

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
22 septembre 2022 (22.09.2022)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2022/195437 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H03F 3/195 (2006.01) *H03H 7/01* (2006.01)
H03F 3/213 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/IB2022/052259

(22) Date de dépôt international :
14 mars 2022 (14.03.2022)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2102530 15 mars 2021 (15.03.2021) FR

(71) Déposant : WUPATEC [FR/FR] ; 20 Rue Atlantis Bâtiment Galileo, 87000 Limoges (FR).

(72) Inventeurs : **BOUISSE, Gérard** ; 31 rue Jules Mazellier, 31100 Toulouse (FR). **DELAGE, Quentin** ; 11C rue du Fossat, 31180 Lapeyrouse Fossat (FR). **PLET, Sullivan** ; 11 rue d'antipoul, Bat A Appt 1, 31300 Toulouse (FR). **GONZALEZ, Julien** ; 5 rue du commerce, 31120 Portet sur Garonne (FR).

(74) Mandataire : **CABINET CHAILLOT** ; 16/20 avenue de l'Agent Sarre, B.P. 74, 92703 Colombes Cedex (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,

(54) Title: BASEBAND AND RF BIAS CIRCUIT, AND RF POWER AMPLIFIER CIRCUIT COMPRISING SAME

(54) Titre : CIRCUIT DE POLARISATION EN BANDE DE BASE ET RF, ET CIRCUIT AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE RF LE COMPRENANT

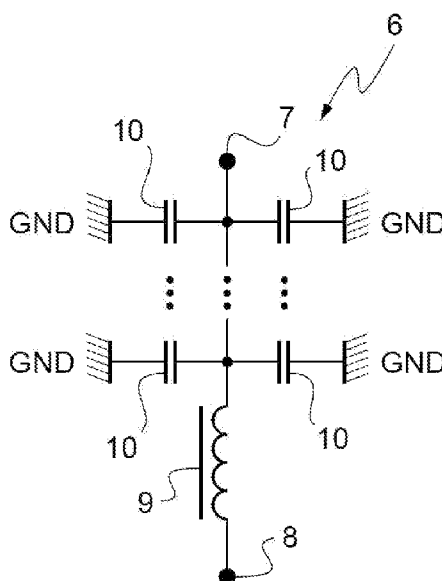


Fig.2

(57) Abstract: The present invention relates to a baseband and RF bias circuit (6) for an RF power amplifier, said bias circuit (6) having an input (7) configured to be connected to a DC power supply and an output (8) configured to be connected to a terminal, to be biased, of an RF power amplifier, characterized in that said bias circuit (6) comprises: a high-impedance inductive component (9) connected between the input (7) and the output (8) of the bias circuit (6); and a plurality of capacitors (10) connected in parallel between the input (7) of the bias circuit (6) and ground (GND), the plurality of capacitors (10) all having the same capacitance of between 1 nF and 1 μ F.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un circuit de polarisation (6) en bande de base et RF pour amplificateur de puissance RF, ledit circuit de polarisation (6) possédant une entrée (7) configurée pour être reliée à une alimentation électrique continue et une sortie (8) configurée pour être reliée à une borne à polariser d'un amplificateur de puissance RF, caractérisé par le fait que ledit circuit de polarisation (6) comprend : un composant inductif haute impédance (9) relié entre l'entrée (7) et la sortie (8) du circuit de polarisation (6); et une pluralité de condensateurs (10) reliés en parallèle entre l'entrée (7) du circuit de polarisation (6) et la masse (GND), la pluralité de condensateurs (10) ayant tous la même valeur de capacité comprise entre 1 nF et 1 μ F.



NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

- *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17(iv))*

Publiée:

- *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*
— *en noir et blanc ; la demande internationale telle que déposée était en couleur ou en échelle de gris et est disponible sur PATENTSCOPE pour téléchargement.*
-

CIRCUIT DE POLARISATION EN BANDE DE BASE ET RF, ET CIRCUIT AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE RF LE COMPRENANT

- [0001] La présente invention concerne le domaine des amplificateurs de puissance radio-fréquence (RF), et porte en particulier sur un circuit de polarisation en bande de base et radiofréquence pour amplificateur de puissance RF, et sur un circuit amplificateur de puissance RF le comprenant.
- [0002] Un réseau de découplage est un réseau fournissant un chemin basse impédance (idéalement un court-circuit) à la masse pour des signaux à courant alternatif (CA).
- [0003] En pratique, cela implique un condensateur de découplage avec une impédance $Z = 1/(C \cdot 2 \cdot \pi \cdot f)$ où C est la valeur de capacité du condensateur et f est la fréquence du signal CA, la valeur de capacité étant ajustée pour obtenir une basse impédance à la fréquence de fonctionnement.
- [0004] En pratique également, en fonction de la nature physique (de type semi-conducteur ou de type monté en surface (acronyme français CMS pour Composant Monté en Surface ou anglais SMD pour Surface Mounted Device) du condensateur de découplage et de sa valeur, un circuit résonant série peut être utilisé. En effet, un condensateur monté en surface possède une résistance série équivalente (ESR) et une inductance série équivalente (ESL), conduisant à un circuit résonant série. Dans ce cas particulier, en supposant les parasites connus, la valeur de capacité est ajustée de telle sorte que le circuit résonne à la fréquence de fonctionnement selon l'équation $f = 1/(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{ESL \cdot C})$. Dans ce cas particulier, l'impédance fournie par le condensateur monté en surface est égale à l'ESR à la fréquence de fonctionnement.
- [0005] Un amplificateur de puissance RF dans le domaine des télécommunications permet d'amplifier un signal porteur (ci-après assimilé à sa fréquence, F_0) qui a la propriété de se propager dans l'air jusqu'à une certaine distance, et qui transporte les informations à émettre, le signal de bande de base, par l'intermédiaire d'un processus de modulation. L'amplification de puissance RF est nécessaire pour amener le signal RF à F_0 à une amplitude appropriée correspondant à la distance d'intérêt de télécommunication. En raison de son aspect non-linéaire, l'amplification du signal F_0 génère des non-linéarités telles que les fréquences harmoniques ($n \cdot F_0$, où n est un nombre entier supérieur ou égal à 2). L'impédance présentée au dispositif d'amplification (généralement un transistor) à chaque fréquence contenue dans le spectre affecte les performances de l'amplificateur de puissance RF et son interaction avec des circuits émetteurs environnants. Ainsi, une attention particulière doit être portée aux fréquence CC (courant

continu), bande de base et fondamentale en termes d'isolation et de découplage.

