(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 049 766**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **16 52712**

(51) Int Cl[8] : ***H 01 L 27/02*** *(2017.01)*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) DISPOSITIF DE PROTECTION CONTRE DES DECHARGES ELECTROSTATIQUES A SEUIL DE DECLENCHEMENT AJUSTABLE.

(22) **Date de dépôt :** 30.03.16.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 06.10.17 Bulletin 17/40.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 16.11.18 Bulletin 18/46.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(○) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *STMICROELECTRONICS (TOURS) SAS Société par actions simplifiée* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** ROUVIERE MATHIEU et FLORENCE ARNAUD.

(73) **Titulaire(s) :** STMICROELECTRONICS (TOURS) SAS Société par actions simplifiée.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET BEAUMONT.

FR 3 049 766 - B1

DISPOSITIF DE PROTECTION CONTRE DES DÉCHARGES ÉLECTROSTATIQUES À SEUIL DE DÉCLENCHEMENT AJUSTABLE

Domaine

La présente demande concerne le domaine des dispositifs de protection de composants électroniques, et notamment de circuits intégrés, contre des décharges électrostatiques.

Exposé de l'art antérieur

La figure 1 illustre de façon schématique un système électronique comportant un circuit intégré 100, et un dispositif 110 de protection du circuit intégré 100 contre des décharges électrostatiques.

Le circuit intégré 100 comprend des bornes de connexion à des dispositifs extérieurs. Plus particulièrement, dans l'exemple représenté, le circuit intégré 100 comprend une borne 101 d'application d'un potentiel d'alimentation haut VDD du circuit, une borne 102 d'application d'un potentiel d'alimentation bas ou potentiel de référence GND du circuit, et une borne 103 d'entrée/sortie (IO) du circuit, adaptée à fournir et/ou à recevoir des signaux de données.

Le dispositif de protection 110 est relié aux bornes de connexion 101, 102 et 103 du circuit intégré 100. Le rôle du dispositif de protection 110 est de permettre, lorsqu'une décharge électrostatique survient sur l'une des bornes de connexion du

circuit intégré 100, l'évacuation rapide de cette décharge, de façon à éviter que cette dernière n'endommage le circuit 100.

Le dispositif de protection 110 de la figure 1 comprend deux diodes 111 et 112 montées en série entre les bornes d'alimentation 102 et 101 du circuit intégré 100. Le point milieu entre les diodes 111 et 112 est relié à la borne d'entrée/sortie 103 du circuit 100. Plus particulièrement, dans cet exemple, la diode 111 a son anode connectée à la borne d'alimentation basse 102 et sa cathode connectée à la borne d'entrée/sortie 103, et la diode 112 a son anode connectée à la borne d'entrée/sortie 103 et sa cathode connectée à la borne d'alimentation haute 101. Le dispositif de protection 110 comprend en outre une diode Zener 113 montée en parallèle des diodes 111 et 112, entre les bornes d'alimentation basse 102 et haute 101 du circuit 100. La diode Zener 113 a son anode connectée à la borne 102 et sa cathode connectée à la borne 101.

Le fonctionnement du dispositif de protection 110 est le suivant. Lorsqu'une surtension positive par rapport au potentiel de référence ou potentiel de masse GND survient sur la borne 103 du circuit intégré 100, cette surtension est évacuée par l'intermédiaire de la diode 112 qui conduit alors en direct, et par l'intermédiaire de la diode Zener 113 qui conduit en avalanche. Lorsqu'une surtension négative par rapport au potentiel de référence GND survient sur la borne 103 du circuit 100, cette surtension est évacuée par l'intermédiaire de la diode 111 qui conduit alors en direct. Lorsqu'une surtension positive par rapport au potentiel de référence GND survient sur la borne 101 du circuit 100, cette surtension est évacuée par l'intermédiaire de la diode Zener 113 qui conduit en avalanche. Lorsqu'une surtension négative par rapport au potentiel de référence GND survient sur la borne 101 du circuit 100, cette surtension est évacuée par l'intermédiaire de la diode Zener 113 qui conduit alors en direct.

