l'amplificateur de puissance à haute fréquence 80 diffère de l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10 en ce que,
 25 alors que l'amplificateur de puissance à haute fréquence 10 utilise l'élément à FET 12 comme élément transistorisé, l'amplificateur de puissance à haute fréquence 80 utilise un élément à transistor bipolaire à hétérojonction (ci-après appelé "élément à TBH") 82.

L'élément à TBH 82 comporte une pluralité de TBH groupés 84 constitués
 30 d'unités de transistors sur un même substrat en GaAs 12a (non représenté sur la Fig. 10) servant de premier substrat en semiconducteur. Les TBH groupés 84 sont connectés en parallèle les uns aux autres.

Chaque TBH groupé 84 a une plage de connexion 84a de base servant de borne de commande, une plage de connexion 84b d'émetteur servant de première
 35 borne et une plage de connexion 84c de collecteur servant de seconde borne.

Les plages de connexion 84a de bases des TBH groupés 84 sont connectées en commun à un câblage de connexion 88 de base par des fils 86. Le câblage de connexion 88 de base est en outre connecté à un circuit d'adaptation d'entrée 20.

5 Chaque plage de connexion 84b d'émetteur est connectée à une extrémité à potentiel constant, par exemple une extrémité de mise à la terre, par l'intermédiaire d'un trou d'interconnexion ou analogue.

10 La plage de connexion 84c de collecteur peut être formée d'une seule pièce au lieu d'être forcément divisée d'une façon correspondant à chaque TBH groupé 84. Des fils 90 partant d'une plage unique 84c de collecteur ou de plages de connexion divisées 84c de collecteurs sont connectés en commun au câblage de connexion 92 de collecteur. Le câblage de connexion 92 de collecteur est connecté à un circuit d'adaptation de sortie 26.

15 Chaque TBH groupé 84 est construit en connectant plusieurs TBH en parallèle les uns aux autres sous une forme multi-doigts. Des extrémités d'un groupe de doigts de bases sont connectées en commun à la plage de connexion 84a de base du TBH groupé 84.

20 De même, des extrémités d'un groupe de doigts d'émetteurs au voisinage immédiat du groupe de doigts de bases connectés en commun à la plage de connexion 84a de base sont connectées en commun à la plage de connexion 84b d'émetteur du TBH groupé 84.

De même, des extrémités d'un groupe de doigts de collecteur au voisinage immédiat du groupe de doigts de bases connectés en commun à la plage de connexion 84a de base sont connectés en commun à la plage de connexion 84c de collecteur.

25 La structure d'un circuit de traitement à haute fréquence 14 est la même que celle décrite plus haut à propos de la première forme de réalisation. Cependant, chaque circuit de résonance série 32 selon la présente forme de réalisation a une première extrémité connectée par un fil à la plage de connexion 84a de base et l'autre extrémité connectée par un fil à un trou d'interconnexion ménagé dans la plage de connexion 84b d'émetteur. Ainsi, le circuit de résonance série 32 est monté en dérivation entre la plage de connexion 84a de base et une extrémité de mise à la terre.

30 La plage de connexion 84b d'émetteur a une structure de pont à air. Les parties formant branches de la plage de connexion 84b d'émetteur sont réunies aux doigts d'émetteurs et cette plage 84b enjambe les doigts de bases et les doigts de collecteurs, des espaces d'air étant ménagés entre eux.

35

Chaque circuit de résonance 32 est constitué sous la forme d'un circuit de résonance à haute fréquence entrant en résonance avec l'harmonique de second rang ou plus d'une fréquence de fonctionnement dans une bande de fréquence de fonctionnement. Le circuit de résonance série 32 est connecté à l'électrode de base du
 5 TBH groupé correspondant 84 par l'intermédiaire de la plage de connexion 84a de base.

Pour le reste, la structure est la même que celle de l'amplificateur de puissance à haute fréquence de la première forme de réalisation.

Dans l'agencement selon la technique antérieure, un circuit servant à
 10 commander une harmonique est placé non pas à l'intérieur d'un élément transistorisé mais sous la forme d'un élément de circuit extérieur pour l'élément transistorisé. En revanche, dans l'amplificateur de puissance à haute fréquence 80 selon la présente forme de réalisation, chaque circuit de résonance série 32 sous la forme d'un circuit de résonance à haute fréquence entrant en résonance avec l'harmonique de second
 15 rang ou plus d'une fréquence de fonctionnement est monté en dérivation entre l'électrode de base et le TBH groupé correspondant 84 constituant l'élément à TBH 82 et l'extrémité de mise à la terre. Ainsi, le circuit de résonance série 32 est monté en dérivation du côté du circuit interne de l'élément à TBH 82 lui-même.

