

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-103790

(P2007-103790A)

(43) 公開日 平成19年4月19日(2007.4.19)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 S 5/223 (2006.01)	HO 1 S 5/223	5 F 1 7 3
HO 1 S 5/343 (2006.01)	HO 1 S 5/343	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2005-293838 (P2005-293838)	(71) 出願人	000116024 ローム株式会社 京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地
(22) 出願日	平成17年10月6日 (2005. 10. 6)	(74) 代理人	100083806 弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100133514 弁理士 寺山 啓進
		(74) 代理人	100122910 弁理士 三好 広之
		(74) 代理人	100117064 弁理士 伊藤 市太郎
		(72) 発明者	北嶋 久義 京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地 ローム株式会社内

最終頁に続く

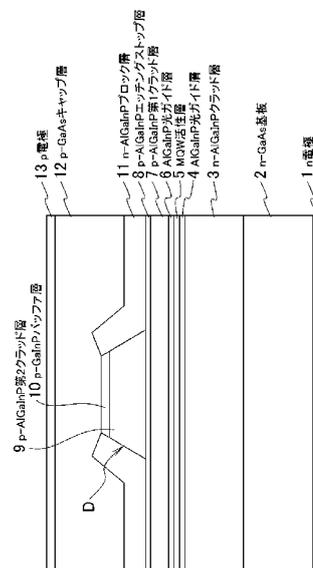
(54) 【発明の名称】 高出力赤色半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】電流ブロック層のバンドギャップを活性層よりも高く維持しつつ、活性層内の横方向の実効屈折率差を適度に小さくしてFFP変動の小さい高出力赤色半導体レーザを提供する。

【解決手段】傾斜n-GaAs基板2上に、n-AlGaInPクラッド層3、AlGaInP光ガイド層4、MQW活性層5、AlGaInP光ガイド層6、p-AlGaInP第1クラッド層7、AlGaInPエッチングストップ層8、n-AlGaInPブロック層11、p-AlGaInP第2クラッド層9、p-GaInPバッファ層10、p電極12が積層され、n-GaAs基板2の裏側にはn電極1が形成されている。MQW活性層5はGaInPを成分とし、ブロック層11は $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P(0.7 < X < 1)$ で構成されている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

n型半導体基板の上に、少なくとも、n型クラッド層、GaInPを成分とする活性層、p型クラッド層を順に備え、活性層よりも上部に前記p型クラッド層を含むストライプ状のリッジ部を有するAlGaInP系の高出力赤色半導体レーザにおいて、前記リッジ部側面が前記活性層よりもバンドギャップが大きく、前記p型クラッド層よりも屈折率の小さいn型の $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 層 $(0.7 < X < 1)$ で埋め込まれていることを特徴とする高出力赤色半導体レーザ。

## 【請求項2】

前記p型クラッド層は、AlGaInPを成分とする半導体層で構成されていることを特徴とする請求項1記載の高出力赤色半導体レーザ。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、DVD等に用いられる高出力赤色半導体レーザに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

記録型DVD市場の成熟により、高倍速で書き込むため、波長650nm帯のAlGaInP系赤色半導体レーザでは、250mWを超えるような高出力が求められている。

## 【0003】

この赤色半導体レーザの一般的な構造を図2に示す。n-GaAs基板32と、その上に成長させた半導体積層構造を備えている。この半導体積層構造は、基板側から順にn-AlGaInPクラッド層33、MQW活性層34、p-AlGaInP第1クラッド層35、p-GaInPエッチングストップ層36、n-GaAsブロック層37、p-AlGaInP第2クラッド層38、p-GaInPバッファ層39、p-GaAsキャップ層40で構成される。また、n-GaAs基板32の下面にはn電極31が、p-GaAsキャップ層40の上面にはp電極41が形成される。

20

## 【0004】

図2の赤色半導体レーザは、第2クラッド層38とバッファ層39とで、ストライプ状のリッジ部分Aを形成し、このリッジ部分Aの両側にn-GaAsブロック層37を配置し、p-GaInPバッファ層39とn-GaAsブロック層37の層をp-GaAsキャップ層40で覆った埋め込みリッジ構造を有している。

