

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2014-521216

(P2014-521216A)

(43) 公表日 平成26年8月25日(2014.8.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 27/146 (2006.01)	HO 1 L 27/14 A	4 M 1 1 8
HO 1 L 31/08 (2006.01)	HO 1 L 31/00 A	5 F 0 8 8

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-519537 (P2014-519537)  
 (86) (22) 出願日 平成24年7月11日 (2012.7.11)  
 (85) 翻訳文提出日 平成26年3月10日 (2014.3.10)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2012/063596  
 (87) 国際公開番号 W02013/007753  
 (87) 国際公開日 平成25年1月17日 (2013.1.17)  
 (31) 優先権主張番号 1156290  
 (32) 優先日 平成23年7月11日 (2011.7.11)  
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(71) 出願人 311009343  
 ニュー イメージング テクノロジーズ  
 フランス国, 9 1 3 7 0, ヴェリエール  
 ル ビュイッソン, ペペ 4 2 6,  
 アンパス ラ ノワゼット 1  
 (74) 代理人 100117787  
 弁理士 勝沼 宏仁  
 (74) 代理人 100082991  
 弁理士 佐藤 泰和  
 (74) 代理人 100152205  
 弁理士 吉田 昌司  
 (72) 発明者 ヤン、ニ  
 フランス国パレゾー、リュ、グータンベル  
 グ、17、ビス

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 InGaAs フォトダイオード・アレイ

(57) 【要約】

本発明は、InGaAs フォトダイオード・アレイ (101) およびその製造方法に関し、前記アレイは、少なくとも1つのインジウム燐基板層 (4)、およびガリウム - インジウム砒素活性層 (5) を含むカソードと、P型ドーパントを拡散させることによって、ガリウム - インジウム砒素活性層に少なくとも部分的に形成される複数のアノード (3) とを含み、アノード (3) とカソードとの相互作用によってフォトダイオードを形成している。前記方法によれば、アノード (3) を形成するP型ドーパントの拡散の前に、インジウム燐パシベーション層 (6) が活性層上に配置され、パシベーション層 (6) の、各アノード (3) を取り囲む領域 (10) を、その厚さ全体にわたって除去するように、第1の選択エッチングが実施される。

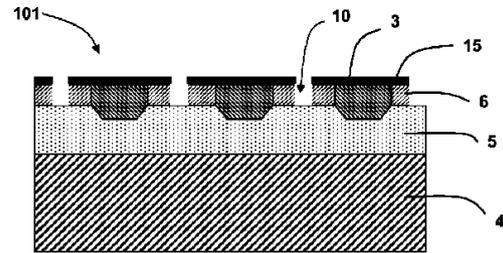


FIG 6

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

- 少なくとも1つのインジウム燐基板層(4)、およびインジウム - ガリウム砒素活性層(5)を備えるカソードと、
- P型ドーパントの拡散によって、前記インジウム - ガリウム砒素活性層に少なくとも部分的に形成される複数のアノード(3)であって、前記アノード(3)と前記カソードが協働してフォトダイオードを形成している、複数のアノード(3)と備える、フォトダイオードのレイ(101)を製造する方法において、
- 前記アノード(3)を形成する前記P型ドーパントの拡散の前に、N型のインジウム燐のパシベーション層(6)が前記活性層(5)上に作成されるステップと、
- 前記パシベーション層(6)の、各アノード(3)を取り囲む領域(10)を、前記パシベーション層(6)の厚さ全体にわたって選択的に除去するように、前記パシベーション層の第1の選択エッチングが実現されるステップとを含むことを特徴とする、方法。

10

## 【請求項 2】

前記第1の選択エッチングが、第1の選択化学エッチング剤を用いて行われる化学エッチングである、請求項1に記載の製造方法。

## 【請求項 3】

前記選択化学エッチング剤が、塩酸および燐酸の溶液である、請求項1または2に記載の製造方法。

20

## 【請求項 4】

前記第1の選択エッチングによって露出した、前記インジウム燐パシベーション層(6)および前記インジウム - ガリウム砒素活性層(5)の、エッチングされた領域(11)のN型ドーブによるその後のパシベーション・ステップをさらに含む、請求項1ないし3の一項に記載の製造方法。

## 【請求項 5】

前記活性層(5)の、各アノード(3)を取り囲む領域(20)を、前記活性層(5)の厚さ全体にわたって選択的に除去する、その後の第2の選択エッチング・ステップをさらに含む、請求項1ないし4の一項に記載の製造方法。

## 【請求項 6】

前記第2の選択エッチングが、第2の選択化学エッチング剤を用いて行われる化学エッチングである、請求項5に記載の製造方法。

30

## 【請求項 7】

前記第2の選択化学エッチング剤が、硫酸および過酸化水素を含む水溶液である、請求項6に記載の製造方法。

## 【請求項 8】

前記第1の選択エッチングおよび前記第2の選択エッチングによって露出した、前記インジウム燐パシベーション層(6)および前記インジウム - ガリウム砒素活性層(5)の、エッチングされた領域(21)のN型ドーブによるその後のパシベーション・ステップを含む、請求項5ないし7の一項に記載の製造方法。

40

## 【請求項 9】

前記ドーブの深さが、0.5 μmから2 μmの間で構成される、請求項4または8に記載の製造方法。

## 【請求項 10】

- 少なくとも1つのインジウム燐基板層(4)、および1つのインジウム - ガリウム砒素活性層(5)を備えるカソードと、
- P型ドーパントの拡散によって、前記活性層(5)に少なくとも部分的に形成される複数のアノードであって、前記アノード(3)と前記カソードが協働してフォトダイオードを形成している、複数のアノードと備える、フォトダイオードのレイ(101)において、