- [0006] Un amplificateur de puissance RF traditionnel comprend un dispositif d'amplification (généralement un transistor) dont la borne d'entrée (la grille du transistor) est reliée à un réseau d'adaptation d'impédance d'entrée et dont la borne de sortie (le drain du transistor) est reliée à un réseau d'adaptation d'impédance de sortie. En outre, la borne d'entrée est polarisée à l'aide d'un circuit de polarisation d'entrée relié à une source de tension continue, et la borne de sortie est polarisée à l'aide d'un circuit de polarisation de sortie relié à une source de tension continue.
- [0007] Chaque réseau d'adaptation d'impédance doit réaliser un transfert de puissance à faible perte, tout en ayant une bonne adaptation à F_0 en entrée et en sortie et une impédance appropriée à $n.F_0$. En outre, chaque circuit de polarisation doit effectuer une isolation CC et RF depuis la borne à polariser vers la source de tension continue, un blocage CC depuis la source de tension continue vers la sortie du réseau d'adaptation d'impédance correspondant, et une continuité CC et une isolation CC et RF depuis la source de tension continue vers la borne à polariser.
- [0008] En télécommunication, un amplificateur de puissance RF peut être défini par sa bande passante instantanée (ci-après, IBW) qui représente la bande passante de signal modulant maximale qui peut être amplifiée sans distorsion asymétrique (l'asymétrie de la distorsion étant problématique, étant donné qu'elle ne peut pas être linéarisée).
- [0009] La limitation en bande passante instantanée d'un amplificateur de puissance RF provient de trois facteurs combinés :
- [0010] - la présence de termes de courant de bande de base au niveau des bornes de grille et de drain du dispositif actif (transistor),
- [0011] - la modulation d'enveloppe générée par ces termes de courant de bande de base, et
- [0012] - la terminaison de bande de base à la résonance des bornes de grille et de drain (amplification de modulation d'enveloppe).
- [0013] Ainsi, les performances d'IBW sont liées à la résonance de terminaison de bande de base au niveau à la fois de la grille et du drain du transistor d'amplification. Elle peut être amortie au niveau de la grille jusqu'à ce que son impact devienne négligeable. Cependant, elle ne peut pas être amortie au niveau du drain sur un amplificateur de puissance à haut rendement. En pratique, les performances d'IBW sont ainsi définies par la résonance de terminaison de bande de base au niveau du drain.
- [0014] La [Fig.1] représente un circuit de polarisation 1 en bande de base et RF selon l'état antérieur de la technique. Ce circuit de polarisation 1 existant possède une entrée 2 configurée pour être reliée à une alimentation électrique continue (non représentée à la [Fig.1]) et une sortie 3 configurée pour être reliée à une borne à polariser d'un transistor d'amplification (non représenté à la [Fig.1]). Ce circuit de polarisation 1 existant comprend un composant inductif haute impédance RF 4, tel qu'une bobine

d'arrêt ou une ligne quart d'onde, un condensateur de découplage RF C_{RF} de l'ordre du pF, un condensateur de découplage en bande de base C_{BB} de l'ordre du μ F, et une ligne inductive 5 entre le condensateur C_{RF} et le condensateur C_{BB} due au fait que les deux condensateurs C_{RF} et C_{BB} sont physiquement différents. Les deux condensateurs C_{RF} et C_{BB} sont reliés à la masse GND, le composant inductif haute impédance 4 est relié entre la sortie 3 du circuit de polarisation 1 et le condensateur C_{RF} , la ligne inductive 5 relie les deux condensateurs C_{RF} et C_{BB} , et le condensateur C_{BB} est relié à l'entrée 2 du circuit de polarisation 1. Ce circuit de polarisation 1 existant permet ainsi d'obtenir une haute impédance à la sortie 3, une très faible tension résiduelle CA à l'entrée 2, et un filtrage passe-bas et de faibles pertes série CC, tout en permettant un découplage à la fois en bande de base et en RF. Cependant, avec ce circuit de polarisation 1 existant, le découplage RF est en bande étroite, et l'IBW est limitée principalement en raison de l'ESL du condensateur de découplage en bande de base C_{BB} et de la liaison inductive 5 entre les deux condensateurs de découplage C_{RF} et C_{BB} . Ainsi, ce circuit de polarisation 1 existant possède une bande très étroite en termes de découplage RF, et conduit à un pic de gain entre la bande RF et CC.

- [0015] Dans le brevet américain US6639461B1, le circuit de polarisation constitué de l'inductance 641 et des quatre condensateurs en parallèle C10, C11, C12 et C16 est similaire à celui représenté en [Fig.1] de la présente invention et possède ainsi les mêmes inconvénients en raison de la présence du condensateur de découplage RF C10.
- [0016] La demande de brevet américain US5999058A1 et la demande de brevet chinois CN107979347A divulguent chacune un circuit de polarisation constitué d'une inductance et d'une pluralité de condensateurs en parallèle. Cependant, ces circuits de polarisation ne permettent pas un découplage large bande à la fois en bande de base et en RF.
- [0017] La présente invention vise à résoudre les inconvénients de l'état antérieur de la technique, en proposant un circuit de polarisation en bande de base et RF pour amplificateur de puissance RF, qui permet non seulement d'obtenir un découplage large bande, mais également d'améliorer significativement la bande passante instantanée de l'amplificateur de puissance RF.
- [0018] L'objectif est d'obtenir un circuit de polarisation en bande de base et radiofréquence (RF) pour amplificateur de puissance RF, ledit circuit de polarisation possédant une entrée configurée pour être reliée à une alimentation électrique continue et une sortie configurée pour être reliée à une borne à polariser d'un amplificateur de puissance RF, ledit circuit de polarisation comprenant : un composant inductif haute impédance relié entre l'entrée et la sortie du circuit de polarisation ; et un élément se comportant comme un condensateur avec une valeur de capacité de type bande de base et une ESL faible ou nulle.

- [0019] La présente invention a donc pour objet un circuit de polarisation en bande de base et radiofréquence (RF) pour amplificateur de puissance RF, ledit circuit de polarisation possédant une entrée configurée pour être reliée à une alimentation électrique continue et une sortie configurée pour être reliée à une borne à polariser d'un amplificateur de puissance RF, ledit circuit de polarisation comprenant ou étant constitué par : un composant inductif haute impédance relié entre l'entrée et la sortie du circuit de polarisation ; et une pluralité de condensateurs reliés en parallèle entre l'entrée du circuit de polarisation et la masse, caractérisé par le fait que la pluralité de condensateurs ont tous la même valeur de capacité comprise entre 1 nF et 1 μ F, dans lequel chaque condensateur de la pluralité de condensateurs comprend une première borne reliée à l'entrée du circuit de polarisation et une seconde borne reliée à la masse, les premières bornes de tous les condensateurs étant reliées ensemble à l'aide d'une ligne de transmission rectiligne dont la longueur est inférieure à celle d'une ligne quart d'onde, la pluralité de condensateurs comprenant un nombre pair de condensateurs répartis en deux rangées identiques de condensateurs disposées de manière symétrique de part et d'autre de ladite ligne de transmission.
- [0020] Par composant inductif haute impédance, on entend un composant inductif qui permet d'obtenir un état haute impédance (aussi connu comme high-Z) à la sortie du circuit de polarisation, c'est-à-dire qu'un courant relativement faible pour la tension impliquée circule à travers la sortie du circuit de polarisation, ou encore que la sortie du circuit de polarisation n'a aucun chemin basse impédance vers n'importe lequel des autres nœuds dans la plage de fréquences considérée de l'amplificateur de puissance RF.
- [0021] Ainsi, la mise en parallèle de plusieurs condensateurs identiques permet ainsi de réaliser un découplage à la fois bande de base et RF.
- [0022] La valeur de capacité comprise entre 1 nF et 1 μ F permet, après mise en parallèle des condensateurs, d'obtenir une valeur de capacité globale élevée ayant les propriétés suivantes :
- [0023] - découplage simultané en bande de base et RF (pour ne pas dire découplage large bande), et
- [0024] - obtention d'une bande passante instantanée (IWB) optimale pour l'amplificateur de puissance RF.
- [0025] La valeur de capacité (comprise entre 1 nF et 1 μ F) est de type bande de base, c'est-à-dire une valeur beaucoup plus élevée que celle d'un condensateur de découplage RF traditionnel (de l'ordre du pF). La fréquence d'auto-résonance est très faible comparée à la bande de fréquences RF. Contrairement à l'état antérieur de la technique, le découplage RF n'est ainsi plus en bande étroite.
- [0026] Le circuit de polarisation selon la présente invention permet en outre d'obtenir une

tension résiduelle CA très faible après découplage au niveau de l'entrée du circuit de polarisation.

- [0027] Avec le circuit de polarisation de l'état antérieur de la technique décrit ci-dessus, l'impédance présentée à la source de courant (c'est-à-dire, le transistor d'amplification) conduit à une résonance qui se traduit en pic de gain, conduisant potentiellement à des oscillations. Dans la présente invention, au contraire, la même valeur élevée de capacité conduit à une charge très lisse et constante par rapport à la fréquence, jusqu'à un point de décroissance où l'impédance diminue à zéro en CC. Ceci est une situation bien plus saine du point de vue de la platitude et de la stabilité du gain de l'amplificateur de puissance RF.
- [0028] A titre d'exemple, pour des amplificateurs de puissance de type GaN (nitrure de gallium) sous 6 GHz, six condensateurs montés en surface en parallèle ont de meilleures performances que le découplage RF et bande de base traditionnel tel que décrit ci-dessus. En effet, la tension résiduelle sur le port d'alimentation électrique (c'est-à-dire, l'entrée du circuit de polarisation) est plus faible, l'impédance de découplage sur le port d'alimentation électrique a une valeur plus faible, et il n'y a aucune résonance d'impédance entre CC et la bande RF, c'est-à-dire aucun pic de gain (ce qui conduit à une meilleure stabilité).
- [0029] Ainsi, outre le fait que le circuit de polarisation selon la présente invention permet d'effectuer une isolation CC et RF depuis la borne à polariser vers la source de tension continue, un blocage CC depuis la source de tension continue vers la sortie du réseau d'adaptation d'impédance correspondant et une continuité CC et une isolation CC et RF depuis la source de tension continue vers la borne à polariser et permet également d'obtenir une haute impédance à la sortie, une très faible tension résiduelle CA à l'entrée, et un filtrage passe-bas et de faibles pertes série CC, le circuit de polarisation selon la présente invention permet en outre de réaliser un découplage large bande et d'obtenir des performances de bande passante instantanée sans précédent.
- [0030] L'agencement particulier des condensateurs tête-bêche de part et d'autre de la ligne de transmission permet d'avoir une topologie compacte des condensateurs de découplage, de manière à limiter la longueur de la ligne de transmission les reliant. En pratique, la longueur de ladite ligne de transmission est très inférieure à celle d'une ligne quart d'onde, de manière à obtenir une topologie très compacte.
- [0031] Cet agencement particulier des condensateurs à l'extrémité du composant inductif haute impédance est essentiel à l'invention, étant donné qu'elle permet de minimiser les inductances parasites entre les condensateurs et ainsi de réaliser un découplage plus efficace mais également plus large bande.
- [0032] Selon une caractéristique particulière de l'invention, le composant inductif haute impédance est au moins l'un parmi une bobine d'arrêt et une ligne quart d'onde.

- [0033] La bobine d'arrêt ou la ligne quart d'onde permet ainsi d'avoir un état haute impédance au niveau de la sortie du circuit de polarisation.
- [0034] Selon une caractéristique particulière de l'invention, le composant inductif haute impédance possède une valeur d'inductance comprise entre 0,1 nH et 10 nH.
- [0035] Il est à noter que la limite basse de 0,1 nH (soit 100pH) correspond à l'utilisation de l'amplificateur de puissance RF à des fréquences RF élevées, dans le sous-cas où une inductance shunt résonne la capacité de sortie du transistor d'amplification.
- [0036] Selon un premier mode de réalisation de l'invention, la pluralité de condensateurs sont des condensateurs montés en surface.
- [0037] Comme indiqué ci-dessus, un condensateur monté en surface possède une résistance série équivalente (ESR) et une inductance série équivalente (ESL), conduisant à un circuit résonant série (ESR-ESL-C).
- [0038] La mise en parallèle de n ($n \geq 2$) condensateurs montés en surface permet ainsi de diviser ESR et ESL par n et de multiplier C par n .
- [0039] Etant donné que l'ESL est réduite et que la ligne inductive entre la pluralité de condensateurs est également très réduite, la bande passante instantanée de l'amplificateur de puissance RF est améliorée.
- [0040] Selon une caractéristique particulière de l'invention, les condensateurs montés en surface ont chacun l'un parmi un boîtier de type 0402 dans le système métrique, un boîtier de type 0603 dans le système métrique et un boîtier de type 0201 dans le système métrique.
- [0041] Par boîtier de type 0402 dans le système métrique, on entend un boîtier ayant une largeur de 500 μm et une longueur de 1000 μm .
- [0042] Par boîtier de type 0603 dans le système métrique, on entend un boîtier ayant une largeur de 800 μm et une longueur de 1600 μm .
- [0043] Par boîtier de type 0201 dans le système métrique, on entend un boîtier ayant une largeur de 300 μm et une longueur de 600 μm .
- [0044] Il est à noter qu'au delà d'une taille 0603, les inductances parasites seraient trop importantes et donc ce type de boîtier ne serait pas approprié à la réalisation de la présente invention.
- [0045] Selon un second mode de réalisation de l'invention, la pluralité de condensateurs sont des condensateurs semi-conducteurs intégrés à tranchée profonde.
- [0046] Ainsi, ce type de condensateurs intégrés permet d'obtenir une valeur de capacité pouvant aller jusqu'à plusieurs nF.
- [0047] La présente invention a en outre pour objet un circuit amplificateur de puissance RF comprenant un transistor amplificateur de puissance et au moins un circuit de polarisation tel que décrit ci-dessus dont l'entrée est reliée à une alimentation électrique continue et dont la sortie est reliée à une borne à polariser du transistor amplificateur

de puissance.

