



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
29.06.2016 Bulletin 2016/26

(51) Int Cl.:
H01Q 3/24 (2006.01) **H01Q 21/00** (2006.01)
F41H 13/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **15202085.5**

(22) Date de dépôt: **22.12.2015**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD

- **CHAUCHAT, Bertrand**
65350 Lizos (FR)
- **FASSE, Dominique**
92622 Gennevilliers Cedex (FR)
- **COZZA, Andrea**
91190 Gif sur Yvette (FR)
- **KASSAB, Quentin**
92622 Gennevilliers Cedex (FR)
- **BRASILE, Jean-Pierre**
91190 Gif sur Yvette (FR)

(30) Priorité: **23.12.2014 FR 1402979**

(71) Demandeur: **THALES**
92400 Courbevoie (FR)

(74) Mandataire: **Blot, Philippe Robert Emile**
Cabinet Lavoix
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(72) Inventeurs:
• **VALLON, Henri**
92232 Gennevilliers (FR)

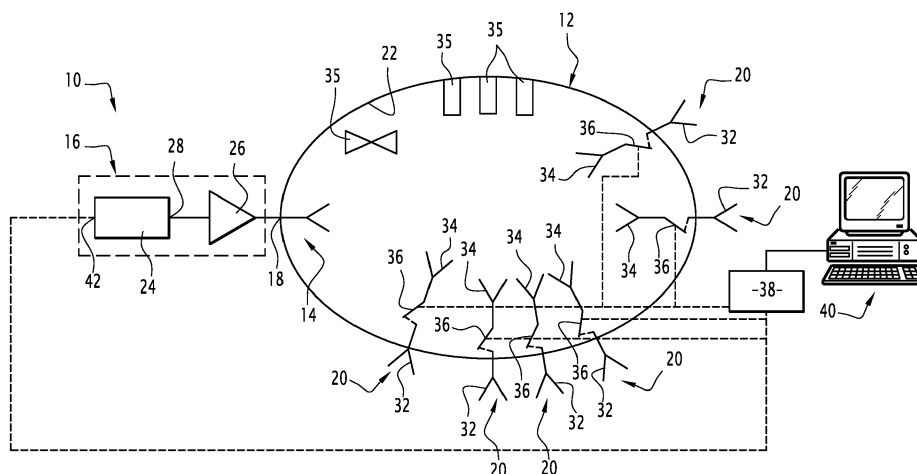
(54) **EMETTEUR D'ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES À CAVITÉ RÉVERBÉRANTE, ET PROCÉDÉ D'ÉMISSION ASSOCIÉ**

(57) Cet émetteur (10) d'ondes électromagnétiques comprend :

- une cavité réverbérante (12),
- au moins une antenne primaire (14) pour émettre une onde électromagnétique primaire dans la cavité réverbérante (12) sous l'effet d'un signal d'excitation,
- une pluralité d'antennes secondaires (20) comprenant chacune une partie émettrice (32) à l'extérieur de la cavité réverbérante (12) et une partie réceptrice (34) à l'intérieur de la cavité réverbérante (12), chaque antenne

secondaire (20) étant adaptée pour que la partie émettrice (32) émette une onde électromagnétique secondaire hors de la cavité réverbérante (12) sous l'effet d'une onde électromagnétique d'excitation reçue par la partie réceptrice (34),

- un système (16) de génération d'un signal d'excitation de la ou chaque antenne primaire (14), et
- un organe (18) de transmission du signal d'excitation à la ou chaque antenne primaire (14).



Description

[0001] La présente invention concerne un émetteur d'ondes électromagnétiques, du type comprenant :

- une cavité réverbérante,
- au moins une antenne primaire pour émettre une onde électromagnétique primaire dans la cavité réverbérante sous l'effet d'un signal d'excitation,
- une pluralité d'antennes secondaires comprenant chacune une partie émettrice à l'extérieur de la cavité réverbérante et une partie réceptrice à l'intérieur de la cavité réverbérante, chaque antenne secondaire étant adaptée pour que la partie émettrice émette une onde électromagnétique secondaire hors de la cavité réverbérante sous l'effet d'une onde électromagnétique d'excitation reçue par la partie réceptrice,
- un système de génération d'un signal d'excitation de la ou chaque antenne primaire, et
- un organe de transmission du signal d'excitation à la ou chaque antenne primaire.

[0002] Des émetteurs employant des cavités réverbérantes, comme décrit dans FR-A-2 985 385, FR-A-2 985 386, et « UWB Antennas Beamforming Using Passive Time-Reversal Device » (D. Carsenat, C. Decroze, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 11, 2012) ont été développés. Les émetteurs décrits FR-A-2 985 385 et FR-A-2 985 386 présentent l'avantage de permettre la génération de fortes puissances crêtes sur une large bande de fréquence, et la génération d'ondes de forme complexe. Les émetteurs présentés dans « UWB Antennas Beamforming Using Passive Time-Reversal Device » (D. Carsenat, C. Decroze, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 11, 2012) permettent d'augmenter la directivité du faisceau et de choisir la direction du rayonnement en utilisant un réseau d'antennes.

[0003] Un inconvénient des émetteurs à cavité réverbérante connus est que, pour permettre d'orienter l'onde générée dans des directions variées, il est nécessaire d'équiper l'émetteur d'une pluralité d'antennes secondaires. Or il est dans le même temps souhaitable de limiter le nombre d'antennes secondaires pour éviter les pertes d'énergie hors de la cavité et garder un facteur de qualité important. Un compromis doit donc être trouvé entre l'ouverture de l'angle d'émission de l'émetteur et la puissance des ondes pouvant être générées par cet émetteur.

