

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

G a I n N A s 系半導体発光素子を有する半導体発光装置であって、
上記半導体発光素子の活性層領域層の G a I n N A s 系半導体活性層が、該半導体活性層の面方向に I n（インジウム）と N（窒素）の組成において I n 優勢組成領域と N 優勢組成領域とが分布する組成変調構造を有することを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 2】

上記組成変調構造の平面パターンが、帯状パターンもしくは島状パターンを有することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 3】

上記半導体発光素子を構成する半導体基体の少なくとも 1 主面が、{ 1 0 0 } 結晶面に対してオフ角を有する G a A s 基体であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 4】

上記半導体発光素子を構成する半導体基体の少なくとも 1 主面が、{ 1 0 0 } 結晶面を有する G a A s 基体であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 5】

上記活性層領域層の G a I n N A s 系半導体活性層が、単層もしくは多層の量子井戸層より成り、

該量子井戸層を挟むバリア層が局所的歪みを有することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 6】

上記 I n 優勢組成領域が、平均組成より I n と A s が多い領域であり、

上記 N 優勢組成領域が、平均組成より N と G a が多い領域であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 7】

上記活性層領域層の G a I n N A s 系半導体活性層が、単層もしくは多層の量子井戸層より成り、

該量子井戸層を挟むバリア層が、G a I n A s、A l G a I n A s、A l G a I n P、I n G a P、G a N A s、G a A s P、I n G a A s P より成ることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 8】

上記半導体発光素子が、1 . 2 8 μ m 以上の半導体発光素子とされたことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 9】

上記半導体発光素子が、M O C V D（Metal Organic Chemical Vapor Deposition）半導体層によることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 10】

上記 G a I n N A s 系半導体活性層が、S b を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体発光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光アクセス系の光源としては、長波長の光源、例えば 1 . 2 8 μ m 以上の半導体レーザ、更に、光ファイバとの結合において、1 . 3 μ m 及び 1 . 5 5 μ m 対の半導体レーザが望まれている。

【0003】

10

20

30

40

50

この波長領域の半導体レーザは、主に InP 基板を用いた InGaAsP 系の半導体レーザによって実現されている。

しかし、これらの材料の半導体レーザは、活性層に対する電子の閉じ込めが弱く、温度特性が約 60 K 程度であり、温度特性が悪いという問題がある。

【0004】

これに対し、GaAs 基板上に、活性層として GaInNAs が形成された半導体レーザは、温度特性が 200 K 以上となる例などが報告されており、高温動作特性の改善がなされている。

このように、温度特性が優れていることは、レーザモジュール内の冷却装置が不要となるため、安価でかつ小型の長波長系半導体レーザ装置を実現できる。

10

【0005】

そして、昨今、とみに、GaInNAs 系による 1.3 μ m 帯半導体レーザの報告が盛んに行われている（例えば非特許文献 1 参照）。

しかし、その報告のほとんどが MBE (Molecular Beam Epitaxy) 法による成長方法を用いるものであり、量産性に優れた MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) によって特性に優れた 1.3 μ m 帯半導体レーザは得られていない。その原因は、成長層への N (窒素) の取り込み効率が充分得られていないためと考えられる。

そして、MBE 法による場合においても、N を取り込ませるためには、低温で成長する必要があるため、高品質の GaInNAs 層を得ることが難しい。

【0006】

20

一方、GaAs 基板上の InGaAs ドットを用いて長波長レーザを作製する方法の提案がなされている（非特許文献 2）。

しかし、量子ドットを用いた場合、基底状態の状態数が小さいため、レーザ発振に必要な利得が得られるキャリアを注入すると高次のレベルまでキャリアが注入され、発振波長が短波化する。そのため、優れた特性を持つ 1.3 μ m 帯の半導体レーザを実現することは困難である。

【非特許文献 1】 1.3 μ m continuous-wave lasing operation in GaInNAs quantum-well lasers: Nakahara, K.; Kondow, M.; Kitatani, T.; Larson, M.C.; Uomi, K.; Photonics Technology Letters, IEEE, Volume: 10 Issue: 4, April 1998 Page(s): 487 -488