30

## 【0005】

リッジ部分Aは発振波長に対して透明であるが、リッジ側面に配置されたn-GaAsブロック層37の光吸収作用により、水平方向に光を閉じ込めている。電流は、逆バイアスとなるn-GaAsブロック層37及びその下部には流れず、ストライプ状のリッジ部Aを流れる。

## 【0006】

また、p-GaAsキャップ層40とp-AlGaInP第2クラッド層38とを直接接合すると、価電子帯側のバンドオフセットが大きいため、p側領域のキャリアである正孔に対して大きな障壁が接合界面近傍にでき、正孔の流れを妨げて電流が流れにくくなる。これを防ぐために、p-GaAsキャップ層40とp-AlGaInP第2クラッド層38との間にバンドギャップが両者の中間になるp-GaInPバッファ層39を挟み、接合界面に形成される障壁を低くして正孔の流れやすくしている。

40

## 【0007】

p電極41とn電極31との間に通電すると、電流は、電流阻止層であるn-GaAsブロック層37により狭窄され、リッジ部Aの下部位置に相当するMQW活性層34の中央部から発光が得られる。

## 【0008】

ところで、図2の赤色半導体レーザでは、n-GaAsブロック層37のバンドギャッ

50

ブがMQW活性層34のバンドギャップよりも小さいため、光がn-GaAsブロック層37に吸収されて、共振器内での導波路損失が増大し、高出力化が困難になる。

【0009】

そこで、ブロック層37が光を吸収しないように、MQW活性層34よりもバンドギャップの大きなn-AlInPブロック層をn-GaAsブロック層37の替りに用いた実屈折率導波構造を導入して導波路損失を小さくし、低しきい値電流、高出力でのレーザ発振を可能としたものが提案されている。

【0010】

n-GaAsブロック層37の替りにn-AlInPブロック層42を用いた場合のMQW活性層34からリッジ部Aまでの積層構造を図3(a)に示す。ストライプ幅Wはストライプ状のリッジ部分Aの下辺の幅、すなわち第2クラッド層38の下側境界面の幅を表す。また、図3(b)に、図3(a)の積層構造におけるMQW活性層34内の水平方向(横方向)の屈折率の変化を示す。横方向は、n-AlInPブロック層42及びp-AlGaInP第2クラッド層38とp-GaInPエッチングストップ層36との境界面における範囲を示している。ストライプ幅Wに相当する範囲がBであり、第2クラッド層38の両側に配置されているブロック層42に相当する範囲がCである。

10

【特許文献1】特開平9-205249号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

図3に示す従来の赤色半導体レーザでは、高出力化は可能となったものの、レーザ構造内の光導波状態を表す横モードは、光出力の上昇とともに不安定になり、横モードを変動させてしまうという問題が発生する。

20

【0012】

横モードの変動は、遠視野像(FFP:Far Field Pattern)に大きな影響を与える。図4は、FFPの変動の様子を表したものであり、水平方向のFFPの半値全幅(角)を $\theta_H$ 、垂直方向(積層方向)のFFPの半値全幅(角)を $\theta_V$ とした場合の放射角の分布状態を示している。また、斜線部分は、同じ種類の半導体レーザ素子の生産ロットによるバラツキ(変動)を表す。

【0013】

この図からもわかるように、AlGaInP系レーザでは、FFPの水平方向放射角に光出力が与える影響が大きく、出力5mW時よりも出力250mW時の方が、FFPの水平方向放射角が2度程大きくなってしまふ。水平方向の放射角が大きくなると、レンズに入る光の大きさの変化が大きくなるので、光ピックアップ用レーザ等に用いることが難しくなる。

30

【0014】

FFPの水平方向放射角が大きくなるのは、図3(a)に示すn-AlInPブロック層42とMQW活性層34との屈折率差 $n_t$ が大きいために、図3(b)に示すMQW活性層34の横方向におけるストライプ部分Bとその両側部分Cとの実効屈折率差 $n$ が大きくなって活性層のストライプ部分Bに光が集中しやすくなり、近視野像(NFP:Near Field Pattern)が小さくなるためである。