- [0048] Ainsi, le circuit de polarisation permet de polariser la borne à polariser (grille ou drain) du transistor amplificateur de puissance à la tension continue de l'alimentation électrique continue.
- [0049] Selon une caractéristique particulière de l'invention, le circuit amplificateur de puissance RF comprend un premier circuit de polarisation dont la sortie est reliée à la grille du transistor amplificateur de puissance et un second circuit de polarisation dont la sortie est reliée au drain du transistor amplificateur de puissance.
- [0050] Selon une caractéristique particulière de l'invention, le circuit amplificateur de puissance RF comprend en outre un réseau d'adaptation d'impédance d'entrée relié à la grille du transistor amplificateur de puissance et un réseau d'adaptation d'impédance de sortie relié au drain du transistor amplificateur de puissance.
- [0051] Ainsi, le réseau d'adaptation d'impédance d'entrée est disposé entre l'entrée du circuit amplificateur de puissance RF et la grille du transistor amplificateur de puissance et permet de réaliser une adaptation d'impédance d'entrée (généralement à 50 Ohms), et le réseau d'adaptation d'impédance de sortie est disposé entre le drain du transistor amplificateur de puissance et la sortie du circuit amplificateur de puissance RF et permet de réaliser une adaptation d'impédance de sortie (généralement à 50 Ohms).
- [0052] Le circuit de polarisation selon la présente invention peut être utilisé dans des amplificateurs de puissance RF en général, et en particulier dans des amplificateurs de puissance RF pour les télécommunications (par exemple, 4G/5G) tels que des amplificateurs de puissance RF de type Doherty, des amplificateurs de puissance RF pour application radar, des amplificateurs de puissance RF large bande (instrumentation), ou un découplage RF large bande pour des blocs RF (par exemple, mélangeurs/oscillateurs).
- [0053] Pour mieux illustrer l'objet de la présente invention, on va en décrire ci-après, à titre illustratif et non limitatif, un mode de réalisation préféré, avec référence aux dessins annexés.
- [0054] Sur ces dessins :
- [0055] [Fig.1] est une vue schématique d'un circuit de polarisation selon l'état antérieur de la technique ;
- [0056] [Fig.2] est une vue schématique d'un circuit de polarisation selon la présente invention ;
- [0057] [Fig.3] est une vue schématique d'un circuit amplificateur de puissance RF selon la présente invention ;
- [0058] [Fig.4] est une topologie à titre d'exemple des condensateurs en parallèle du circuit de polarisation de la présente invention ;

- [0059] [Fig.5a] représente des courbes à titre d'exemple de la tension résiduelle CA après découplage en fonction de la fréquence pour un amplificateur de puissance 100W 50V de type GaN ;
- [0060] [Fig.5b] représente un grossissement de la [Fig.5b] entre 0 et 10 V ; et
- [0061] [Fig.6] représente des courbes à titre d'exemple de l'impédance bande de base dans le plan de la source de courant en fonction de la fréquence pour un amplificateur de puissance 100W 50V de type GaN.
- [0062] Si l'on se réfère à la [Fig.2], on peut voir qu'il y est représenté un circuit de polarisation en bande de base et RF 6 selon la présente invention.
- [0063] Le circuit de polarisation 6 possède une entrée 7 configurée pour être reliée à une alimentation électrique continue (non représentée à la [Fig.2]) et une sortie 8 configurée pour être reliée à une borne à polariser d'un amplificateur de puissance RF tel qu'un transistor de puissance (non représenté à la [Fig.2]).
- [0064] Le circuit de polarisation 6 consiste en un composant inductif haute impédance 9 relié entre l'entrée 7 et la sortie 8 du circuit de polarisation 6, et en une pluralité de condensateurs 10 reliés en parallèle entre l'entrée 7 du circuit de polarisation 6 et la masse GND du circuit, la pluralité de condensateurs 10 ayant tous la même valeur de capacité comprise entre 1 nF et 1 μ F.
- [0065] Bien que quatre condensateurs 10 en parallèle aient été représentés à la [Fig.2], un nombre quelconque de condensateurs 10, supérieur ou égal à deux, pourrait également être utilisé, sans s'écarter du cadre de la présente invention.
- [0066] Le composant inductif haute impédance 9 peut être une bobine d'arrêt (également connue comme bobine de choc ou bobine choke) ou une ligne quart d'onde, ayant une valeur d'inductance comprise entre 0,1 nH et 10 nH.
- [0067] Les condensateurs 10 peuvent être soit des condensateurs montés en surface, soit des condensateurs semi-conducteurs intégrés à tranchée profonde.
- [0068] Si l'on se réfère à la [Fig.3], on peut voir qu'il y est représenté un circuit amplificateur de puissance RF 11 selon la présente invention.
- [0069] Le circuit amplificateur de puissance RF 11 comprend un transistor amplificateur de puissance 12 (par exemple, un transistor MOS de type GaN), un réseau d'adaptation d'impédance d'entrée 13, un réseau d'adaptation d'impédance de sortie 14 et deux circuits de polarisation 6.
- [0070] Le réseau d'adaptation d'impédance d'entrée 13 permet de réaliser une adaptation d'impédance en entrée (généralement à 50 Ohms), et le réseau d'adaptation d'impédance de sortie 14 permet de réaliser une adaptation d'impédance en sortie (généralement également à 50 Ohms).
- [0071] Le réseau d'adaptation d'impédance d'entrée 13 est relié entre l'entrée IN du circuit amplificateur de puissance RF 11 et la grille 12a du transistor 12, et le réseau

d'adaptation d'impédance de sortie 14 est relié entre le drain 12b du transistor 12 et la sortie OUT du circuit amplificateur de puissance RF 11, la source 12c du transistor 12 étant reliée à la masse GND du circuit.

- [0072] Le réseau d'adaptation d'impédance d'entrée 13 comprend successivement en série, de la grille 12a du transistor 12 à l'entrée IN du circuit 11 : une bobine d'inductance 13a, une première ligne de transmission 13b, un condensateur 13c et une seconde ligne de transmission 13d.
- [0073] Il est à noter que le réseau d'adaptation d'impédance d'entrée 13 pourrait également comprendre de quelconques autres composants et/ou un quelconque autre agencement, sans s'écarter du cadre de la présente invention.
- [0074] Le réseau d'adaptation d'impédance de sortie 14 comprend successivement en série, du drain 12b du transistor 12 à la sortie OUT du circuit 11 : une bobine d'inductance 14a, une première ligne de transmission 14b, un condensateur 14c et une seconde ligne de transmission 14d.
- [0075] Il est à noter que le réseau d'adaptation d'impédance de sortie 14 pourrait également comprendre de quelconques autres composants et/ou un quelconque autre agencement, sans s'écarter du cadre de la présente invention.
- [0076] L'un des deux circuits de polarisation 6 est relié entre une première source de tension continue VDD1 et la grille 12a du transistor 12, de manière à polariser la grille 12a du transistor 12 à la tension continue VDD1.
- [0077] L'autre des deux circuits de polarisation 6 est relié entre une seconde source de tension continue VDD2 et le drain 12b du transistor 12, de manière à polariser le drain 12b du transistor 12 à la tension continue VDD2.
- [0078] Il est à noter que les première et seconde sources de tension continue VDD1 et VDD2 pourraient également être identiques, sans s'écarter du cadre de la présente invention.
- [0079] Dans chaque circuit de polarisation 6, la valeur de capacité des condensateurs 10 comprise entre 1 nF et 1 μ F permet, après mise en parallèle des condensateurs 10, d'obtenir une valeur de capacité globale élevée, ce qui permet d'obtenir un découplage simultané en bande de base et RF (pour ne pas dire découplage large bande), et une bande passante instantanée optimale pour le circuit amplificateur de puissance RF 11.
- [0080] La valeur de capacité (comprise entre 1 nF et 1 μ F) est de type bande de base, c'est-à-dire une valeur beaucoup plus élevée que celle d'un condensateur de découplage RF traditionnel (de l'ordre du pF). La fréquence d'auto-résonance est ainsi très faible comparée à la bande de fréquences RF.
- [0081] Chaque circuit de polarisation 6 permet en outre d'obtenir une tension résiduelle CA très faible après découplage au niveau de son entrée 7.
- [0082] Ainsi, outre le fait que le circuit de polarisation 6 de la présente invention permet

d'effectuer une isolation CC et RF depuis la borne à polariser (grille 12a ou drain 12b) vers la source de tension continue (VDD1 ou VDD2), un blocage CC depuis la source de tension continue (VDD1 ou VDD2) vers la sortie (IN ou OUT) du réseau d'adaptation d'impédance correspondant (13 ou 14) et une continuité CC et une isolation CC et RF depuis la source de tension continue (VDD1 ou VDD2) vers la borne à polariser (grille 12a ou drain 12b) et permet également d'obtenir une haute impédance à sa sortie 8, une très faible tension résiduelle CA à son entrée 7, et un filtrage passe-bas et de faibles pertes série CC, le circuit de polarisation 6 selon la présente invention permet en outre de réaliser un découplage large bande et d'obtenir des performances de bande passante instantanée sans précédent.