30

【非特許文献 2】 High characteristic temperature of near 1.3- μ m InGaAs/GaAs quantum-dot lasers: Mukai, K.; Nakata, Y.; Otsubo, K.; Sugawara, M.; Yokoyama, N.; Ishikawa, H.; Lasers and Electro-Optics, 2000. (CLEO 2000). Conference on, 7-12 May 2000 Page(s): 363 -364

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、少なくとも 1.28 μ m 以上の長波長発光の半導体発光装置を、確実に、安定して、また、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 半導体層によっても構成することができるようにすることを目的とするものである。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、GaInNAs 系半導体発光素子を有する半導体発光装置であって、上記半導体発光素子の活性層領域層の GaInNAs 系半導体活性層が、該半導体活性層の面方向に In と N の組成において In 優勢組成領域と N 優勢組成領域とが分布する組成変調構造を有することを特徴とする。

【0009】

本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記組成変調構造の平面パターンが、帯状パターンもしくは島状パターンを有することを特徴とする。

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記半導体発光素子

50

を構成する半導体基体の少なくとも1主面が、{ 1 0 0 } 結晶面に対してオフ角を有する GaAs 基体であることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記半導体発光素子を構成する半導体基体の少なくとも1主面が、{ 1 0 0 } 結晶面を有する GaAs 基体であることを特徴とする。

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記活性層領域層の GaInNAs 系半導体活性層が、単層もしくは多層の量子井戸層より成り、該量子井戸層を挟むバリア層が局所的歪みを有することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記 In 優勢組成領域が、平均組成より In と As が多い領域であり、上記 N 優勢組成領域が、平均組成より N と Ga が多い領域であることを特徴とする。

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記活性層領域層の GaInNAs 系半導体活性層が、単層もしくは多層の量子井戸層より成り、該量子井戸層を挟むバリア層が、GaInAs、AlGaInAs、AlGaInP、InGaP、GaNAs、GaAsP、InGaAsP より成ることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記半導体発光素子が、1.28 μm 以上の半導体発光素子とされたことを特徴とする。

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記半導体発光素子が、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 半導体層によることを特徴とする。

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記 GaInNAs 系半導体活性層が、Sbを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

上述した本発明による GaInNAs 系半導体発光装置、例えば半導体レーザーにおいては、1.28 μm 以上、例えば光アクセス系で、望まれている発光波長 1.31 μm、1.55 μm の半導体発光装置を得ることができた。

これは、本発明構成においては、発光波長の決定に寄与する GaInNAs あるいは、GaInNAsSb によって構成される半導体層、具体的には活性層領域層における単層、あるいは2層以上の多重量子井戸 (MQW: Multi Quantum Well) 構造におけるバリア層によって挟み込まれた半導体活性層において、目的とする長波長が得られるだけの N あるいは N 及び Sb 量を、充分取り込むことができたことによる。

この N の取り込みは、In 優勢組成領域及び N 優勢組成領域、具体的には、InAs 優勢組成領域および GaN 優勢組成領域とを形成したことにより、すなわち、In を偏析させたことにより、N の取り込みを阻害する In が少ない領域を形成したことにより、此处に N の取り込みを充分に、かつ安定して行うことができたものである。

【 0 0 1 4 】

すなわち、本発明半導体発光装置においては、GaInNAs 系活性層における全域に関しての平均組成を目的とする波長が得られる組成とするものであるが、上述したように、その N の取り込みを阻害する In を偏析させたことにより、In の少ない領域に、必要十分な N の取り込みができるようにして、安定して確実に、目的とする GaInNAs (Sb) 組成を得ることができ、これによって長波長化を図ることができるのである。

