

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6637703号
(P6637703)

(45) 発行日 令和2年1月29日(2020.1.29)

(24) 登録日 令和1年12月27日(2019.12.27)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 L 33/08	(2010.01) HO 1 L 33/08
HO 1 L 33/38	(2010.01) HO 1 L 33/38
HO 1 L 33/44	(2010.01) HO 1 L 33/44

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2015-178165 (P2015-178165)
(22) 出願日	平成27年9月10日 (2015.9.10)
(65) 公開番号	特開2017-54942 (P2017-54942A)
(43) 公開日	平成29年3月16日 (2017.3.16)
審査請求日	平成30年9月3日 (2018.9.3)

(73) 特許権者	317016523 アルパッド株式会社 東京都千代田区丸の内一丁目11番1号
(74) 代理人	100108062 弁理士 日向寺 雅彦
(72) 発明者	加賀 広持 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝内
(72) 発明者	田島 純平 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝内
(72) 発明者	岡 傑行 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導電性の基板と、

前記基板上に並設され、第1導電形の第1半導体層と、第2導電形の第2半導体層と、前記第1半導体層と前記第2半導体層との間に設けられた発光層と、をそれぞれ含む2以上の発光体であって、前記基板に電気的に接続された第1発光体と、前記第1発光体に直列接続された第2発光体と、を含む2以上の発光体と、

前記第1発光体と前記基板との間に設けられ、前記第1発光体の第1半導体層および前記基板に電気的に接続された第1電極と、

前記第2発光体と前記基板との間に設けられ、前記第2発光体の第1半導体層に電気的に接続された第2電極と、

前記第2発光体における第2半導体層の表面から前記第2発光体を貫き前記第2電極に連通するコンタクトホールを介して前記第1発光体の第2半導体層と前記第2電極とを電気的に接続する第1配線と、

を備えた半導体発光装置。

【請求項 2】

前記第2電極と前記基板との間に設けられた絶縁層をさらに備えた請求項1記載の半導体発光装置。

【請求項 3】

前記第1電極と前記基板との間、および、前記第2電極と前記基板との間に設けられた

10

20

絶縁層と、

前記絶縁層を貫通し、前記第1電極に接続された導電体と、
をさらに備え、

前記第1発光体は、前記導電体を介して前記基板に電気的に接続される請求項1記載の半導体発光装置。

【請求項4】

前記2以上の発光体は、前記第2発光体に直列接続された第3発光体と、

前記第3発光体と前記基板との間に設けられ、前記第3発光体の第1半導体層に電気的に接続された第3電極と、

前記第3発光体における第2半導体層の表面から前記第3発光体を貫き前記第3電極に連通するコンタクトホールを介して前記第2発光体の第2半導体層と前記第3電極とを電気的に接続する第2配線と、

をさらに備えた請求項1～3のいずれか1つに記載の半導体発光装置。

【請求項5】

前記2以上の発光体は、前記第1発光体と前記第1電極を共有する第4発光体と、前記第4発光体に直列接続された第5発光体と、をさらに含む請求項1～4のいずれか1つに記載の半導体発光装置。

【請求項6】

導電性の基板と、

前記基板上に並設され、第1導電形の第1半導体層と、第2導電形の第2半導体層と、前記第1半導体層と前記第2半導体層との間に設けられた発光層と、をそれぞれ含む2以上の発光体であって、前記基板に電気的に接続された第1発光体と、前記第1発光体に直列接続された第2発光体と、を含む2以上の発光体と、

前記第1発光体と前記基板との間に設けられ、前記第1発光体の第1半導体層に電気的に接続された第1電極と、

前記第1発光体における第2半導体層の表面から前記第1発光体を貫き前記第1電極に連通するコンタクトホールを介して前記第2発光体の第2半導体層と前記第1電極とを電気的に接続する配線と、

前記第1発光体において前記第1半導体層と発光層とを貫通し第2半導体層に至るリセス部中に設けられ、前記第1発光体の第2半導体層および前記基板に電気的に接続された第2電極と、

を備えた半導体発光装置。

【請求項7】

導電性の基板と、

前記基板上に並設され、第1導電形の第1半導体層と、第2導電形の第2半導体層と、前記第1半導体層と前記第2半導体層との間に設けられた発光層と、をそれぞれ含む2以上の発光体であって、第1発光体と、前記第1発光体に直列接続された第2発光体と、を含む2以上の発光体と、

前記基板と前記第1発光体との間、および、前記基板と前記第2発光体との間に設けられた絶縁層と、

前記第1発光体の第1半導体層と、前記第2発光体の第2半導体層と、を電気的に接続する配線であって、その全体が前記絶縁層中に設けられた配線と、

を備え、

前記基板は、前記第1発光体の第2半導体層および前記第2発光体の第1半導体層のいずれか一方に電気的に接続された半導体発光装置。

【請求項8】

導電性の基板と、

前記基板上に並設され、第1導電形の第1半導体層と、第2導電形の第2半導体層と、前記第1半導体層と前記第2半導体層との間に設けられた発光層と、をそれぞれ含む2以上の発光体であって、第1発光体と、前記第1発光体に直列接続された第2発光体と、を

10

20

30

40

50

含む 2 以上の発光体と、

前記第 1 発光体と前記基板との間に設けられ、前記第 1 発光体の第 1 半導体層に電気的に接続された第 1 電極と、

前記第 1 発光体において、第 1 半導体層と発光層とを貫通し第 2 半導体層に至る第 1 リセス部を介して前記第 1 発光体の第 2 半導体層に電気的に接続された第 2 電極と、

前記第 2 発光体と前記基板との間に設けられ、前記第 2 発光体の第 1 半導体層に電気的に接続された第 3 電極と、

前記第 2 発光体において、第 1 半導体層と発光層とを貫通し第 2 半導体層に至る第 2 リセス部を介して前記第 2 発光体の第 2 半導体層に電気的に接続された第 4 電極であって、前記基板に電気的に接続された第 4 電極と、

前記第 2 電極と前記第 3 電極とを電気的に接続した配線と、

を備え、

前記第 2 電極は、前記第 1 発光体の前記第 2 半導体層に接する第 1 層と、前記第 1 リセス部内を埋め込んだ第 2 層と、を含み、

前記第 4 電極は、前記第 2 発光体の前記第 2 半導体層に接する第 1 層と、前記第 2 リセス部内を埋め込んだ第 2 層と、を含む半導体発光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

実施形態は、半導体発光装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

発光ダイオード (Light Emitting Diode : L E D) を光源とする半導体発光装置がある。このような半導体発光装置は、複数の L E D を基板上に集積化することにより、高輝度化を実現できる。また、複数の L E D を直列に接続することにより、例えば、並列接続された L E D を同じ電力で駆動する場合に比べて駆動電流を低減し、半導体発光装置の信頼性を向上できる。しかし、複数の L E D を直列接続するためには、それらを基板から電気的に絶縁する必要があり、また、外部回路に接続するためのボンディングパッドも基板上に配置する必要がある。このため、L E D の熱放散が阻害され、また、装置の小型化が難しくなる場合がある。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2014 - 158020 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

実施形態は、直列接続された L E D の熱放散を向上させ、小型が可能な半導体発光装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