Pour les surtensions positives, le seuil de déclenchement de la protection est fixé par le seuil d'avalanche de la

diode Zener 113. Ce seuil de déclenchement doit être choisi supérieur à la tension d'alimentation VDD du circuit intégré 100, et supérieur au niveau de tension maximal des signaux de données susceptibles de transiter sur la borne d'entrée/sortie 103 du circuit 100, mais inférieur au niveau de surtension maximal pouvant être supporté par le circuit 100 sans dégradation.

Dans les filières récentes de fabrication de circuits intégrés, la fenêtre dans laquelle doit être choisi le seuil de déclenchement du dispositif de protection est relativement restreinte, ce qui pose des problèmes lors de la conception des systèmes électroniques. En particulier, pour chaque composant à protéger, un dispositif de protection spécifique doit être choisi, en tenant compte du/des niveaux des tensions nominales de fonctionnement du composant, et du niveau maximal de surtension pouvant être supporté par le composant.

Pour faciliter la conception des systèmes électroniques et réduire les coûts, il serait souhaitable de pouvoir disposer d'un dispositif de protection contre des décharges électrostatiques dont le seuil de déclenchement soit ajustable, de façon à pouvoir utiliser un même dispositif de protection dans des systèmes présentant des tensions nominales de fonctionnement distinctes.

Résumé

Ainsi, un mode de réalisation prévoit un dispositif de protection contre des décharges électrostatiques, comportant : des première et deuxième diodes montées en série entre des première et deuxième bornes de connexion du dispositif ; une troisième borne de connexion reliée au point milieu entre les première et deuxième diodes ; et un condensateur monté en parallèle des première et deuxième diodes, entre les première et deuxième bornes.

Selon un mode de réalisation, la première diode est connectée en direct entre les deuxième et troisième bornes, et la deuxième diode est connectée en direct entre les troisième et première bornes.

Selon un mode de réalisation, le condensateur a une première électrode connectée à la première borne et une deuxième électrode connectée à la deuxième borne.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comporte un boîtier d'encapsulation des première et deuxième diodes et du condensateur, ce boîtier laissant apparaître les première, deuxième et troisième bornes de connexion du dispositif.

Un autre mode de réalisation prévoit un système comportant un circuit intégré et un dispositif de protection tel que défini ci-dessus.

Selon un mode de réalisation, le circuit intégré comporte une première borne d'application d'un potentiel d'alimentation, une deuxième borne d'application d'un potentiel de référence et une troisième borne d'entrée/sortie, les deuxième et troisième bornes du dispositif de protection étant reliées respectivement aux deuxième et troisième bornes du circuit intégré, et la première borne du dispositif de protection étant reliée à une borne d'application d'un potentiel continu de polarisation.

Selon un mode de réalisation, la première borne du dispositif de protection est reliée à la première borne du circuit intégré.

Selon un mode de réalisation, la première borne du dispositif de protection est reliée à une borne d'application d'un potentiel continu de polarisation distinct du potentiel d'alimentation.

Brève description des dessins

Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1, précédemment décrite, illustre de façon schématique un système électronique comportant un circuit intégré et un exemple d'un dispositif de protection d'un circuit intégré ;

la figure 2 illustre de façon schématique un système électronique comportant un circuit intégré et un exemple d'un dispositif de protection d'un circuit intégré selon un mode de réalisation ; et

la figure 3 illustre de façon schématique un système électronique comportant un circuit intégré et un autre exemple d'un dispositif de protection d'un circuit intégré selon un mode de réalisation.

Description détaillée

De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures. Par souci de clarté, seuls les éléments qui sont utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. Dans la présente description, on utilise le terme "connecté" pour désigner une liaison électrique directe, sans composant électronique intermédiaire, par exemple au moyen d'une ou plusieurs pistes conductrices ou fils conducteurs, et le terme "couplé" ou le terme "relié", pour désigner une liaison électrique qui peut être directe (signifiant alors "connecté") ou indirecte (c'est-à-dire via un ou plusieurs composants intermédiaires). Sauf précision contraire, les expressions "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.