40

【0015】

また、水平方向放射角は、個々のレーザ素子により異なり、生産ロットにおいては一定のバラツキの範囲が存在する上、パワー変動が加わるので、この水平方向放射角のバラツキをある一定範囲内に抑制することは難しい。横モード変動の原因の1つに、ホールバーニングや高次モードへの移行によるキックの発生によるものがあるが、高次モードへの移行によるキックは、光導波路が基本横モード以外の高次モードを許容している場合に生じるため、この高次モードをカットオフする方法としては、光導波路のストライプ幅Wを狭くするか、実効屈折率差 $n$ を小さくするかが必要になる。

【0016】

50

ブロック層42に用いられているAlInPとMQW活性層34との屈折率差  $t$  は大きいいため、実効屈折率差  $n$  が大きくなってしまふので、この場合、光導波路内の基本横モード以外の高次モードをカットするためには、ストライプ幅  $W$  を小さくする必要があるが、ストライプ幅  $W$  を小さくしすぎるとFFPの水平方向放射角  $\theta_H$  はかなり大きくなる。また、リッジ形状が台形であるために、リッジ下部の幅  $W$  を狭くすると、リッジ上部の幅が狭くなりすぎ、コンタクトが不安定になったり、コンタクトがとれなくなったりするので、駆動電圧上昇や高速応答性の劣化を招く。そこで、高次モードをカットオフできる最大のストライプ幅  $W$  を形成するようにしている。

【0017】

しかし、ストライプ幅  $W$  は、フォトリソグラフィ及びエッチングによって形成しているために、ストライプ幅  $W$  の形成には比較的大きな誤差が発生し、ストライプ幅  $W$  が製造されたレーザ素子毎に異なると、高次モードがカットオフされないこともあり、FFPの  $\theta_H$  は不安定になって、図4の斜線部のようなバラツキを発生させる。

10

【0018】

本発明は、上述した課題を解決するために創案されたものであり、電流ブロック層のバンドギャップを活性層よりも高く維持しつつ、活性層内の横方向の実効屈折率差を適度に小さくしてFFP変動の小さい高出力赤色半導体レーザを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0019】

上記目的を達成するために、請求項1記載の発明は、 $n$ 型半導体基板上に、少なくとも、 $n$ 型クラッド層、GaInPを成分とする活性層、 $p$ 型クラッド層を順に備え、活性層よりも上部に前記 $p$ 型クラッド層を含むストライプ状のリッジ部を有するAlGaInP系の高出力赤色半導体レーザにおいて、前記リッジ部側面が前記活性層よりもバンドギャップが大きく、前記 $p$ 型クラッド層よりも屈折率の小さい $n$ 型の $(Al_x Ga_{1-x})_{0.5} In_{0.5} P$ 層( $0.7 < X < 1$ )で埋め込まれていることを特徴とする高出力赤色半導体レーザである。

20

【0020】

また、請求項2記載の発明は、前記 $p$ 型クラッド層が、AlGaInPを成分とする半導体層で構成されていることを特徴とする請求項1記載の高出力赤色半導体レーザである。

30

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、電流ブロック層のバンドギャップを活性層よりも高く維持して電流ブロック層が光を吸収しないようにし、活性層内の横方向の実効屈折率差を適度に小さくした実効屈折率導波構造を用いているので、高出力化することができるとともにFFP変動を小さくすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、図面を参照して本発明の一実施形態を説明する。図1は本発明による高出力赤色半導体レーザの断面構造を示す。

40

【0023】

傾斜 $n$ -GaAs基板2上に、 $n$ -AlGaInPクラッド層3、AlGaInP光ガイド層4、MQW活性層5、AlGaInP光ガイド層6、 $p$ -AlGaInP第1クラッド層7、 $p$ -AlGaInPエッチングストップ層8、 $p$ -AlGaInP第2クラッド層9、 $p$ -GaInPバッファ層10、 $n$ -AlGaInPブロック層11、 $p$ -GaAsキャップ層12、 $p$ 電極13が積層され、 $n$ -GaAs基板2の裏側には $n$ 電極1が形成されている。 $n$ -GaAs基板2には、その結晶方位が、 $(001)$ から $10 \sim 15$ 度傾斜しているものを用いる。なお、傾斜 $n$ -GaAs基板2上に格子整合したAlGaInP層は、 $(Al_z Ga_{1-z})_{0.5} In_{0.5} P$  ( $0 < Z < 1$ )という構成を得る