40

【0005】

実施形態に係る半導体発光装置は、導電性の基板と、前記基板上に並設され、第 1 導電形の第 1 半導体層と、第 2 導電形の第 2 半導体層と、前記第 1 半導体層と前記第 2 半導体層との間に設けられた発光層と、をそれぞれ含む 2 以上の発光体と、を備える。2 以上の発光体は、前記基板に電気的に接続された第 1 発光体と、前記第 1 発光体に直列接続された第 2 発光体と、を含む。さらに、前記第 1 発光体と前記基板との間に設けられ、前記第 1 発光体の第 1 半導体層および前記基板に電気的に接続された第 1 電極と、前記第 2 発光体と前記基板との間に設けられ、前記第 2 発光体の第 1 半導体層に電気的に接続された第 2 電極と、前記第 2 発光体における第 2 半導体層の表面から前記第 2 発光体を貫き前記第 2 電極に連通するコンタクトホールを介して前記第 1 発光体の第 2 半導体層と前記第 2 電

50

極とを電気的に接続する第1配線と、を備える。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】第1実施形態に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図2】第1実施形態に係る半導体発光装置を示す上面図および等価回路である。

【図3】第1実施形態の変形例に係る半導体発光装置を示す上面図である。

【図4】第1実施形態に係る半導体発光装置の製造過程を示す断面図である。

【図5】図4に続く製造過程を示す断面図である。

【図6】図5に続く製造過程を示す断面図である。

【図7】図6に続く製造過程を示す断面図である。

10

【図8】第2実施形態に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図9】第3実施形態に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図10】第3実施形態の変形例に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図11】第4実施形態に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図12】発光体に対するボンディングパッドの面積比を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、実施の形態について図面を参照しながら説明する。図面中の同一部分には、同一番号を付してその詳しい説明は適宜省略し、異なる部分について説明する。なお、図面は模式的または概念的なものであり、各部分の厚みと幅との関係、部分間の大きさの比率などは、必ずしも現実のものと同一とは限らない。また、同じ部分を表す場合であっても、図面により互いの寸法や比率が異なって表される場合もある。

20

【0008】

さらに、各図中に示すX軸、Y軸およびZ軸を用いて各部分の配置および構成を説明する。X軸、Y軸、Z軸は、相互に直交し、それぞれX方向、Y方向、Z方向を表す。また、Z方向を上方、その反対方向を下方として説明する場合がある。

【0009】

実施形態の記載は例示であって、発明をそれに限定するものではない。また、各実施形態に記載の構成要素は、技術的に可能であれば、共通に適用され得るものである。以下、第1導電形をn形、第2導電形をp形として説明するが、第1導電形をp形、第2導電形をn形としても良い。

30

【0010】

【第1実施形態】

図1は、第1実施形態に係る半導体発光装置1を示す断面図である。図2(a)は、半導体発光装置1を示す上面図である。図1は、図2(a)中に示すA-A線に沿った断面図である。また、図2(b)は、半導体発光装置1を示す等価回路である。

【0011】

図1に示すように、半導体発光装置1は、基板10と、第1発光体(以下、発光体20a)と、第2発光体(以下、発光体20b)と、を備える。基板10は、導電性を有し、例えば、シリコン基板である。発光体20aおよび20bは、n形半導体層21、発光層23およびp形半導体層25をそれぞれ含む。発光層23は、n形半導体層21とp形半導体層25との間に設けられる。

40

【0012】

n形半導体層21は、例えば、n形窒化ガリウム層(GaN層)を含む。また、n形半導体層21は、GaN、窒化アルミニウム(AlN)、窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)などを含むバッファ層をさらに含んでも良い。その場合、n形GaN層は、バッファ層と発光層23との間に設けられる。

【0013】

発光層23は、例えば、窒化インジウムガリウム(InGaN)からなる井戸層と、GaNからなる障壁層と、により構成される量子井戸を含む。また、発光層23は、複数の

50

量子井戸を含む多重量子井戸構造を有しても良い。

【0014】

p形半導体層25は、例えば、p形AlGaN層とp形GaN層とを積層した構造を有する。p形AlGaN層は、発光層23の上に形成され、p形GaN層は、p形AlGaN層の上に形成される。

【0015】

半導体発光装置1は、p側コンタクト層27、p側電極30aおよびp側電極30bをさらに備える。p側コンタクト層27は、発光体20aおよび20bのp形半導体層25にそれぞれ電気的に接続される。p側電極30aおよび30bは、p形半導体層25の表面上においてそれぞれp側コンタクト層27を覆う。p側電極30aは、p側コンタクト層27を介して発光体20aのp形半導体層25に電気的に接続される。p側電極30bは、別のp側コンタクト層27を介して発光体20bのp形半導体層25に電気的に接続される。

10

【0016】

p側コンタクト層27は、p形半導体層25に対するコンタクト抵抗が小さく、発光層23の放射光に対する反射率が高い材料を用いることが好ましい。p側コンタクト層27は、例えば、銀(Ag)を含む金属層である。p側電極30aおよび30bには、発光層23の放射光に対する反射率が高い材料、例えば、アルミニウムを用いる。

【0017】

発光体20aおよび20bは、接合層40および絶縁層50を介して基板10の上に設けられる。接合層40は、導電性を有し、基板10と絶縁層50との間に設けられる。p側電極30aおよびp側コンタクト層27は、絶縁層50と発光体20aとの間に位置する。p側電極30bおよびp側コンタクト層27は、絶縁層50と発光体20bとの間に位置する。

20

【0018】

絶縁層50は、p側電極30aに連通するコンタクトホール50aを有する。コンタクトホール50aの内部には、例えば、p側電極30aに接続された導電体45が設けられる。すなわち、発光体20aは、p側コンタクト層27、p側電極30a、導電体45および接合層40を介して基板10に電気的に接続される。一方、発光体20bは、絶縁層50により接合層40および基板10から電気的に絶縁される。実施形態は、これに限定される訳ではなく、例えば、導電体45を設けず、接合層40の一部がコンタクトホール50aの内部に延び、p側電極30aに接続される構造でも良い。

30

【0019】

半導体発光装置1は、発光体20aのn形半導体層21とp側電極30bとを電気的に接続する配線35をさらに備える。発光体20bは、その上面からp側電極30bに連通するコンタクトホール31を有する。配線35の一方の端は、発光体20bに設けられたコンタクトホール31中に延び、p側電極30bに接続される。また、配線35の他方の端は、発光体20a側に延び、発光体20aのn形半導体層21に接続される。これにより、発光体20bは、発光体20aに直列接続される。

【0020】

40

配線35は、絶縁層33の上に形成される。絶縁層33は、発光体20aおよび20bのそれぞれの上面の一部、それぞれの側面およびコンタクトホール31の内壁を覆う。配線35は、絶縁層33により発光体20bのn形半導体層21、発光層23およびp形半導体層25から電気的に絶縁される。また、配線35は、絶縁層33により発光体20aの発光層23およびp形半導体層25から電気的に絶縁される。配線35は、好ましくは、その最表面に、例えば、金(Au)層を有する。

【0021】

図2(a)は、半導体発光装置1の上面(以下、チップ面)の配置を示す模式図である。半導体発光装置1は、複数の発光体20と、n側ボンディングパッド60と、を備える。隣接する発光体20は、配線35により電気的に接続される。また、隣接する発光体2

50

0間にいて、2つ以上の配線35を配置しても良い。これにより、配線35のそれぞれを流れる電流を低減できる。

【0022】

複数の発光体20は、例えば、発光体20に直列接続された第3発光体（以下、発光体20c）をさらに含む。基板10と発光体20cとの間には、p側電極30cが設けられる。そして、発光体20bのn形半導体層21は、配線35によりp側電極30cに電気的に接続される。配線35は、発光体20cに設けられたコンタクトホール31を介してp側電極30cに接続される。