【 0 0 1 5 】

また、それ故、成長温度等の成長条件の自由度が高められることによって、従前におけるように MBE 法での GaInNAs の形成の制約が回避されることによって、MOCVD 法による半導体層とすることができ、量産性の向上が図られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明によるGaInNAs系、すなわちGaInNAsあるいはGaInNAsSbを半導体活性層とする半導体発光装置の実施の形態を説明する。しかし、本発明は、この実施の形態例に限定されるものではない。

図1は、本発明によるGaInNAs系半導体発光装置、例えば半導体レーザ装置の一実施形態例の概略構成図である。

この実施の形態例においては、半導体基体1上に、順次第1導電型クラッド層2、第1のガイド層3、活性層領域層4、第2のガイド層5、第2導電型第1クラッド層6、エッチングストップ層7、第2導電型第2クラッド層8、第2導電型のキャップ層9が形成されて成る。

この活性層領域層4は、単層もしくは2層以上のGaInNAsによる半導体活性層41による量子井戸層と、この半導体活性層41を挟んで配置されるバリア層42及びバリア層ともなる上述した第1及び第2のガイド層3及び5が配置された構成を有する。

図1の例では、3層の量子井戸構造によるGaInNAs系半導体活性層41がバリア層41を介して積層されたMQW構造とされている。

【0017】

また、この実施形態例では、キャップ層9及び第2導電型第2クラッド層8が、主たる電流通路の形成部となる部分をストライプ状リッジ部として残してその両側を、エッチングストップ層7におけるエッチング速度の低下を利用して、クラッド層6に至る深さにエッチングして、このエッチング溝10G内に、絶縁層10を形成した構成とした場合である。

そして、キャップ層(コンタクト層)9上の絶縁層10に開口が形成され、この開口を通じてキャップ層9と、基体1の裏面とにそれぞれオーミックに第1及び第2の電極11及び12が被着されて成る。

【0018】

この半導体発光装置の実施形態例を、図1及び図2を参照して更に詳細に説明する。図2は、図1で示した半導体発光装置の半導体積層構造における断面図を示す。

この形態例では、半導体基体1として{100}結晶面からA面(Gaの配列面)方向にオフ角10°を有するGaAs基板を用いた場合である。また、第1導電型がn型で、第2導電型がp型とした場合である。

【0019】

このGaAs基板による半導体基体1上に、順次例えば厚さ2μmのn型のAl_{0.47}Ga_{0.53}Asによる第1導電型クラッド層2、アンドープの厚さ約140nmのGaAsによる第1のガイド層3、厚さ8nmの量子井戸構造による3層のGaInNAs半導体活性層41と厚さ180nmのGaAsによるバリア層42との繰り返し積層による3QW構造の活性層領域層4、アンドープの厚さ140nmのGaAsによる第2のガイド層5、p型の厚さ100nmのAl_{0.47}Ga_{0.53}Asによる第2導電型第1クラッド層6、p型の厚さ100nmのGaAsによるエッチングストップ層7、p型の厚さ1.4μmのAl_{0.47}Ga_{0.53}Asによる第2導電型第2クラッド層8、p型の厚さ0.3μmのGaAsによるキャップ層9を、連続MOCVDによって積層形成する。

【0020】

この積層半導体層を、キャップ層9側から、エッチングストップ層7の深さのエッチング溝10Gを形成し、この溝10G内に例えばSiO₂絶縁層あるいはn型のGaAsによる電流阻止層10を形成して、半導体発光素子、すなわち半導体レーザ素子を形成する。

なお、この半導体発光素子は、複数個同時に共通の基体1上に配列形成し、上述した第1および第2電極の形成を行って、各素子に関して切断分離なされる。

【0021】

このようにして、絶縁層10によって挟み込まれたストライプ部(リッジ)において主

10

20

30

40

50

たる電流通路が形成され、このストライプ部下における活性層領域層 4 が発光機能部として動作するものであり、上述した切断分離において、ストライプ部の延長方向の長さの規定によって光共振器長の規定がなされる。すなわち、例えば 350 μm の共振器長となるストライプ部の長さに切断する。