La figure 2 illustre de façon schématique un système électronique comportant un circuit intégré 100, par exemple identique ou similaire au circuit 100 de la figure 1, et un exemple d'un mode de réalisation d'un dispositif de protection 210 du circuit intégré 100 contre des décharges électrostatiques.

Le dispositif de protection 210 de la figure 2 comprend deux diodes 211 et 212 montées en série entre des bornes de connexion N1 et N2 du dispositif 210. Les bornes N1 et N2 du dispositif sont reliées respectivement à la borne d'alimentation haute 101 et à la borne d'alimentation basse 102 du circuit 100. Le point milieu entre les diodes 211 et 212 est relié à une borne de connexion N3 du dispositif 210, reliée à la borne

d'entrée/sortie 103 du circuit 100. Plus particulièrement, dans l'exemple représenté, la diode 211 a son anode connectée à la borne N2 et sa cathode connectée à la borne N3, et la diode 212 a son anode connectée à la borne N3 et sa cathode connectée à la borne N1. Le dispositif de protection 210 comprend en outre un condensateur 213 monté en parallèle des diodes 211 et 212, entre les bornes de connexion N1 et N2 du dispositif 210. Dans l'exemple représenté, les électrodes du condensateur 213 sont connectées respectivement à la borne N1 et à la borne N2.

Le fonctionnement du dispositif de protection 210 est le suivant. Lorsque le circuit intégré 100 est alimenté et en l'absence de surtension, le condensateur 210 du dispositif de protection se charge à une tension sensiblement égale à la tension d'alimentation VDD du circuit 100. Lorsqu'une surtension positive par rapport au potentiel de référence ou potentiel de masse GND survient sur la borne 103 du circuit intégré 100, cette surtension est évacuée par l'intermédiaire de la diode 212 qui conduit alors en direct, et du condensateur 213 qui est passant pour les signaux transitoires. Lorsqu'une surtension négative par rapport au potentiel de référence GND survient sur la borne 103 du circuit 100, cette surtension est évacuée par l'intermédiaire de la diode 211 qui conduit alors en direct. Lorsqu'une surtension positive par rapport au potentiel de référence GND survient sur la borne 101 du circuit 100, cette surtension est évacuée par l'intermédiaire du condensateur 213 qui est passant pour des signaux transitoires. Lorsqu'une surtension négative par rapport au potentiel de référence GND survient sur la borne 101 du circuit 100, cette surtension est évacuée par l'intermédiaire des diodes 211 et 212 qui conduisent alors en direct.

Ainsi, dans le mode de réalisation de la figure 2, pour les surtensions positives, le seuil de déclenchement de la protection est fixé par le niveau de tension continue aux bornes du condensateur 213, c'est-à-dire par le potentiel de polarisation continue appliqué sur la borne N1 du dispositif de protection, à

savoir le potentiel d'alimentation haut VDD du circuit intégré 100 dans l'exemple de la figure 2.

Un avantage de la configuration de la figure 2 est que le seuil de déclenchement du dispositif de protection 210 s'adapte automatiquement au niveau de la tension d'alimentation VDD du circuit intégré 100 à protéger. Ainsi, des dispositifs de protection 210 identiques peuvent être utilisés dans des systèmes alimentés à des niveaux de tension différents.