【0023】

図2(b)に示すように、複数の発光体20は、例えば、2つの発光体群GAおよびGBを含む。発光体群GAおよびGBは、直列接続された8つの発光体20をそれぞれ含む。発光体群GAおよびGBは、基板10およびn側ボンディングパッド60に並列接続される。例えば、発光体20aおよび20dは、発光体群GAおよびGBの一方の端に位置し、基板10に電気的に接続される。

【0024】

発光体20aおよび20dは同じ構造を有し、それぞれ導電体45を介して基板10に電気的に接続される（図1参照）。また、発光体20fおよび20gは、それぞれ発光体群GAおよびGBの他方の端に位置し、n側ボンディングパッド60に電気的に接続される。

【0025】

図2(a)に示すように、n側ボンディングパッド60は、発光体20fおよび20gの上に跨って設けられる。ボンディングパッド60は、発光体20fおよび20gのカソード側、例えば、n形半導体層21に電気的に接続される。

【0026】

このように、半導体発光装置1では、直列接続された発光体20の一方の端が基板10に電気的に接続され、他方の端がチップ面上に配置されたn側ボンディングパッド60に電気的に接続される。これにより、アノード側もしくはカソード側のボンディングパッドをチップ面から省くことが可能となり、発光体20の発光面積を拡大できる。例えば、直径100マイクロメートル(μm)のボンディングパッドをチップ面上に配置するには、直径140μm程度の非発光領域を設ける必要がある。これは、1mm角のチップサイズを有する半導体発光装置において、発光領域の面積の3%に相当する。

【0027】

図12(a)～図12(d)は、発光体20に対するボンディングパッドの面積比を示すグラフである。横軸は、基板10の上に配置される発光体20の数である。縦軸は、1つの発光体20に対するボンディングパッドの面積比である。各図のPA1は、基板10の上に配置されるボンディングパッドの数が1つの場合を示す。PA2は、基板10の上に配置されるボンディングパッドの数が2つの場合を示す。

【0028】

図12(a)は、基板10の1辺の寸法、すなわち、チップサイズが3mmである場合を表わしている。図12(b)～図12(d)のチップサイズは、それぞれ2.5mm、2.0mmおよび1.5mmである。図12(a)～図12(d)に示すように、発光体20の数が増えるほど、ボンディングパッドの面積の比率は大きくなる。そして、ボンディングパッドの数を1つにすると、ボンディングパッドの面積比は低減される。また、チップサイズが小さくなるほど、ボンディングパッドの面積比は大きくなる。

【0029】

図2(a)に示すように、発光体20のサイズは、同じであることが好ましい。例えば、直列接続された各発光体20の発光層23の面積を同じにすることにより、各発光層23に流れる駆動電流の密度を同じにすることが好ましい。これにより、各発光体20の輝度が均等になり、チップ面上の発光分布を均一にすることができる。例えば、サイズが異なる複数の発光体20を配置すると、小さいサイズの発光体20において電流密度が高く

10

20

30

40

50

なり輝度が低下する場合がある。また、電流密度の高い部分では、エレクトロマイグレーション等が生じ易くなる。このため、発光体20のサイズを同じにすることにより、半導体発光装置1の発光を均一化し、その信頼度を向上させることができる。

【0030】

さらに、隣接する発光体20間の間隔 W_E は、複数の発光体20を囲むダイシングラインDLの幅 W_D よりも狭くすることが望ましい。これにより、半導体発光装置のサイズを小さくすることができる。また、隣接する発光体20間の低輝度領域を少なくし、発光の均一化を図ることができる。また、p側電極30の外縁30pは、例えば、チップ面上において発光体20の内側に位置するように形成することができる。

【0031】

図3は、第1実施形態の変形例に係る半導体発光装置2を示す上面図である。半導体発光装置2は、複数の発光体20と、n側ポンディングパッド65と、を備える。複数の発光体20は、発光体群GAおよびGBを含む。発光体群GAおよびGBは、図示しない基板10とn側ポンディングパッド65とに並列接続される(図2(b)参照)。

【0032】

n側ポンディングパッド65は、発光体20fおよび20gに隣接して配置される。そして、n側ポンディングパッド65は、配線65aおよび65bを介して発光体20fおよび20gのn形半導体層21にそれぞれ電気的に接続される。

【0033】

また、この例では、発光体20aは、発光体20dとp側電極30hを共有する。p側電極30hは、基板10と発光体20aとの間、および、基板10と発光体20dとの間に設けられる。また、p側電極30hは、絶縁層50のコンタクトホール50aを介して基板10に電気的に接続される(図1参照)。

【0034】

さらに、複数の発光体20は、発光体20dに直列接続された発光体20eを含む。基板10と発光体20eとの間には、p側電極30eが設けられる。そして、発光体20dのn形半導体層21は、配線35によりp側電極30eに電気的に接続される。配線35は、発光体20eに設けられたコンタクトホール31を介してp側電極30eに接続される。

【0035】

次に、図4(a)~図7(b)を参照して、第1実施形態に係る半導体発光装置1の製造方法を説明する。図4(a)~図7(b)は、半導体発光装置1の製造過程を順に示す断面図である。

【0036】

図4(a)に示すように、基板100の上にn形半導体層21、発光層23およびp形半導体層25を順に積層する。本明細書において、積層される状態は、直接接している状態に加え、間に別の要素が挿入される状態も含む。

【0037】

基板100は、例えば、シリコン基板またはサファイア基板である。n形半導体層21、発光層23およびp形半導体層25は、それぞれ窒化物半導体を含む。n形半導体層21、発光層23およびp形半導体層25は、例えば、 $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$ ($x=0, y=0, x+y=1$)を含む。

【0038】

n形半導体層21は、例えば、n形不純物であるシリコン(Si)をドーピングしたn形GaNコンタクト層と、Siをドーピングしたn形AlGaNクラッド層と、を含む。n形AlGaNクラッド層は、例えば、n形GaNコンタクト層と発光層23との間に配置される。n形半導体層21は、バッファ層をさらに含んでも良い。例えば、n形GaNコンタクト層は、バッファ層とn形AlGaNクラッド層との間に配置される。バッファ層は、例えば、AlN、AlGaNおよびGaNの少なくともいずれか1つを含む。

【0039】

10

20

30

40

50

発光層23は、例えば、多重量子井戸(MQW)構造を有する。MQW構造においては、例えば、複数の障壁層と、複数の井戸層と、が交互に、積層される。例えば、井戸層には、AlGaNもしくは、GaNが用いられる。障壁層には、例えば、Siをドーピングしたn形AlGaN、もしくは、Siをドーピングしたn形Al_{0.11}Ga_{0.89}Nが用いられる。障壁層の厚さは、例えば、2ナノメートル(nm)以上、30nm以下である。複数の障壁層のうちで、最もp形半導体層25に近い障壁層(p側障壁層)は、他の障壁層とは、組成もしくは厚さが異なっても良い。

【0040】

発光層23から放出される光(発光光)の波長(ピーク波長)は、例えば、210nm以上700nm以下である。発光光のピーク波長は、例えば、370nm以上480nm以下でもよい。

10

【0041】

p形半導体層25は、例えば、ノンドープのAlGaNスペーサ層と、p形不純物であるマグネシウム(Mg)をドーピングしたp形AlGaNクラッド層と、Mgをドーピングしたp形GaN層と、Mgをより高濃度にドーピングしたp形GaNコンタクト層と、を含む。p形GaNコンタクト層と発光層23との間に、p形GaN層が配置される。p形GaN層と発光層23との間に、p形AlGaNクラッド層が配置される。p形AlGaNクラッド層と発光層23との間に、AlGaNスペーサ層と、p形Al_{0.28}Ga_{0.72}Nクラッド層、p形GaN層、および、p形GaNコンタクト層を含む。