【0022】

この光共振器長の両端面の破断面は、例えば劈開面による鏡面によって構成することができる。そして、これら端面、すなわち共振器の端面は、所要の反射率を有する端面に設定する誘電体膜等が被着形成される。これら端面は、例えば主たる発光端面となる前方面においては反射率 60% とされ、後方端面においては、例えば反射率 95% とされる。

【0023】

上述した構成によって得た半導体発光装置においては、その発振波長が約 1.47 μm となった。そして、この半導体発光装置における活性層領域層 4 を、TEM (透過電子顕微鏡) によって観察したところ、組成変調構造が観察された。

これは、半導体基体 1 として、オフ基板を用いたことにより、半導体層の成長面に微視的に周期的段差が発生することによって、比較的原子移動すなわちマイグレーションが大きい In が段差部に偏析し、これによりこの In と結合しやすい As との InAs がリッチな微細領域による In 優勢組成領域が形成され、他部領域に、In によって阻害されることなく N が取り込まれた GaN の微細領域が配置された組成変調構造が生じるものと考えられる。

【0024】

図 3 は、上述した活性層領域層 4 の GaInNAs 系半導体活性層 41 における上述した組成変調構造の模式的断面図を示したもので、それぞれ活性層 41 の厚さ方向に渡る In 優勢組成領域 21 と、N 優勢組成領域 22 とが活性層 41 の面方向に交互に配列される。

【0025】

尚、比較のために、上述した本発明による実施形態例と同様の構成によるものの、GaAs 基板としてオフ基板によらない、いわゆるジャスト基板を用いた場合、組成変調構造を観察することができなかった。

これらの結果から、オフ基板を用いて組成変調構造を持たせることにより、GaInNAs 系活性層による発光半導体装置、例えば半導体レーザの長波長化ができることがわかった。

図 4 は、このオフ角と PL (Photo Luminescence) の波長との関係の測定結果を示すものである。これによれば、オフ角を上げることによって長波長化がなされる。因みに、オフ角 10° において波長 1.435 μm 程度が得られる成長条件と同じ条件でジャスト基板に成長した場合、PL 波長 1.33 μm 程度となった。つまり、組成変調構造を持つことにより、大幅に発光波長が長波化することがわかる。

【0026】

しかしながら、上述した組成変調構造は、オフ基板を用いることによってのみ得られるものではなく、オフ角ゼロの例えば {100} 基板によるいわゆるジャスト基体 1 を用いることができる。

例えば GaInNAs 系半導体活性層 41 の成膜面のバリア層、図 1 及び図 2 の例ではバリア層 42 とガイド層 3 によるバリア層を、例えば GaInAs、AlGaInAs、AlGaInP、InGaP、GaAs、GaAsP、InGaAsP より構成することによって、面内に歪分布を生じさせることができる。

これら材料は、組成によって歪量を変えることができることから、GaInNAs 系半導体活性層の形成面のバリア層に、この材料層による歪量が相違する部分を形成して歪部分に In が偏析する特性を利用して、組成変調構造を形成することもできる。

【0027】

また、歪みを局在させる構造としては、例えば上述したバリア層に InGaAs の量子ドットを形成する。この量子ドットの形成方法については、周知の方法によることができ

10

20

30

40

50

るものである。そして、このドットが存在する面に、例えばMQW構造において、バリア層としてのGaAs層を堆積成膜し、この上に活性層41を構成するGaInNAs層を堆積すると、ドットによる歪の局在部分が踏襲されてその形成面に存在することから、この歪みの局在部に原子移動(Migration)が大きいInの偏析、したがって、InAsが偏析するドット部を形成することができる。

【0028】

図5は、GaInNAs系半導体活性層41における、上述したように、In優勢組成領域21と、N優勢組成領域22のパターンを模式的に示した平面的で、上述した基体1として例えばオフ基板を用いることによって図5A及びBに示す帯状パターンを得たり、あるいは図5Cで示すように、前述したドットパターンとすることなど種々のパターンを得ることができる。

