

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 12.09.12.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 14.03.14 Bulletin 14/11.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : STMICROELECTRONICS SA Société
anonyme — FR.

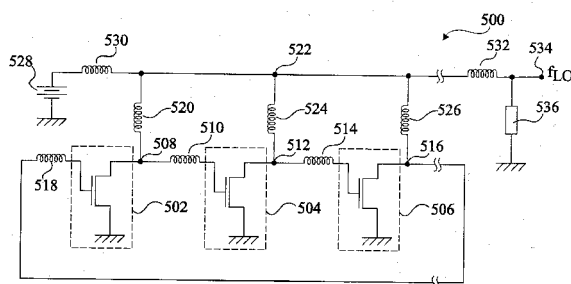
72 Inventeur(s) : SHERRY ANI, KAISER ANDREAS,
PFEIFFER ULLRICH, CATHELIN ANDREIA, GRZYB
JANUSZ et ZHAO YAN.

73 Titulaire(s) : STMICROELECTRONICS SA Société
anonyme.

74 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

54 OSCILLATEUR A HAUTE FREQUENCE.

57 L'invention concerne un oscillateur comprenant: un oscillateur en anneau (500) comportant N inverseurs (502-506) couplés en série, N étant un entier impair égal à trois ou plus; un premier filtre (520, 524, 526) couplé entre un noeud de sortie d'un premier des inverseurs et une ligne de sortie de l'oscillateur; et un deuxième filtre (520, 524, 526) couplé entre un noeud de sortie d'un deuxième des inverseurs et la ligne de sortie de l'oscillateur.



B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

1

OSCILLATEUR À HAUTE FRÉQUENCEDomaine de l'invention

La présente invention concerne le domaine des oscillateurs à haute fréquence, et en particulier un circuit oscillant et un procédé pour générer un signal térahertz.

5 Exposé de l'art antérieur

Un imageur térahertz est un capteur d'image adapté pour capturer une image d'une scène sur la base d'ondes dans la gamme de fréquences térahertz. En général, on considère que les ondes térahertz comprennent des ondes ayant une fréquence
10 comprise entre 300 GHz et 3 THz. Ces fréquences correspondent par exemple à des longueurs d'onde d'un millimètre ou moins. Par exemple, une onde de 1 THz a une longueur d'onde d'environ 300 μm .

Les imageurs térahertz sont largement utilisés pour
15 des applications dans lesquelles il est souhaitable de "voir à travers" certains matériaux. En particulier, les ondes térahertz ont une bonne pénétrabilité dans de nombreux matériaux diélectriques et liquides non polaires. Elles sont cependant presque entièrement réfléchies par les métaux et absorbées par
20 les molécules d'eau. Cela rend les imageurs térahertz particulièrement adaptés pour des applications telles que les scanners de sécurité utilisés dans les aéroports et dans les appareils

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

2

utilisés pour analyser des oeuvres d'art. La longueur d'onde est en général assez courte pour obtenir une bonne résolution spectrale pour l'imagerie, mais suffisamment longue pour que les ondes soient relativement peu diffusées par les particules atmosphériques telles que la poussière ou la fumée.

En général, les imageurs térahertz utilisent une source térahertz pour éclairer la scène à capturer. Cela est dû à ce que la présence de rayonnement térahertz naturel est en général relativement faible.

Il a été proposé de prévoir une caméra térahertz entièrement intégrée basée sur la technologie du silicium. Cependant, il y a des difficultés techniques dans la mise en oeuvre d'une telle caméra, en raison en partie de la fréquence relativement élevée de la plage des signaux térahertz, et de l'énergie relativement faible du signal à capturer. En outre, il serait souhaitable d'adapter les imageurs térahertz pour leur permettre de capturer en plus la profondeur d'image et/ou d'améliorer la qualité d'image.

Résumé

Un objet de modes de réalisation de la présente invention est de résoudre au moins partiellement un ou plusieurs problèmes de l'art antérieur.

Selon un aspect, on prévoit un oscillateur comprenant : un oscillateur en anneau comportant N inverseurs couplés en série, N étant un entier impair égal à trois ou plus ; un premier filtre couplé entre un noeud de sortie d'un premier des inverseurs et une ligne de sortie de l'oscillateur ; et un deuxième filtre couplé entre un noeud de sortie d'un deuxième des inverseurs et la ligne de sortie de l'oscillateur. Par exemple chacun des premier et deuxième filtres est adapté à éliminer au moins la composante de fréquence fondamentale présente sur les noeuds de sortie des premier et deuxième inverseurs.

Selon un mode de réalisation, les premier et deuxième filtres ont des fréquences de coupure sélectionnées sur la base

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

3

de la fréquence de l'harmonique de rang N présent sur les sorties des inverseurs.

5 Selon un autre mode de réalisation, chacun des premier et deuxième filtres a une fréquence de coupure inférieure comprise entre l'harmonique de rang N-2 et l'harmonique de rang N présents sur les sorties des inverseurs et une fréquence de coupure supérieure comprise entre l'harmonique de rang N et l'harmonique de rang N+2 présents sur les sorties des inverseurs.

10 Selon un autre mode de réalisation, l'oscillateur comprend en outre un deuxième oscillateur en anneau constitué de N inverseurs couplés en série, dans lequel au moins une ligne connectant une paire d'inverseurs du premier oscillateur en anneau est positionnée de façon à être couplée de façon
15 électromagnétique à au moins une ligne connectant une paire d'inverseurs du deuxième oscillateur en anneau.

Selon un autre mode de réalisation, N est égal à 5 ou 7.

20 Selon un autre mode de réalisation, le premier filtre comprend une première inductance et le deuxième filtre comprend une deuxième inductance.

Selon un autre mode de réalisation, une sortie d'au moins l'un des N inverseurs est couplée à l'entrée de l'inverseur suivant par l'intermédiaire d'une autre inductance.

25 Selon un autre mode de réalisation, un signal de fréquence sur la ligne de sortie a une fréquence comprise entre 300 GHz et 3 THz.

Selon un autre aspect, on prévoit un procédé pour générer un signal de fréquence comprenant les étapes suivantes :
30 générer, par un premier oscillateur en anneau comportant N inverseurs couplés en série, N étant un entier impair égal à trois ou plus, un signal d'oscillation sur la sortie de chacun des inverseurs ; filtrer le signal d'oscillation au niveau de la sortie d'au moins deux des inverseurs pour extraire l'harmonique

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

4

de rang N ; et combiner les signaux d'oscillation filtrés pour générer un signal de fréquence de sortie.

Selon un autre mode de réalisation, le procédé comprend en outre la génération, par un autre oscillateur en anneau comportant N inverseurs couplés en série, d'un signal d'oscillation au niveau de la sortie de chacun des inverseurs, au moins une ligne connectant une paire d'inverseurs du premier oscillateur en anneau étant positionnée de façon à être couplée de façon électromagnétique à au moins une ligne connectant une paire d'inverseurs du deuxième oscillateur en anneau ; le filtrage du signal d'oscillation au niveau de la sortie d'au moins deux des inverseurs de l'autre oscillateur en anneau pour extraire l'harmonique de rang N ; et la combinaison des signaux d'oscillation filtrés de l'autre oscillateur en anneau avec les signaux d'oscillation filtrés de l'oscillateur en anneau pour générer le signal de fréquence de sortie.