20

【0042】

さらに、p形半導体層25の上にp側コンタクト層27およびp側電極30a、30bを選択的に形成する。p側コンタクト層27は、例えば、Agを含む金属層であり、真空蒸着法を用いて形成される。p側電極30aおよび30bは、それぞれp側コンタクト層27を覆う。p側電極30aおよび30bは、例えば、アルミニウム(Al)を含む金属層であり、真空蒸着法を用いて形成される。

【0043】

図4(b)に示すように、p側電極30a、30bおよびp形半導体層25の表面を覆う絶縁層50を形成する。絶縁層50は、例えば、CVD(Chemical Vapor Deposition)を用いて形成されるシリコン酸化層もしくはシリコン窒化層である。また、絶縁層50は、例えば、シリコン酸化層とシリコン窒化層とを積層した構造を有しても良い。

30

【0044】

図4(c)に示すように、絶縁層50にコンタクトホール50aを形成し、導電体45を埋め込む。導電体45は、例えば、アルミニウム(Al)もしくは窒化チタニウム(TiN)を含む。

【0045】

図5(a)に示すように、絶縁層50および導電体45の上に金属層41および43を形成する。金属層41は、例えば、Ti、Pt、Niの少なくともいずれか1つを含む。また、金属層43は、例えば、ハンダ材などの接合金属を含む。金属層43は、例えば、Ni-Sn系、Au-Sn系、Bi-Sn系、Sn-Cu系、Sn-In系、Sn-Ag系、Sn-Pb系、Pb-Sn-Sb系、Sn-Sb系、Sn-Pb-Bi系、Sn-Pb-Cu系、Sn-Pb-Ag系、およびPb-Ag系のハンダ材の少なくともいずれか1つを含む。

40

【0046】

図5(b)に示すように、金属層43の上方に基板10を配置する。基板10は、金属層43と向き合う表面上に金属層47および49を有する。金属層47は、例えば、Ti、Pt、Niの少なくともいずれか1つを含む。また、金属層49は、例えば、ハンダ材などの接合金属を含む。金属層43は、例えば、Ni-Sn系、Au-Sn系、Bi-Sn系、Sn-Cu系、Sn-In系、Sn-Ag系、Sn-Pb系、Pb-Sn-Sb系、Sn-Sb系、Sn-Pb-Bi系、Sn-Pb-Cu系、Sn-Pb-Ag系、およ

50

び P b - A g 系のハンダ材の少なくともいずれか 1 つを含む。

【 0 0 4 7 】

続いて、金属層 4 3 に金属層 4 9 を接合させる。例えば、金属層 4 3 に金属層 4 9 を圧着させ、接合金属の融点以上の温度に昇温する。これにより、金属層 4 3 と金属層 4 9 とが融合し、基板 1 0 は、基板 1 0 0 の上方に接合される。

【 0 0 4 8 】

図 6 (a) に示すように、基板 1 0 0 を除去し、基板 1 0 の上方に n 形半導体層 2 1 、発光層 2 3 および p 形半導体層 2 5 を移載する。接合層 4 0 は、金属層 4 1 、4 3 、4 7 および 4 9 を含む。金属層 4 3 と金属層 4 7 は、融合され、一体化される。

【 0 0 4 9 】

基板 1 0 0 は、例えば、研削及びドライエッティング (例えは、R I E : Reactive Ion Etching) などの方法を用いて除去する。また、基板 1 0 0 がサファイア基板の場合には、例えば、L L O (Laser Lift Off) を用いて除去する。

10

【 0 0 5 0 】

図 6 (b) に示すように、n 形半導体層 2 1 の表面を、例えは、塩素ガスを用いたドライエッティング処理により選択的にエッティングする。この処理に加えて、ウェットエッティングを実施することで、発光体 2 0 の表面となる部分 (表面 2 0 s) を粗面化する。これにより、光取り出し効率を向上させることができる。また、配線 3 5 を形成する部分 (配線部 2 9) も掘り下げられ、n 形半導体層 2 1 の Z 方向の厚さが他の部分よりも薄くなる。これにより、配線 3 5 を形成することが容易となり、段差切れ等の不具合を防ぐことができる。

20

【 0 0 5 1 】

図 7 (a) に示すように、n 形半導体層 2 1 、発光層 2 3 および p 形半導体層 2 5 を選択的に除去し、複数の発光体 2 0 に分割する。例えは、R I E またはウェットエッティングなどの方法を用いて n 形半導体層 2 1 、発光層 2 3 および p 形半導体層 2 5 を選択的にエッティングし、分離溝 3 7 を形成する。分離溝 3 7 の底面には、絶縁層 5 0 の表面が露出する。好ましくは、コンタクトホール 3 1 を同時に形成する。コンタクトホール 3 1 は、例えは、発光体 2 0 b の上面から p 側電極 3 0 に至る深さに形成される。コンタクトホール 3 1 は、p 側電極 3 0 の延在部 3 0 k に連通する。

【 0 0 5 2 】

30

図 7 (b) に示すように、発光体 2 0 を直列接続する配線 3 5 を形成する。同時に、図示しない n 側ボンディングパッド 6 0 (図 2 (a) 参照) を形成する。例えは、複数の発光体 2 0 および絶縁層 5 0 の表面を覆う絶縁層 3 3 を形成する。絶縁層 3 3 は、例えは、プラズマ C V D を用いて形成されるシリコン酸化層である。続いて、例えは、異方性ドライエッティングを用いて絶縁層 3 3 を選択的にエッティングし、発光体 2 0 の表面 2 0 s を露出させる。同時に、p 側電極 3 0 の表面をコンタクトホール 3 1 の底面に露出させる。次に、配線 3 5 となる金属層を形成した後、その金属層を選択的にエッティングすることにより、配線 3 5 および側ボンディングパッド 6 0 を形成する。配線 3 5 および n 側ボンディングパッド 6 0 は、例えは、複数の金属層を積層した構造を有し、その最表面に A u 層を含むように形成する。

40

【 0 0 5 3 】

さらに、基板 1 0 の裏面に金属層 1 5 を形成する。例えは、基板 1 0 の裏面側を研削し、所定の厚さにした後、チタニウム (T i) 、白金 (P t) 、金 (A u) を順に蒸着し、金属層 1 5 を形成する。

【 0 0 5 4 】

本実施形態では、導電性の基板 1 0 を用いることにより、発光体 2 0 のジュール熱を基板 1 0 および金属層 1 5 を介して放散させることができる。また、チップ面に形成されるボンディングパッドを 1 つにすることにより、半導体発光装置 1 の小型化を容易にする。

【 0 0 5 5 】

[第 2 実施形態]

50

図8は、第2実施形態に係る半導体発光装置3を示す模式断面図である。半導体発光装置3は、基板10と、発光体20xと、発光体20yと、を備える。発光体20xおよび20yは、n形半導体層21、発光層23およびp形半導体層25をそれぞれ含む。

【0056】

半導体発光装置3は、p側コンタクト層27、p側電極30xおよびp側電極30yをさらに備える。p側コンタクト層27は、発光体20xおよび20yのp形半導体層25にそれぞれ電気的に接続される。p側電極30xおよび30yは、p形半導体層25の表面上においてそれぞれp側コンタクト層27を覆う。p側電極30xは、p側コンタクト層27を介して発光体20xのp形半導体層25に電気的に接続される。p側電極30yは、別のp側コンタクト層27を介して発光体20yのp形半導体層25に電気的に接続される。