50

P型ドーパントの拡散によって前記アノード(3)が内部に少なくとも部分的に形成される、N型のインジウム燐パシベーション層(6)をさらに備えること、および前記活性化層(6)が前記活性化層(6)の厚さ全体にわたって存在しない、各アノードを取り囲む領域(10)をさらに含むことを特徴とする、フォトダイオードのアレイ(101)。

【請求項11】

インジウム-ガリウム砒素の前記活性層(5)が前記活性層(5)の厚さ全体にわたって存在しない、各アノード(3)を取り囲む領域(20)を含む、請求項10に記載のフォトダイオードのアレイ。

【請求項12】

前記パシベーション層(6)および前記活性層(5)の、各アノードを取り囲む前記領域(10、20)と接触している区域(11、21)が、N型ドーブによってパシベーションされている、請求項10または11に記載のフォトダイオードのアレイ。

10

【請求項13】

読出し回路(2)、および請求項10ないし12のいずれかに記載のフォトダイオードのアレイ(101)を組み込んだイメージ・センサ。

【請求項14】

前記読出し回路(2)が対数回路である、請求項13に記載のイメージ・センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、フォトダイオード・アレイに関し、より詳細には、インジウム-ガリウム砒素(InGaAs)およびインジウム燐(InP)をベースとしたフォトダイオード・アレイ、ならびにそれらの製造プロセスに関する。

20

【背景技術】

【0002】

バンド・ギャップの小さい半導体材料にフォトダイオードを製造する一方法(赤外光検出用であることが多い)は、ギャップの大きい2つの半導体材料間に、バンド・ギャップの小さい検出活性層を挿入することからなる。バンド・ギャップの大きい半導体層はどちらも、そのフォトダイオードによって検出されることが意図された放射波長に対して透過なまま、有効な保護/パシベーションとなる。

30

【0003】

さらに、適切なドーブを用いると、活性層と、2つの保護/パシベーション層との間のヘテロ接合部がどちらも、光電荷(photoelectric charge)を検出活性層に閉じ込め、そのようにして構築されたフォトダイオードの量子収率(quantum yield)を向上させる。

【0004】

InGaAsフォトダイオードは、この重要な構造体の典型例である。InGaAs材料からなる検出活性層は、InGaAsのインジウムとガリウムの組成に依存して調節可能なバンド・ギャップを有することができ、1.4から3 $\mu$ m程度のSWIR(Short Wave Infra-Red、短波赤外)帯域で動作するのに理想的である。

40

【0005】

インジウム燐と、インジウム-ガリウム砒素とは、同じ面心立方晶構造を有する。最も使用されている組成は、In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>Asである。その場合、結晶格子寸法、特に格子定数は、InP基板のものに匹敵する。こうした結晶の適合性により、InP基板上に高品質のInGaAs活性層をエピタキシによって成長させることが可能となる。In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>Asのバンド・ギャップは約0.73eVであり、SWIR帯域で1.68 $\mu$ mの波長まで検出することが可能である。InGaAsフォトダイオードは、分光分析、暗視視力(night vision)、使用済みプラスチックの分類などの用途の分野において、ますます利点を有しつつある。

【0006】

50

保護 / パシベーションの両層は、一般に InP で作成される。特に、 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$  の組成は、InP と同じ結晶格子寸法を有するので、室温以上でも非常に低い暗電流が可能となる。

【0007】

図1は、フォトダイオードのアレイ1の物理的構造体を示す。InGaAs からなる活性層5が、2つのInP層の間に挟まれている。下側層が実際に基板4を形成し、その上にInGaAs層が複雑なMO-CVDエピタキシによって形成されている。次いで、このInGaAs層は、やはりエピタキシによって堆積されたInPからなる薄いパシベーション層6によって保護される。InP層は通常、N型の層であり、シリコンがドーパされている。InGaAsの活性層5は、僅かにNドーパされていても、準真性 (quasi-intrinsic) のままでもよい。したがって、下側 / 上側の両InP層と、InGaAs活性層5とは、このアレイのフォトダイオードの共通カソードを形成している。

10

【0008】

個々のアノード3が、亜鉛 (Zn) の局所拡散によって形成されている。ドーパントZnは、薄いパシベーションInP層6を越え、InGaAs活性層5に浸透する。

【0009】

図2は、読出し回路2とフリップ・チップ・モードで接続されたInGaAsフォトダイオードのアレイ1からなるInGaAsイメージ・センサを示す。InGaAsアレイ・センサでは、フォトダイオード・アレイは、InGaAsフォトダイオードによって生成された光電信号を読み取るために、通常はシリコンで作成された読出し回路に接続される。この相互接続は通常、図2に示されるように、インジウム・ビード7を介したフリップ・チップ・プロセスを用いて実現される。SWIR放射9は、この光帯域において透過なインジウム燐基板4を通り抜けて、フォトダイオード・アレイに達する。

20

【0010】

積分モードで動作する検出器を用いると、光束と露光時間との積に比例した出力信号が得られる。しかし、出力信号はセンサの最大積分能力によって制限される。コントラストの高いシーンでは、暗領域の良好な再現性を得ながら、それと同時に明領域をいかなる飽和もなく保持することはしばしば不可能である。この問題は、InGaAsフォトダイオードを用いたアレイ・センサがしばしば意図される暗視視力では、いっそう深刻となる。