En pratique, le circuit intégré 100 peut comporter plusieurs bornes d'entrée/sortie (IO) distinctes à protéger. Le dispositif de protection 210 de la figure 2 peut alors être répliqué autant de fois que le circuit 100 comporte de bornes d'entrée/sortie à protéger, les bornes N1 et N2 des différents dispositifs 210 étant connectées respectivement aux bornes d'alimentation 101 et 102 du circuit 100, chaque borne d'entrée/sortie à protéger du circuit 100 étant connectée à la borne N3 de l'un des dispositifs de protection 210. A titre de variante, plutôt que de répliquer le condensateur 213 autant de fois que le circuit 100 comporte de bornes d'entrée/sortie à protéger, un même condensateur 213 peut être partagé par plusieurs bornes d'entrée/sortie du dispositif de protection. En d'autres termes, le dispositif de protection peut comporter une pluralité de paires de diodes 211, 212 montées en série entre les bornes N1 et N2, le point milieu de chaque paire de diode étant destiné à être connecté à l'une des bornes d'entrée/sortie du circuit à protéger, et un unique condensateur 213 partagé par lesdites paires de diode, connecté entre les bornes N1 et N2.

Les diodes 211 et 212 et le condensateur 213 du dispositif de protection 210 sont de préférence des composants externes au circuit intégré 100. Cela permet de positionner le circuit de protection 210 au plus près de l'impact du transitoire indépendamment de la position du circuit 100 à protéger dans le système. Pour pouvoir supporter des décharges électrostatiques importantes, les diodes 211 et 212 et le condensateur 213 ont de préférence des résistances série faibles, et présentent donc des

surfaces relativement importantes. A titre d'exemple, la résistance série dynamique équivalente du dispositif de protection est comprise entre 10 et 100 mΩ, par exemple de l'ordre de 50 mΩ. Les diodes 211 et 212 sont par exemple adaptées à supporter sans dégradation des courants pouvant atteindre 16 A pour une onde transitoire IEC 61000-4-2 de 8 kV. Pour des surtensions transitoires IEC 61000-4-2, le condensateur 213 doit pouvoir supporter une tension équivalente à la décharge de la capacité du réseau (de l'ordre de 150 pF) de l'onde transitoire. A titre d'exemple, le condensateur 213 a une capacité comprise entre 0,5 et 5 µF, par exemple de l'ordre de 1 µF, ce qui correspond à une tension aux bornes du condensateur 213 de l'ordre de 1,2 V. Pour une capacité de 5 µF, la tension aux bornes du condensateur 213 descend à environ 0,24 V. La tension résiduelle pour une surtension résiduelle sur l'entrée du circuit à protéger est alors de l'ordre de VDD + la chute de tension de la diode 212 à l'état passant + la tension aux bornes du condensateur 213, soit environ 1,2 V pour une capacité de 1 µF. Des tensions résiduelles relativement faibles peuvent ainsi être obtenues avec un condensateur de capacité comprise entre 0,5 et 5 µF. Les diodes 211 et 212 et le condensateur 213 sont par exemple disposés dans un même boîtier d'encapsulation du dispositif de protection 210, ce boîtier n'incluant par le circuit 100 à protéger et laissant apparaître les bornes de connexion N1, N2 et N3 du dispositif de protection 210. Les diodes 211 et 212 et le condensateur 213 peuvent être intégrés de façon monolithique dans une même puce de circuits intégrés. A titre de variante les diodes 211 et 212 et le condensateur 213 peuvent être des composants discrets intégrés dans un même boîtier de façon à former un dispositif de protection de type SiP (de l'anglais "System In Package" - système dans un boîtier).

La figure 3 illustre de façon schématique un autre exemple d'un système électronique comportant un circuit intégré 100, par exemple identique ou similaire au circuit 100 des figures

1 et 2, et un dispositif de protection 210 du circuit intégré 100 contre des décharges électrostatiques.

Le dispositif de protection 210 du système de la figure 3 est par exemple identique au dispositif de protection 210 du système de la figure 2.

Le système de la figure 3 diffère du système de la figure 2 en ce que, dans le système de la figure 3, la borne de connexion N1 du dispositif de protection 210 n'est pas connectée à la borne d'alimentation haute 101 du circuit 100 à protéger, mais à une borne ou noeud 301 d'application d'un potentiel de polarisation continu VBIAS, différent du potentiel d'alimentation haut VDD du circuit à protéger. Le potentiel de polarisation VBIAS, positif par rapport au potentiel de référence GND, peut être fourni par le circuit intégré 100 à protéger, ou par un circuit de polarisation externe (non représenté) du système.