[0004] Un objectif de l'invention est de permettre l'émission d'ondes électromagnétiques dans des directions variées au moyen d'un même émetteur, en minimisant les pertes d'énergie. Un autre objectif est de limiter le coût de l'émetteur.

[0005] A cet effet, l'invention a pour objet un émetteur d'ondes électromagnétiques du type précité, dans lequel chaque antenne secondaire est adaptée pour commuter

entre un état passant, dans lequel les parties émettrice et réceptrice de l'antenne secondaire sont couplées électromagnétiquement l'une à l'autre, de sorte que la réception d'une onde électromagnétique d'excitation par la partie réceptrice résulte en l'émission d'une onde électromagnétique secondaire par la partie émettrice, et un état bloquant, dans lequel les parties émettrice et réceptrice sont découplées électromagnétiquement l'une de l'autre, de sorte que la réception d'une onde électromagnétique par la partie réceptrice est sans incidence sur la partie émettrice.

[0006] Selon des modes de réalisation particuliers de l'invention, l'émetteur d'ondes électromagnétiques présente également l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute(s) combinaison(s) techniquement possible(s) :

- le système de génération est adapté pour que la ou les onde(s) électromagnétique(s) primaire(s) émise(s) par la ou les antenne(s) primaire(s) interagisse(nt) constructivement au niveau de la partie réceptrice d'au moins une des antennes secondaires pour former une onde électromagnétique d'excitation de ladite antenne secondaire, l'onde électromagnétique d'excitation ayant une amplitude plus grande que l'amplitude de la ou chaque onde électromagnétique primaire,
- la cavité est définie à l'intérieur de parois qui entourent la cavité, les parties réceptrices des antennes secondaires étant réparties le long desdites parois,
- les parties réceptrices des antennes secondaires sont réparties aléatoirement le long des parois de la cavité,
- chaque antenne secondaire diffère de chaque autre antenne secondaire pour au moins un des paramètres suivants : direction d'émission de l'onde électromagnétique secondaire émise par la partie émettrice de ladite antenne secondaire, polarisation de ladite onde électromagnétique secondaire, phase de ladite onde électromagnétique secondaire, bande passante de l'antenne secondaire, et fréquence centrale de la partie émettrice de l'antenne secondaire,
- chaque antenne secondaire comprend un commutateur pour commuter l'antenne secondaire sélectivement dans son état passant ou dans son état bloquant,
- le commutateur consiste en un commutateur électromécanique, ou en une diode PIN, et
- il comprend un module de commande adapté pour piloter le système de génération et pour commander les commutateurs des antennes secondaires.

[0007] L'invention a également pour objet un procédé d'émission d'une onde électromagnétique de forte puissance par un émetteur d'ondes électromagnétiques tel que défini ci-dessus, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- fourniture de l'émetteur, chaque antenne secondaire état dans un premier état parmi ses états bloquant et passant,
- génération d'un signal d'excitation de la ou chaque antenne primaire,
- transmission du signal d'excitation à la ou chaque antenne primaire,
- émission, par la ou chaque antenne primaire, sous l'effet de l'excitation de ladite antenne primaire par le signal d'excitation qui lui est transmis, d'une onde électromagnétique primaire,
- commutation dans son deuxième état d'au moins une antenne secondaire,
- interaction constructive de la ou des onde(s) électromagnétique(s) primaire(s) émise(s) par la ou les antenne(s) primaire(s) au niveau de la partie réceptrice de la ou chaque antenne secondaire qui, après la commutation, est dans son état passant, pour former une onde électromagnétique d'excitation de ladite antenne secondaire, l'onde électromagnétique d'excitation ayant une amplitude plus grande que l'amplitude de la ou chaque onde électromagnétique primaire, et
- émission d'une onde électromagnétique secondaire par la partie émettrice de la ou chaque antenne secondaire qui est dans son état passant, sous l'effet de l'onde électromagnétique d'excitation de ladite antenne secondaire.

[0008] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, le procédé comprend en outre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute(s) combinaison(s) techniquement possible(s) :

- le premier état de chaque antenne secondaire est son état passant.
- il comprend en outre une étape de choix d'une direction de tir de l'émetteur d'ondes électromagnétiques, et l'étape de commutation est adaptée pour que, après ladite commutation, toute antenne secondaire contributrice ayant une contribution positive à la puissance d'une onde électromagnétique émise par l'émetteur d'ondes électromagnétiques dans la direction de tir choisie soit dans son état passant, et que toute autre antenne secondaire soit dans son état bloquant,
- l'étape de commutation consiste en la commutation de la ou chaque antenne secondaire contributrice de son état bloquant vers son état passant.

[0009] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant à la Figure annexée, laquelle est une représentation schématique d'un émetteur selon l'invention.

[0010] L'émetteur 10 représenté sur la Figure comprend une cavité réverbérante 12, une antenne primaire

14 pour émettre une onde électromagnétique primaire dans la cavité réverbérante 12, un système 16 de génération d'un signal électrique d'excitation de l'antenne primaire 14, un organe 18 de transmission du signal électrique d'excitation à l'antenne primaire 14, et une pluralité d'antennes secondaires 20.