10

【0057】

発光体20xおよび20yは、接合層40および絶縁層50を介して基板10の上に設けられる。接合層40は、導電性を有し、基板10と絶縁層50との間に設けられる。p側電極30xおよびp側コンタクト層27は、絶縁層50と発光体20xとの間に位置する。p側電極30yおよびp側コンタクト層27は、絶縁層50と発光体20yとの間に位置する。

【0058】

さらに、発光体20yは、p形半導体層25の表面から発光層23を貫通しn形半導体層21に至るリセス部81を有する。そして、n側電極83が、リセス部81の底面に設けられる。n側電極83は、n形半導体層21に電気的に接続される。n側電極83は、例えば、アルミニウムを含む金属層である。絶縁層50は、リセス部81中に延在し、その壁面を覆う。また、接合層40は、リセス部81中に延在する部分（延在部40g）を有する。延在部40gは、n側電極83に電気的に接続される。すなわち、発光体20yのn形半導体層21は、n側電極83および接合層40を介して基板10に電気的に接続される。

20

【0059】

一方、発光体20xと基板10との間に設けられたp側電極30xは、絶縁層50により接合層40および基板10から電気的に絶縁される。すなわち、発光体20xは、基板10から電気的に絶縁される。また、p側電極30xは、p側ボンディングパッド70に電気的に接続された延在部30kを有する。

30

【0060】

半導体発光装置3は、発光体20xのn形半導体層21とp側電極30yとを電気的に接続する配線35をさらに備える。発光体20yは、その上面からp側電極30yに連通するコンタクトホール31を有する。配線35の一方の端は、発光体20yに設けられたコンタクトホール31中に延び、p側電極30yに電気的に接続される。また、配線35の他方の端は、発光体20x側に延び、発光体20xのn形半導体層21に電気的に接続される。これにより、発光体20yは、発光体20xに直列接続される。

【0061】

上記の例では、発光体20yは、発光体20xに直接接続されるが、発光体20yと発光体20xとの間に別の発光体20を介在させ、3つ以上の発光体20を直列接続しても良い。

40

【0062】

このように、発光体20のn形半導体層21を基板10に電気的に接続し、p側電極30に電気的に接続されたp側ボンディングパッド70をチップ面上に配置しても良い。これにより、n形半導体層21に電気的に接続されるボンディングパッドを省略し、チップ面に占める発光領域の面積を拡大することができる。これにより、半導体発光装置3を容易に小型化することができる。

【0063】

[第3実施形態]

50

図9は、第3実施形態に係る半導体発光装置4を示す模式断面図である。半導体発光装置4は、基板110と、発光体120aと、発光体120bと、を備える。基板110は、導電性を有する。基板110は、シリコン基板である。発光体120aおよび120bは、基板110の上に設けられる。基板110の裏面側には、金属層115が設けられる。発光体120aおよび発光体120bは、例えば、窒化物半導体を含む。金属層115は、例えば、チタニウム(Ti)、白金(Pt)、金(Au)を含む。

【0064】

発光体120aおよび120bは、n形半導体層121、発光層123およびp形半導体層125をそれぞれ含む。発光層123は、n形半導体層121とp形半導体層125との間に設けられる。発光体120aおよび120bは、発光部120eおよび非発光部120nをそれぞれ有する。発光部120eは、n形半導体層121、発光層123およびp形半導体層125を含む。非発光部120nは、n形半導体層121の一部であり、発光層123およびp形半導体層125を含まない。発光体120aおよび120bの基板110とは反対側の表面120sは、粗面化される。

【0065】

半導体発光装置4は、p側コンタクト層127、p側キャップ層129a、129b、n側電極130aおよび130bをさらに備える。p側コンタクト層127は、発光体120aおよび120bのp形半導体層125にそれぞれ電気的に接続される。p側コンタクト層127は、例えば、銀(Ag)を含む金属層である。

【0066】

p側キャップ層129aは、発光体120aのp形半導体層125に電気的に接続されたp側コンタクト層127を覆う。p側キャップ層129bは、発光体120bのp形半導体層125に電気的に接続されたp側コンタクト層127を覆う。p側キャップ層129aおよび129bは、例えば、アルミニウム(A1)、チタニウム(Ti)、白金(Pt)およびニッケル(Ni)のうちの少なくとも1つを含む金属層であり、真空蒸着法を用いて形成される。

【0067】

n側電極130aは、発光体120aの非発光部120nにおいて、n形半導体層121に電気的に接続される。n側電極130bは、発光体120bの非発光部120nにおいてn形半導体層121に電気的に接続される。n側電極130aおよび130bは、例えば、アルミニウム(A1)を含む金属層である。

【0068】

発光体120aおよび120bは、接合層140および絶縁層150を介して基板110の上に設けられる。接合層140は、基板110と絶縁層150との間に設けられ、導電性を有する。接合層140は、例えば、ハンダ材などの接合金属を含む。絶縁層150は、例えば、シリコン酸化層である。

【0069】

一方のp側コンタクト層127およびp側キャップ層129aは、絶縁層150と発光体120aとの間に設けられる。他方のp側コンタクト層127およびp側キャップ層129bは、絶縁層150と発光体120bとの間に設けられる。n側電極130aは、発光体120aの非発光部120nと、絶縁層150との間に設けられる。n側電極130bは、発光体120bの非発光部120nと、絶縁層150との間に設けられる。

【0070】

さらに、半導体発光装置4は、配線131、133、135およびp側ボンディングパッド170を含む。配線131は、発光体120aとp側ボンディングパッド170とを電気的に接続する。配線133は、発光体120aと発光体120bとを電気的に接続する。配線135は、発光体120bと基板110とを電気的に接続する。配線131、133および135は、例えば、アルミニウム(A1)を含む金属層である。

【0071】

配線131は、絶縁層150中に設けられ、基板110から電気的に絶縁されている。

10

20

30

40

50

配線 131 は、p 側キャップ層 129a に接続される。また、配線 131 は、導電体 137 を介して p 側ボンディングパッド 170 に電気的に接続される。導電体 137 は、絶縁層 150 に形成されたコンタクトホール中に設けられる。

【0072】

配線 133 は、絶縁層 150 中に設けられ、基板 110 から電気的に絶縁されている。配線 133 は、n 側電極 130a と、p 側キャップ層 129b と、に接続される。

【0073】

配線 135 は、n 側電極 130b と接合層 140 とを介して発光体 120b と基板 110 とを電気的に接続する。配線 135 は、絶縁層 150 中に設けられ、基板 110 から電気的に絶縁されている。配線 135 は、n 側電極 130b に接続される。また、配線 135 は、導電体 139 を介して接合層 140 に電気的に接続される。導電体 139 は、絶縁層 150 に形成されたコンタクトホール中に設けられる。10

【0074】

このように、半導体発光装置 4 は、p 側ボンディングパッド 170 と基板 110 との間ににおいて直列接続された発光体 120a および 120b を備える。半導体発光装置 4 では、n 側ボンディングパッドを省くことにより、チップ面に占める発光領域の面積を拡大することができる。この例では、発光体 120a は、発光体 120b に直接接続されるが、発光体 120a と発光体 120b との間に別の発光体 120 を介在させ、3 つ以上の発光体 120 を直列接続しても良い。

【0075】

図 10 は、第 3 実施形態の変形例に係る半導体発光装置 5 を示す模式断面図である。半導体発光装置 5 は、基板 110 と、発光体 120a と、発光体 120b と、を備える。この例では、発光体 120a および 120b は、基板 110 と、n 側ボンディングパッド 180 と、の間ににおいて直列接続される。20

【0076】

図 10 に示すように、発光体 120a は、導電体 141 および接合層 140 を介して基板 110 に電気的に接続される。導電体 141 は、絶縁層 150 に形成されたコンタクトホール中に設けられ、p 側キャップ層 129a および接合層 140 に接する。