30

【0011】

フォトダイオードから光電信号を読み取る別の策が、文献EP1354360によって概略的な形で提案されており、その原理が本明細書に添付の図面の図3によって例示されている。文献EP1354360は、入射光放射59の強度に対する対数的応答を得るように、フォトダイオードの太陽電池動作モードを提案している。

【0012】

この動作モードでは、フォトダイオード51は、いかなる外部バイアスも受けず、その接合部で生成された光電荷によって順方向にバイアスされる。このフォトダイオードで見られる直接バイアス電圧 (direct bias voltage) は、入射光束の対数に比例する。

40

【0013】

この対数的応答は、SWIR InGaAsセンサを屋外の自然な状態で使用するために不可欠な、120dBを超える動作ダイナミック・レンジを、いかなる電気的および光学的調節も必要とせずカバーする可能性をもたらす。文献EP1354360はまた、読出し回路55とフォトダイオードとの切替えの連動を提案している。

【0014】

図3に示されるイメージ・センサ・アレイを使用する原理は、以下の通りである。

【0015】

a) スイッチ54を閉じることによって所望のフォトダイオード51を選択するように、選択信号SELがイネーブルにされる。このフォトダイオードが選択されると、第1の

50

読出し信号 R D 1 がイネーブルにされ、それによって対応する被制御スイッチが、第 1 の読出しからの電圧をメモリ 5 6 に記憶する目的で閉じることになる。この第 1 の読出しは、画像および固定空間雑音 ( f i x e d s p a t i a l n o i s e ) の両方を記録する。

【 0 0 1 6 】

b ) 次いで、リセット信号 R S I がイネーブルにされ、信号によってスイッチ 5 3 が閉じることになる。したがって、フォトダイオード 5 1 は短絡され、したがって完全な暗状態における基準画像がシミュレートされる。

【 0 0 1 7 】

c ) 次いで、第 1 の読出し信号 R D 1 が、対応するスイッチを再度開くようにディセーブルにされ、その後、第 2 の読出し信号 R D 2 が、第 2 の読出しの電圧をメモリ素子 5 7 に記録するようにイネーブルにされる。したがって、固定空間雑音は、メモリに単独で記憶されたことになる。

10

【 0 0 1 8 】

d ) 次いで、それぞれのメモリ素子 5 6 および 5 7 に含まれた両メモリ記憶の結果間の差が、差動増幅器 5 8 によって計算される。ここで、この増幅器 5 8 の出力信号は、固定空間雑音のない画像に対応する。

【 0 0 1 9 】

第 2 の読出しによって、暗状態に対応するゼロ電圧が生成される。この電子的な暗信号は、アレイ検出器の読出し連鎖における信号オフセットを抑制する可能性をもたらす。

20

【 0 0 2 0 】

P 1 3 5 4 3 6 0 によって提案される原理が、InGaAs センサに適用され、完全に動作する。しかし、昼光シーンではブルーミング現象 ( b l o o m i n g p h e n o m e n o n ) が見られる。この現象は、画像の空間分解能の損失として簡単に説明され得るものである。とはいえ、検出器は、対数則に従って光の変動の影響を受け続ける。この現象は、シリコン、InSb、または MCT をベースとしたものなどの他の種類のフォトダイオードでは見られない。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 2 1 】

本発明は、InGaAs フォトダイオードのアレイにおけるこのブルーミング現象に対する、簡単かつ有効な解決策を提案する。本発明によって提案される解決策はまた、従来型の検出器の積分モードにおける画質の改善を可能とする。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 2 2 】

この目的で、第 1 の態様によれば、

- 少なくとも 1 つのインジウム燐基板層、および 1 つのインジウム - ガリウム砒素活性層を備えるカソードと、

- P 型ドーパントの拡散によって、インジウム - ガリウム砒素活性層に少なくとも部分的に形成される複数のアノードであって、アノードとカソードが協働してフォトダイオードを形成している、複数のアノードと

40

を備える、フォトダイオードのアレイを製造する方法であって、

- アノードを形成する P 型ドーパントの拡散の前に、N 型のインジウム燐パシベーション層が活性層上に作成されるステップと、

- 前記パシベーション層の、各アノードを取り囲む領域を、その厚さ全体にわたって選択的に除去するように、パシベーション層の第 1 の選択エッチングが実現されるステップと

を含む、方法が提案される。

【 0 0 2 3 】

本態様による本発明は、有利には以下の特徴、すなわち

50

- 第1の選択エッチングは、第1の選択化学エッチング剤を用いて行われる化学エッチングであること、
- 選択化学エッチング剤は、塩酸および燐酸の溶液であること、
- この方法は、第1の選択エッチングによって露出した、インジウム燐パシベーション層およびインジウム - ガリウム砒素活性層の、エッチングされた領域のN型ドーブによるその後のパシベーション・ステップをさらに含むこと、
- この方法は、活性層の、各アノードを取り囲む領域を、その厚さ全体にわたって選択的に除去する、その後の第2の選択エッチングのステップをさらに含むこと、
- 第2の選択エッチングは、第2の選択化学エッチング剤を用いて行われる化学エッチングであること、
- 第2の選択化学エッチング剤は、硫酸および過酸化水素を含む水溶液であること、
- 第2のエッチングの後に、第1の選択エッチングおよび第2の選択エッチングによって露出した、インジウム燐パシベーション層およびインジウム - ガリウム砒素活性層の、エッチングされた領域のN型ドーブによるその後のパシベーション・ステップが続くことが、単独で、またはそれらの技術的に可能な組合せのいずれか1つの形で取り入れられることによって完全なものとなる。