Un avantage de la configuration de la figure 3 est que le seuil de déclenchement de la protection peut être fixé à un niveau indépendant de la tension d'alimentation VDD du circuit intégré 100 à protéger, par exemple à un niveau inférieur ou supérieur à la tension d'alimentation VDD.

On notera que dans la configuration de la figure 3, le dispositif de protection 210 permet d'évacuer les surtensions positives ou négatives survenant sur la borne d'entrée/sortie 103 du circuit 100, mais ne permet pas d'évacuer les surtensions survenant sur la borne d'alimentation haute 101 du circuit 100. D'autres composants de protection, non représentés, peuvent être prévus pour traiter les décharges électrostatiques susceptibles de survenir sur la borne 101.

Des modes de réalisation particuliers ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les modes de réalisation décrits ne se limitent pas aux exemples de valeurs numériques mentionnés dans la présente description. En outre, on notera que les systèmes électroniques décrits en relation avec les figures 2 et 3 peuvent comporter des composants de protection supplémentaires intégrés

au circuit 100, non détaillés sur les figures, venant compléter la protection assurée par le dispositif 210. En particulier, le circuit intégré 100 peut comporter, pour chaque borne d'entrée/sortie du circuit, en plus des diodes 211 et 212 du dispositif de protection 210, deux diodes de protection intégrées, montées en série entre la borne d'alimentation basse 102 et la borne d'alimentation haute 101 du circuit, le noeud commun entre ces deux diodes étant relié à la borne d'entrée/sortie à protéger du circuit 100.

REVENDICATIONS

1. Système comportant un circuit intégré (100) et un dispositif (210) de protection du circuit intégré (100) contre des décharges électrostatiques, le dispositif de protection comportant :

des première (211) et deuxième (212) diodes montées en série entre des première (N1) et deuxième (N2) bornes de connexion du dispositif ;

une troisième borne (N3) de connexion reliée au point milieu entre les première (211) et deuxième (212) diodes ; et

un condensateur (213) monté en parallèle des première (211) et deuxième (212) diodes, entre les première (N1) et deuxième (N2) bornes,

dans lequel le circuit intégré (100) comporte une première borne (101) d'application d'un potentiel d'alimentation (VDD), une deuxième borne (102) d'application d'un potentiel de référence (GND) et une troisième borne (103) d'entrée/sortie, les deuxième (N2) et troisième (N3) bornes du dispositif de protection (210) étant reliées respectivement aux deuxième (102) et troisième (103) bornes du circuit intégré (100), et la première borne (N1) du dispositif de protection (210) étant reliée à une borne (301) d'application d'un potentiel continu de polarisation (VBIAS) distinct du potentiel d'alimentation (VDD).

2. Système selon la revendication 1, dans lequel la première diode (211) est connectée en direct entre les deuxième (N2) et troisième (N3) bornes, et la deuxième diode (212) est connectée en direct entre les troisième (N3) et première (N1) bornes.

3. Système selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le condensateur (213) a une première électrode connectée à la première borne (N1) et une deuxième électrode connectée à la deuxième borne (N2).

4. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comportant un boîtier d'encapsulation des première (211) et deuxième (212) diodes et du condensateur (213), ce boîtier

laissant apparaître les première (N1), deuxième (N2) et troisième (N3) bornes de connexion du dispositif.