[0011] La cavité réverbérante 12 a, de façon connue, des propriétés d'équirépartition du champ, ou de champ diffus, vis-à-vis de la propagation d'ondes électromagnétiques à l'intérieur de la cavité 12. A cet effet, la cavité 12 présente des formes irrégulières, de façon à ce que, pour toute onde électromagnétique se propageant/circulant à l'intérieur de la cavité 12, la densité de champ de ladite onde électromagnétique soit homogène et isotrope dans tout l'espace de la cavité 12.

[0012] De préférence, la cavité 12 contient également des diffuseurs, tels que des tiges ou plaques métalliques, afin de renforcer les propriétés d'équirépartition du champ dans la cavité 12.

[0013] La cavité 12 est définie à l'intérieur de parois 22 qui entourent la cavité 12. Lesdites parois 22 sont avantageusement toutes réfléchissantes et adaptées pour limiter les pertes électromagnétiques à l'intérieur de la cavité 12. A cet effet, les parois 22 sont typiquement en métal, par exemple en acier.

[0014] Par ailleurs, la cavité 12 est adaptée pour permettre les conditions de diffusion et mélanges nécessaires entre les antennes primaire 14 et secondaires 20. En d'autres termes, la cavité 12 est adaptée pour que toute onde émise dans la cavité 12 par l'une des antennes primaire 14 et secondaires 20 soit forcée de se réfléchir sur au moins une des parois 22 de la cavité pour parvenir à l'une des antennes secondaires 20, respectivement à l'antenne primaire 14.

[0015] L'antenne primaire 14 est adaptée pour émettre l'onde électromagnétique primaire sous l'effet du signal électrique d'excitation généré par le système 16. A cet effet, l'antenne primaire 14 est typiquement constituée par un élément antenne traversant une paroi 22 de la cavité 12 et adapté pour émettre une onde électromagnétique lorsqu'il est excité par un courant électrique. En variante, l'antenne primaire 14 est constituée par une pluralité d'éléments antennaires traversant une paroi 22 de la cavité 12.

[0016] Le système de génération 16 comprend une unité de génération et de traitement de signaux 24, programmée pour générer un signal électrique primaire. De préférence, il comprend également, comme représenté, un étage d'amplification 26.

[0017] L'étage d'amplification 26 est, dans l'exemple représenté, constitué par un amplificateur à état solide interposé électriquement entre une sortie 28 de l'unité de génération et de traitement de signaux 24 et l'organe de transmission 18.

[0018] L'organe de transmission 18 est formé par une connexion électrique entre l'antenne primaire 14 et le système de génération 16. Ladite connexion électrique est de préférence commutable.

[0019] Chaque antennes secondaire 20 comporte une partie émettrice 32 à l'extérieur de la cavité réverbérante 12 et une partie réceptrice 34 à l'intérieur de la cavité réverbérante 12, chaque antenne secondaire 20 étant adaptée pour que la partie émettrice 32 émette une onde électromagnétique secondaire hors de la cavité réverbérante 12 sous l'effet d'une onde électromagnétique d'excitation reçue par la partie réceptrice 34. On notera que, bien que les parties 32 et 34 soient qualifiées respectivement de « émettrice » et « réceptrice », ces fonctions des parties 32 et 34 ne sont pas exclusives ; la partie émettrice 32 est ainsi également adaptée pour recevoir des ondes électromagnétiques circulant à l'extérieur de la cavité 12, et la partie réceptrice 34 est également adaptée pour émettre des ondes électromagnétiques à l'intérieur de la cavité 12.

[0020] Chaque antenne secondaire 20 est par exemple formée par un élément conducteur s'étendant au travers d'une paroi 22 de la cavité 12. En variante, chaque antenne secondaire 20 est formée par une fente ménagée dans une paroi 22 de la cavité 12.

[0021] La partie émettrice 32 de chaque antenne secondaire 20 est conformée de manière spécifique pour conférer à l'onde secondaire émise par ladite partie émettrice 32 une polarisation, une phase et une direction d'émission prédéterminées. La conformation de la partie émettrice 32 influe également sur la bande passante de l'antenne secondaire 20. De préférence, la conformation de la partie émettrice 32 de chaque antenne secondaire 20 est spécifique à ladite antenne secondaire 20, de sorte que chaque antenne secondaire 20 diffère de chaque autre antenne secondaire 20 pour au moins un des paramètres suivants : direction d'émission de l'onde électromagnétique secondaire émise par la partie émettrice 32 de ladite antenne secondaire 20, polarisation de ladite onde électromagnétique secondaire, phase de ladite onde électromagnétique secondaire, bande passante de l'antenne secondaire 20, et fréquence centrale de la partie émettrice 32 de l'antenne secondaire 20.

[0022] Les parties émettrices 32 des antennes secondaires 20 sont de préférence disposées de manière à ce que l'émetteur 10 puisse émettre une onde électromagnétique dans n'importe quel direction de l'espace. En variante, les parties émettrices 32 des antennes secondaires 20 sont disposées de manière à ce que l'émetteur 10 puisse émettre une onde électromagnétique dans n'importe quel direction d'un demi-espace.

[0023] Les parties réceptrices 34 des antennes secondaires 20 sont réparties le long des parois 22 de la cavité 12. Elles sont en particulier réparties aléatoirement le long desdites parois 22, c'est-à-dire que les positions de tout ou partie des antennes 20 ne forme aucune figure de symétrie.

[0024] En variante, les parties réceptrice 34 des antennes secondaires 20 sont disposées en réseau, c'est-à-dire que les positions d'au moins une partie des antennes 20 forment une figure géométrique avec une ou plusieurs symétries.