10

## 【0024】

好ましくは、Nのドーブ深さは、0.5 μmから2 μmの間で構成される。

## 【0025】

第2の態様によれば、本発明はまた、

20

- 少なくとも1つのインジウム燐基板層、およびインジウム - ガリウム砒素活性層を備えるカソードと、
  - P型ドーパントの拡散によって、活性層に少なくとも部分的に形成される複数のアノードであって、アノードとカソードが協働してフォトダイオードを形成している、複数のアノードと、
  - P型ドーパントの拡散によって内部にアノードが少なくとも部分的に形成される、N型インジウム燐パシベーション層と
- を備えるフォトダイオードのアレイであって、前記パシベーション層が、その厚さ全体にわたって存在しない、各アノードを取り囲む領域を含む、フォトダイオードのアレイに関する。

30

## 【0026】

第2の態様による本発明は、有利には以下の特徴、すなわち

- フォトダイオードのアレイは、前記インジウム - ガリウム砒素活性層が、その厚さ全体にわたって存在しない、各アノードを取り囲む領域を含むこと、
  - フォトダイオードのアレイは、パシベーション層および活性層の、各アノードを取り囲む前記領域と接触している区域を含み、これらの区域は、N型ドーブによってパシベーションされていること
- が、単独で、またはそれらの技術的に可能な組合せのいずれか1つの形で取り入れられることによって完全なものとなる。

## 【0027】

40

第3の態様によれば、本発明はまた、読出し回路、および第2の態様によるフォトダイオードのアレイを組み込んだイメージ・センサに関する。好ましくは、読出し回路は、対数回路(logarithmic circuit)である。

## 【0028】

以下の詳細な説明を読めば、本発明の他の態様、目的および利点がより明白となる。本発明はまた、非限定的な例として示される添付の図面とともにこの説明を考慮すればよりよく理解されよう。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0029】

【図1】上記で既に言及された、現況技術によるInGaAsフォトダイオードのアレイ

50

の構造体を示す図である。

【図 2】上記で既に言及された、読出しシリコン基板上の読出し回路とフリップ・チップ接続された InGaAs フォトダイオードのレイからなる InGaAs イメージ・センサを示す図である。

【図 3】上記で既に言及された、フォトダイオードを太陽電池モードで用いて対数センサを作成するブロック図である。

【図 4】現況技術によるフォトダイオードのレイの様々な接合部を示す図である。

【図 5】本発明による製造方法を示すブロック図である。

【図 6】パシベーション層の、各アノードを取り囲む領域が、第 1 の選択エッチングによって除去されたフォトダイオードのレイの構造体を示す図である。

【図 7】第 1 の選択エッチングによってエッチングされた露出領域の N 型ドーブによるパシベーションを示す図である。

【図 8】パシベーション層および活性層の、各アノードを取り囲むある領域が、第 1 および第 2 の選択エッチングによって除去されたフォトダイオードのレイの構造体を示す図である。

【図 9】第 1 および第 2 のエッチングによってエッチングされた露出領域の N 型ドーブによるパシベーションを示す図である。

【図 10】シリコン基板上の読出し回路とフリップ・チップ接続された本発明によるフォトダイオードのレイからなる InGaAs イメージ・センサを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

図 1 によって示される現況技術の構造体では、各フォトダイオードが、意図されたものを含めて、いくつかの PN 接合部を含むことが分かり、そのうちの数個は寄生接合部である。これらの PN 接合部が図 4 によって示されている。アノード 3 と活性層 5 との間の PN 接合部 31 は意図されたものであり、フォトダイオードのレイのダイオードを形成している。

【0031】

アノード 3 とパシベーション層 6 との間の側方の寄生 PN 接合部 32 は、隣接するフォトダイオード間でパシベーション層を介した電流路を形成する可能性がある。

【0032】

従来型の読出し回路は、コンデンサ内で、フォトダイオードに逆バイアスを印加することによって、フォトダイオードの逆電流を蓄積していく。この構成では、フォトダイオードの側方寄生接合部 32 にも逆バイアスがかけられ、それと同時に積分コンデンサに寄生電流がさらに加わることになる。この寄生電流は、画質を劣化させるが、隣接するフォトダイオード間でいかなるクロス・トークも準じて生じることではない。これらの寄生電流は、読出し回路から得られる生画像に対する複雑な画像処理操作によって部分的に補償され得る。

【0033】

フォトダイオードが太陽電池モードで動作する場合、接合部は、入射光によって順方向にバイアスされる。この場合、側方寄生接合部 32 もやはり順方向にバイアスされ、隣接するフォトダイオード間で電流路を形成する。この順方向バイアスは、入射光の強度が増すといっそう顕著になり、それによってブルーミング現象が生じることになり、この現象はセンサの空間分解能を大幅に劣化させるものである。

【0034】

本発明は、InGaAs フォトダイオードのレイにおける側方導電性を抑制することを可能とする構造体を提案する。本発明に従って製造されたフォトダイオードのレイは、文献 EP 1 3 5 4 3 6 0 に記載のように、太陽電池モードで使用され得、非常に強い光強度がある場合にも、空間分解能のいかなる損失も生じない。かかるレイはまた、例えば米国の Indigo / FLIR によって市販されている様々な読出し回路 CMOS IS C 9 7 0 5 および IS C 9 8 0 9 などの従来型の読出し回路を積分モードでともに用い