【0077】

配線 133 は、n 側電極 130a および p 側キャップ層 129b に接続され、発光体 120a と発光体 120b とを電気的に接続する。配線 135 は、発光体 120b と n 側ボンディングパッド 180 とを電気的に接続する。配線 135 は、発光体 120b の n 形半導体層 121 に電気的に接続された n 側電極 130b に接続される。また、配線 135 は、導電体 143 を介して n 側ボンディングパッド 180 に電気的に接続される。導電体 143 は、絶縁層 150 に形成されたコンタクトホール中に設けられ、配線 135 および n 側ボンディングパッド 180 に接する。30

【0078】

このように、半導体発光装置 4 では、p 側ボンディングパッドを省くことにより、チップ面に占める発光領域の面積を拡大することができる。また、発光体 120a と発光体 120b との間に別の発光体 120 を介在させ、3 つ以上の発光体 120 を直列接続しても良い。40

【0079】

[第 4 実施形態]

図 11 は、第 4 実施形態に係る半導体発光装置 6 を示す模式断面図である。半導体発光装置 6 は、発光体 220a と、発光体 220b と、を備える。発光体 220a および 220b は、例えば、窒化物半導体を含む。

【0080】

発光体 220a および 220b は、n 形半導体層 221、発光層 223 および p 形半導体層 225 をそれぞれ含む。発光層 223 は、n 形半導体層 221 と p 形半導体層 225 との間に設けられる。発光体 220a および 220b は、例えば、接合層 240 および絶

縁層 250 を介して基板 210 の上に設けられる。発光体 220a および 220b の基板 210 とは反対側の表面 220s は、粗面化される。

【0081】

基板 210 は、導電性を有する。基板 210 の裏面側には、金属層 215 が設けられる。基板 210 は、例えば、シリコン基板である。接合層 240 は、例えば、ハンダ材などの接合金属を含み、導電性を有する。絶縁層 250 は、例えば、シリコン酸化層である。金属層 215 は、例えば、チタニウム (Ti)、白金 (Pt)、金 (Au) を含む。

【0082】

半導体発光装置 6 は、p 側電極 230a、230b、n 側電極 260a、260b および絶縁層 270 をさらに備える。p 側電極 230a は、発光体 220a の p 形半導体層 225 に電気的に接続される。p 側電極 230b は、発光体 220b の p 形半導体層 225 に電気的に接続される。p 側電極 230a および 230b は、それぞれ p 側コンタクト層 231 と p 側キャップ層 233 とを含む。p 側コンタクト層 231 は、p 形半導体層 225 に電気的に接続される。p 側キャップ層 233 は、p 形半導体層 225 の表面上において p 側コンタクト層 231 を覆う。

【0083】

絶縁層 270 は、p 側電極 230a および 230b をそれぞれ覆う。絶縁層 270 は、p 側電極 230a と n 側電極 260a との間を電気的に絶縁する。また、絶縁層 270 は、p 側電極 230b と n 側電極 260b との間を電気的に絶縁する。

【0084】

n 側電極 260a および 260b は、絶縁層 250 と絶縁層 270 との間に設けられる。n 側電極 260a は、発光体 220a に設けられたリセス部 261a を介して n 形半導体層 221 に電気的に接続される。n 側電極 260b は、発光体 220b に設けられたリセス部 261b を介して n 形半導体層 221 に電気的に接続される。リセス部 261a および 261b は、p 形半導体層 225 および発光層 223 を貫通し、n 形半導体層 221 に至る深さを有するように設けられる。絶縁層 270 は、発光体 220a および 220b のそれぞれにおいて、リセス部 261a および 261b の内壁に沿って延在し、発光層 223 および p 形半導体層 225 を n 側電極 260a および 260b から電気的に絶縁する。

【0085】

n 側電極 260a および 260b は、例えば、n 側コンタクト層 265 と埋め込み層 267 とをそれぞれ含む。n 側コンタクト層 265 は、例えば、アルミニウム (Al) 層と、ニッケル (Ni) 層と、銅 (Cu) 層と、を含む多層構造を有する。アルミニウム (Al) 層は、n 形半導体層 221 に接し、電気的に接続される。銅 (Cu) 層は、例えば、Cu メッキのシード層として機能する。埋め込み層 267 は、例えば、Cu メッキ層である。

【0086】

半導体発光装置 6 は、p 側ボンディングパッド 280 と、配線 290 と、導電体 295 と、をさらに備える。p 側ボンディングパッド 280 は、p 側電極 230a の延出部 233ea の上に設けられる。延出部 233ea は、絶縁層 270 に沿って発光体 220a の外側に延出した p 側キャップ層 233 の一部である。

【0087】

配線 290 は、発光体 220a と発光体 220b とを電気的に接続する。配線 290 は、絶縁層 270 中に設けられ、p 側電極 230b の延出部 233eb および n 側電極 260a に接続される。延出部 233eb は、絶縁層 270 に沿って発光体 220b の外側に延出した p 側キャップ層 233 の一部である。すなわち、配線 290 は、p 側電極 230b と n 側電極 260a とを電気的に接続する。

【0088】

導電体 295 は、接合層 240 を介して基板 210 に電気的に接続される。また、導電体 295 は、n 側電極 260b を介して発光体 220b に電気的に接続される。導電体 2

10

20

30

40

50

95 は、絶縁層 250 に形成されたコンタクトホール中に形成され、接合層 240 および n 側電極 260b に接する。

【0089】

この例では、発光体 220a および発光体 220b は、p 側ボンディングパッド 280 と基板 210 との間に直列接続される。実施形態は、これに限定される訳ではなく、発光体 220a と発光体 220b との間に別の発光体 220 を介在させ、3 つ以上の発光体 220 を直列接続しても良い。

【0090】

上記の第 1 ~ 第 4 実施形態に係る半導体発光装置 1 ~ 6 では、チップ面に配置されるボンディングパッドの面積を縮小し、発光領域の面積、すなわち、発光体の占有面積を大きくすることができる。さらに、発光体において発生するジュール熱を、導電性を有する基板を用いることにより効率良く放散させることができる。例えば、サファイアなどの絶縁基板上に発光体 20 を設けた場合には、放熱性が阻害され、発光体 20 の発光効率および信頼性の低下を招く場合がある。また、窒化アルミニウムなどの熱伝導率の高い基板を用いることもできるが、それらは高価である。

10

【0091】

なお、本願明細書において、「窒化物半導体」とは、 $B_x I_{n_y} A_{1_z} G_{a_{1-x-y}}$
 $-z N(0 \times 1, 0 y 1, 0 z 1, 0 x+y+z 1)$ の III - V 族化合物半導体を含み、さらに、V 族元素としては、N (窒素) に加えてリン (P) や砒素 (As)などを含有する混晶も含むものとする。また、上記の組成において、導電型などの各種の物性を制御するために添加される各種の元素をさらに含むもの、及び、意図せずに含まれる各種の元素をさらに含むものも、「窒化物半導体」に含まれるものとする。