[0025] Le système de génération 16 est adapté pour que chaque onde électromagnétique primaire émise par l'antenne primaire interagisse constructivement au niveau de la partie réceptrice 34 d'une partie des antennes secondaires 20 pour former une onde électromagnétique d'excitation desdites antennes secondaires 20, chaque onde électromagnétique d'excitation ayant une amplitude plus grande que l'amplitude de l'onde électromagnétique primaire. A cet effet, l'unité de génération et de traitement de signaux 24 est programmée par application du principe de retournement temporel. Cette programmation est en particulier effectuée de la manière décrite ci-dessous.

[0026] Tout d'abord, les antennes secondaires 20 sont configurées de sorte que les antennes secondaires 20 d'un premier groupe d'antennes secondaires soient dans leur état passant, les autres antennes secondaires 20 étant dans leur état bloquant.

[0027] Ensuite, une première onde électromagnétique de calibrage est émise par la partie émettrice 24 de l'une des antennes secondaires 20 du premier groupe. Cette onde électromagnétique de calibrage est de préférence une impulsion.

[0028] La première onde électromagnétique de calibrage se diffuse dans la cavité 12 et est reçue, de façon diffuse et étalée dans le temps, par l'antenne primaire 14. Cet étalement permet d'obtenir un signal reçu au niveau de l'antenne primaire 14 plus long dans le temps avec une puissance crête bien moindre que le signal de calibrage de départ. Ce rapport entre le signal reçu et l'onde de calibrage permet l'obtention d'une marge d'amplification qui permettra l'obtention d'une puissance crête bien plus importante que celle de l'onde de calibrage lors de l'émission d'une onde électromagnétique par l'émetteur 10.

[0029] La réception de cette onde par l'antenne 14 provoque la génération d'un signal électrique de calibration qui est enregistré et comparé à l'onde électromagnétique de calibrage. Il en est déduit une première matrice de transfert fréquentiel $H_{k,1}$ de la cavité 12 pour la transmission d'ondes électromagnétiques entre l'antenne secondaire 20 et l'antenne primaire 14, suivant un procédé tel que celui décrit dans l'article de H. C. Song, S. Kim, W. S. Hodgkiss, et W. A. Kuperman intitulé « Environmentally adaptive reverberation nulling using a time reversal mirror », The Journal of the Acoustical Society of America, 2004, vol. 116, n°2, pp 762-768.

[0030] Cette étape est répétée pour chacune des antennes secondaires 20 du premier groupe d'antennes secondaires.

[0031] Les antennes secondaires 20 sont ensuite reconfigurées de sorte que les antennes secondaires 20 d'un deuxième groupe d'antennes secondaires soient dans leur état passant, les autres antennes secondaires 20 étant dans leur état bloquant.

[0032] Ensuite, une deuxième onde électromagnétique de calibrage est émise par la partie émettrice 24 de l'une des antennes secondaires 20 du deuxième groupe.

Cette onde électromagnétique de calibrage est de préférence une impulsion.

[0033] La deuxième onde électromagnétique de calibrage se diffuse dans la cavité 12 et est reçue, de façon diffuse et étalée dans le temps, par l'antenne primaire 14. La réception de cette onde par l'antenne 14 provoque la génération d'un signal électrique de calibration qui est enregistré et comparé à l'onde électromagnétique de calibrage. Il en est déduit une deuxième matrice de transfert fréquentiel $H_{k,2}$ de la cavité 12 pour la transmission d'ondes électromagnétiques entre l'antenne secondaire 20 et l'antenne primaire 14, suivant un procédé similaire à celui utilisé pour le calcul de la première matrice fréquentiel H_k .

[0034] Cette étape est répétée pour chacune des antennes secondaires 20 du deuxième groupe d'antennes secondaires.

[0035] Les étapes précédentes sont répétées pour les antennes 20 d'une pluralité de groupes d'antennes secondaires, une matrice de transfert fréquentiel $H_{k,j}$ (avec j compris entre 3 et N , N étant le nombre de groupes d'antennes secondaires) étant calculée pour chacune desdites antennes 20.

[0036] Enfin, l'unité de génération et de traitement de signaux 30 est programmée pour générer, pour chaque groupe d'antennes secondaires 20, un signal électriques primaire $Z_j(\omega)$, avec j compris entre 1 et N , le signal électrique primaire ayant le spectre fréquentiel suivant :

$$Z_j(\omega) = \frac{X(\omega)}{A} \times \sum_k \alpha_k(\omega) \times H_{k,j}^*$$

où $X(\omega)$ est le spectre fréquentiel d'une onde électromagnétique que l'on souhaite émettre au moyen de l'émetteur 10 lorsque chaque antenne 20 du groupe d'antennes secondaires est dans son passant, A est le facteur d'amplification fourni par l'amplificateur 26, $\alpha_k(\omega)$ est un signal de déphasage appliqué à chaque antenne 20 du groupe d'antennes secondaires, et $H_{k,j}^*$ est la matrice conjuguée complexe de la matrice de transfert fréquentiel $H_{k,j}$.

[0037] Dans l'exemple représenté, l'émetteur 10 comprend également des brasseurs 35 positionnés dans la cavité 12. Ces brasseurs 35 sont typiquement constitués par des plaques métalliques.