Brève description des dessins

Les objets, caractéristiques, aspects et avantages susmentionnés de l'invention, et d'autres, apparaîtront dans la description détaillée qui suit de modes de réalisation, donnés à titre illustratif et non limitatif en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

la figure 1 illustre un imageur térahertz selon un exemple de réalisation de la présente invention ;

la figure 2 illustre plus en détail un circuit de pixel d'un réseau de pixels de l'imageur térahertz de la figure 1 selon un exemple de réalisation de la présente invention ;

la figure 3 illustre plus en détail un circuit de pixel d'un réseau de pixels du capteur d'image térahertz de la figure 1 selon un autre exemple de réalisation de la présente invention ;

la figure 4 illustre en vue à plat une antenne du circuit de pixel de la figure 2 selon un exemple de réalisation de la présente invention ;

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

5

la figure 5 illustre un circuit oscillant selon un exemple de réalisation de la présente invention ;

la figure 6 est un graphique représentant un spectre de fréquence de signaux dans le circuit de la figure 5 selon un
5 exemple de réalisation de la présente invention ;

la figure 7 illustre des signaux dans le circuit de la figure 5 selon un exemple de réalisation de la présente invention ;

la figure 8 illustre une structure d'agencement
10 d'oscillateur selon un autre exemple de réalisation de la présente invention ;

la figure 9 illustre un circuit oscillant selon encore un autre exemple de réalisation de la présente invention ; et

la figure 10 illustre un dispositif térahertz selon un
15 exemple de réalisation de la présente invention.

Description détaillée de modes de réalisation de la présente invention

La figure 1 illustre schématiquement un imageur térahertz 100 selon un exemple de réalisation.

20 L'imageur 100 comporte un capteur d'image constitué d'un réseau bidimensionnel 102 de circuits de pixels 104. Dans l'exemple de la figure 1, le réseau 102 comprend 1024 circuits de pixels agencés en 32 lignes et 32 colonnes. Bien sûr, il sera clair pour l'homme de l'art que le réseau de pixels 102 peut
25 être de taille différente et/ou de rapport d'aspect différent. Par exemple, le réseau 102 pourrait comprendre entre 2 et plusieurs centaines de rangées et entre 2 et plusieurs centaines de colonnes de pixels.

Le réseau de pixels 102 est par exemple commandé d'une
30 manière analogue au réseau de pixels d'un capteur d'image de lumière visible. En particulier, un décodeur de rangée 106 est par exemple prévu, lequel reçoit un signal de sélection de rangée sur une ligne d'entrée 108. Le signal de sélection de rangée indique une rangée à lire pendant une phase de lecture du
35 réseau de pixels 102. Le décodeur de rangée 106 fournit un

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

6

signal de commande correspondant à une ligne de rangée (non représenté sur la figure 1) de chaque rangée du réseau de pixels 102. Par exemple dans le cas où il y a des 32 rangées, le signal de sélection de rangée a une largeur de 5 bits.

5 Un bloc de commande 112 est aussi par exemple prévu, celui-ci recevant un signal de commande sur une ligne l'entrée 113 pour commander la synchronisation d'un obturateur global du réseau de pixels, comme cela sera décrit plus en détail ci-après. Le bloc de commande 112 fournit un signal de commande
10 correspondant à une ligne de sortie 114 pour chaque circuit de pixel 104 du réseau de pixels 102.

 En outre, comme cela sera décrit plus en détail ci-après, un circuit d'oscillateur 115, qui peut être placé sur la puce ou hors de la puce, fournit par exemple un signal de
15 fréquence à chaque circuit de pixel 104 du réseau de pixels 102.

 Le réseau de pixels 102 fournit par exemple des signaux de sortie sur des sorties 118, chacune comprenant une ou plusieurs lignes de colonne associées à chaque colonne du réseau de pixels 102. Les sorties 118 sont couplées à un bloc de sortie
20 120 comprenant des charges actives pour piloter chaque ligne de colonne ainsi que des commutateurs de sélection de colonnes, comme cela sera décrit plus en détail ci-après.

 Dans un mode de réalisation, les colonnes sont lues en séquence, sous le contrôle d'un décodeur de colonne 122. Le
25 décodeur de colonne 122 reçoit un signal de sélection de colonne sur des lignes d'entrée 124. En supposant que le réseau de pixels 102 comprend 32 colonnes, le signal de sélection de colonne sur la ligne 124 a par exemple une largeur de 5 bits. Le décodeur de colonne 122 fournit un signal de commande
30 correspondant sur des lignes de sortie 126 pour commander un ou plusieurs commutateurs du bloc de sortie 120 associés à chaque colonne du réseau de pixels 102.

 Le bloc de sortie 120 fournit par exemple une sortie sur des lignes de sortie 128, dont une ou plusieurs lignes de
35 sortie sont associées à chaque colonne. Le bloc de sortie 120

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

7

fournit un niveau de sortie de tension analogique représentant les valeurs lues dans le circuit de pixel d'une rangée et d'une colonne sélectionnées. Les valeurs de tension analogiques sont par exemple fournies à un ou plusieurs circuits amplificateurs de sortie. Dans l'exemple de la figure 1, un exemple d'un circuit amplificateur comprenant un amplificateur 130, par exemple un amplificateur opérationnel, est illustré. L'entrée positive de l'amplificateur 130 est couplée aux lignes de sortie 128, et l'entrée négative de l'amplificateur 130 est couplée aux lignes de sortie 128 par l'intermédiaire d'une résistance 132. L'entrée négative est également couplée à la sortie de l'amplificateur 130 par une résistance 134. La sortie de l'amplificateur 130 est en outre couplée à un convertisseur analogique-numérique (ADC) 136, qui génère une valeur numérique sur des lignes de sortie 138 en fonction de la tension d'entrée analogique lue dans le réseau de pixels 102. Par exemple, l'ADC est un convertisseur à rampe, qui est bien connu dans la technique.

Dans des variantes, les colonnes peuvent être lues en parallèle, un amplificateur et un ADC étant prévus pour chaque colonne.

Bien sûr, le circuit amplificateur à la sortie du réseau de pixels pourrait être mis en oeuvre de différentes manières comme il sera apprécié par l'homme de l'art, le circuit illustré en figure 1 n'étant qu'un exemple.

La figure 2 illustre schématiquement plus en détail un exemple de l'un des circuits de pixels 104 du réseau de pixels 102 selon un exemple de réalisation, ainsi que des lignes de colonne et des circuits de sortie.