10

20

30

40

50

ると、画質の改善をもたらす。回路ISC9705は、フォトダイオードからの光電流をコンデンサで直接蓄積し（直接注入モード）、回路ISC9809は、演算増幅器を介して光電流を蓄積する（CTIAモード）。CTIAモードは、より多くの電荷 - 電圧変換利得を可能とし、このことは検出感度を高める。

#### 【0035】

図5は、本発明によるフォトダイオードのアレイを製造する方法を示すブロック図である。例えば、

- インジウム燐の基板4上にインジウム - ガリウム砒素活性層5をエピタキシャル成長させること（ステップS1）、
  - 活性層5上にN型インジウム燐のパシベーション層6をエピタキシャル成長させること（ステップS2）、
  - パシベーション層6および活性層5に、P型ドーパントとして亜鉛を選択拡散させることによって、アノード3を形成すること（ステップS3）、
- によってフォトダイオード・アレイ構造体を得た後、

パシベーション層6の、各アノード3を取り囲む領域10を、その厚さ全体にわたって除去するように、第1の選択エッチングが適用される（ステップS4）。この第1の選択エッチングは、パシベーション層6を活性層5まで選択的に除去する。

#### 【0036】

InP層はN型の層であり、シリコンがドーパされている。InGaAsの活性層5は、僅かにNドーパされているが、準真性のままでもよい。したがって、下側/上側の2つのInP層と、InGaAs活性層5とは、このアレイのフォトダイオードの共通カソードを形成している。

#### 【0037】

図6は、パシベーション層6の、各アノードを取り囲む領域10が、この第1の選択エッチングによって除去されたフォトダイオードのアレイ101の構造体を示す図である。パシベーション層6の、第1のエッチングによって除去されることになる領域10を画定するために、マスク15が付着されている。したがって、このフォトダイオードのアレイは、パシベーション層6がその厚さ全体にわたって存在しない、各アノードを取り囲む領域10を含む。

#### 【0038】

各アノード3において、パシベーション層6の、前記アノード3のそれぞれを取り囲む領域10を第1のエッチングによって除去することは、隣接するZnドーパによって形成された隣接するアノード3間の側方電流路を抑制する可能性をもたらす。

#### 【0039】

この第1のエッチングは、好ましくは化学エッチングであり、第1の選択化学エッチング剤、好ましくは式HCl : H<sub>3</sub>PO<sub>5</sub>の塩酸および燐酸の溶液を用いて実現される。

#### 【0040】

このHCl : H<sub>3</sub>PO<sub>5</sub>溶液は、インジウム燐InPからなるパシベーション層6の選択溶解を可能にし、エッチングはインジウム - ガリウム砒素InGaAsからなる活性層5に到達すると停止されることになる。このエッチングの選択性によって、パシベーション層6の除去が簡単な形で得られる。

#### 【0041】

パシベーション層6の、アノード3のそれぞれを取り囲む、除去されることになる領域10は、大きい必要はなく、リソグラフィの精度に限定されてもよい。したがって、この領域10は、アノード3を形成し、光電荷を捕捉しておく区域が見られるZn拡散部から、かなり間隔を置いて保持され得る。したがって、好ましくは、第1の選択エッチングは、この第1の選択エッチングが、P型のアノード3とN型のパシベーション層6との間のPN接合部に達しないように、アノード3から十分間隔を置いて領域10を除去する。

#### 【0042】

この第1のエッチングは、好ましくは化学エッチングであるが、任意選択で、ドライ・

10

20

30

40

50

エッチング、例えばプラズマ・エッチングでもよい。しかし、化学エッチングはエッチング領域にいかなる物理的損傷も生じないので、化学エッチングが好ましい。あらゆるケースにおいて、この第1のエッチングによって生じる欠陥は、亜鉛の拡散領域から十分離れているので、フォトダイオードの暗電流にほんの僅かな影響しか及ぼさない。

【0043】

このエッチングの後に、窒化シリコン  $\text{SiN}_x$  または二酸化シリコン  $\text{SiO}_2$  などの絶縁体をベースにしたパシベーションが適用され得る。しかし、絶縁体をベースにしたパシベーションでは、界面欠陥の数を十分に減少させることはできない。

【0044】

したがって、好ましくは、パシベーション層6および活性層5の、第1のエッチングによって露出したエッチング領域11をN型ドーブすることによるパシベーションが適用される(ステップS6)。このNドーブ後の構造体が図7によって示され、この図では、パシベーション領域6および活性層5の、各アノードを取り囲む領域10と接触している区域11が、N型ドーブによってパシベーションされている。

10

【0045】

前記区域11のNドーブの深さは、特にエッチングの種類、すなわち化学エッチングであるかドライ・エッチングであるか、およびフォトダイオードの寸法に依存して、 $0.5\ \mu\text{m}$  から  $2\ \mu\text{m}$  の間で制御され得る。表面生成は、このNドーブ区域で迅速に再結合される。このNドーブによって  $\text{InGaAs}$  活性層5の内部に形成されたヘテロ接合部は、光電荷をZn拡散領域、すなわち捕捉領域の方へと追い込む。したがって、量子収率がそれ

20

【0046】

エッチングによって露出した表面のP型ドーブは、光電荷を露出した表面の方へと引き寄せる寄生接合部を形成する。電子/正孔の対の表面生成が閉じ込められると、量子収率は、この寄生接合部による表面の方へのこうした引寄せの影響を受ける。したがって、パシベーションは、有利には、P型ドーブではなくN型ドーブによって実行される。