50

。

## 【0024】

n-AlGaInPブロック層11はn型不純物Siドープの $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$  ( $0.7 < X < 1$ )で構成されるが、Xの値は0.8~0.9が望ましく、本実施例では0.8とした。また、MQW活性層5は、3層のGaInP井戸層と2層のアンドープの $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}P$ バリア層で形成されている。

## 【0025】

その他の各層については、n-AlGaInPクラッド層3はn型不純物Siドープの $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ 、AlGaInP光ガイド層4とAlGaInP光ガイド層6はアンドープの $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}P$ 、p-AlGaInP第1クラッド層7はp型不純物Znドープの $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ 、AlGaInPエッチングストップ層8はp型不純物Znドープの無歪の $(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.5}In_{0.5}P$ を3層とp型不純物Znドープの $(Al_{0.4}Ga_{0.6})_{0.5}In_{0.5}P$ を2層用いてこれらを交互に積層した層、p-AlGaInP第2クラッド層9はp型不純物Znドープの $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ 、p-GaInPバッファ層10はp型不純物ZnドープのGaInP、n-AlGaInPブロック層11はn型不純物Siドープの $(Al_{0.8}Ga_{0.2})_{0.5}In_{0.5}P$ 、p-GaAsキャップ層12はp型不純物ZnドープのGaAsにより構成されている。p電極13はTiとAuの多層金属膜が、n電極1はAu、Ge、Niの合金層とTiとAuの多層金属膜が用いられる。

## 【0026】

MQW活性層5を、両側からAlGaInP光ガイド層4、6で挟み込んだ構造としている。これら光ガイド層は垂直方向に光を閉じ込めるために形成されているもので、光ガイド層の組成や厚さによって垂直広がり角度を制御できる。この垂直方向の光閉じ込めを弱めると、発光スポットが垂直方向に拡大し、出射ビームの垂直広がり角度(FFPの積層方向の大きさ)が低減する。

## 【0027】

図1に示す高出力赤色半導体レーザは、p-AlGaInP第2クラッド層9とp-GaInPバッファ層10とで、ストライプ状のリッジ部分Dを形成し、このリッジ部分Dの両側をn-AlGaInPブロック層11で覆った埋め込みリッジ構造を有している。電流は、逆バイアスとなるn-AlGaInPブロック層11及びその下部には流れず、ストライプ状のリッジ部Dを流れる。

## 【0028】

製造方法は、既知のMOCVD法やフォトリソグラフィ技術等により以下のように行われる。なお、各層の適切な膜厚は、半導体材料の組成比率等により、変化するものであるが、本実施例では、前述の各層の組成比率に基づき以下のように形成した。

## 【0029】

n-GaAs基板2上に、MOCVD法(有機金属化学気相成長法)を用いた第1回目の結晶成長によって、1~3.5 $\mu$ m望ましくは1.5~3 $\mu$ m厚のn-AlGaInPクラッド層3、5nm厚のAlGaInP光ガイド層4、MQW活性層5、10nm厚のAlGaInP光ガイド層6、0.1~0.3 $\mu$ m例えば0.22 $\mu$ m厚のp-AlGaInP第1クラッド層7、AlGaInPエッチングストップ層8、0.6~2 $\mu$ m例えば1.2 $\mu$ m厚のp-AlGaInP第2クラッド層9、0.02~0.2 $\mu$ m例えば0.05 $\mu$ m厚のp-GaInPバッファ層10を順に形成し、ダブルヘテロ構造のウエハを得る。なお、MQW活性層5は、6nm厚の井戸層を3層と、4nm厚のバリア層を2層の多重量子井戸構造とし、エッチングストップ層8は、2nm厚の無歪の $(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.5}In_{0.5}P$ を3層と、5nm厚の $(Al_{0.4}Ga_{0.6})_{0.5}In_{0.5}P$ を2層の多層構造とした。