[0038] L'emplacement des brasseurs 35 dans la cavité 12 est adapté pour maximiser le gain apporté par la cavité réverbérante 12 ; en d'autres termes, l'emplacement des brasseurs 35 dans la cavité 12 est constitué par la position des brasseurs 35 dans la cavité 12 pour laquelle le rapport de la puissance crête de l'onde électromagnétique émise par l'émetteur 10 sur la puissance crête du signal électrique primaire généré par le générateur de signaux 24 est maximal. L'emplacement des brasseurs 35 est déterminé au moyen du procédé décrit ci-dessous.

[0039] Tout d'abord, les brasseurs 35 sont positionnés dans la cavité 12, dans une position aléatoire. Puis une

programmation de l'unité de génération et de traitement de signaux 24 est effectuée au moyen du procédé de programmation décrit ci-dessus. La puissance crête du signal électrique primaire obtenu par ladite programmation est mémorisée.

[0040] Ensuite, les brasseurs 35 sont déplacés de façon à occuper une nouvelle position dans la cavité 12. Une nouvelle programmation de l'unité de génération et de traitement de signaux 24 est effectuée au moyen du procédé de programmation décrit ci-dessus, l'onde électromagnétique de calibrage employée étant identique à l'onde électromagnétique de calibrage employée lors de la première programmation. La puissance crête du signal électrique primaire obtenu avec cette deuxième programmation est à son tour mémorisée.

[0041] Cette étape est ensuite répétée pour toutes les positions possibles des brasseurs 35 dans la cavité 12.

[0042] Finalement, les puissances crêtes mémorisées pour les différentes positions des brasseurs 35 sont comparées les unes aux autres, de façon à identifier la position des brasseurs 35 pour laquelle la puissance crête est minimale. Les brasseurs 35 sont alors repositionnés à cette position, ladite position constituant l'emplacement des brasseurs 35.

[0043] Selon l'invention, chaque antenne secondaire 20 est adaptée pour commuter entre un état passant, dans lequel les parties émettrice 32 et réceptrice 34 de l'antenne 20 sont couplées électromagnétiquement l'une à l'autre, de sorte que la réception d'une onde électromagnétique d'excitation par la partie réceptrice 32 résulte en l'émission d'une onde électromagnétique secondaire par la partie émettrice 34, et un état bloquant, dans lequel les parties émettrice 32 et réceptrice 34 sont découplées électromagnétiquement l'une de l'autre, de sorte que la réception d'une onde électromagnétique quelconque par la partie réceptrice 32 est sans incidence sur la partie émettrice 34.

[0044] A cet effet, chaque antenne secondaire 20 comprend un commutateur 36 pour commuter l'antenne secondaire 20 sélectivement dans son état passant ou dans son état bloquant, et l'émetteur 10 comprend un module 38 de commande des commutateurs 30. L'émetteur 10 comprend également une interface homme-machine 40, pour l'entrée par un opérateur d'une instruction de tir de l'émetteur 10 dans une direction de tir choisie par l'opérateur.

[0045] Le commutateur 36 est interposé électriquement entre les parties émettrice 32 et réceptrice 34 de l'antenne secondaire 20. Il est adapté pour commuter entre un état fermé, dans lequel il assure une connexion électrique entre les parties émettrice et réceptrice 32, 34, et un état ouvert, dans lequel il isole électriquement les parties émettrice et réceptrice 32, 34 l'une de l'autre.

[0046] Le commutateur 36 consiste par exemple en une diode PIN (« Positive Intrinsic Negative diode » en anglais). Ainsi, le commutateur 36 est adapté pour commuter rapidement entre ses états ouvert et fermé, typiquement en un temps inférieur à 10 ns.

[0047] En variante, le commutateur 36 consiste en un commutateur électromécanique.

[0048] Le module de commande 38 est raccordé électriquement à un port (non représenté) de commande de chaque commutateur 36, pour commander la commutation de chaque commutateur 36. Il est également raccordé électriquement à un port 42 de pilotage de l'unité de génération et de traitement de signaux 24, pour piloter l'unité de génération et de traitement de signaux 24. Il est également raccordé électriquement à l'interface homme-machine 40, pour la réception de l'instruction de tir.

[0049] Le module de commande 38 est programmé pour déduire de l'instruction de tir un signal électrique de pilotage de l'unité de génération et de traitement de signaux 24 et un signal électrique de commande des commutateurs 36, et pour envoyer le signal électrique de pilotage à l'unité de génération et de traitement de signaux 24 et le signal électrique de commande aux commutateurs 36.

[0050] Le signal électrique de commande est adapté pour commander la commutation d'un groupe de commutateurs prédéterminé parmi les commutateurs 36 de sorte que, après cette commutation, seules des antennes secondaires contributrices pour la direction de tir choisie par l'opérateur, prises parmi les antennes secondaires 20, soient dans leur état passant.

[0051] Les antennes secondaires contributrices sont adaptées pour que l'émission d'ondes électromagnétiques secondaires par lesdites antennes secondaires contributrices résulte en l'émission par l'émetteur 10 d'une onde électromagnétique dans la direction de tir choisie par l'opérateur. Elles ont de préférence été déterminées lors d'une étape de détermination des antennes secondaires contributrices, au cours de laquelle il a été déterminé, pour chaque antenne secondaire 20 et pour chaque direction de tir, si l'émission d'une onde électromagnétique secondaire par ladite antenne secondaire 20 contribuait positivement ou négativement à la puissance d'une onde émise par l'émetteur 10 dans la direction de tir, seules les antennes secondaires 20 ayant une contribution positive étant déterminées comme étant des antennes secondaires contributrices pour ladite direction de tir. En particulier, les antennes secondaires contributrices appartiennent toutes à un même groupe d'antennes secondaires parmi les groupes d'antennes secondaires commutés successivement lors du procédé de programmation.