Avec l'agencement selon la technique antérieure, il est difficile d'obtenir une
 20 charge de faible impédance par rapport aux harmoniques. Dans l'amplificateur de puissance à haute fréquence 80, chaque circuit de résonance série 32 ayant la fréquence harmonique de résonance voulue est monté en dérivation entre l'électrode de base du TBH groupé correspondant 84 constituant l'élément 82 à TBH et l'extrémité de mise à la terre et est réglé de façon à entrer en résonance avec la
 25 fréquence voulue, ce qui assure donc que la charge de haute fréquence par rapport à l'harmonique de second rang ou plus de la fréquence de fonctionnement peut facilement être commandée à une basse impédance, vue du côté de la base de l'élément à TBH 82. Dans ce cas, les fréquences de résonance de tous les circuits de résonance série 32 peuvent être égales les unes aux autres.

30 Par ailleurs, si l'élément à TBH 82 a une certaine largeur de bande de fréquence de fonctionnement, non seulement la fréquence de fonctionnement, mais encore une fréquence harmonique de second rang ou plus a également une certaine largeur de bande et il est nécessaire de commander la charge d'entrée sur la totalité d'une large bande.

Par conséquent, comme décrit à propos de la première forme de réalisation, les circuits de résonance série 32 ayant des fréquences de résonance différentes correspondant aux harmoniques de second rang ou plus de la bande de fréquence de fonctionnement sont réglés et sont mélangés de façon adéquate et organisés de façon bien équilibrée pour former un amplificateur de puissance à haute fréquence ayant une large bande de fréquence de fonctionnement et une distorsion réduite.

Comme décrit plus haut, l'amplificateur de puissance à haute fréquence comprend un élément transistorisé ayant plusieurs unités de transistors sur un premier substrat en semiconducteur, chacune des unités de transistors comportant plusieurs transistors bipolaires connectés en parallèle les uns aux autres sous une forme multi-doigts, et chacune des unités de transistors ayant une borne de commande par l'intermédiaire de laquelle un signal d'entrée est appliqué, une première bande connectée à une extrémité à potentiel constant et une seconde borne par l'intermédiaire de laquelle un signal de sortie est délivré ; un circuit de traitement à haute fréquence ayant plusieurs premiers circuits de résonance série montés en dérivation entre les bornes de commande des unités de transistors de l'élément transistorisé et les extrémités à potentiel constant, est situé sur un second substrat en semiconducteur ; une première ligne de connexion servant à connecter les unes aux autres les différentes bornes de commande de l'élément transistorisé ; une seconde ligne de connexion servant à connecter les unes aux autres les différentes secondes bornes de l'élément transistorisé ; un circuit d'adaptation d'entrée connecté à la première ligne de connexion ; et un circuit d'adaptation de sortie connecté à la seconde ligne de connexion, et les premiers circuits de résonance série ayant des fréquences de résonance correspondant à l'harmonique de second rang ou plus d'une fréquence incluse dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'élément transistorisé. L'amplificateur de puissance à haute fréquence selon la présente invention est apte à régler à une impédance plus basse la charge de haute fréquence par rapport à l'harmonique de second rang ou plus de la fréquence de fonctionnement. De la sorte, l'amplificateur de puissance à haute fréquence peut être conçu de manière à avoir une plus grande puissance et un meilleur rendement.

En outre, deux des premiers circuits de résonance série peuvent être réglés de manière à avoir des fréquences de résonance qui correspondent aux harmoniques de deuxième rang et plus d'une fréquence incluse dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'élément transistorisé, et qui sont différentes l'une de l'autre, et de

ce fait il est possible d'obtenir des caractéristiques de torsion à variation réduite sur une bande relativement large.

5 Ainsi, il est possible d'obtenir, avec un agencement simple, un amplificateur de puissance à haute fréquence ayant une puissance plus grande, un meilleur rendement et des caractéristiques de distorsion améliorées sur une bande de fréquence relativement large.

10 Comme décrit plus haut, l'amplificateur de puissance à haute fréquence selon la présente invention se prête à une utilisation dans des dispositifs de télécommunication fonctionnant sur des bandes hyperfréquence et d'ondes millimétriques pour des communications mobiles, des communications par satellites ou autres.

REVENDICATIONS

1. Amplificateur de puissance (10) à haute fréquence, caractérisé en ce
5 qu'il comprend :

un élément transistorisé (12) ayant plusieurs unités de transistors (30)
sur un premier substrat en semiconducteur (12a), chacune des unités de transistors
(30) ayant plusieurs transistors connectés en parallèle les uns aux autres sous une
forme multi-doigts, et chacune des unités de transistors (30) ayant une borne de
10 commande (30a) par l'intermédiaire de laquelle un signal d'entrée est appliqué, une
première borne (30b) connectée à une extrémité à potentiel constant, et une seconde
borne (30c) par l'intermédiaire de laquelle un signal de sortie est délivré ;

un circuit de traitement de haute fréquence (14) ayant plusieurs
premiers circuits de résonance série (32) montés en dérivation entre les bornes de
15 commande (30a) des unités de transistors (30) dudit élément transistorisé (12) et les
extrémités à potentiel constant, et situé sur un second substrat en semiconducteur
(14a) ;

une première ligne de connexion (18) servant à connecter les unes aux
autres les différentes bornes de commande (30a) de l'élément transistorisé (12) ;