[0083] Si l'on se réfère à la [Fig.4], on peut voir qu'il y est représenté une topologie à titre d'exemple des condensateurs 10 en parallèle du circuit de polarisation 6 de la présente invention.

[0084] Dans la [Fig.4], huit condensateurs 10 de type monté en surface sont montés en parallèle.

[0085] Chaque condensateur monté en surface 10 possède un boîtier de type 0402 dans le système métrique, c'est-à-dire un boîtier ayant une largeur de 500 μm et une longueur de 1000 μm .

[0086] Il est à noter que chaque condensateur monté en surface 10 pourrait également avoir un boîtier de type 0603 ou 0201, sans s'écarter du cadre de la présente invention.

[0087] Chaque condensateur monté en surface 10 possède une première borne 10a reliée à l'entrée 7 du circuit de polarisation 6 et une seconde borne 10b reliée à la masse GDN.

[0088] Chacune des secondes bornes 10b des condensateurs montés en surface 10 est reliée à un trou traversant de raccordement 15 permettant d'accéder à la face opposée de la carte de circuits imprimés.

[0089] Les condensateurs montés en surface 10 sont répartis en deux rangées identiques de condensateurs 10, lesdites deux rangées étant disposées tête-bêche, c'est-à-dire de manière symétrique, de part et d'autre d'une ligne de transmission rectiligne 16 à laquelle sont reliées les premières bornes 10a de tous les condensateurs montés en surface 10.

[0090] En outre, les condensateurs 10 d'une même rangée sont agencés de manière contiguë, permettant ainsi d'obtenir à titre d'exemple une distance de 700 μm entre les axes de symétrie longitudinaux de deux condensateurs 10 adjacents.

[0091] Bien que la [Fig.4] représente huit condensateurs 10, un nombre pair quelconque de condensateurs 10 pourraient également être utilisés avec une disposition tête-bêche similaire, sans s'écarter du cadre de la présente invention. A titre d'exemple : dans le cas de deux condensateurs 10, l'un des condensateurs 10 serait disposé d'un côté de la ligne de transmission 16 et l'autre condensateur 10 serait disposé tête-bêche de l'autre

côté de la ligne de transmission 16 ; dans le cas de quatre condensateurs 10, une rangée de deux condensateurs adjacents 10 serait disposée d'un côté de la ligne de transmission 16 et une rangée de deux autres condensateurs adjacents 10 serait disposée tête-bêche de l'autre côté de la ligne de transmission 16 ; et, dans le cas de six condensateurs 10, une rangée de trois condensateurs adjacents 10 serait disposée d'un côté de la ligne de transmission 16 et une rangée de trois autres condensateurs adjacents 10 serait disposée tête-bêche de l'autre côté de la ligne de transmission 16.

- [0092] Ainsi, cet agencement particulier des condensateurs 10 permet d'avoir une topologie compacte, de manière à limiter la longueur de la ligne de transmission 16 centrale reliant l'ensemble des premières bornes 10a des condensateurs 10.
- [0093] En pratique, la longueur de ladite ligne de transmission 16 est très inférieure à celle d'une ligne quart d'onde, de manière à obtenir une topologie très compacte. Cet agencement particulier des condensateurs 10 à l'extrémité du composant inductif haute impédance 9 permet en outre de minimiser les inductances parasites entre les condensateurs 10 et ainsi de réaliser un découplage plus efficace mais également plus large bande.
- [0094] Comme indiqué précédemment, chacun des condensateurs montés en surface 10 possède une résistance série équivalente (ESR) et une inductance série équivalente (ESL), conduisant à un circuit résonant série (ESR-ESL-C).
- [0095] La mise en parallèle des huit condensateurs montés en surface 10 permet ainsi de diviser ESR et ESL par huit et de multiplier C par huit.
- [0096] Etant donné que l'ESL est réduite et que la longueur de la ligne de transmission 16 entre la pluralité de condensateurs 10 est très faible, la bande passante instantanée du circuit amplificateur de puissance RF 11 est ainsi améliorée.
- [0097] Si l'on se réfère aux Figures 5a et 5b, on peut voir qu'il y est représenté des courbes à titre d'exemple de la tension résiduelle CA à l'entrée 7 du circuit de polarisation 6 en fonction de la fréquence pour un amplificateur de puissance 100W 50V de type GaN.
- [0098] La courbe Vdec_1RF_1BB correspond à la tension résiduelle CA d'un circuit de polarisation 1 selon l'état antérieur de la technique comprenant un condensateur de découplage RF de 1 pF et un condensateur de découplage BB (bande de base) de 1 nF. On constate pour Vdec_1RF_1BB une valeur élevée de la tension résiduelle CA pour des fréquences inférieures à 3 GHz, avec un pic supérieur à 60 V à 2,5 GHz.
- [0099] Les courbes Vdec_2BB, Vdec_4BB, Vdec_6BB et Vdec_8BB correspondent aux tensions résiduelles CA du circuit de polarisation 6 selon la présente invention comprenant, respectivement, deux, quatre, six et huit condensateurs 10 de découplage en parallèle chacun d'une valeur de 1 nF.
- [0100] On constate pour l'ensemble des courbes Vdec_2BB, Vdec_4BB, Vdec_6BB et Vdec_8BB une faible tension résiduelle CA même pour des valeurs de fréquence in-

férieures à 3 GHz.