[0052] Le signal électrique de pilotage est adapté pour entraîner la génération, par l'unité de génération et de traitement de signaux 24, d'un signal électrique primaire parmi la pluralité de signaux électriques primaires programmés pour l'unité de génération et de traitement de signaux 24. Le signal électrique de pilotage est en particulier adapté pour que le signal électrique primaire ainsi généré par l'unité de génération et de traitement de signaux 24 engendre la formation d'ondes électromagnétiques d'excitation au niveau de la partie réceptrice 34 de chaque antenne secondaire contributrice. A cet effet,

le signal électrique de pilotage est adapté pour que le signal électrique primaire généré soit le signal électrique programmé pour le groupe d'antennes secondaires auxquelles appartiennent les antennes secondaires contributrices.

[0053] Un procédé d'émission d'une onde électromagnétique au moyen de l'émetteur 10 va maintenant être décrit, en référence à la Figure.

[0054] A l'état initial, aucun signal n'est émis par l'unité de génération et de traitement de signaux 24, et les antennes secondaires 20 sont chacune dans un premier état parmi leurs états passant et bloquant. Ce premier état est de préférence l'état bloquant.

[0055] Tout d'abord, un opérateur choisit une direction de tir de l'émetteur 10. Il utilise ensuite l'interface homme-machine 42 pour communiquer à l'émetteur 10 une instruction de tir dans la direction choisie.

[0056] Cette instruction de tir est reçue par le module de commande 38, qui en déduit un signal de pilotage de l'unité de génération et de traitement de signaux 24. Il en déduit également un signal de commande des commutateurs 36.

[0057] Le signal de commande est transmis aux commutateurs 36. Sous l'effet de ce signal, une partie des antennes secondaires 20 commutent dans leur deuxième état de sorte que, après cette commutation, seules les antennes secondaires contributrices pour la direction de tir choisie par l'opérateur soient dans leur état passant. De préférence, les antennes secondaires 20 qui commutent sont toutes les antennes secondaires 20 à l'exception des antennes secondaires contributrices, la commutation se faisant de l'état passant vers l'état bloquant. En variante, les antennes secondaires 20 qui commutent sont les antennes secondaires contributrices, la commutation se faisant de l'état passant vers l'état bloquant.

[0058] Le signal de pilotage est transmis à l'unité de génération et de traitement de signaux 24, qui génère alors un signal électrique primaire. Ce signal électrique primaire est amplifié par l'étage d'amplification 26, et parvient ainsi amplifié à l'antenne primaire 14.

[0059] L'antenne primaire 14 reçoit ainsi un signal d'excitation constitué par le signal électrique primaire amplifié. Sous l'effet de ce signal d'excitation, l'antenne primaire 14 se met à émettre une onde électromagnétique primaire dans la cavité 12. Cette onde électromagnétique primaire, après réflexion sur les parois 22 de la cavité 12, interagit constructivement avec elle-même au niveau de la partie réceptrice 34 de chaque antenne secondaire contributrice, de manière à produire une onde d'excitation de chaque antenne secondaire contributrice.

[0060] Sous l'effet de l'excitation de chaque antenne secondaire contributrice induite par cette onde d'excitation, la partie émettrice 32 de ladite antenne émet finalement une onde électromagnétique secondaire à l'extérieur de la cavité 12. Cette onde électromagnétique secondaire interagit constructivement avec les ondes autres ondes électromagnétiques secondaires de manière à former une onde électromagnétique de forte puis-

sance, orientée dans la direction de tir choisie par l'opérateur.

[0061] De par un adressage contrôlé des antennes secondaires 20 en utilisant le retournement temporel, l'invention décrite ci-dessus permet ainsi le pointage d'un faisceau d'onde électromagnétique dans toutes les directions de l'espace.

[0062] En outre, en permettant la désactivation des antennes secondaires 20 qui ne sont pas adressées, l'invention permet d'augmenter la directivité de l'émetteur 10 dans la direction désirée tout en gardant un bon facteur de qualité nécessaire pour un meilleur rendement de la technique de retournement temporel utilisée.

[0063] Enfin, l'invention permet la réalisation d'émetteurs compacts et peu coûteux.

Revendications

1. Emetteur (10) d'ondes électromagnétiques, comprenant :

- une cavité réverbérante (12),
- au moins une antenne primaire (14) pour émettre une onde électromagnétique primaire dans la cavité réverbérante (12) sous l'effet d'un signal d'excitation,
- une pluralité d'antennes secondaires (20) comprenant chacune une partie émettrice (32) à l'extérieur de la cavité réverbérante (12) et une partie réceptrice (34) à l'intérieur de la cavité réverbérante (12), chaque antenne secondaire (20) étant adaptée pour que la partie émettrice (32) émette une onde électromagnétique secondaire hors de la cavité réverbérante (12) sous l'effet d'une onde électromagnétique d'excitation reçue par la partie réceptrice (34),
- un système (16) de génération d'un signal d'excitation de la ou chaque antenne primaire (14), et
- un organe (18) de transmission du signal d'excitation à la ou chaque antenne primaire (14),

caractérisé en ce que chaque antenne secondaire (20) est adaptée pour commuter entre un état passant, dans lequel les parties émettrice (32) et réceptrice (34) de l'antenne secondaire (20) sont couplées électromagnétiquement l'une à l'autre, de sorte que la réception d'une onde électromagnétique d'excitation par la partie réceptrice (34) résulte en l'émission d'une onde électromagnétique secondaire par la partie émettrice (32), et un état bloquant, dans lequel les parties émettrice (32) et réceptrice (34) sont découplées électromagnétiquement l'une de l'autre, de sorte que la réception d'une onde électromagnétique par la partie réceptrice (34) est sans incidence sur la partie émettrice (32).