20 une seconde ligne de connexion (24) servant à connecter les unes aux
autres les différentes secondes bornes (30b) de l'élément transistorisé (12) ;

un circuit d'adaptation d'entrée (20) connecté à ladite première ligne
de connexion ; et

un circuit d'adaptation de sortie (26) connecté à ladite seconde ligne
25 de connexion (24), deux des premiers circuits de résonance série (32) ayant des
fréquences de résonance correspondant aux harmoniques de second rang et plus
d'une fréquence incluse dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'élément
transistorisé (12), et différentes l'une de l'autre.

2. Amplificateur de puissance à haute fréquence (10) selon la
30 revendication 1, caractérisé en ce que l'un des premiers circuits de résonance série
(32) est connecté à chacune des unités de transistors (30).

3. Amplificateur de puissance à haute fréquence (10) selon la
revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le nombre de fréquences de résonance
différentes les uns des autres dans les premiers circuits de résonance série (32) est
35 établi à une mesure du nombre des unités de transistors (30).

4. Amplificateur de puissance à haute fréquence (70) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant en outre au moins un second circuit de résonance série (72) sur le second substrat en semiconducteur (14a), monté en dérivation entre la borne de commande (30a) de l'unité de transistor (30) et l'extrémité à potentiel constant en parallèle avec le premier circuit de résonance série (32), deux des seconds circuits de résonance série (72) ayant des fréquences de résonance correspondant aux harmoniques de second rang et plus d'une fréquence incluse dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'élément transistorisé (12), et différentes l'une de l'autre s'il y a au moins deux seconds circuits de résonance série (72).

5. Amplificateur de puissance à haute fréquence (70) selon la revendication 4, caractérisé en ce que le nombre de fréquences de résonance différentes les unes des autres dans les seconds circuits de résonance série (72) est établi à une mesure du nombre des unités de transistors (30).

6. Amplificateur de puissance à haute fréquence (80), caractérisé en ce qu'il comprend :

un élément transistorisé (82) ayant plusieurs unités de transistors (84) sur un premier substrat en semiconducteur (12a), chacune des unités de transistors (84) ayant plusieurs transistors bipolaires connectés en parallèle les uns aux autres sous une forme multi-doigts, et chacune des unités de transistors (84) ayant une borne de commande (84a) par l'intermédiaire de laquelle un signal d'entrée est appliqué, une première bande (84b) connectée à une extrémité à potentiel constant et une seconde borne (84c) par l'intermédiaire de laquelle un signal de sortie est délivré ;

un circuit de traitement de haute fréquence (14) ayant plusieurs premiers circuits de résonance (32) montés en dérivation entre les bornes de commande (84a) des unités de transistors (84) dudit élément transistorisé (82) et les extrémités à potentiel constant, et situés sur un second substrat en semiconducteur (14a) ;

une première ligne de connexion servant à connecter les uns aux autres les différentes bornes de commande (84a) de l'élément transistorisé (84) ;

une seconde ligne de connexion servant à connecter les unes aux autres les différentes secondes bornes (84c) de l'élément transistorisé (84) ;

un circuit d'adaptation d'entrée connecté à ladite première ligne de connexion ; et

un circuit d'adaptation de sortie connecté à ladite seconde ligne de connexion, les premiers circuits de résonance série (32) ayant des fréquences de résonance correspondant à l'harmonique de second rang ou plus d'une fréquence incluse dans la bande de fréquence de fonctionnement de l'élément transistorisé (82).

- 5 7. Amplificateur de puissance à haute fréquence (10, 70, 80) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le premier substrat semiconducteur (12a) et le second substrat semiconducteur (14a) font corps l'un avec l'autre.