Chaque circuit de pixel 104 comprend par exemple une antenne 202 ayant des sorties différentielles couplées à un détecteur 204. Le détecteur 204 comprend des transistors 206 et 208, qui sont par exemple des transistors MOS à canal N (NMOS) commandés sur leurs noeuds de grille par une tension de polarisation V_{gate} sur une ligne 207. Le transistor 206 est

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

8

relié par ses bornes de courant principales entre une borne de sortie 209 de l'antenne 202 et le noeud de grille d'un transistor 210, qui est par exemple un transistor MOS à canal P (PMOS). Le transistor 208 est relié par ses bornes de courant principales entre une borne de sortie 211 de l'antenne 202 et la grille d'un transistor 212, qui est par exemple un transistor PMOS. Les noeuds de source des transistors 210 et 212 sont couplés à la tension d'alimentation V_{DD} par l'intermédiaire des bornes de courant principales d'un transistor 214, qui reçoit sur son noeud de grille un signal de sélection de rangée R_{SEL} provenant du décodeur de rangée 106 de la figure 1.

Le drain du transistor 210 est couplé à une première ligne de colonne 216, tandis que le drain du transistor 212 est couplé à une deuxième ligne de colonne 218. Ainsi, les lignes de colonne 216 et 218 sont toutes deux associées à un signal de colonne de circuits de pixels 104 du réseau de pixels 102.

Les lignes de colonne 216 et 218 fournissent une sortie de mode de fonctionnement électrique différentiel, et correspondent à la sortie 118 de la colonne représentée en figure 1. Ces lignes de colonne 216, 218 sont couplées à chaque circuit de pixel de la colonne, et à la masse par des sources de courant 220 et 222 respectivement du bloc de sortie 120. Le bloc de sortie 120 comprend en outre des transistors de sélection de colonne 224 et 226, qui sont par exemple des transistors PMOS. Le transistor 224 est couplé entre la ligne de colonne 216 et une ligne de sortie 228, tandis que le transistor 226 est couplé entre la ligne de colonne 218 et une ligne de sortie 230. Chacun des transistors 224 et 226 est par exemple commandé par un signal de commande C_{SEL} par exemple généré par le bloc 122 de la figure 1 et fourni au bloc de sortie 120 par l'intermédiaire des lignes 126. Les lignes de sortie 228, 230 fournissent par exemple des signaux de sortie différentiels COL_{OUT+} et COL_{OUT-} , qui sont des sorties à mode de fonctionnement électrique différentiel correspondant à deux des lignes 128 à la sortie du bloc de sortie 120 de la figure 1. Chaque ligne de sortie 228,

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

9

230 est par exemple reliée à l'entrée d'un circuit amplificateur et d'un ADC correspondants, par exemple similaires à l'amplificateur 130 et à l'ADC 136 de la figure 1.

5 L'imageur 100 de la figure 1 est par exemple un imageur hétérodyne ou homodyne. En d'autres termes, un signal de fréquence est par exemple mélangé avec le signal d'image térahertz reçu.

10 Dans le cas d'un imageur homodyne, la fréquence du signal est par exemple sensiblement égale à la fréquence du signal d'image térahertz, par exemple la fréquence d'un signal térahertz d'éclairage. Par exemple, la scène est éclairée par une émission à une fréquence comprise entre 600 GHz et 1 THz, et un signal de fréquence de la même fréquence est mélangé avec le signal d'image térahertz reçu. Par exemple, la scène est
15 éclairée par une émission à une fréquence de 650 GHz, et la fréquence du signal de fréquence est également 650 GHz.

Dans le cas d'un imageur hétérodyne, la fréquence du signal est par exemple choisie pour être différente de la fréquence du signal d'image térahertz. Par exemple, en supposant
20 que la scène est éclairée par une émission à une fréquence comprise entre 600 GHz et 1 THz, le signal de fréquence a une fréquence différente de celle de la fréquence d'éclairage de 1 à 5 GHz. A titre d'exemple, la scène peut être éclairée par une transmission à une fréquence de 650 GHz, et la fréquence du
25 signal de fréquence est de 649 ou 651 GHz.

En raison au moins en partie de sa fréquence élevée, il existe une difficulté technique pour appliquer le signal de fréquence au détecteur 204 du circuit de pixel. En effet, les transistors MOS ont une fréquence maximale de fonctionnement f_T
30 au-dessus de laquelle le gain du transistor tombe très bas. La fréquence f_T d'un transistor MOS typique se situe autour de 200 GHz pour la technologie 65 nm, ce qui est nettement inférieur à la plage de fréquences térahertz. En outre, le signal de fréquence doit être fourni à chaque circuit de pixel
35 sur un chemin à résistance particulièrement faible.

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

10

Comme illustré en figure 2, le signal de fréquence f_{LO} d'un oscillateur local 232 du circuit d'oscillateur 115 est couplé par une ligne 116 à une borne d'entrée 234 de l'antenne. La borne d'entrée 234 est par exemple une entrée de l'antenne
5 généralement associée à une tension de polarisation de l'antenne. Le signal de fréquence par exemple comprend aussi une polarisation en courant continu. La borne 234 est adaptée pour être à égale distance de chacune des sorties différentielles, 209, 211 de l'antenne. Ainsi, le signal de fréquence est
10 appliqué d'une manière équilibrée à chaque entrée du détecteur 204. La combinaison de l'antenne 202 et du détecteur 204 constitué des transistors 206 et 208 forme un mélangeur, mélangeant le signal de fréquence f_{LO} avec le signal térahertz reçu.

15 Dans un exemple, un unique circuit d'oscillateur 115 comprenant un ou plusieurs oscillateurs 232 fournit un signal de fréquence pour l'ensemble des circuits de pixels du réseau. En variante, il peut y avoir plus d'un seul circuit oscillateur 115, chacun par exemple fournissant le signal de fréquence à un
20 groupe différent de circuits de pixels.

La figure 3 illustre le circuit de pixel 104 et un circuit de sortie selon une variante de réalisation. Les éléments en commun avec le mode de réalisation de la figure 2 ont été notés avec des références identiques et ne seront pas
25 décrits à nouveau en détail.

Dans le mode de réalisation de la figure 3, les transistors 206 et 208 du détecteur 204 sont couplés respectivement entre les noeuds 209 et 211 de l'antenne 202 et un noeud de sortie commun 302 du circuit de pixel. Le noeud de
30 sortie 302 est couplé à un condensateur mis à la masse 304 et également au noeud de grille du transistor PMOS 210. Le transistor de sélection de rangée 214, la source de courant 220 et le transistor de sélection de colonne 224 sont les mêmes que ceux du circuit de pixel de la figure 2, et ne seront pas
35 décrits à nouveau en détail. Le deuxième ensemble de composants

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

11

de sortie de colonne 212, 222 et 226 n'est pas présent dans le circuit de pixel de la figure 3, une seule ligne de sortie étant prévue à partir de chaque colonne.

Le circuit de pixel de la figure 3 est par exemple un
5 circuit homodyne tel que décrit précédemment. Par rapport à un circuit de pixel similaire sans une entrée recevant le signal de fréquence f_{LO} , le circuit de la figure 3 est plus sensible au signal d'image térahertz, ce qui conduit généralement à une amélioration de la qualité.