2. Emetteur d'ondes électromagnétiques (10) selon la revendication 1, dans lequel le système de génération (16) est adapté pour que la ou les onde(s) électromagnétique(s) primaire(s) émise(s) par la ou les antenne(s) primaire(s) interagisse(nt) constructivement au niveau de la partie réceptrice (34) d'au moins une des antennes secondaires (20) pour former une onde électromagnétique d'excitation de ladite antenne secondaire (20), l'onde électromagnétique d'excitation ayant une amplitude plus grande que l'amplitude de la ou chaque onde électromagnétique primaire.

3. Emetteur d'ondes électromagnétiques (10) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la cavité (12) est définie à l'intérieur de parois (22) qui entourent la cavité (12), les parties réceptrices (34) des antennes secondaires (20) étant réparties le long desdites parois (22).

4. Emetteur d'ondes électromagnétiques (10) selon la revendication 3, dans lequel les parties réceptrices (34) des antennes secondaires (20) sont réparties aléatoirement le long des parois (22) de la cavité (12).

5. Emetteur d'ondes électromagnétiques (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque antenne secondaire (20) diffère de chaque autre antenne secondaire (20) pour au moins un des paramètres suivants : direction d'émission de l'onde électromagnétique secondaire émise par la partie émettrice (32) de ladite antenne secondaire (20), polarisation de ladite onde électromagnétique secondaire, phase de ladite onde électromagnétique secondaire, bande passante de l'antenne secondaire (20), et fréquence centrale de la partie émettrice (32) de l'antenne secondaire (20).

6. Emetteur d'ondes électromagnétiques (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque antenne secondaire comprend un commutateur (36) pour commuter l'antenne secondaire (20) sélectivement dans son état passant ou dans son état bloquant.

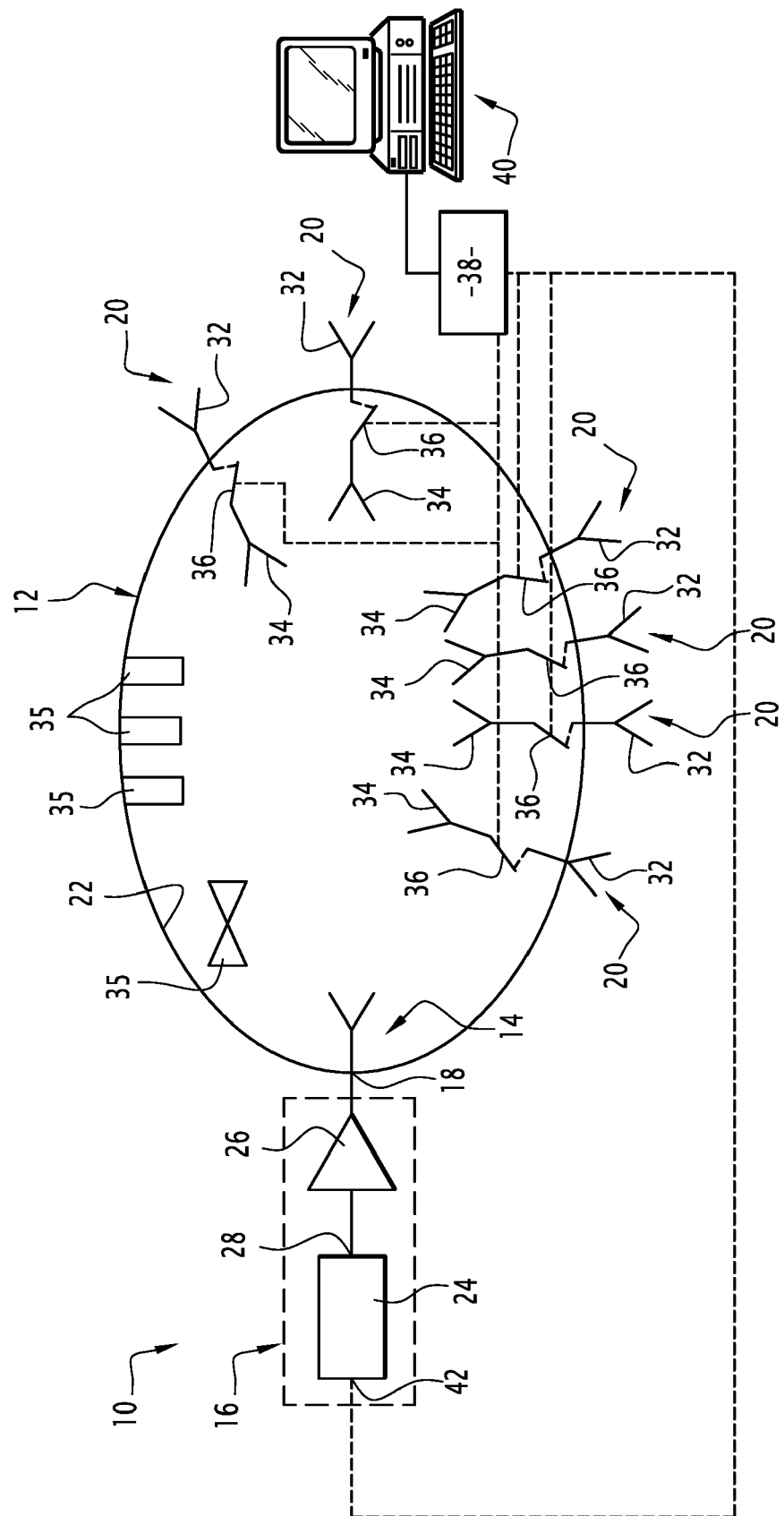
7. Emetteur d'ondes électromagnétiques (10) selon la revendication 6, dans lequel le commutateur (36) consiste en un commutateur électromécanique, ou en une diode PIN.