Fig. 1

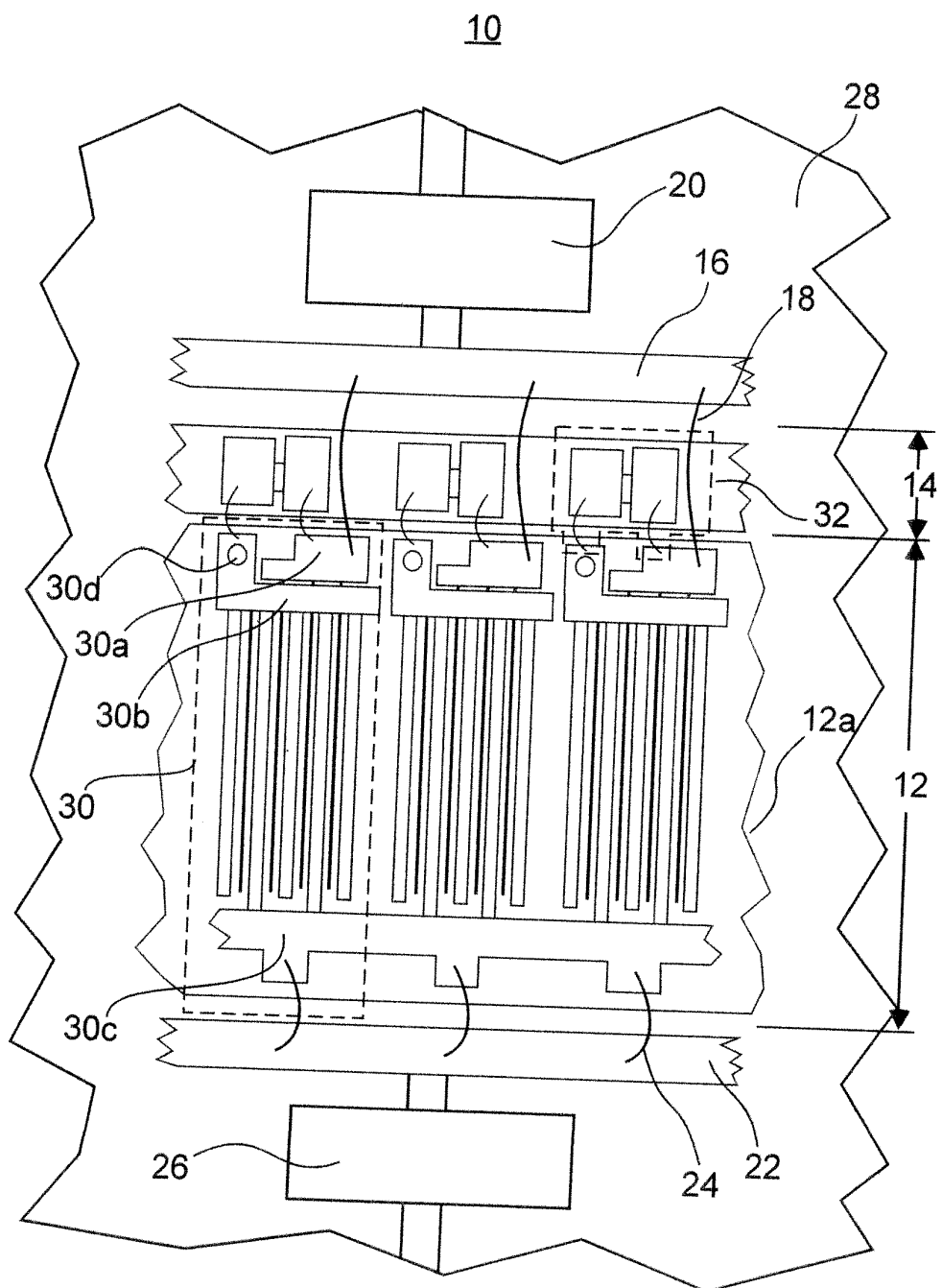


Fig. 2

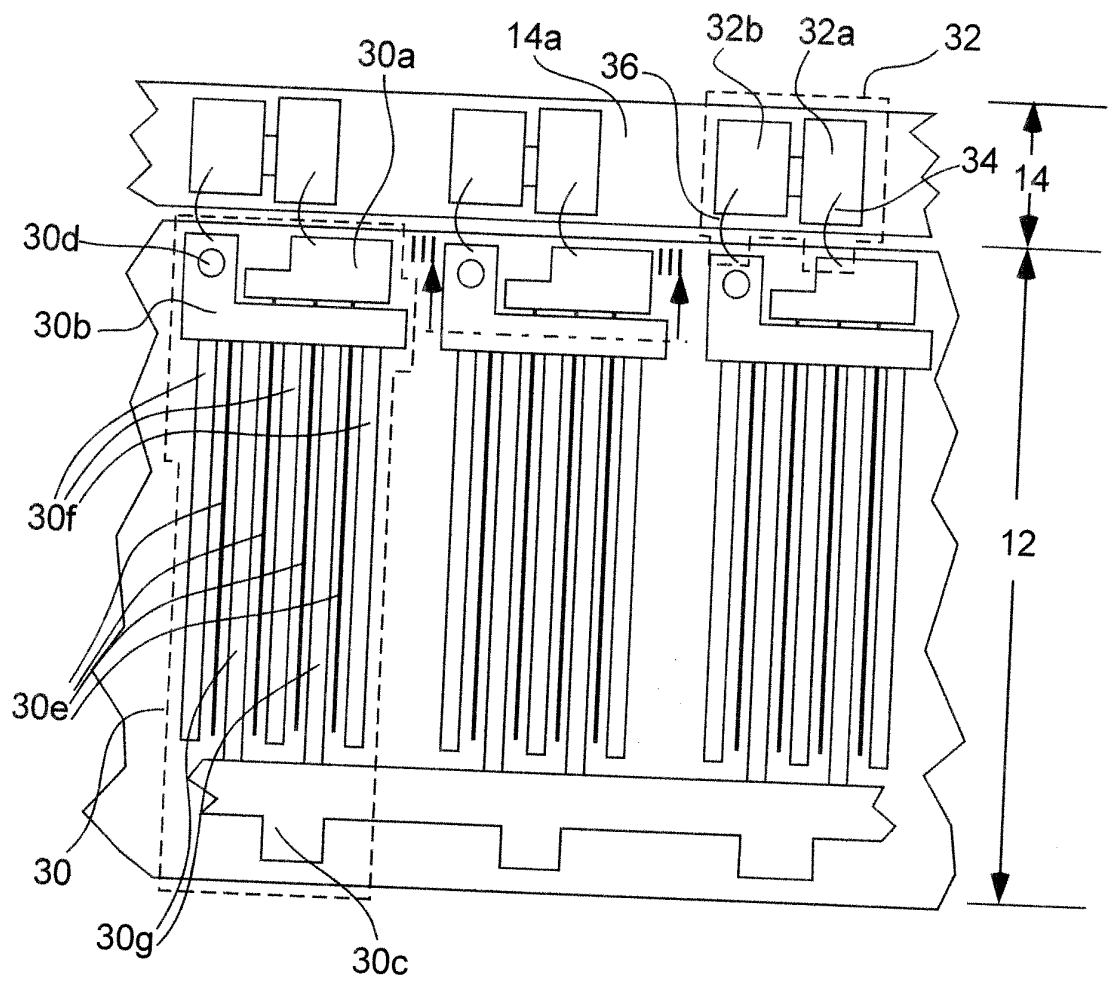