10 La figure 4 est une vue à plat de l'antenne 202 du circuit de pixel 104 de la figure 2 plus en détail. Comme illustré, l'antenne comprend par exemple un anneau conducteur intérieur 402 formé dans une zone circulaire 404 plus grande d'un substrat, qui est par exemple une zone dans laquelle le
15 substrat est recouvert d'une couche épitaxiale de blocage.

La borne d'entrée 234 de l'antenne est formée comme une saillie à un point situé sur le bord extérieur de l'anneau 402. Le signal de fréquence f_{LO} est appliqué à une extrémité d'une piste conductrice 116 reliée à la borne 234.

20 Les bornes de sortie différentielles 209 et 211 de l'antenne sont, par exemple, réalisées sous forme de saillies depuis l'intérieur de l'anneau 402, sur des côtés opposés. Chacun des points où les bornes de sortie 209 et 211 sont formées est à la même distance par rapport à la borne d'entrée
25 234. Le détecteur 204 est par exemple formé dans une zone centrale entourée par l'anneau 402. Des pistes conductrices 406 et 408 amènent par exemple les signaux de sortie différentiels $IF+$ et $IF-$ vers les lignes de colonne correspondantes (non représenté en figure 4). Dans certains modes de réalisation, les
30 transistors 210, 212 et 214 sont également formés dans la zone centrale entourée par l'anneau 402.

L'anneau 402 a par exemple un diamètre moyen compris entre 50 et 200 μm , et l'épaisseur de l'anneau entre ses bords intérieur et extérieur est par exemple comprise entre 5 et
35 25 μm .

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

12

L'antenne du mode de réalisation de la figure 3 est par exemple constituée du même circuit qu'en figure 4, sauf qu'une unique piste de sortie du détecteur 204 est présente.

La figure 5 illustre un circuit oscillant 500 selon un exemple de réalisation. Le circuit 500 est par exemple utilisé pour mettre en oeuvre le circuit oscillant 115 des figures 2 et 3. En variante, le circuit oscillant 500 peut avoir d'autres applications, telles que la fourniture d'un signal à haute fréquence pour générer un rayonnement térahertz, par exemple pour l'éclairage d'une scène devant être capturée par un imageur térahertz.

Comme indiqué précédemment, une difficulté pour le traitement de signaux térahertz par des transistors MOS est que la fréquence maximale de fonctionnement f_T d'un transistor MOS est beaucoup plus faible que la plage de fréquences térahertz.

Pour surmonter cette difficulté, le circuit 500 comprend un oscillateur en anneau constitué d'un nombre impair d'inverseurs en série couplés en boucle, chacun des inverseurs fonctionnant dans la limite de fréquence de la technologie MOS, par exemple entre 150 et 200 GHz dans le cas de la technologie 65 nm. Dans l'exemple de la figure 5, trois inverseurs sont formés par des transistors NMOS 502, 504 et 506. Le transistor 502 est couplé entre un noeud 508 et la masse, par exemple ayant sa source connectée à la masse, et son drain couplé au noeud 508. Le noeud 508 est en outre couplé par l'intermédiaire d'une inductance 510 au noeud de grille du transistor 504. De la même manière, le transistor 504 est couplé entre un noeud 512 et la masse, le noeud 512 étant couplé en outre par l'intermédiaire d'une inductance 514 au noeud de grille du transistor 506. Le transistor 506 est couplé entre un noeud 516 et la masse, le noeud 516 étant couplé à la grille du transistor 502 par l'intermédiaire d'une inductance 518.

Le noeud 508 est en outre couplé par l'intermédiaire d'une inductance 520, ou toute autre forme de filtre passe-bande, à un noeud de sommation 522. De même, les noeuds 512 et

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

13

516 sont couplés au noeud de sommation 522 par l'intermédiaire d'inductances 524 et 526 respectivement, ou d'autres formes de filtres passe-bande. Le noeud de sommation 522 est alimenté par une source de tension 528 couplée au noeud de sommation 522 par l'intermédiaire d'une inductance 530. Par exemple la source de tension fournit une tension continue de polarisation comprise entre 0,5 et 2,5 V.

Le noeud de sommation 522 est couplé par l'intermédiaire d'une inductance 532 à un noeud de sortie 534 du circuit d'oscillateur 500. Le noeud 534 est par exemple également relié à la masse par l'intermédiaire d'une résistance 536.

Comme représenté en figure 5, dans certains modes de réalisation la chaîne d'inverseurs est étendue pour comprendre plus de trois inverseurs et les inductances correspondantes, par exemple un nombre impair quelconque. Par exemple, la chaîne d'inverseurs pourrait comprendre 5, 7 ou 9 inverseurs et inductances correspondantes.

Le fonctionnement du circuit 500 de la figure 5 va maintenant être décrit plus en détail en référence aux figures 6 et 7, dans l'exemple où la chaîne d'inverseurs comprend trois inverseurs.

La figure 6 est un graphique représentant un spectre de fréquence du signal présent sur chacun des noeuds 508, 512 et 516 de la figure 5. Le signal au niveau de chacun de ces noeuds est une onde carrée comprenant plusieurs composantes sinusoïdales. En particulier, le signal est constitué d'une onde d'amplitude A à une fréquence fondamentale f . La fréquence fondamentale dépend du nombre de transistors dans la boucle, et du retard introduit par chaque transistor. Un exemple typique d'une telle fréquence pourrait se situer entre 150 GHz et 200 GHz. En outre, le signal comprend des formes d'onde à des fréquences harmoniques impaires. La figure 6 illustre le troisième harmonique ayant une amplitude $A/3$, le cinquième harmonique ayant une amplitude $A/5$ et le septième harmonique ayant une amplitude $A/7$.

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

14

En supposant une fréquence fondamentale entre 150 et 200 GHz, le troisième harmonique est par exemple entre 450 et 600 GHz, et le cinquième harmonique est par exemple entre 750 GHz et 1 THz. La septième harmonique est par exemple compris
5 entre 1 THz et 1,4 THz.

Chacune des inductances 520, 524 et 526, qui couplent les noeuds 508, 514 et 516 au noeud de sommation 522, est choisie pour assurer un filtre passe-bande ayant le centre de bande passante indiqué par une ligne en tirets en figure 6, pour
10 sélectionner la fréquence du troisième harmonique. Par exemple, dans le cas de sélection de la fréquence du troisième harmonique, la bande passante est par exemple comprise entre 400 et 700 GHz, et les inductances 520, 524 et 526 ont par exemple chacune une valeur de quelques pH ou moins.

15 Dans le cas plus général d'un oscillateur en anneau comportant N inverseurs, N étant un nombre entier impair égal à 3 ou plus, les bandes passantes des filtres couplant la sortie de chaque inverseur au noeud de sommation sont par exemple choisies pour sélectionner la fréquence harmonique de rang N.
20 Dans un tel oscillateur en anneau à N inverseurs, l'harmonique de rang N possède la propriété d'être en phase au niveau du noeud de sortie de chaque inverseur, comme cela va maintenant être expliqué en référence à la figure 7.