8. Emetteur d'ondes électromagnétiques (10) selon la revendication 6 ou 7, comprenant un module de commande (38) adapté pour piloter le système de génération (16) et pour commander les commutateurs (36) des antennes secondaires (20).

9. Procédé d'émission d'une onde électromagnétique

de forte puissance par un émetteur d'ondes électromagnétiques (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant les étapes suivantes :

- fourniture de l'émetteur (10), chaque antenne secondaire (20) étant dans un premier état parmi ses états bloquant et passant, 5
 - génération d'un signal d'excitation de la ou chaque antenne primaire (14), 10
 - transmission du signal d'excitation à la ou chaque antenne primaire (14),
 - émission, par la ou chaque antenne primaire (14), sous l'effet de l'excitation de ladite antenne primaire (14) par le signal d'excitation qui lui est transmis, d'une onde électromagnétique primaire, 15
 - commutation dans son deuxième état d'au moins une antenne secondaire (20),
 - interaction constructive de la ou des onde(s) électromagnétique(s) primaire(s) émise(s) par la ou les antenne(s) primaire(s) (14) au niveau de la partie réceptrice (34) de la ou chaque antenne secondaire (20) qui, après la commutation, est dans son état passant, pour former une 20
 - onde électromagnétique d'excitation de ladite antenne secondaire (20), l'onde électromagnétique d'excitation ayant une amplitude plus grande que l'amplitude de la ou chaque onde électromagnétique primaire, et 25
 - émission d'une onde électromagnétique secondaire par la partie émettrice (32) de la ou chaque antenne secondaire (20) qui est dans son état passant, sous l'effet de l'onde électromagnétique d'excitation de ladite antenne se- 30
 - condaire (20). 35
10. Procédé d'émission selon la revendication 9, dans lequel le premier état de chaque antenne secondaire (20) est son état passant. 40
11. Procédé d'émission selon la revendication 9 ou 10, comprenant en outre une étape de choix d'une direction de tir de l'émetteur d'ondes électromagnétiques (10), et l'étape de commutation est adaptée 45 pour que, après ladite commutation, toute antenne secondaire (20) contributrice ayant une contribution positive à la puissance d'une onde électromagnétique émise par l'émetteur d'ondes électromagnétiques (10) dans la direction de tir choisie soit dans son état passant, et que toute autre antenne secon- 50 daire (20) soit dans son état bloquant.
12. Procédé d'émission selon la revendication 11, dans lequel l'étape de commutation consiste en la com- 55 mutation de la ou chaque antenne secondaire (20) contributrice de son état bloquant vers son état pas- sant.





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 15 20 2085

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A,D	FROMENTEZE THOMAS ET AL: "Miniaturized device for passive microwave UWB beamforming", THE 8TH EUROPEAN CONFERENCE ON ANTENNAS AND PROPAGATION (EUCAP 2014), EUROPEAN ASSOCIATION ON ANTENNAS AND PROPAGATION, 6 avril 2014 (2014-04-06), pages 354-358, XP032643346, DOI: 10.1109/EUCAP.2014.6901765 * le document en entier *	1-12	INV. H01Q3/24 H01Q21/00 F41H13/00
A	THOMAS FROMENTEZE ET AL: "A Precorrection Method for Passive UWB Time-Reversal Beamformer", IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, IEEE, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 12, 1 janvier 2013 (2013-01-01), pages 836-840, XP011522319, ISSN: 1536-1225, DOI: 10.1109/LAWP.2013.2272474 * le document en entier *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A,D	FR 2 985 385 A1 (THALES SA [FR]) 5 juillet 2013 (2013-07-05) * page 5, ligne 4 - page 13, ligne 30 * * figures 1-5 *	1-12	H01Q F41H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 13 avril 2016	Examineur Kruck, Peter
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 15 20 2085

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

13-04-2016

10	Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
15	FR 2985385	A1	05-07-2013	AUCUN
20	-----			
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2985385 A [0002]
- FR 2985386 A [0002]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **UWB ANTENNAS BEAMFORMING USING PASSIVE TIME-REVERSAL DEVICE ; D. CARSENAT ; C. DECROZE.** *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 2012, vol. 11 [0002]
- **D. CARSENAT ; C. DECROZE.** UWB Antennas Beamforming Using Passive Time-Reversal Device. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 2012, vol. 11 [0002]
- **H. C. SONG ; S. KIM ; W. S. HODGKISS ; W. A. KUPERMAN.** Environmentally adaptive reverberation nulling using a time reversal mirror. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2004, vol. 116 (2), 762-768 [0029]