## 【0030】

次に、ストライプ状の  $\text{SiO}_2$  をマスクとし、ドライエッチングにより  $\text{p-GaInP}$  バッファ層 10 及び  $\text{p-AlGaInP}$  第 2 クラッド層 9 をエッチングして、リッジ部 B を形成する。次に、塩酸若しくは希硫酸と過酸化水素水でウェットエッチングしてエッチングストップ層 8 に達するまでエッチングを行う。エッチングストップ層 8 によりリッジエッチングが自動的に停止し、制御良くリッジを形成できる。

#### 【0031】

その後、ウエハを MOCVD 装置内に戻し、第 2 回目の結晶成長によって  $0.4 \mu\text{m}$  厚の  $\text{n-AlGaInP}$  ブロック層 11 を形成する。その後、 $\text{SiO}_2$  のマスクを HF 処理によって除去し、再び MOCVD 装置内で、 $300 \text{nm} \sim 2 \mu\text{m}$  望ましくは  $500 \text{nm} \sim 1 \mu\text{m}$  厚の  $\text{p-GaAs}$  キャップ層 12 を形成する。最後に、ラッピング、ポリッシュによってウエハを  $100 \mu\text{m}$  程度まで薄くし、真空蒸着法によって n 電極 1 及び p 電極 13 を形成する。

10

#### 【0032】

以上のように、ブロック層 11 を n 型不純物 Si ドープの  $(\text{Al}_x \text{Ga}_{1-x})_{0.5} \text{In}_{0.5} \text{P}$  ( $0.7 < x < 1$ ) とすることで、 $\text{GaInP}$  を成分とした MQW 活性層 5 とブロック層 11 との屈折率差  $\Delta n$  は、図 3 に示す従来の赤色半導体レーザにおける  $\text{n-AlInP}$  ブロック層 42 と MQW 活性層 34 との屈折率差  $\Delta n$  よりも小さくなるので、実効屈折率差  $\Delta n$  は図 3 の従来のものよりも小さくなる。実効屈折率差  $\Delta n$  が小さくなると、活性層のストライプ部分（中央部分）への光の集中が緩和され、また、リッジ部のストライプ幅  $W$  を小さくしなくても良いので、特に FFP の水平方向放射角の大きさを小さくすることができる。さらに、光導波路内の高次モードをカットオフするために必要なストライプ幅  $W$  に余裕を持たせることができるので、生産ロットにおける個々のレーザ素子の変動を抑えることができる。

20

#### 【0033】

ところで、 $\text{AlGaInP}$  混晶系では、Al 組成比を上げるか、Ga 組成比を下げることで  $\text{AlGaInP}$  の屈折率を低くすることができる。光を外部に逃がさず、閉じ込めるためには、第 2 クラッド層 9 よりもブロック層 11 の屈折率を小さくしなければならないが、ブロック層 11 を  $(\text{Al}_x \text{Ga}_{1-x})_{0.5} \text{In}_{0.5} \text{P}$  ( $0.7 < x < 1$ ) で構成し、第 2 クラッド層 9 を  $(\text{Al}_y \text{Ga}_{1-y})_{0.5} \text{In}_{0.5} \text{P}$  ( $y < x$ ) とすることで、第 2 クラッド層 9 よりも屈折率を小さくすることができる。

30

#### 【0034】

また、ブロック層 11 のバンドギャップを  $\text{GaInP}$  を成分とする MQW 活性層よりも高くすることができ、ブロック層 11 による光の吸収を抑えることができるので、高出力化も達成できる。

#### 【0035】

なお、 $250 \text{mW}$  を超えるような高出力の赤色半導体レーザでは、レーザ素子内部からの発熱が大きくなるので、図 1 の高出力赤色半導体レーザの第 2 クラッド層 9 に、 $\text{p-AlGaInP}$  の替りに p 型不純物 Zn ドープの  $\text{Al}_{0.5} \text{GaAs}$  を用いるようにして、熱の拡散を促進するようによい。  $\text{AlGaAs}$  の熱伝導率は、 $\text{AlGaInP}$  の熱伝導率の約 2 倍に達するので、レーザ素子内部で発生した熱は、 $\text{p-AlGaAs}$  第 2 クラッド層を速やかに伝導して外部に拡散する。また、 $\text{AlGaAs}$  混晶系では、Al 組成比を下げることで、屈折率を大きくし、熱伝導率を高くすることができる。

40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0036】

【図 1】本発明の高出力赤色半導体レーザの断面構造を示す図である。

【図 2】従来の赤色半導体レーザの断面構造を示す図である。

【図 3】従来の赤色半導体レーザの活性層における実効屈折率差と半導体層との関係を示す図である。

【図 4】 $\text{AlGaAs}$  系半導体レーザと  $\text{AlGaInP}$  系半導体レーザとの FFP の相違を示す図である。

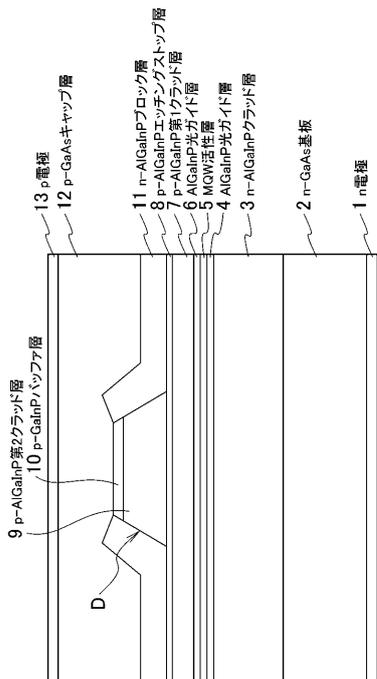
50

【符号の説明】

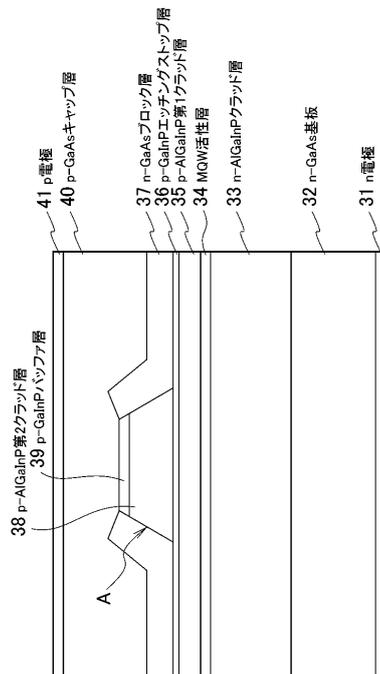
【0037】

- 1 n 電極
- 2 n - G a A s 基板
- 3 n - A l G a I n P クラッド層
- 4 A l G a I n P 光ガイド層
- 5 M Q W 活性層
- 6 A l G a I n P 光ガイド層
- 7 p - A l G a I n P 第 1 クラッド層
- 8 p - A l G a I n P エッチングストップ層
- 9 p - A l G a I n P 第 2 クラッド層
- 10 p - G a I n P バッファ層
- 11 n - A l G a I n P ブロック層
- 12 p - G a A s キャップ層
- 13 p 電極

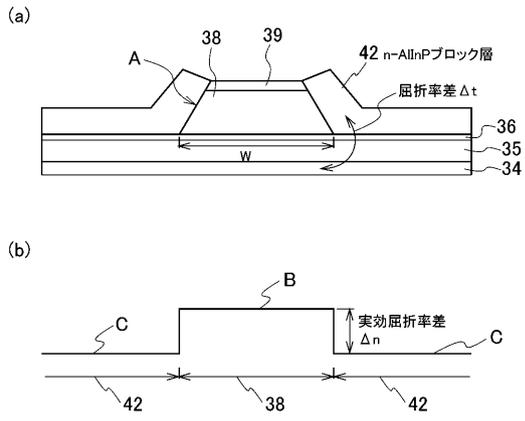
【図 1】



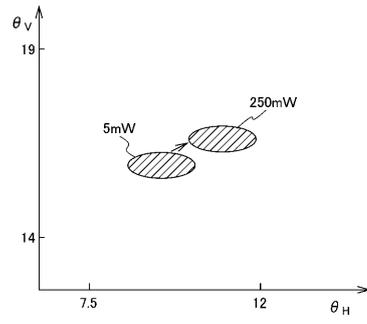
【図 2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 中原 健

京都府京都市右京区西院溝崎町2-1番地 ローム株式会社内

Fターム(参考) 5F173 AA05 AA48 AG05 AH08 AP05 AR52