- [0101] En outre, on constate que l'utilisation d'au moins six condensateurs 10 en parallèle (courbes Vdec_6BB et Vdec_8BB) permet d'obtenir une tension résiduelle CA relativement faible sur l'ensemble de la plage de fréquences 0-10 GHz.
- [0102] Si l'on se réfère à la [Fig.6], on peut voir qu'il y est représenté des courbes à titre d'exemple de l'impédance Z bande de base présentée à la source de courant (c'est-à-dire, au transistor 12) en fonction de la fréquence pour un amplificateur de puissance 100W 50V de type GaN.
- [0103] La courbe Z_1RF_1BB correspond à l'impédance avec un circuit de polarisation 1 selon l'état antérieur de la technique comprenant un condensateur de découplage RF de 1 pF et un condensateur de découplage BB de 1 nF. On constate pour Z_1RF_1BB une résonance qui se traduit par un pic de gain, conduisant potentiellement à des oscillations.
- [0104] Les courbes Z_2BB, Z_4BB, Z_6BB et Z_8BB correspondent aux impédances avec le circuit de polarisation 6 selon la présente invention comprenant, respectivement, deux, quatre, six et huit condensateurs 10 de découplage en parallèle chacun d'une valeur de 1 nF.
- [0105] On constate qu'avec le circuit de polarisation 6 de la présente invention (courbes Z_2BB, Z_4BB, Z_6BB et Z_8BB) l'évolution de l'impédance est très lisse et constante par rapport à la fréquence, jusqu'à un point de décroissance (aux alentours de 2 GHz) où l'impédance diminue jusqu'à zéro en CC. Ceci est une situation bien plus saine du point de vue de la platitude et de la stabilité du gain du circuit amplificateur de puissance RF 11.
- [0106] A titre d'exemple, pour des amplificateurs de puissance de type GaN sous 6 GHz, six condensateurs montés en surface 10 disposés en parallèle ont de meilleures performances que le découplage RF et bande de base traditionnel du circuit de polarisation 1 décrit ci-dessus. En effet, la tension résiduelle CA à l'entrée 7 du circuit de polarisation 6 est plus faible, l'impédance de découplage à l'entrée 7 du circuit de polarisation 6 a une valeur plus faible, et il n'y a aucune résonance d'impédance entre CC et la bande RF, c'est-à-dire aucun pic de gain, ce qui conduit à une meilleure stabilité.
- [0107] Il est bien entendu que le mode de réalisation particulier qui vient d'être décrit a été donné à titre indicatif et non limitatif, et que des modifications peuvent être apportées sans que l'on s'écarte pour autant de la présente invention.

Revendications

- [Revendication 1] Circuit de polarisation (6) en bande de base et radiofréquence, RF, pour amplificateur de puissance RF, ledit circuit de polarisation (6) possédant une entrée (7) configurée pour être reliée à une alimentation électrique continue et une sortie (8) configurée pour être reliée à une borne à polariser d'un amplificateur de puissance RF, ledit circuit de polarisation (6) comprenant :
- un composant inductif haute impédance (9) relié entre l'entrée (7) et la sortie (8) du circuit de polarisation (6) ; et
 - une pluralité de condensateurs (10) reliés en parallèle entre l'entrée (7) du circuit de polarisation (6) et la masse (GND),
- caractérisé par le fait que la pluralité de condensateurs (10) ont tous la même valeur de capacité comprise entre 1 nF et 1 μ F, dans lequel chaque condensateur (10) de la pluralité de condensateurs (10) comprend une première borne (10a) reliée à l'entrée (7) du circuit de polarisation (6) et une seconde borne (10b) reliée à la masse (GND), les premières bornes (10a) de tous les condensateurs (10) étant reliées ensemble à l'aide d'une ligne de transmission rectiligne (16) dont la longueur est inférieure à celle d'une ligne quart d'onde, la pluralité de condensateurs (10) comprenant un nombre pair de condensateurs (10) répartis en deux rangées identiques de condensateurs (10) disposées de manière symétrique de part et d'autre de ladite ligne de transmission (16).
- [Revendication 2] Circuit de polarisation (6) selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le composant inductif haute impédance (9) est au moins l'un parmi une bobine d'arrêt et une ligne quart d'onde.
- [Revendication 3] Circuit de polarisation (6) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que le composant inductif haute impédance (9) possède une valeur d'inductance comprise entre 0,1 nH et 10 nH.
- [Revendication 4] Circuit de polarisation (6) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que la pluralité de condensateurs (10) sont des condensateurs montés en surface.
- [Revendication 5] Circuit de polarisation (6) selon la revendication 4, caractérisé par le fait que les condensateurs montés en surface (10) ont chacun l'un parmi un boîtier de type 0402 dans le système métrique, un boîtier de type 0603 dans le système métrique et un boîtier de type 0201 dans le système métrique.

- [Revendication 6] Circuit de polarisation (6) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que la pluralité de condensateurs (10) sont des condensateurs semi-conducteurs intégrés à tranchée profonde.
- [Revendication 7] Circuit amplificateur de puissance RF (11) comprenant un transistor amplificateur de puissance (12) et au moins un circuit de polarisation (6) selon l'une des revendications 1 à 6 dont l'entrée (7) est reliée à une alimentation électrique continue (VDD1, VDD2) et dont la sortie (8) est reliée à une borne à polariser du transistor amplificateur de puissance (12).
- [Revendication 8] Circuit amplificateur de puissance RF (11) selon la revendication 7, caractérisé par le fait que le circuit amplificateur de puissance RF (11) comprend un premier circuit de polarisation (6) dont la sortie (8) est reliée à la grille (12a) du transistor amplificateur de puissance (12) et un second circuit de polarisation (6) dont la sortie (8) est reliée au drain (12b) du transistor amplificateur de puissance (12).
- [Revendication 9] Circuit amplificateur de puissance RF (11) selon la revendication 7 ou 8, caractérisé par le fait que le circuit amplificateur de puissance RF (11) comprend en outre un réseau d'adaptation d'impédance d'entrée (13) relié à la grille (12a) du transistor amplificateur de puissance (12) et un réseau d'adaptation d'impédance de sortie (14) relié au drain (12b) du transistor amplificateur de puissance (12).

[Fig. 1]

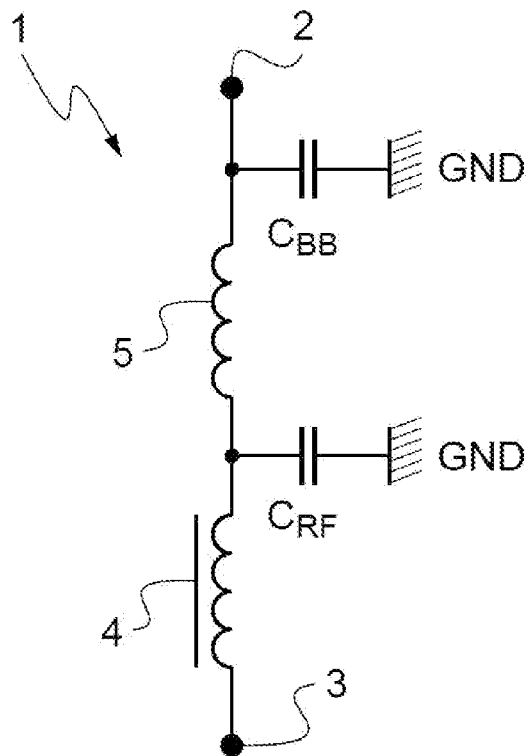


Fig.1
(état de la technique)

[Fig. 2]

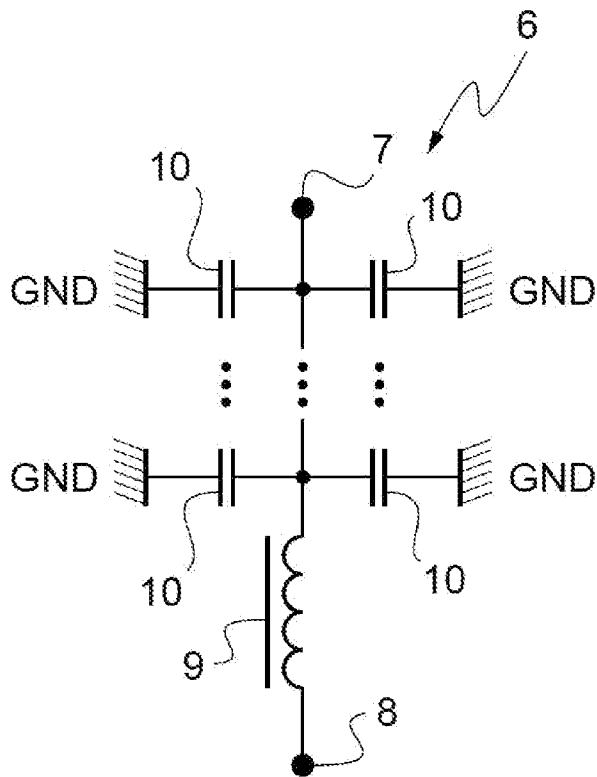


Fig.2

[Fig. 3]