20

【0092】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

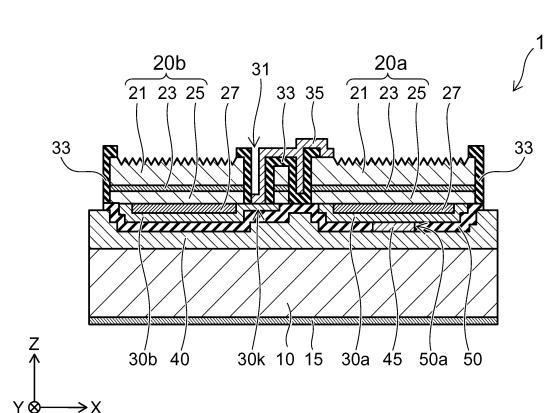
30

【0093】

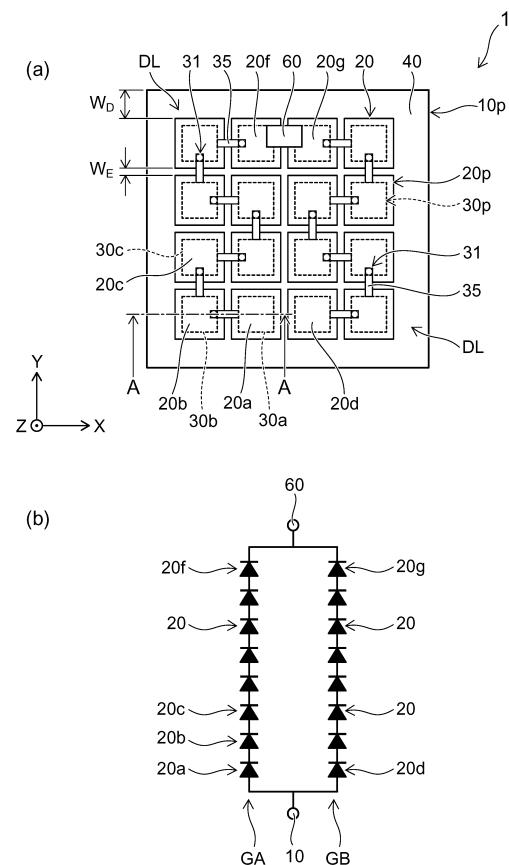
1 ~ 6 . . . 半導体発光装置、 10、 100、 110、 210 . . . 基板、 15、
 41、 43、 47、 49、 115、 215 . . . 金属層、 20、 20a、 20b、 20c、
 20d、 20e、 20x、 20y、 120a、 120b、 220a、 220b . . .
 発光体、 20s、 120s、 220s . . . 表面、 21、 121、 221 . . . n 形半導体層、
 23、 123、 223 . . . 発光層、 25、 125、 225 . . . p 形半導体層、
 27、 127、 231 . . . p 側コンタクト層、 29 . . . 配線部、 30
 、 30a、 30b、 30c、 30d、 30e、 30h、 30x、 30y、 230a、 230b . . . p 側電極、
 30k、 40g . . . 延在部、 30p . . . 外縁、 31、 50a . . . コンタクトホール、
 33、 50、 150、 250、 270 . . . 絶縁層、 35、 65a、 131、 133、 135、 290 . . . 配線、
 37 . . . 分離溝、 40、 140、 240 . . . 接合層、 45、 137、 141、 143、 295 . . . 導電体、
 60、 65、 180 . . . n 側ボンディングパッド、 70、 170、 280 . . . p 側ボンディングパッド、
 81、 261a、 261b . . . リセス部、 83、 130a、 130b、 260a、 260b . . . n 側電極、
 120e . . . 発光部、 120n . . . 非発光部、 129a、 129b、 233 . . . p 側キャップ層、
 233e a、 233e b . . . 延出部、 265 . . . n 側コンタクト層、 267 . . . 埋め込み層、
 DL . . . ダイシングライン、 GA、 GB . . . 発光体群

40

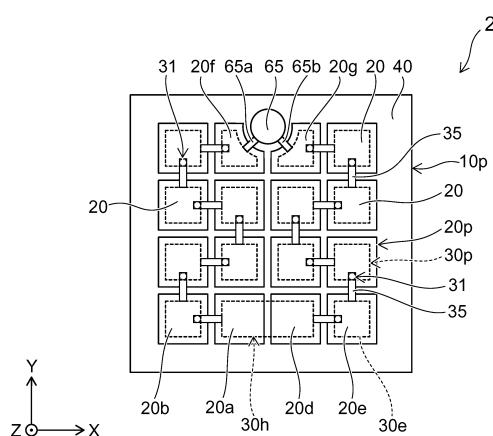
【図1】



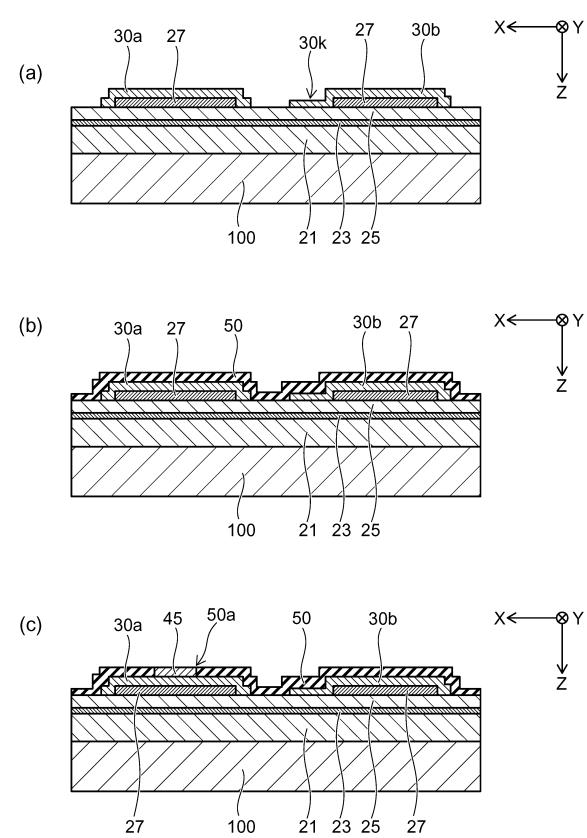
【図2】



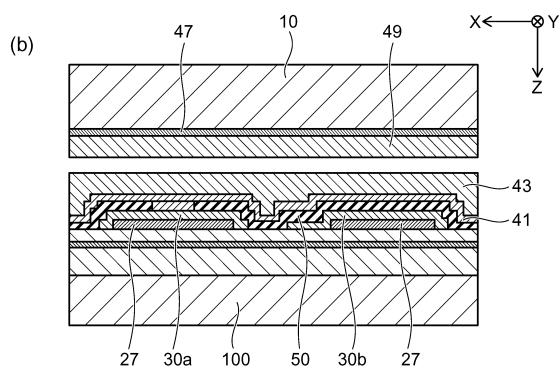
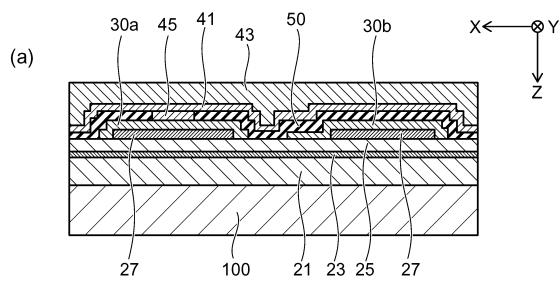
【図3】



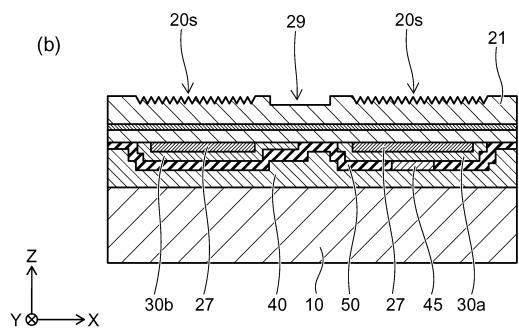
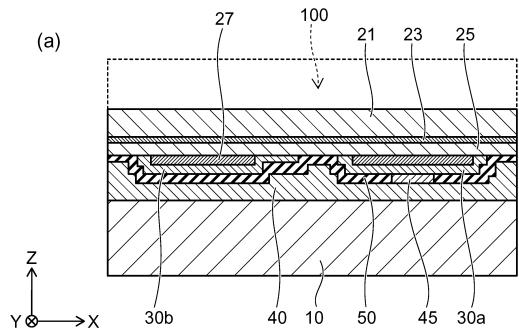
【図4】