La figure 7 représente trois graphes représentant des
25 exemples du signal de fréquence fondamentale 702 et de l'harmonique de rang N 704 présente sur les noeuds 508, 512 et 516, respectivement, pour le cas où N est égal à trois.

Comme illustré, la phase de la fréquence fondamentale 702 est décalée sur chaque noeud par rapport au noeud précédent
30 de $2\pi/N$ radians, et le signal est inversé. Cela rend le signal de fréquence fondamentale présent sur chaque noeud impropre à être combiné. Toutefois, en raison de sa plus grande fréquence, le même décalage de fréquence dans l'harmonique de rang N (troisième harmonique dans l'exemple de la figure 7) provoque
35 des formes d'onde en phase sur chaque noeud 508, 512 et 516.

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

15

Ainsi, les fréquences harmoniques de rang N s'ajoutent avec des interférences constructives pour générer un signal d'amplitude supérieure. En outre, la fréquence de l'harmonique de rang N est N fois celle de la fréquence fondamentale, ce qui permet de
5 dépasser la fréquence maximale f_T de la technologie des transistors.

La figure 8 est une vue à plat illustrant la structure de la disposition d'un circuit oscillant 800 selon un autre mode de réalisation.

10 Dans l'exemple de la figure 8, il y a deux oscillateurs en anneau 801 et 802, chacun formé d'une façon similaire au circuit de la figure 5, et chacun comprenant 5 inverseurs.

En particulier, l'oscillateur en anneau 801 comprend
15 des inverseurs 803, 804, 805, 806 et 807 couplés en anneau d'une manière similaire aux inverseurs 502, 504 et 506 de la figure 5. Les connexions entre les inverseurs sont formées par des lignes de transmission, qui jouent également le rôle des inductances. Chacun des inverseurs est en outre couplé par une ligne de
20 transmission correspondante de longueur égale à un noeud 808 formant le noeud de sommation 522 de l'oscillateur en anneau 801, ces lignes de transmission formant les inductances des filtres passe-bande. Une ligne de transmission 809 à partir du noeud de sommation 808 fournit le signal de fréquence somme.

25 De même, l'oscillateur en anneau 802 comprend des inverseurs 813, 814, 815, 816 et 817 couplés en anneau d'une manière similaire aux inverseurs 502, 504 et 506 de la figure 5. Les connexions entre les inverseurs sont formées par des lignes de transmission, qui jouent également le rôle des inductances.
30 Chacun des inverseurs est en outre couplé à un noeud 818 formant le noeud de sommation 522 de l'oscillateur en anneau 802. Une ligne de transmission 819 à partir du noeud de sommation 818 fournit le signal de fréquence somme.

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

16

Chacune des lignes de transmission 809, 819 est couplée de façon électromagnétique à une piste de sortie commune 820, qui fournit le signal de fréquence résultant f_{LO} .

Pour que le signal de fréquence produit par chacun des oscillateurs en anneau soit additionné sur la piste de sortie 820, ils doivent être en phase. Pour ce faire, il est prévu un couplage électromagnétique entre les oscillateurs en anneau 801, 802, et en particulier entre au moins une des lignes de transmission entre les inverseurs de chaque oscillateur en anneau. Dans l'exemple de la figure 8, la ligne de transmission couplant les inverseurs 804 et 805 est couplée de façon électromagnétique à la ligne de transmission couplant les inverseurs 814 et 815. Par exemple, pour obtenir une synchronisation de phase, il y a entre -5 et -15 dB de couplage croisé entre les lignes. L'homme de l'art saura comment atteindre un niveau souhaité de couplage croisé, sur la base par exemple de l'espacement entre les lignes de transmission.

La figure 9 illustre un circuit oscillant 900 selon un autre mode de réalisation. Dans cet exemple, six oscillateurs en anneau 902, 904, 906, 908, 910 et 912 sont couplés chacun dans une relation de proximité relativement étroite. En outre, une ligne de sortie de chacun des oscillateurs en anneau 902 à 912 est couplée de façon électromagnétique à une piste conductrice commune 914, qui a par exemple une forme de fer à cheval entourant les oscillateurs en anneau et fournit le signal de sortie de fréquence f_{LO} sur des bornes de sortie 916 et 918 à ses extrémités respectives. Chacun des oscillateurs en anneau est couplé de façon électromagnétique à au moins deux des autres oscillateurs en anneau de manière similaire aux oscillateurs 801 et 802 de la figure 8.

Optionnellement, une piste conductrice 920 supplémentaire peut être prévue passant par une ligne de transmission de chaque oscillateur en anneau 902 à 912, de telle sorte qu'une autre fréquence d'oscillation peut être utilisée pour ajuster la fréquence d'oscillation et la phase de chaque oscillateur. Par

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

17

exemple, l'autre signal de fréquence d'oscillation est généré par un oscillateur principal verrouillé en phase et accordable en fréquence 924, qui se verrouille sur un autre oscillateur à haute fréquence 922.

5 Comme cela est représenté par une série de pointillés en figure 9, bien que 6 oscillateurs en anneau soient représentés en figure 9, le principe pourrait être étendu à un plus grand nombre d'oscillateurs.

10 Il sera clair pour l'homme de l'art que plus le nombre d'oscillateurs en anneau fonctionnant en phase est élevé, plus l'amplitude de sortie du signal de fréquence généré sera élevée. Par exemple, un signal de forte amplitude peut être bénéfique pour transmettre un rayonnement térahertz pour éclairer une scène, ou pour avoir assez de puissance pour le signal à fournir
15 à l'ensemble des circuits de pixels d'un capteur d'image hétérodyne ou homodyne.

 La figure 10 illustre un dispositif térahertz 1000, qui comprend par exemple un circuit oscillant 1002 pour générer un signal de fréquence f_{LO} . Le signal de fréquence est par
20 exemple fourni à un système d'émission 1004 pour éclairer une scène et/ou à un capteur d'image térahertz 1006 pour la capture d'une scène à l'aide d'un imageur hétérodyne ou homodyne.

 Un avantage des modes de réalisation décrits ici en référence aux figures 2, 3 et 4 est qu'on peut prévoir un
25 circuit de pixel simple dans lequel un signal de fréquence est mélangé avec un signal d'image térahertz reçu.

 Un avantage des modes de réalisation décrits ici en référence aux figures 5 à 9 est qu'un signal à haute fréquence peut être généré sans être limité par la fréquence f_T maximum de
30 la technologie de transistors qui est utilisée.

 Ayant ainsi décrit au moins un mode de réalisation illustratif de l'invention, diverses altérations, modifications et améliorations apparaîtront facilement à l'homme de l'art.

35 Par exemple, alors que dans le mode de réalisation de la figure 4 un exemple de forme et de disposition d'une antenne

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

18

a été représenté, il sera clair pour l'homme de l'art que diverses formes et dispositions peuvent être utilisées.