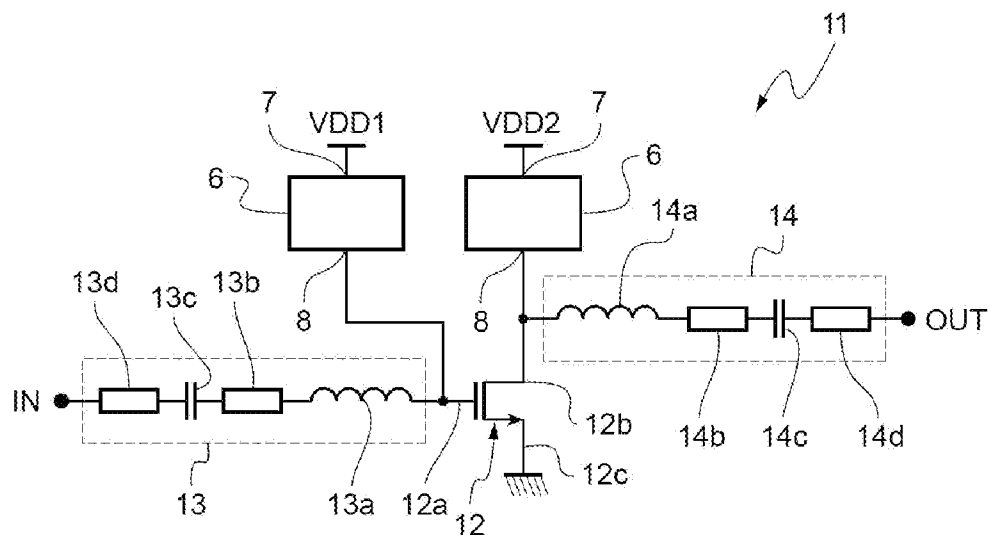


Fig.3

[Fig. 4]

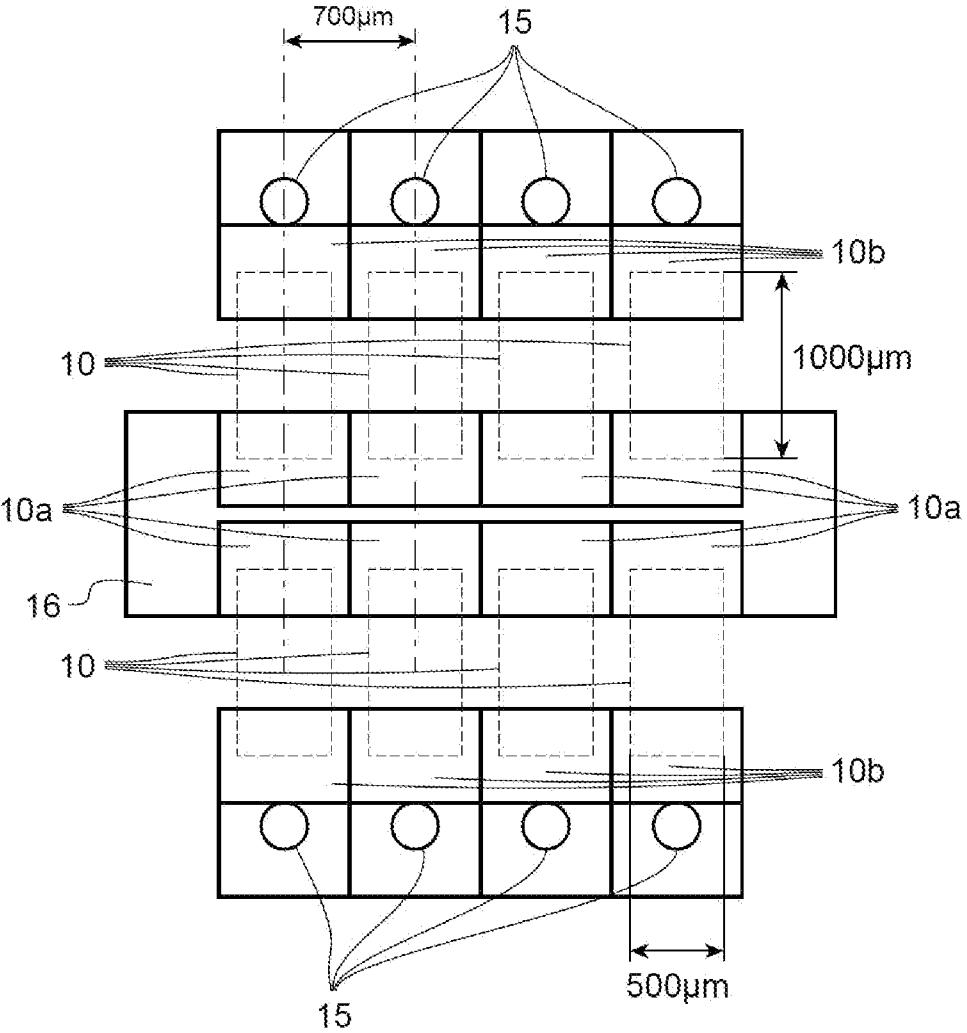


Fig.4

[Fig. 5a]

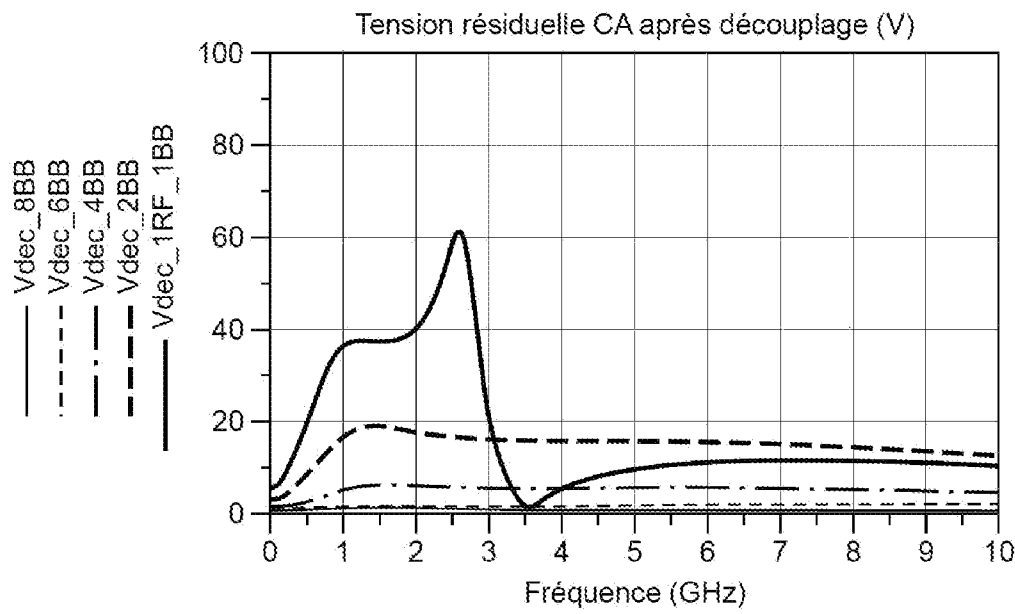


Fig.5a

[Fig. 5b]