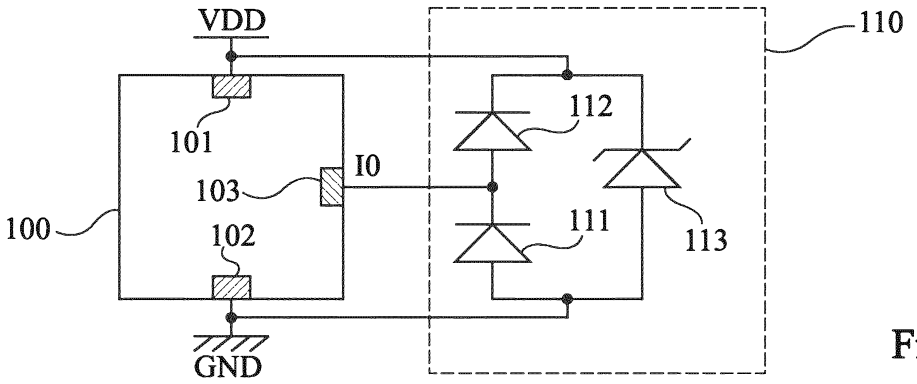


Fig 1

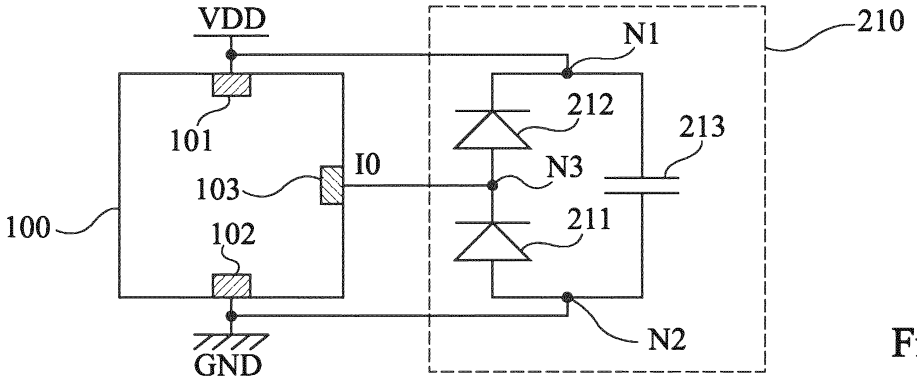


Fig 2

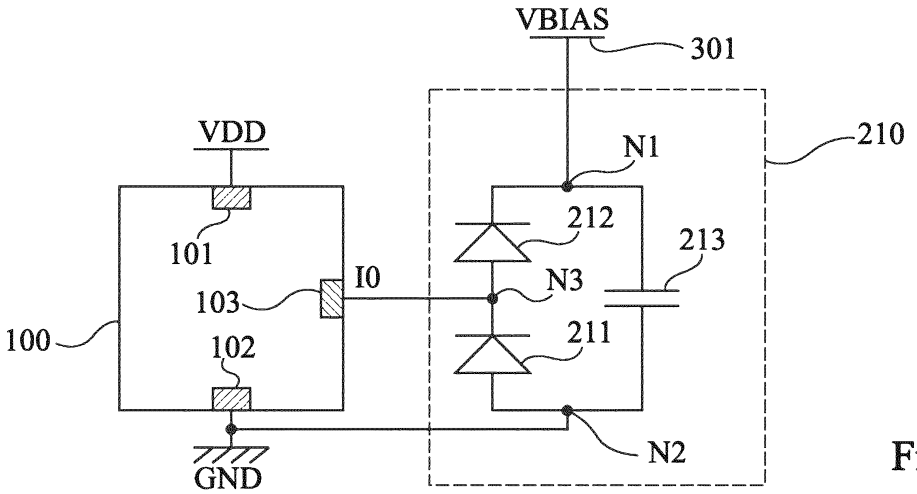


Fig 3

N° d'enregistrement national : 1652712 N° de publication : 3049766

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- ☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- ☐ Le demandeur a maintenu les revendications.
- ☒ Le demandeur a modifié les revendications.
- ☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- ☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- ☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- ☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- ☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- ☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- ☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

N° d'enregistrement national : 1652712 N° de publication : 3049766

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

US 2014/036399 A1 (ORY OLIVIER [FR] ET AL)
6 février 2014 (2014-02-06)

US 2011/089540 A1 (DROST ROBERT J [US] ET AL)
21 avril 2011 (2011-04-21)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT