

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5311710号
(P5311710)

(45) 発行日 平成25年10月9日 (2013. 10. 9)

(24) 登録日 平成25年7月12日 (2013. 7. 12)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 S 5/183 (2006. 01)	HO 1 S 5/183
HO 1 S 5/14 (2006. 01)	HO 1 S 5/14

請求項の数 25 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2005-241702 (P2005-241702)	(73) 特許権者	599133716
(22) 出願日	平成17年8月23日 (2005. 8. 23)		オスラム オプト セミコンダクターズ
(65) 公開番号	特開2006-60239 (P2006-60239A)		ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテ
(43) 公開日	平成18年3月2日 (2006. 3. 2)		ル ハフツング
審査請求日	平成20年5月9日 (2008. 5. 9)		Osram Opto Semicond
(31) 優先権主張番号	102004040762. 2		uctors GmbH
(32) 優先日	平成16年8月23日 (2004. 8. 23)		ドイツ連邦共和国、93055 レーゲン
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		スブルグ、ライプニッツシュトラッセ 4
(31) 優先権主張番号	102004052686. 9		Leibnizstrasse 4, D
(32) 優先日	平成16年10月29日 (2004. 10. 29)		-93055 Regensburg,
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		Germany
		(74) 代理人	100061815
			弁理士 矢野 敏雄
		(74) 代理人	100099483
			弁理士 久野 琢也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体構成素子及び半導体構成素子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基体（１）を有する半導体構成素子において、
 当該半導体基体は、当該半導体基体内にモノリシックに集積された湾曲ミラー（３）を有しており、
 当該半導体基体（１）は、担体（４，４００）上に配置されている形式の半導体構成素子において、
 応力によって前記半導体基体（１）を湾曲させる応力固定層（８，８００）、または湾曲した成形要素（６００）が、前記の担体（４，４００）とは反対側を向いた半導体基体（１）の面に配置されており、
 前記の担体は、窓（５）を有しており、
 当該窓用に担体の一部が取り除かれている
 ことを特徴とする半導体構成素子。

【請求項 2】

前記の半導体基体（１）及び湾曲ミラー（３）は、同様の湾曲を有している、
 請求項 1 記載の半導体構成素子。

【請求項 3】

前記の湾曲ミラー（３）は、ブラッグミラーである、
 請求項 1 又は 2 記載の半導体構成素子。

【請求項 4】

前記の担体（４）は、平坦（４００）である、
請求項１～３迄のいずれか１記載の半導体構成素子。

【請求項５】

前記の半導体基体（１）は、湾曲ミラー（３）に対して湾曲した少なくとも１つの湾曲部分領域と、少なくとも１つの平坦部分領域を有している、

請求項１～４迄の何れか１記載の半導体構成素子。

【請求項６】

前記の湾曲部分領域は、垂直方向に見て窓（５）と重なっている、

請求項５記載の半導体構成素子。

【請求項７】

前記の応力固定層（８，８００）は、金属を含有する、

請求項１～６迄の何れか１記載の半導体構成素子。

【請求項８】

前記の半導体基体（１）は、ビーム形成用に設けられた活性領域（２）を有している、

請求項１～７迄の何れか１記載の半導体構成素子。

【請求項９】

前記の半導体構成素子は、表面放射半導体構成素子である、

請求項８記載の半導体構成素子。

【請求項１０】

前記の半導体構成素子は、外部共振器を用いて、レーザビーム（１３）を形成するため
に設けられており、

当該の外部共振器を構成する外部ミラー（１１）は、活性領域（２）の、湾曲ミラー（３）とは反対側の面に配置されている、

請求項８又は９記載の半導体構成素子。

【請求項１１】

前記の外部ミラー（１１）は平坦に形成されている、

請求項１０記載の半導体構成素子。

【請求項１２】

少なくとも１つのポンピングビーム源（１２０）によってビーム形成用の前記の活性領域（２）が、光ポンピングされる、

請求項８から１１迄の何れか１記載の半導体構成素子。

【請求項１３】

前記のポンピングビーム源（１２０）及び半導体基体（１）は、共通の成長基板上にモノリシックに集積されている、

請求項１２記載の半導体構成素子。

【請求項１４】

前記の外部共振器内に、ノンリニア光学素子（１６）が、活性領域内で形成されたビーム（１３）の周波数変換のために設けられている、

請求項８から１３迄の何れか１記載の半導体構成素子。

【請求項１５】

湾曲半導体基体を有する半導体構成素子の製造方法であって、

a) 担体（４，４００）に配置される半導体基体（１，１００）の形成、

b) 当該半導体基体の湾曲、

c) 当該半導体構成素子の製造完成

の各ステップを有する製造方法において、

前記のステップb) においてまず

担体（４，４００）の一部を除去することによって担体（４，４００）に窓（５）を形成し、

応力固定層（８，８００）を湾曲要素として、半導体基体（１，１００）の、前記担体とは反対側の面上に堆積し、

10

20

30

40

50

前記応力固定層（８，８００）により、前記応力固定層を用いて生じた応力又は引張応力を介して前記半導体基体（１，１００）を湾曲させる、
ことを特徴とする

製造方法。

【請求項１６】

前記の応力固定層（８，８００）は、金属又は合金を含む、
請求項１５記載の方法。

【請求項１７】

前記の応力固定層（８，８００）は、半導体基体（１，１００）上にスパッタリングされるか又は蒸着される、

10

請求項１５または１６記載の方法。

【請求項１８】

前記の応力固定層（８，８００）は、担体（４，４００）とは反対側の半導体基体（１，１００）の面上に堆積されている、

請求項１５から１７迄の何れか１記載の方法。

【請求項１９】

前記の応力固定層（８，８００）によって形成される湾曲部を、該応力固定層上に堆積された安定化層（９，９００）によって機械的に安定化させる、

請求項１５から１８迄の何れか１記載の方法。

【請求項２０】

20

前記の安定化層（９，９００）を、直流電流により堆積する、
請求項１９記載の方法。

【請求項２１】

湾曲半導体基体を有する半導体構成素子の製造方法であって、

a) 担体（４，４００）に配置される半導体基体（１，１００）の形成、

b) 当該半導体基体の湾曲、

c) 当該半導体構成素子の製造完成

の各ステップを有する製造方法において、

前記のステップb) においてまず

担体の一部を除去することによって担体（４，４００）に窓（５）を形成し、

30

前記の半導体基体（１，１００）の、前記の担体（４，４００）とは反対側の面に、成形要素（６００）を湾曲要素として設け、

ただし該成形要素は、半導体基体の所望の湾曲にしたがって形成した領域を有しており、

前記の半導体基体を該領域に押し付けるか、又は当該領域が半導体基体に押し付けられる、

ことを特徴とする

製造方法。

【請求項２２】

前記の担体（４，４００）は、成長基板を有しており、

該成長基板上に半導体基体（１，１００）をエピタキシャルによって成長させる、

40

請求項１５から２１までのいずれか１項記載の方法。

【請求項２３】

前記の窓は、担体（４，４００）の、半導体基体（１，１００）とは反対側の面から前記半導体基体に迄達している、

請求項１５から２２までのいずれか１項記載の方法。

【請求項２４】

前記の半導体基体（１，１００）と担体（４，４００）の層とから多数の半導体構成素子を同時に製造可能である、

請求項１５から２３迄の何れか１記載の方法。

【請求項２５】

50

請求項 1 から 1 4 迄の何れか 1 記載の半導体構成素子を作製するために使用される、
請求項 1 5 から 2 4 迄の何れか 1 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、湾曲半導体を有する半導体構成素子、及び、湾曲半導体を有する半導体構成素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

外部共振器と、レーザの半導体の表面用の垂直方向放射装置とを有する表面放射半導体レーザで、外部共振器は、半導体レーザの半導体内に集積された平坦なブラッグミラー、及び、湾曲外部誘電体ミラーとによって形成されることが屢々ある。外部ミラーの適切な湾曲部と、この湾曲部に適合された共振器長とに亘って、レーザの基本モード作動を達成することができる。3次元空間内での湾曲ミラーの調整は、殊に、外部共振器付の半導体レーザの基本モードでの効率的なレーザ操作性は、コスト高であることが屢々である。更に、湾曲光学素子の製造は、平坦な光学素子に較べて比較的高いコストがかかる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の課題は、湾曲ミラーを有する半導体素子を簡単且つコスト上有利に製造可能であるようにすることにある。更に、本発明の課題は、相応の半導体の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0004】

この課題は、本発明によると、半導体を有する半導体構成素子において、半導体は、当該半導体内にモノリシックにより集積された湾曲ミラーを有していることにより解決される。この課題は、本発明によると、湾曲半導体を有する半導体構成素子の製造方法において、a) 半導体の形成、b) 半導体の湾曲、c) 半導体の製造完成の各ステップを有することにより解決される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0005】

本発明の有利な実施例は、従属請求項に記載されている。

【0006】

有利には、半導体の製造後、ミラーの湾曲部が、例えば、適切な成長基板上でのエピタキシャルによって所期のように達成することができる。半導体は、それに応じて有利には平坦且つ湾曲なしに製造され、湾曲部は、半導体の成長後形成される。

【0007】

例えば、半導体上にミラーを湾曲させるために、湾曲部が形成され、又は、湾曲部を形成する湾曲要素が設けられている。有利には、半導体及びモノリシック集積湾曲ミラーは、同様の湾曲部を有している。従って、ミラーの湾曲は、半導体の適切な湾曲によって達成することができる。殊に、所期の、定義された湾曲の湾曲ミラーを形成することができる。

【0008】

湾曲ミラーは、そのようにコスト上有利であって、簡単に製造することができる。

【0009】

ミラーは、有利にビーム形状となるように湾曲し、例えば、凸状又は凹状に、例えば、楕円、球体又はビーム形状にとって適切な、他の形状の湾曲部を有している。更に、湾曲ミラーは、有利には1つの焦点を有している。