【0047】

好ましくは、N型ドーブによるこのパシベーションの前に、活性層5の、各アノードを取り囲む領域20を、その厚さ全体にわたって除去する第2の選択エッチングが適用される(ステップS5)、図6によって示されるように、パシベーション層6の第1のエッチング後、活性層5は、アノードのそれぞれを取り囲む領域10で露出していることが分かる。この第2の選択エッチングは、第1のエッチングによって露出した活性層の領域において、活性層5を基板4まで選択的に除去する。さらに、好ましくは、第2の選択エッチングは、この第1の選択エッチングが、P型のアノード3と、パシベーション層6および活性層5からなるN型のカソードとの間のPN接合部に達しないように、アノード3から十分間隔を置いて領域20を除去する。

30

【0048】

実際に、パシベーション層6の、フォトダイオードの各アノード3の周りの領域を選択的に除去することは、隣接するフォトダイオード間の側方導電性を抑制する。しかし、インジウム・ガリウム砒素  $\text{InGaAs}$  活性層5の光電荷の側方伝播もやはり、かかるフォトダイオード・アレイを組み込んだセンサの空間分解能を劣化させることがある。 $\text{InGaAs}$  活性層5の、Zn拡散部の周りでの部分的な除去は、 $\text{InGaAs}$  センサの空間分解能にとって非常に有益となり得る。

40

【0049】

インジウム・ガリウム砒素  $\text{InGaAs}$  のZn拡散部の周りで、活性層5のクラウン20をその厚さ全体にわたって除去するこの第2のエッチングもやはり、好ましくは化学エッチングであり、第2の選択化学エッチング剤を用いて適用される。この第2のエッチングでは、好ましくは式  $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O}$  の硫酸および過酸化水素を含む水溶液が使用される。かかる溶液は、インジウム・ガリウム砒素  $\text{InGaAs}$  からなる活性層5だけを選択的にエッチングするが、パシベーション層6および基板4を構成するインジ

50

ウム燐は保存する。

【0050】

したがって、各フォトダイオードは、他のフォトダイオードから完全に絶縁され得る。図8は、第2のエッチングから得られたフォトダイオードのアレイ101を示す。ここでは、フォトダイオードのアレイ101は、インジウム - ガリウム砒素の前記活性層5がその厚さ全体にわたって存在しない、各アノードを取り囲む領域20を含む。

【0051】

さらに、 $H_2SO_4 : H_2O_2 : H_2O$ を用いたこの第2のエッチングは、この構造体を周囲の酸化から保護する薄層を形成するのに有益である。

【0052】

前述したのと同様に、この第2のエッチングが好ましくは化学エッチングである場合、このエッチングは、任意選択で、ドライ・エッチング、例えばプラズマ・エッチングでもよい。しかし、化学エッチングはエッチング領域にいかなる物理的損傷も生じないので、化学エッチングが好ましい。あらゆるケースにおいて、この第2のエッチングによって生じる欠陥は、亜鉛の拡散領域から十分離れているので、フォトダイオードの暗電流にほとんど影響を及ぼさない。

【0053】

このエッチングの後に、窒化シリコン  $SiN_x$  または二酸化シリコン  $SiO_2$  などの絶縁体をベースにしたパシベーションが適用され得る。しかし、絶縁体をベースにしたパシベーションでは、界面欠陥の数を十分に減少させることはできない。

【0054】

したがって、上記で論じたものと同様に、その後、パシベーション層6および活性層5の、第1および第2のエッチングによって露出したエッチング領域をN型ドーピングすることによるパシベーションが適用される（ステップS6）。

【0055】

ここで、図9によって示される種類のフォトダイオード・アレイ構造体101が得られ、この図では、パシベーションInP層6およびInGaAs活性層5の、各アノードを取り囲む領域20と接触している区域21が、N型ドーピングによってパシベーションされた。ちなみに、基板4の、第2のエッチングによって露出した領域もやはり、N型ドーピングによってパシベーションされたことが分かる。

【0056】

したがって、それぞれが、

- N型の少なくとも1つのインジウム燐基板層4、およびインジウム - ガリウム砒素活性層5を備えるカソードと、
  - P型ドーパントの拡散によって、活性層5に少なくとも部分的に形成される複数のアノード3であって、アノード3とカソードが協働してフォトダイオードを形成している、複数のアノード3と
- を備え、

P型ドーパントの拡散によって、アノード3が少なくとも部分的に形成される、N型のインジウム燐パシベーション層6を、前記パシベーション層6がその厚さ全体にわたって存在しない、各アノードを取り囲む領域10を含めてさらに有する、フォトダイオードのアレイ101が得られる。

【0057】

好ましくは、アレイ101は、インジウム - ガリウム砒素の前記活性層5が、その厚さ全体にわたって存在しない、各アノード3を取り囲む領域20を有する。

【0058】

フォトダイオードのアレイにいかなる側方導電性もないと、この同じ製造方法をメタライゼーション (metalization) に使い、チップとして逆さにして (フリップ - チップ) シリコン基板の読出し回路と実装することが、ここでもやはり見られる。