Fig. 3

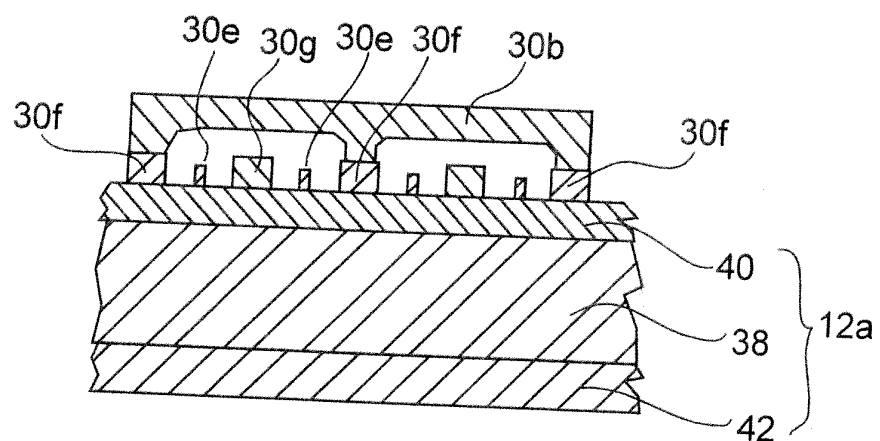
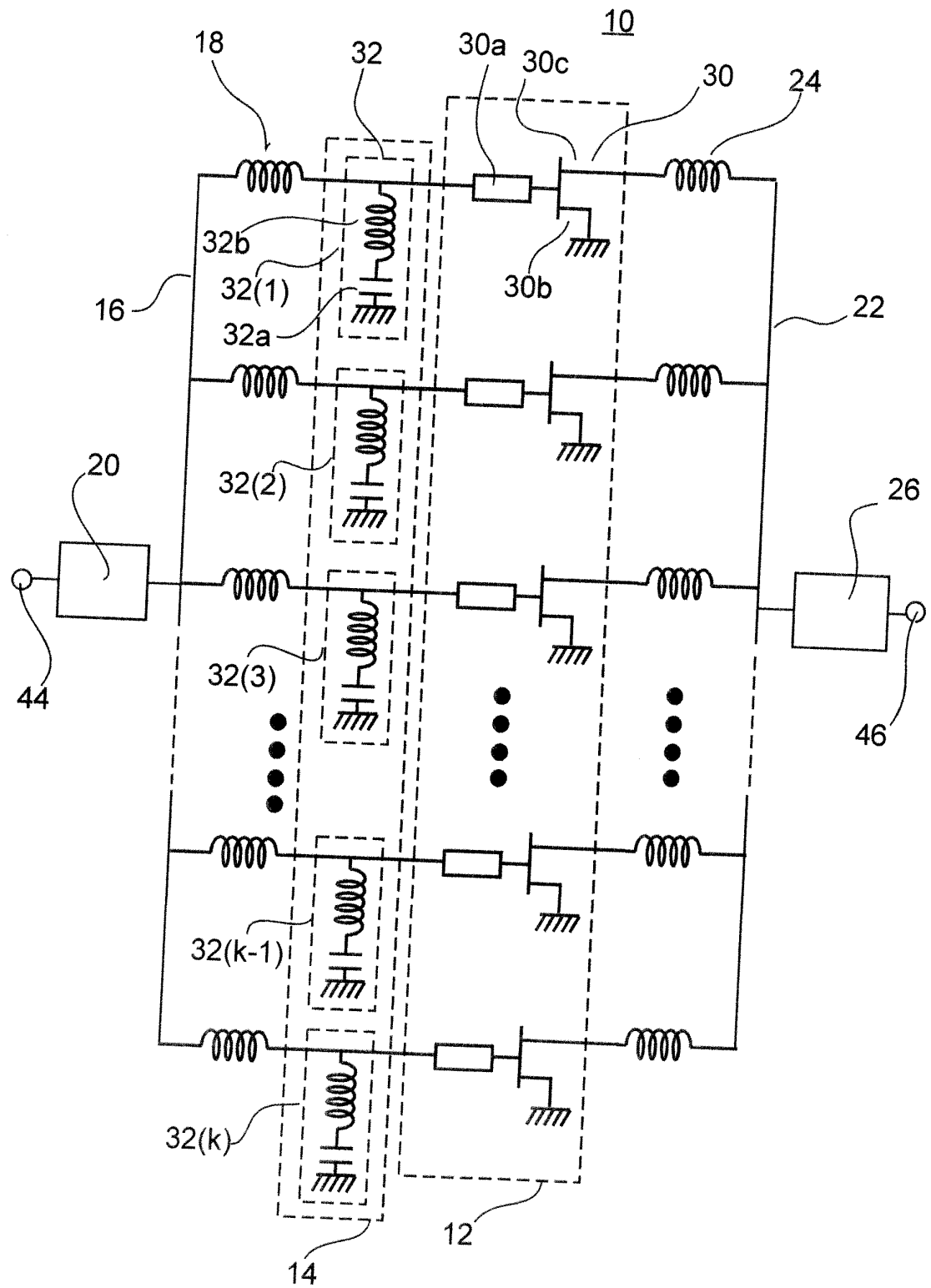