En outre, alors que dans les exemples des figures 5 à 9 la sortie de chaque inverseur de chaque oscillateur en anneau est additionnée pour générer le signal de sortie, il serait possible d'additionner seulement la sortie prise à partir de deux ou plusieurs des inverseurs. Toutefois il y bien sûr un certain intérêt à additionner un nombre maximum de signaux si l'objectif est de générer un signal de sortie ayant l'amplitude la plus élevée possible.

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

19

REVENDEICATIONS

1. Oscillateur comprenant :
un oscillateur en anneau (500) comportant N inverseurs (502-506) couplés en série, N étant un entier impair égal à trois ou plus ;
5 un premier filtre (520, 524, 526) couplé entre un noeud de sortie d'un premier des inverseurs et une ligne de sortie de l'oscillateur ; et
un deuxième filtre (520, 524, 526) couplé entre un noeud de sortie d'un deuxième des inverseurs et la ligne de
10 sortie de l'oscillateur.
2. Oscillateur selon la revendication 1, dans lequel les premier et deuxième filtres ont des fréquences de coupure sélectionnées sur la base de la fréquence de l'harmonique de rang N présent sur les sorties des inverseurs.
- 15 3. Oscillateur selon la revendication 1 ou 2, dans lequel chacun des premier et deuxième filtres a une fréquence de coupure inférieure comprise entre l'harmonique de rang N-2 et l'harmonique de rang N présents sur les sorties des inverseurs et une fréquence de coupure supérieure comprise entre l'harmonique de rang N et l'harmonique de rang N+2 présents sur les
20 sorties des inverseurs.
4. Oscillateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'oscillateur comprend en outre un deuxième oscillateur en anneau (802, 902-912) constitué de N
25 inverseurs couplés en série, dans lequel au moins une ligne connectant une paire d'inverseurs du premier oscillateur en anneau est positionnée de façon à être couplée de façon électromagnétique à au moins une ligne connectant une paire d'inverseurs du deuxième oscillateur en anneau.
- 30 5. Oscillateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel N est égal à 5 ou 7.
6. Oscillateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le premier filtre comprend une

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

20

première inductance (520, 524, 526) et le deuxième filtre comprend une deuxième inductance (520, 524, 526).

7. Oscillateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel une sortie d'au moins l'un des N inverseurs est couplée à l'entrée de l'inverseur suivant par l'intermédiaire d'une autre inductance (510, 514, 518).

8. Oscillateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel un signal de fréquence sur la ligne de sortie a une fréquence comprise entre 300 GHz et 3 THz.

9. Procédé pour générer un signal de fréquence comprenant les étapes suivantes :

générer, par un premier oscillateur en anneau (500) comportant N inverseurs (502-506) couplés en série, N étant un entier impair égal à trois ou plus, un signal d'oscillation sur la sortie de chacun des inverseurs ;

filtrer le signal d'oscillation au niveau de la sortie d'au moins deux des inverseurs pour extraire l'harmonique de rang N ; et

combiner les signaux d'oscillation filtrés pour générer un signal de fréquence de sortie.

10. Procédé selon la revendication 9, comprenant en outre :

générer, par un autre oscillateur en anneau (802, 902-912) comportant N inverseurs couplés en série, un signal d'oscillation au niveau de la sortie de chacun des inverseurs, au moins une ligne connectant une paire d'inverseurs du premier oscillateur en anneau étant positionnée de façon à être couplée de façon électromagnétique à au moins une ligne connectant une paire d'inverseurs du deuxième oscillateur en anneau ;

filtrer le signal d'oscillation au niveau de la sortie d'au moins deux des inverseurs de l'autre oscillateur en anneau pour extraire l'harmonique de rang N ; et

combiner les signaux d'oscillation filtrés de l'autre oscillateur en anneau avec les signaux d'oscillation filtrés de

B11964FR - 12-GR1CO-0637FR01

21

l'oscillateur en anneau pour générer le signal de fréquence de sortie.