【0059】

10

20

30

40

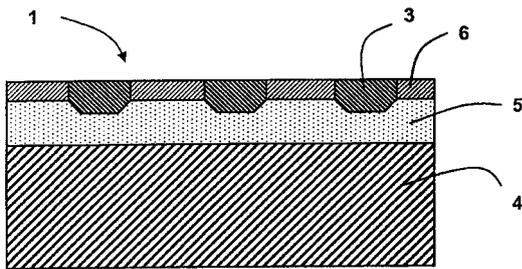
50

図10は、本発明によるInGaAsフォトダイオードのアレイ101からなるInGaAsイメージ・センサを示し、より具体的には、図9に示されたものと同様のInGaAsイメージ・センサが、チップとして逆さに読出し回路2と接続されている状態を示す。InGaAsアレイ・センサでは、これらのInGaAsフォトダイオードによって生成された光電信号を読み出すために、フォトダイオードのアレイが、シリコン基板上に作成された読出し回路に接続されている。この相互接続は、図10に示されるように、通常はインジウム・ビード7を介したフリップ・チップ法によって実現される。SWIR放射9は、この光帯域において透過なインジウム燐基板4を通り抜けて、フォトダイオードのアレイに達する。

【0060】

好ましくは、読出し回路2は、上記で説明され、図3で論じられているように、対数読出し回路である。

【図1】



(従来技術)

【図3】

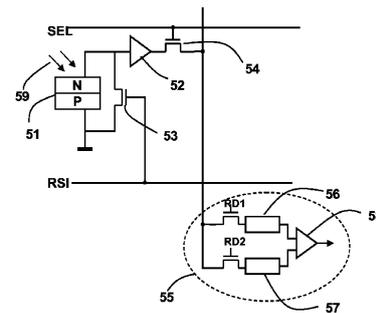
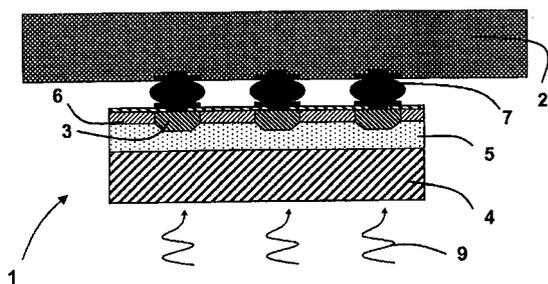


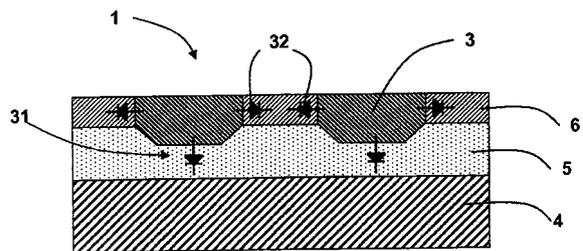
FIG 3

【図2】



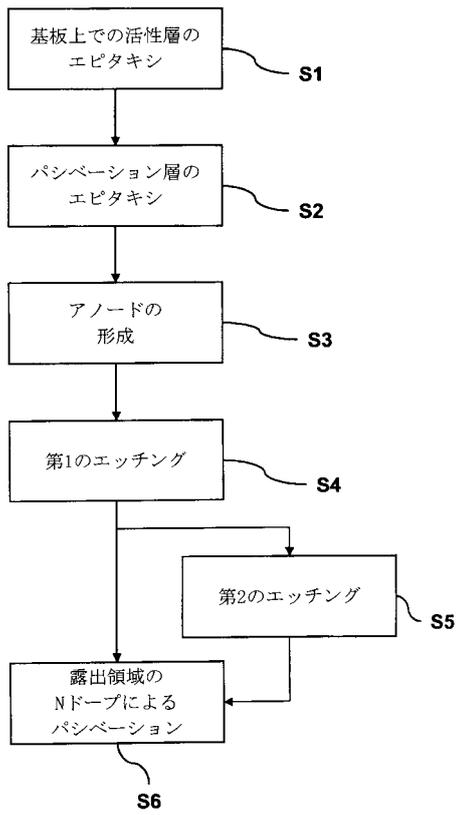
(従来技術)

【図4】



(従来技術)

【 図 5 】



【 図 6 】

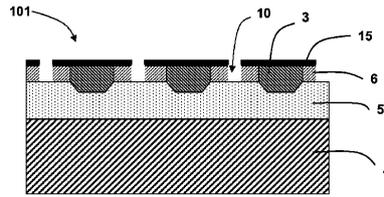


FIG 6

【 図 7 】

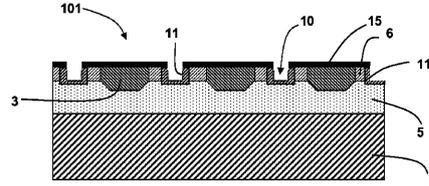


FIG 7

【 図 8 】

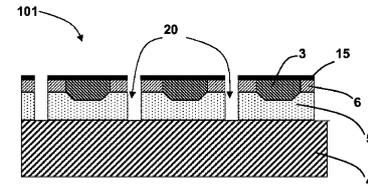


FIG 8

【 図 9 】

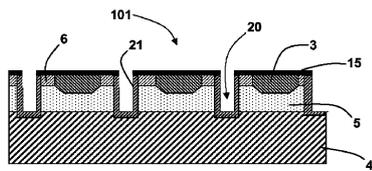


FIG 9

【 図 10 】

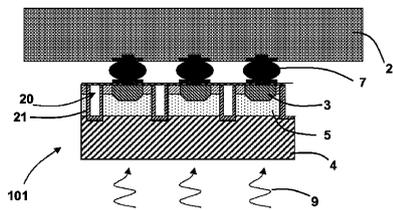


FIG 10

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2012/063596
---

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01L31/042 H01L31/18 H01L31/0735 H01L31/0304 H01L31/103 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/173571 A1 (KISH FRED A [US] ET AL KISH JR FRED A [US] ET AL) 18 September 2003 (2003-09-18) figure 10 et le texte correspondant	10-12 13,14 1-9
Y A	----- US 2006/105554 A1 (INADA HIROSHI [JP]) 18 May 2006 (2006-05-18) par. (3) à (4)	1-14
A	----- US 2010/051809 A1 (ONAT BORA MUAMMER [US] ET AL) 4 March 2010 (2010-03-04) par. (7). ----- -/--	1-14
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 14 December 2012		Date of mailing of the international search report 20/12/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Kusztelan, Leonard