10

【0029】

尚、このIn偏析部21のパターン組成変調は、微細構造でかつそれほど組成の違いが大きい方がよいものである。すなわち、この組成変調構造の周期が大きく、組成の違いも大きくなると、活性層領域層のバンドギャップの縮小部が生じるなどにより、発光光の吸収等の損失が生じて利得の低下を来すことによる。

その周期と組成変調の組み合わせにより、最適値の選定がなされるが、例えば周期は、1 μ m以下とし、In組成の揺らぎは10%以下が望ましい。これは、ドットパターンにおいても同様である。

【0030】

20

上述した実施の形態例では、いわゆる端面発光型の半導体レーザ構造とした場合であるが、このような端面発光の半導体レーザへの適用に限定されるものではなく、面発光レーザ等に適用することもできる。図6は、本発明による垂直共振器面発光レーザ(VCSL)の実施形態例の概略断面図である。

この面発光レーザにおいては、例えばGaAs基板からなる半導体基体51上に、通常的面発光半導体レーザにおけるように、第1及び第2のDBR(Distributed Bragg Reflector)ミラー52及び53と、これらに挟み込まれた例えばMQW構造の活性層領域層54を有して成る。この活性層領域層54は、例えば図5Cで示したパターン等のIn優勢組成領域21とN優勢組成領域22とが形成された、GaInNAs半導体活性層41による量子井戸層とバリア層42との例えばMQW構造を有する。

30

【0031】

GaAs基板上に形成された面発光半導体レーザは、格子不整合が少なく、また、DBRミラーに適した材料として知られているAlGaAsによるミラーを適用することができる。

したがって、本発明による半導体発光装置における特有のGaInNAs半導体活性層による活性層領域層53による構成とするときは、発光効率の高い高品質の、長波長、すなわち1.3 μ m以上の半導体発光装置、この例においては、面発光半導体レーザを低価格で実現できるものである。

【0032】

上述したように、本発明による半導体発光装置においては、そのGaInNAs系半導体層に組成変調構造を有することによって、InによるNの取り込みが阻害されることが回避されることから、GaInNAsあるいはGaInNAsSb層におけるNの取り込み効率を上げることができる。

40

そのため、MOCVDなどの成長方法によっても容易にNを取り込むことが可能になる。また、MBE法においても成長温度を高温化させることが可能になるため、この場合には、さらに高品質のGaInNAs系半導体層が成長できるようになる。

【0033】

そして、このように、Nの組成を容易に上げることができるということは、N原料を大量に流したり、結晶品質が悪くなるレベルまで成長温度を下げたりしなくても容易にGaInNAs系半導体層を成長できるようになるということである。つまり、成長条件の選

50

定の範囲を広げることができる。

また、周期構造を持つことにより、同じ組成の混晶でも、波長が長波長化することが知られているが、このことから、通常の GaInNAs 層よりも、より少ない In もしくは N 組成で長波化が可能になる。

【0034】

また、本発明は、上述した構造の半導体発光装置に限定されるものではなく、各種の構造による半導体レーザ、半導体発光素子、また、単体半導体発光装置に適用する例に限定されるものではなく、多数の発光部を有する半導体発光装置、集積回路装置等に適用することもできるなど種々の装置に適用することができるものである。