Fig. 4



4/7

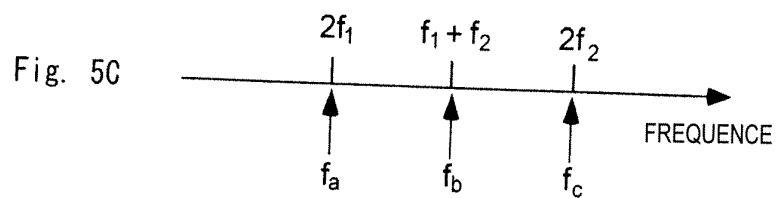
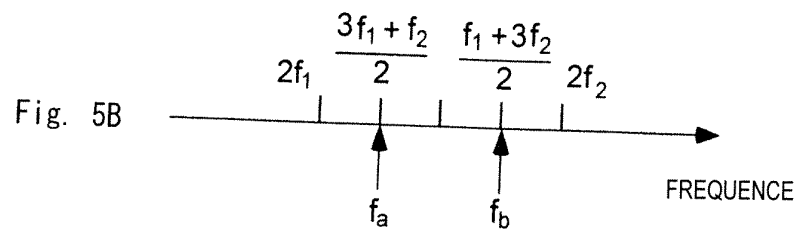
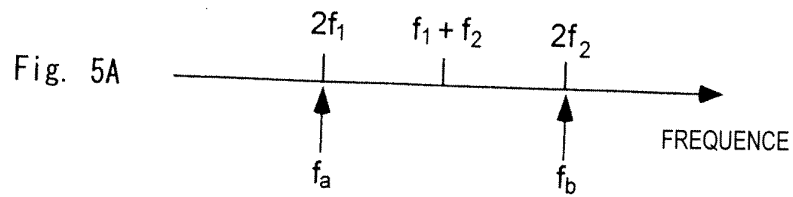