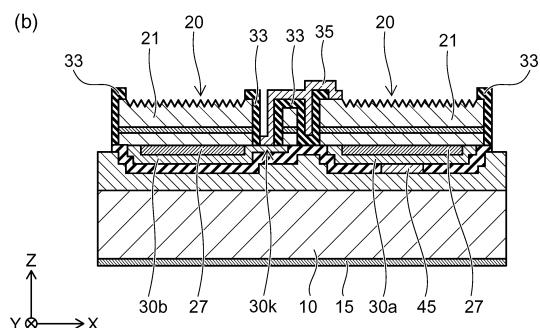
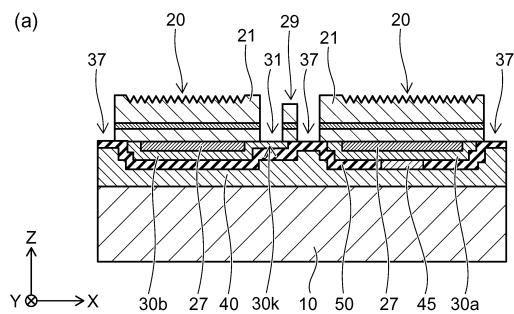
【図5】



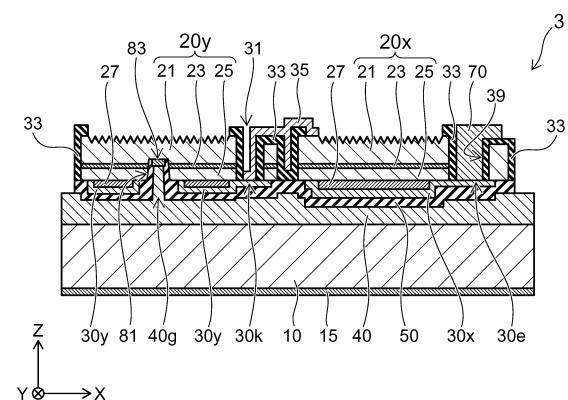
【図6】



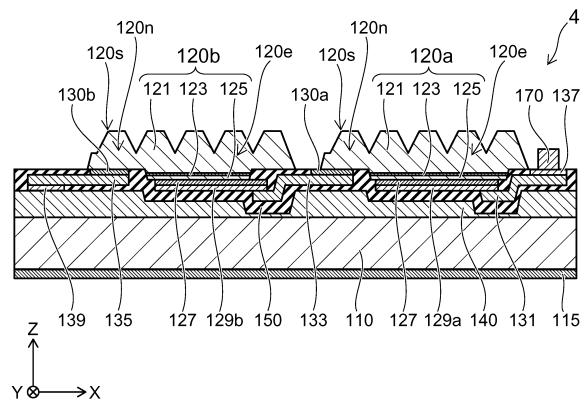
【図7】



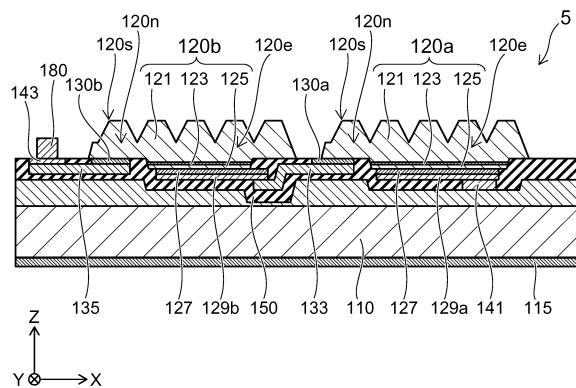
【図8】



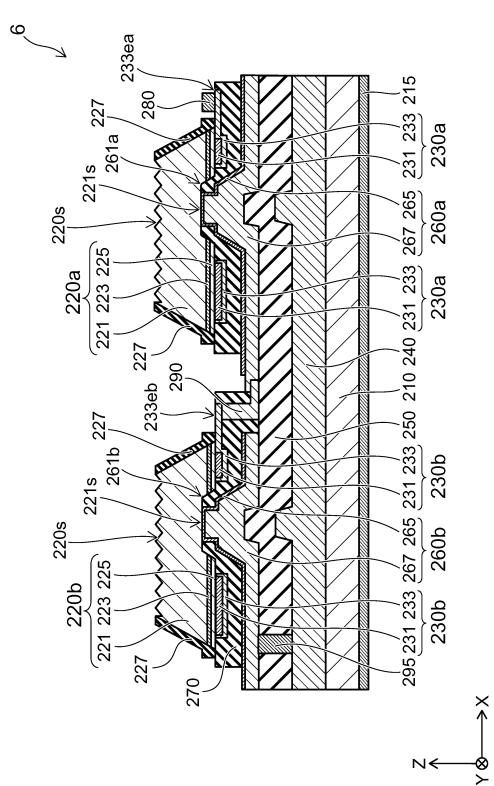
【図9】



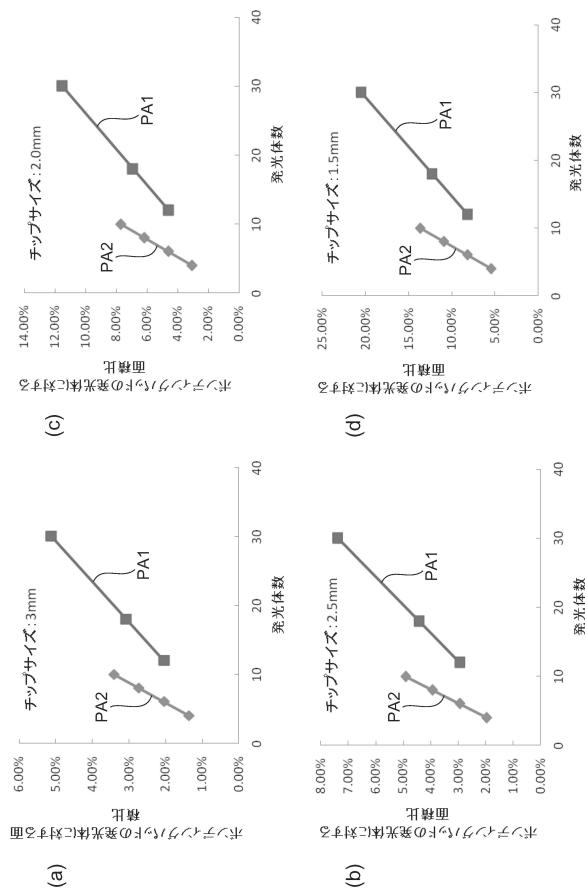
【図10】



【図 1 1 】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 宮部 主之
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 百瀬 正之

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0043563(US, A1)
国際公開第2014/033166(WO, A1)
特開2014-158020(JP, A)
特表2016-503232(JP, A)
特開2010-165983(JP, A)
特開2006-324667(JP, A)
特開2010-087515(JP, A)
特開2010-157716(JP, A)
米国特許第09252332(US, B1)
特開2010-157692(JP, A)
米国特許出願公開第2013/0299867(US, A1)
特表2009-522803(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33/00 - 33/64