2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2012/063596
---

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	TOSHIHIRO KITA ET AL: "Development of Integration Process of InGaAs/InP Heterojunction Bipolar Transistors with InP-Passivated InGaAs pin Photodiodes", INDIUM PHOSPHIDE&RELATED MATERIALS, 2007. IPRM '07. IEEE 19TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PI, 1 May 2007 (2007-05-01), pages 299-302, XP031112568, ISBN: 978-1-4244-0874-0 l'abstract, figure 1 et la section III -----	1-14
A	AIERKEN A ET AL: "Comparison of epitaxial thin layer GaN and InP passivations on InGaAs/GaAs near-surface quantum wells", APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, US, vol. 88, no. 22, 1 June 2006 (2006-06-01), pages 221112-221112, XP012081899, ISSN: 0003-6951, DOI: 10.1063/1.2208557 the whole document -----	1-14
Y	FR 2 819 941 A1 (GET INT [FR]) 26 July 2002 (2002-07-26) the whole document -----	13,14
A	US 2005/184308 A1 (DUTTA ACHYUT K [US] DUTTA ACHYUT KUMAR [US]) 25 August 2005 (2005-08-25) figure 8 et le texte correspondante -----	1-14

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/063596

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003173571 A1	18-09-2003	US 2003173571 A1 US 2004235213 A1 US 2005040415 A1 US 2005145863 A1 US 2005151144 A1	18-09-2003 25-11-2004 24-02-2005 07-07-2005 14-07-2005
US 2006105554 A1	18-05-2006	JP 4103885 B2 JP 2006147604 A US 2006105554 A1	18-06-2008 08-06-2006 18-05-2006
US 2010051809 A1	04-03-2010	NONE	
FR 2819941 A1	26-07-2002	EP 1354360 A1 FR 2819941 A1 WO 02059974 A1	22-10-2003 26-07-2002 01-08-2002
US 2005184308 A1	25-08-2005	NONE	

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2012/063596

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> INV. H01L31/042 H01L31/18 H01L31/0735 H01L31/0304 H01L31/103 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01L		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2003/173571 A1 (KISH FRED A [US] ET AL KISH JR FRED A [US] ET AL) 18 septembre 2003 (2003-09-18)	10-12
Y	figure 10 et le texte correspondant	13,14
A	----- 1-9	
A	US 2006/105554 A1 (INADA HIROSHI [JP]) 18 mai 2006 (2006-05-18) par.(3) à (4)	1-14
A	----- US 2010/051809 A1 (ONAT BORA MUAMMER [US] ET AL) 4 mars 2010 (2010-03-04) par.(7). ----- -/--	1-14
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "Z" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
14 décembre 2012		20/12/2012
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  Kusztelan, Leonard

2

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2012/063596

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	TOSHIHIRO KITA ET AL: "Development of Integration Process of InGaAs/InP Heterojunction Bipolar Transistors with InP-Passivated InGaAs pin Photodiodes", INDIUM PHOSPHIDE&RELATED MATERIALS, 2007. IPRM '07. IEEE 19TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PI, 1 mai 2007 (2007-05-01), pages 299-302, XP031112568, ISBN: 978-1-4244-0874-0 l'abstract, figure 1 et la section III -----	1-14
A	AIERKEN A ET AL: "Comparison of epitaxial thin layer GaN and InP passivations on InGaAs/GaAs near-surface quantum wells", APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, US, vol. 88, no. 22, 1 juin 2006 (2006-06-01), pages 221112-221112, XP012081899, ISSN: 0003-6951, DOI: 10.1063/1.2208557 le document en entier -----	1-14
Y	FR 2 819 941 A1 (GET INT [FR]) 26 juillet 2002 (2002-07-26) le document en entier -----	13,14
A	US 2005/184308 A1 (DUTTA ACHYUT K [US] DUTTA ACHYUT KUMAR [US]) 25 août 2005 (2005-08-25) figure 8 et le texte correspondante -----	1-14

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2012/063596

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2003173571	A1	18-09-2003	US 2003173571 A1	18-09-2003
			US 2004235213 A1	25-11-2004
			US 2005040415 A1	24-02-2005
			US 2005145863 A1	07-07-2005
			US 2005151144 A1	14-07-2005
-----				
US 2006105554	A1	18-05-2006	JP 4103885 B2	18-06-2008
			JP 2006147604 A	08-06-2006
			US 2006105554 A1	18-05-2006
-----				
US 2010051809	A1	04-03-2010	AUCUN	
-----				
FR 2819941	A1	26-07-2002	EP 1354360 A1	22-10-2003
			FR 2819941 A1	26-07-2002
			WO 02059974 A1	01-08-2002
-----				
US 2005184308	A1	25-08-2005	AUCUN	
-----				

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA

Fターム(参考) 4M118 AA05 AB01 BA19 CA03 CB01 EA01 EA14 FA27 HA22 HA24  
HA31  
5F088 AA02 AB07 BA20 BB03 CB09 CB14 EA04 EA14 GA05