Fig. 6

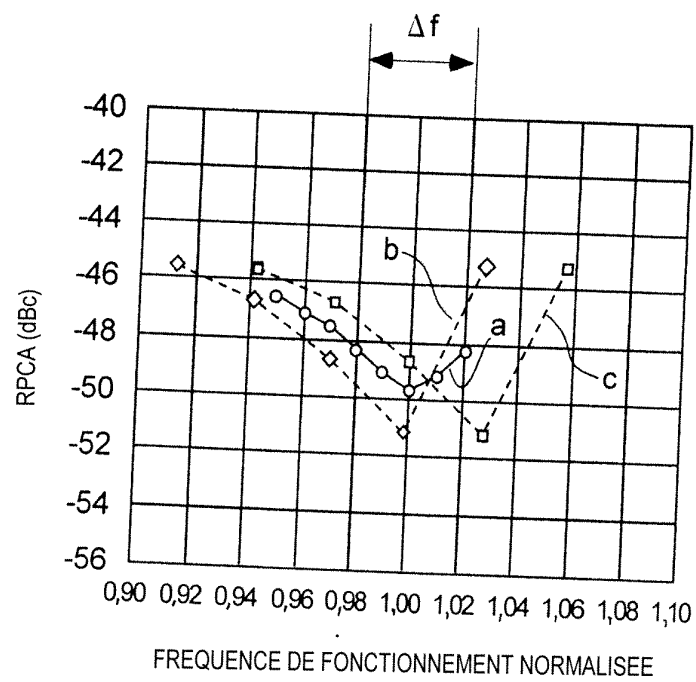


Fig. 7

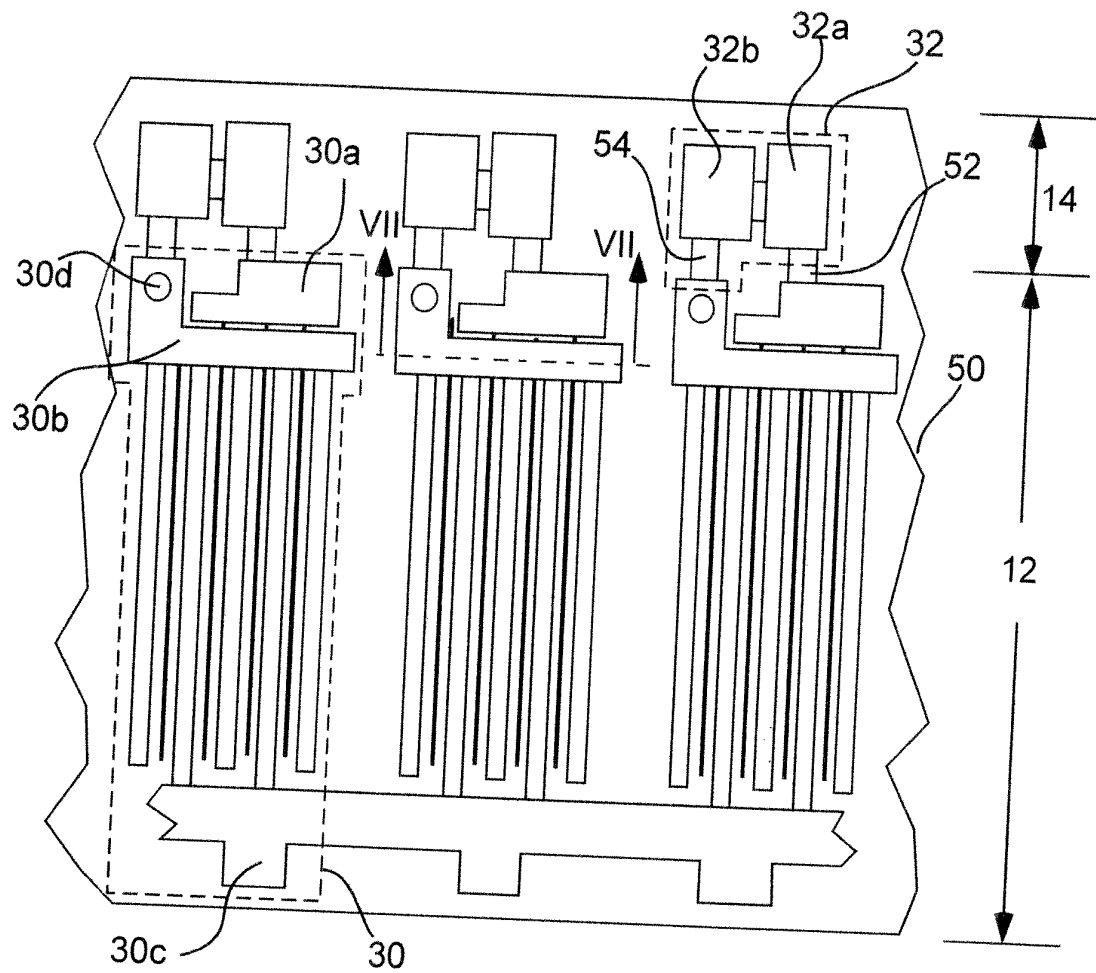


Fig. 8