【図面の簡単な説明】

10

【0035】

【図1】本発明による半導体発光装置の一例の概略断面図である。

【図2】本発明による半導体発光装置の一例の半導体積層構造における概略断面図である。

。

【図3】本発明による半導体発光装置の活性層領域層の要部の概略断面図である。

【図4】半導体発光装置を構成する半導体基体としてオフ基板を用いた場合のオフ角と PL 発光の波長との関係の測定結果を示す曲線である。

【図5】A, B, C は、それぞれ組成変調構造のパターンの例を示す模式的平面図である。

。

【図6】本発明による面発光型の半導体発光装置の一例の概略断面図である。

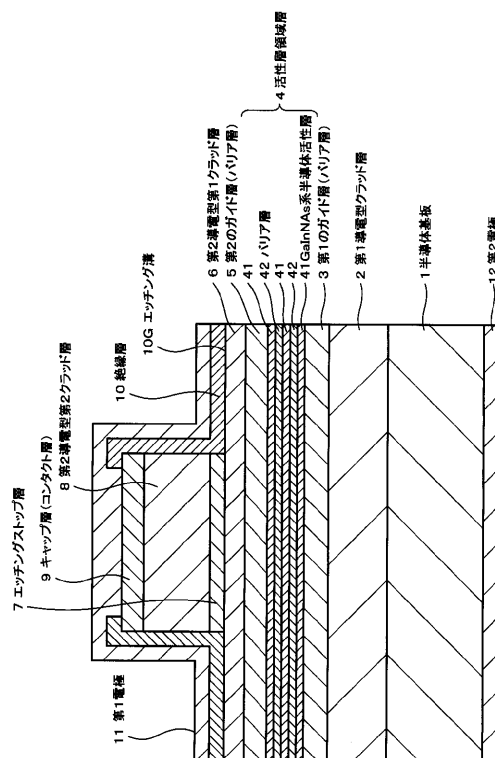
20

【符号の説明】

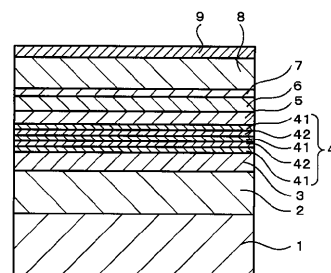
【0036】

1・・・半導体基体、2・・・第1導電型クラッド層、3・・・第1のガイド層、4・・・活性層領域層、41・・・GaInNAs系半導体活性層、42・・・バリア層、5・・・第2のガイド層、6・・・第2導電型第1クラッド層、7・・・エッチングストップ層、8・・・第2導電型第2クラッド層、9・・・キャップ層、10・・・電流阻止層、10G・・・エッチング溝、11・・・第1電極、12・・・第2電極、21・・・In優勢組成領域、22・・・N優勢組成領域、51・・・半導体基体、52・・・第1のDBRミラー、53・・・第2のDBRミラー

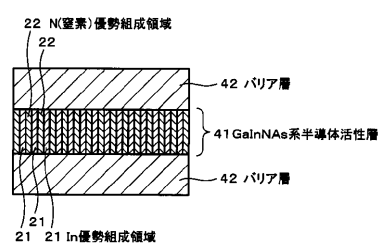
【 図 1 】



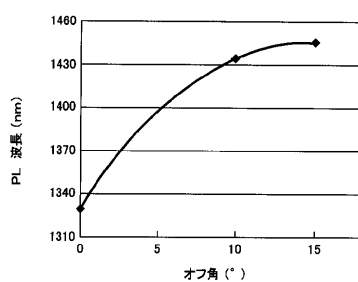
【圖 2】



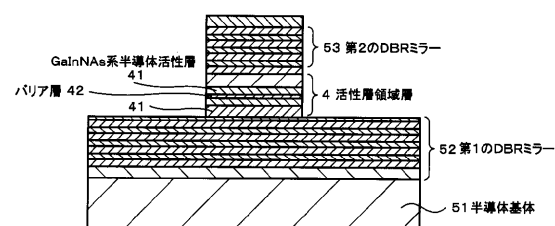
【 図 3 】



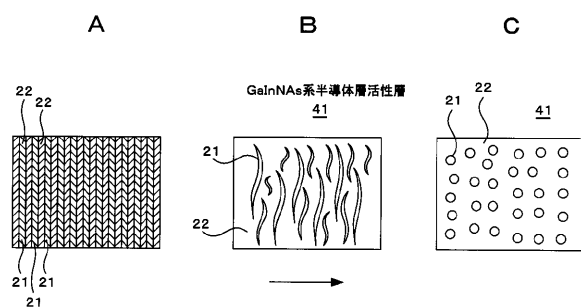
【 図 4 】



【圖 6】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 成井 啓修

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

Fターム(参考) 5F073 AA13 AA74 AB17 BA02 CA12 CB02 DA05 DA21