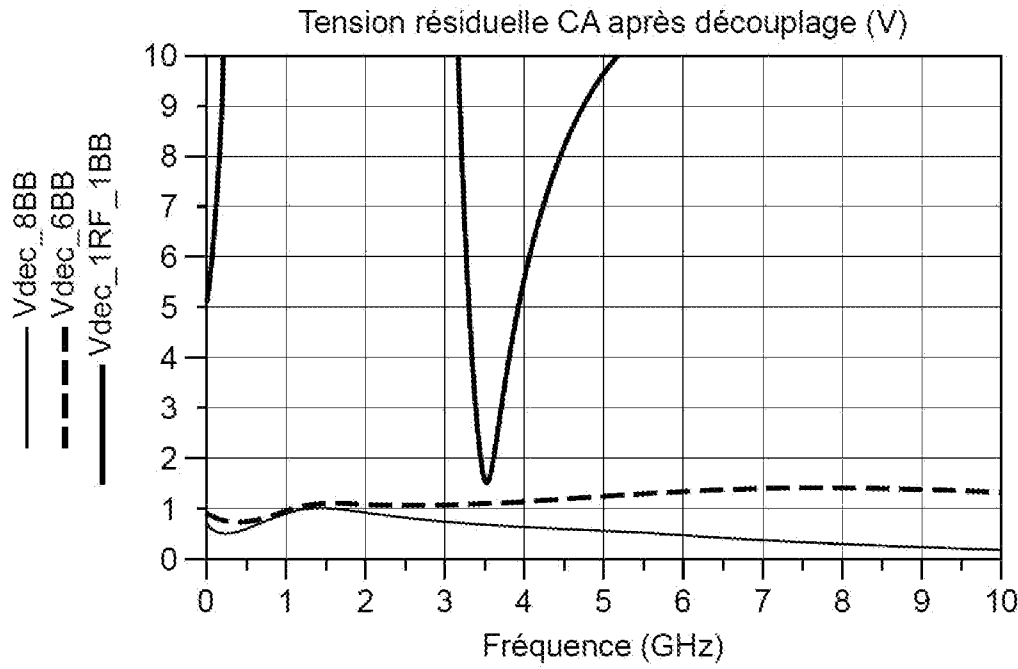


Fig.5b

[Fig. 6]

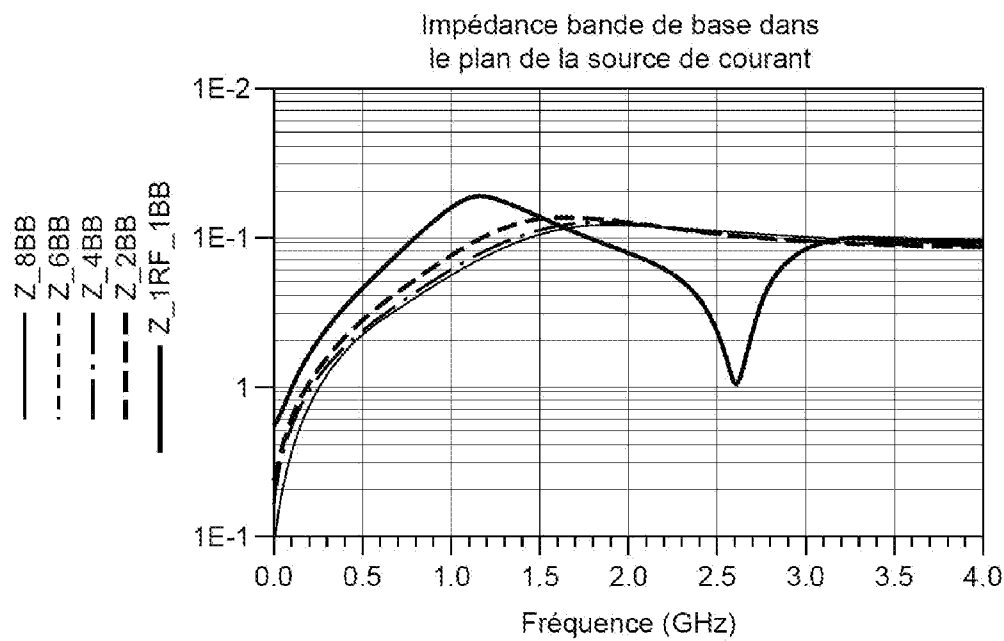


Fig.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2022/052259

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H03F 3/195**(2006.01)i; **H03F 3/213**(2006.01)i; **H03H 7/01**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03F; H03G; H01P; H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6639461 B1 (TAM ALAN K [US] ET AL) 28 October 2003 (2003-10-28) column 4, line 16 - column 7, line 32; figures 4-6	1-9
A	US 5999058 A (SAITOU SHIGERU [JP] ET AL) 07 December 1999 (1999-12-07) column 6, line 35 - line 44; figure 10	1-9
A	CN 107979347 A (UNIV NANJING SCI & TECH) 01 May 2018 (2018-05-01) paragraph [0036] - paragraph [0041]; figure 2	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

04 May 2022

Date of mailing of the international search report

12 May 2022

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office

p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk

Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Wienema, David

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/IB2022/052259

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	6639461	B1	28 October 2003	US 6639461 B1	28 October 2003
				WO 03021773 A1	13 March 2003
US	5999058	A	07 December 1999	GB 2322495 A	26 August 1998
				JP 3060981 B2	10 July 2000
				JP H10233638 A	02 September 1998
				KR 19980071568 A	26 October 1998
				US 5999058 A	07 December 1999
CN	107979347	A	01 May 2018	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/IB2022/052259

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H03F3/195 H03F3/213 H03H7/01 ADD. 		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H03F H03G H01P H03H		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 639 461 B1 (TAM ALAN K [US] ET AL) 28 octobre 2003 (2003-10-28) colonne 4, ligne 16 – colonne 7, ligne 32; figures 4-6 -----	1-9
A	US 5 999 058 A (SAITOU SHIGERU [JP] ET AL) 7 décembre 1999 (1999-12-07) colonne 6, ligne 35 – ligne 44; figure 10 -----	1-9
A	CN 107 979 347 A (UNIV NANJING SCI & TECH) 1 mai 2018 (2018-05-01) alinéa [0036] – alinéa [0041]; figure 2 -----	1-9
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 4 mai 2022		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 12/05/2022
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Wienema, David

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/IB2022/052259

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6639461	B1	28-10-2003	US 6639461 B1 28-10-2003
		WO 03021773 A1	13-03-2003
US 5999058	A	07-12-1999	GB 2322495 A 26-08-1998
		JP 3060981 B2	10-07-2000
		JP H10233638 A	02-09-1998
		KR 19980071568 A	26-10-1998
		US 5999058 A	07-12-1999
CN 107979347	A	01-05-2018	AUCUN