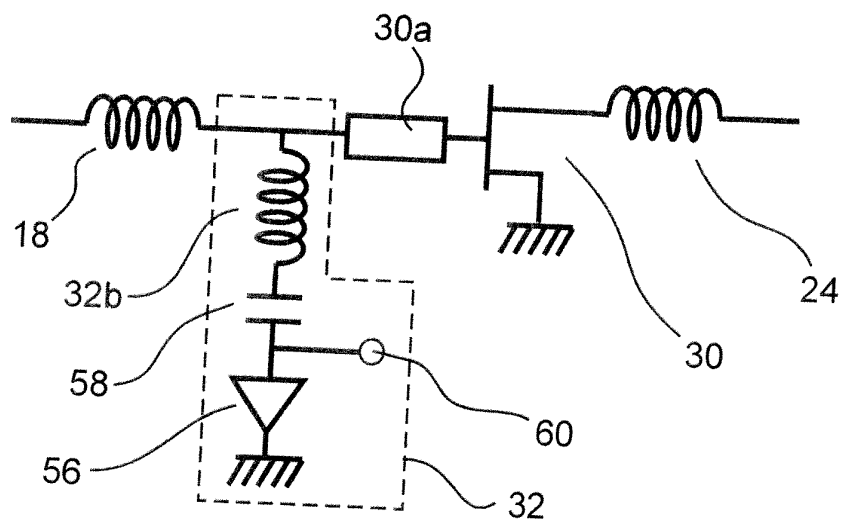


Fig. 9

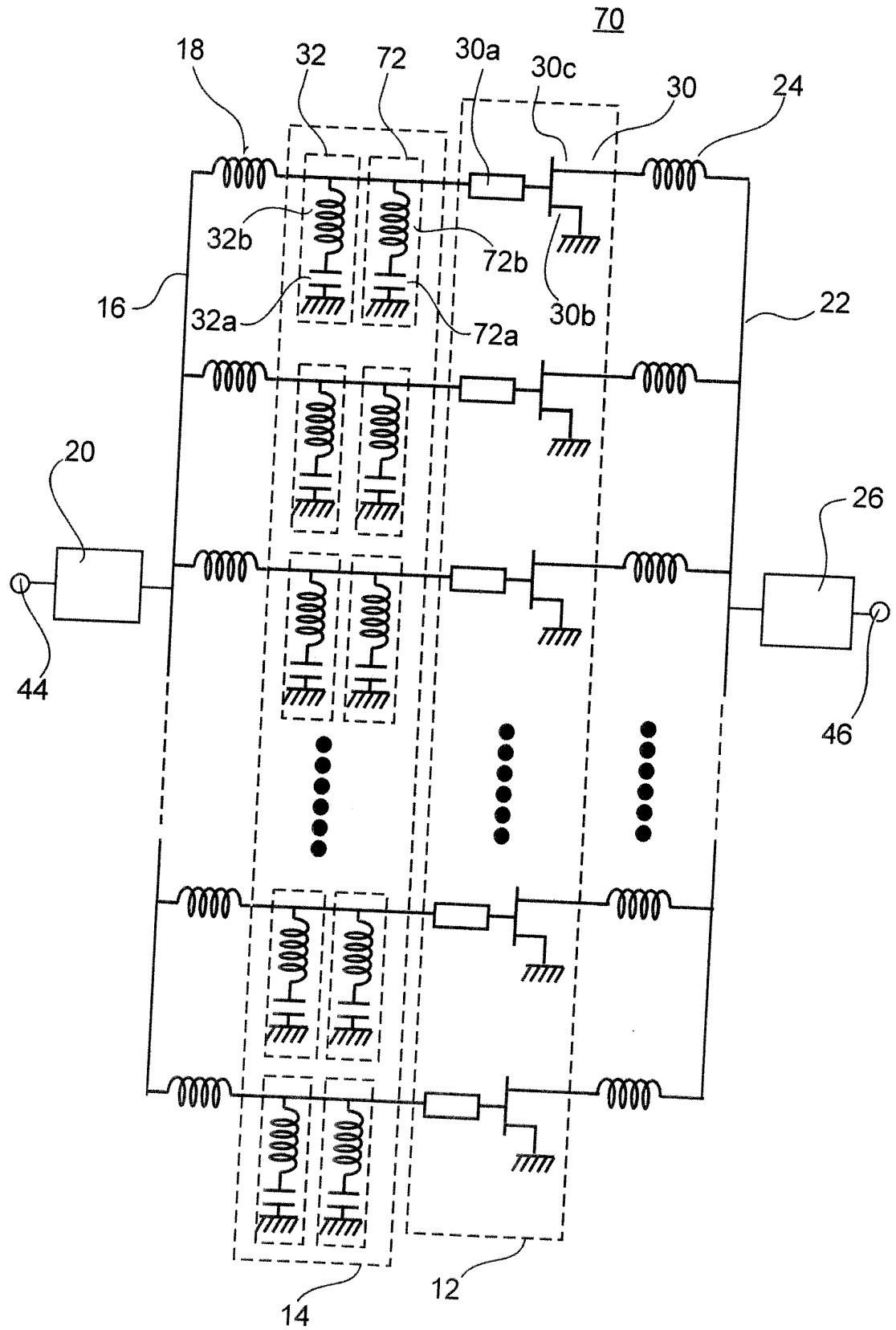


Fig. 10