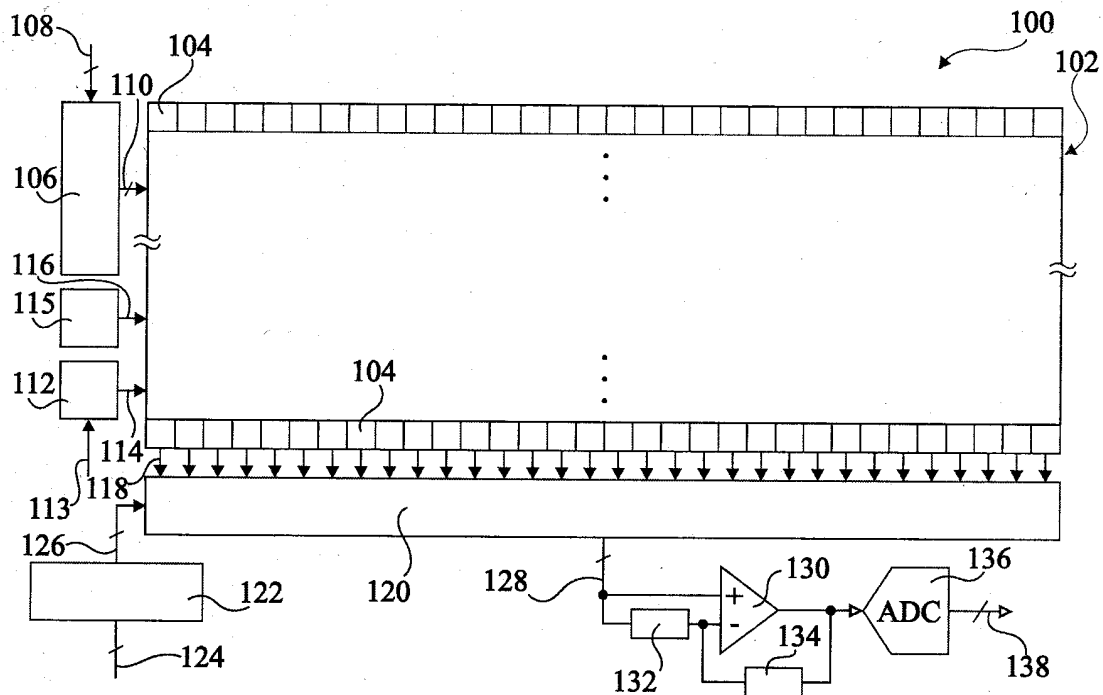


Fig 1

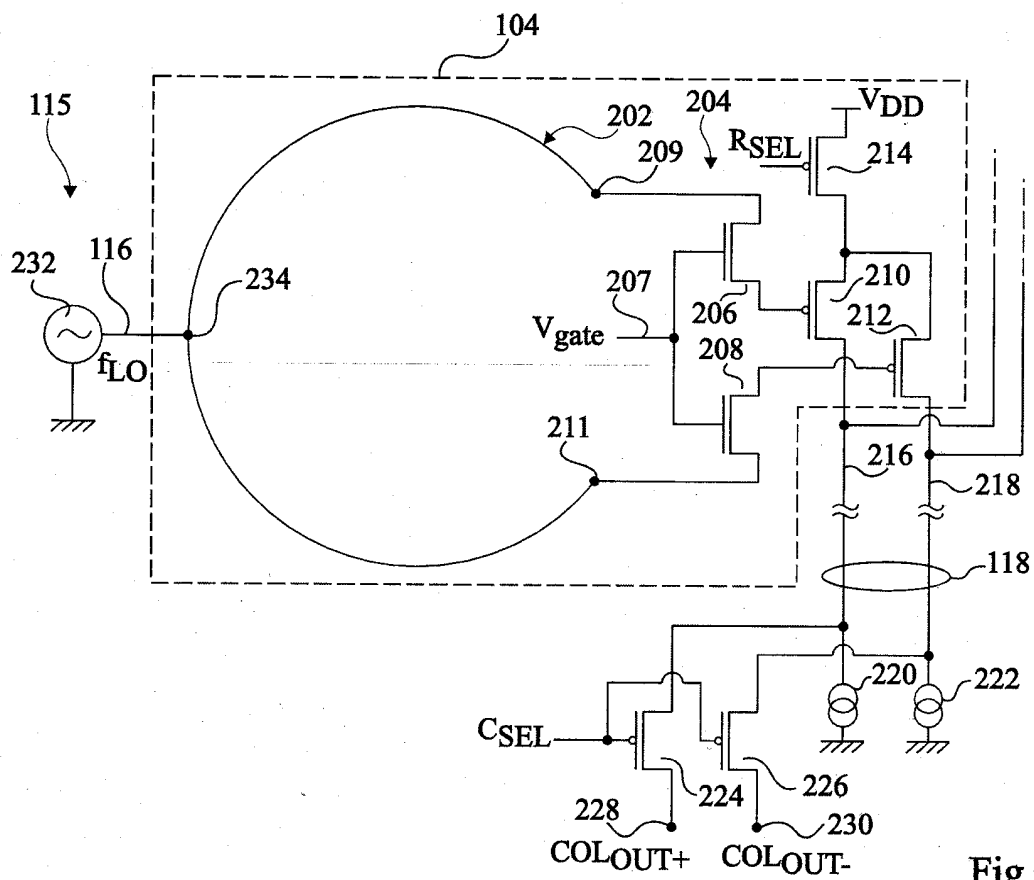


Fig 2

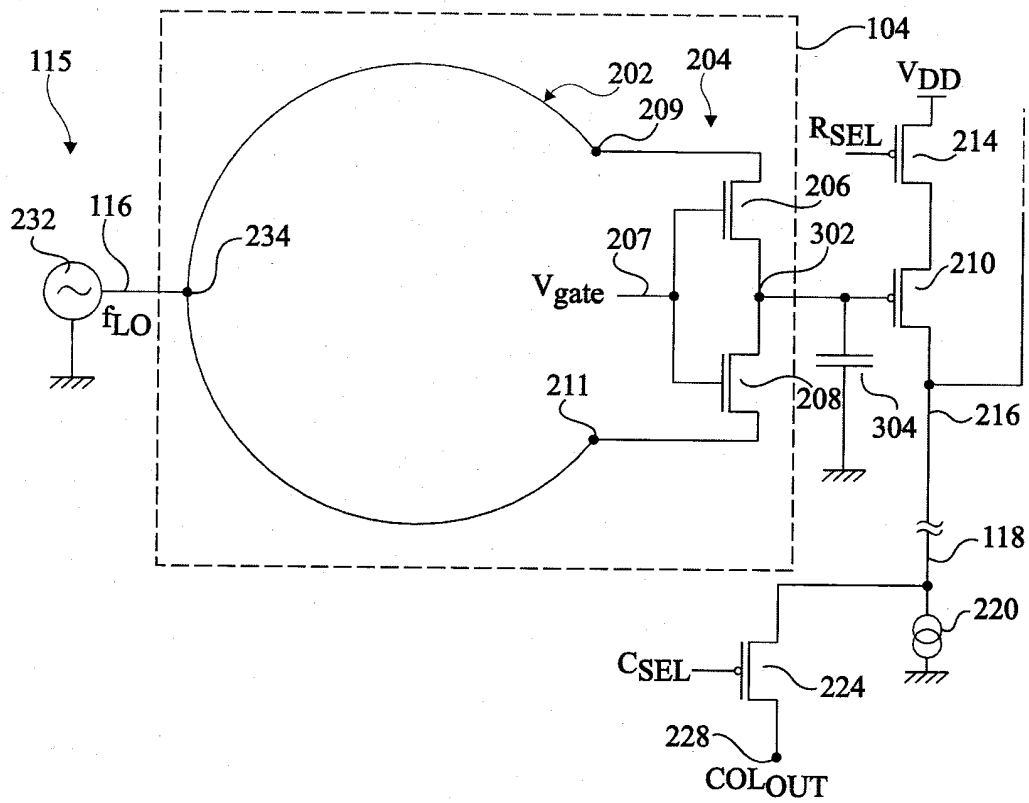


Fig 3

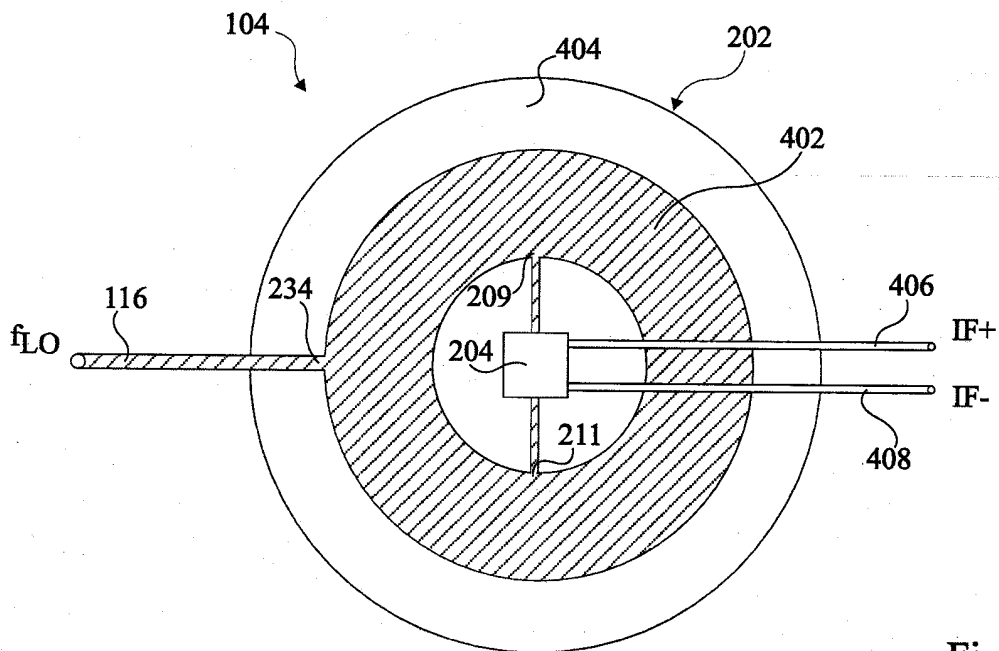
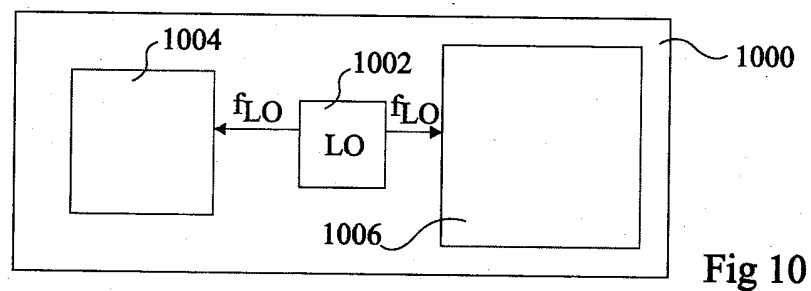
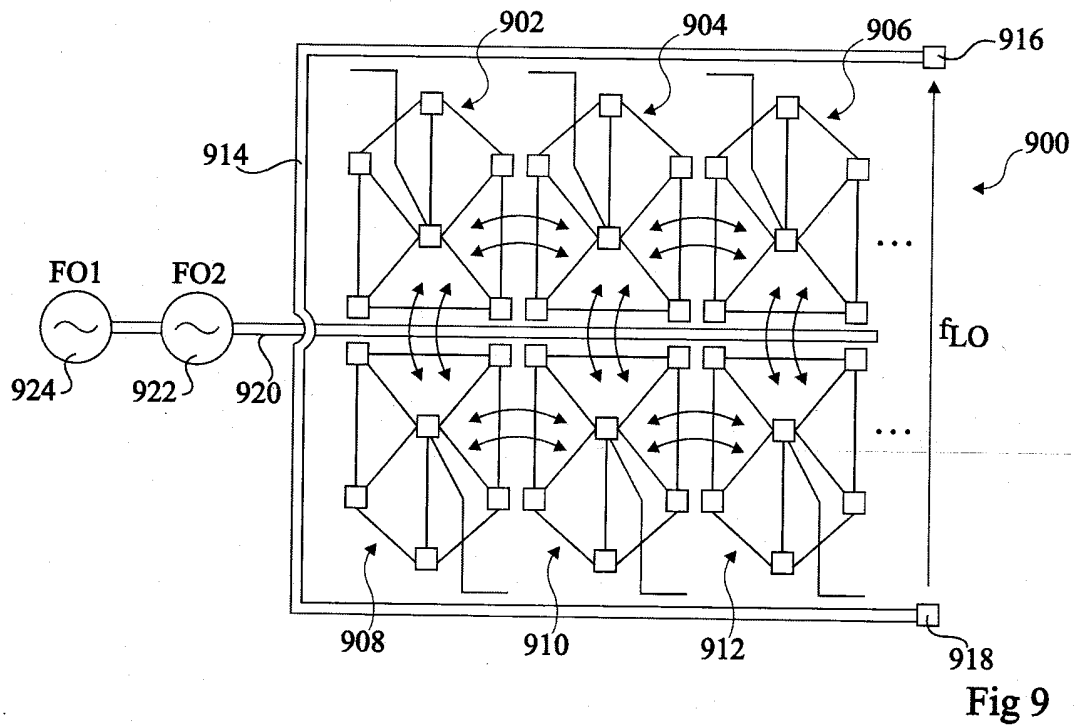
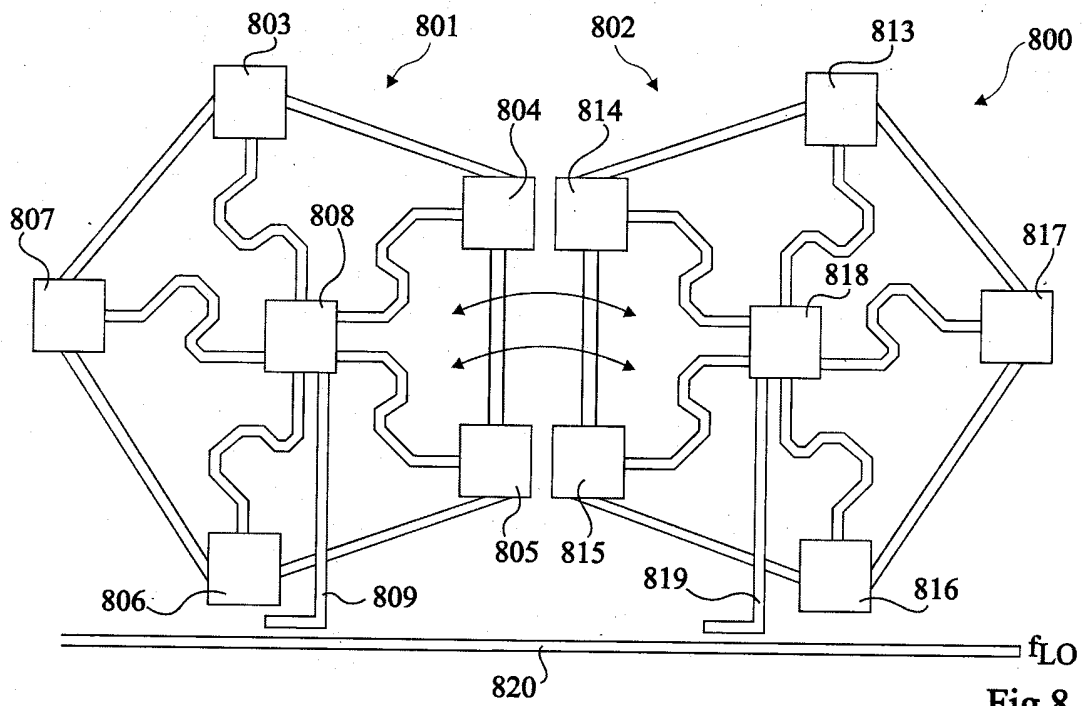


Fig 4

Fig 7

B 11963 12-GR1CO-0615
B 11964 12-GR1CO-0637

4/4





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 777840
FR 1258572

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X A	US 5 764 111 A (BUSHMAN MICHAEL L [US]) 9 juin 1998 (1998-06-09) * colonne 1, ligne 66 - colonne 2, ligne 23; figure 1 *	1-3,5-9 4,10	H03B1/04
X A	US 2010/253440 A1 (LI CHAO-CHIEH [TW] ET AL) 7 octobre 2010 (2010-10-07) * alinéas [0021], [0023], [0025], [0027]; figure 3 *	1-3,5-9 4,10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H03K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 juillet 2013		Martínez Martínez, J	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1258572 FA 777840

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-07-2013**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5764111 A	09-06-1998	US 5764111 A WO 9836491 A1	09-06-1998 20-08-1998

US 2010253440 A1	07-10-2010	AUCUN	