【0010】

本発明の有利な実施例では、湾曲要素は、有利には金属保持の、応力固定層であり、こ

10

20

30

40

50

の応力固定層は、半導体を、応力固定層を介して生じた押圧による応力又は引張応力を用いて湾曲する。

【0011】

本発明の別の有利な実施例では、湾曲要素は、所望の湾曲に相応して変形される部分領域を有しており、この部分領域には、半導体乃至ミラーが押圧されており、半導体が、続いて成形要素に相応して湾曲される。

【0012】

本発明の別の有利な実施例では、湾曲ミラーは、ブラッグミラーである。このために、半導体内に有利には、ブラッグミラー用の多数の半導体対が設けられている。半導体対の両半導体層は、有利には、比較的高い屈折率差と、それに相応して高い個別対反射率を有している。幾つかの半導体層対を介して、ミラーの全反射率を調整することができる。

10

【0013】

本発明の別の有利な実施例では、半導体は、1つの担体上に設けられており、担体は、半導体を有利に、殊にミラーの湾曲の前に、機械的に安定化され及び／又は担持されている。担体は、殊に、平坦であるようにするとよい。

【0014】

半導体は、湾曲ミラーに対して湾曲した少なくとも1つの湾曲部分領域と、少なくとも1つの平坦部分領域を有している。平坦な部分領域は、この際、半導体の湾曲部分領域に対して横方向に周回している。湾曲部分領域に、垂直方向に特に有利に窓が設けられており、この窓内では、担体は薄肉化され、又は、取り除かれている。例えば、湾曲部分領域は、垂直方向で、有利には、完全に窓と重畳している。

20

【0015】

担体を薄肉化又は取り除くことによって、窓の領域内で、半導体用の担体の機械的な安定化作用が低減することがあり、その結果、半導体乃至ミラーの湾曲を簡単にすることができる。担体を例えば窓内に取り除くことによって、半導体が担体に付着するのを、乃至、担体の機械的な安定化作用を低減することができ、半導体は、窓の領域内で簡単に変形することができ、殊に、担体及び／又は半導体の横方向の主延在方向に対して垂直方向に簡単に変形することができる。湾曲部材は、有利には、半導体の、担体とは反対側に設けられている。

【0016】

30

本発明の別の有利な実施例では、半導体は、ビーム形成用に設けられた活性領域を有している。従って、半導体構成素子は、殊に、ビーム放射半導体構成素子として構成するとよい。活性領域は、有利には、湾曲ミラーに従って湾曲されている。

【0017】

有利には、ビーム放射半導体構成素子は、半導体内にモノリシックにより集積化されて湾曲されたミラーを有しており、このミラーは、活性領域内で形成されたビーム用のビーム形成のために構成されている。

【0018】

本発明の別の有利な実施例では、半導体構成素子は、表面放射半導体構成素子である。活性領域内で形成されたビームの主放射方向は、有利に、半導体の表面に対して、ほぼ垂直方向である。放射表面は、特に有利に、半導体の、湾曲ミラーに対向する表面である。

40

【0019】

本発明の別の有利な実施例では、外部共振器を用いて、レーザビームを形成するための半導体構成素子が設けられている。この際、外部共振器用に、活性領域が外部ミラーの後ろ側に設けられている。この際、外部ミラーは、共振器終端ミラーを形成し、及び／又は、共振器からのビームの出力結合ミラーとして設けられている。殊に、外部ミラーは、ほぼ平坦に構成することができる。つまり、有利に、ビームを半導体の湾曲ミラーで成形することができるからである。平坦な外部ミラーを用いての、半導体構成素子の基本モード作動が、そのようにして簡単にされる。

【0020】

50

更に、共振器でのビーム形成用の付加的な光学要素、例えば、レンズ、又は、ビームのビームウェストを低減するために共振器をベンディング（F a l t u n g）しないでよい。共振器は、殊にベンディングせずに（共振器軸線に角度が付けられていない）構成することができる。

【0021】

活性領域は、ビーム形成のために電氣的又は光ポンピングすることができる。従って、共振器では、活性領域でのビームを増幅することによって、レーザビームフィールドが形成されている。

【0022】

本発明の別の有利な実施例では、少なくとも1つのポンピングビーム源、殊に、ポンピングレーザを用いて、ビーム形成用の活性領域が、光ポンピングされる。多数のポンピングビーム源を用いてもよい。

【0023】

本発明の別の有利な実施例では、ポンピングビーム源及び半導体は、共通の成長基板上にモノリシックに集積されている。ポンピングビーム源は、有利には、エッジ放射半導体レーザとして構成されている。ポンピングビーム源と半導体とを、そのようにモノリシックに集積して構成することによって、半導体構成素子の効率的な光ポンピングと共に、半導体構成素子の空間的な拡がりを有利に小さくすることができる。有利には、ポンピングビーム源と半導体とは、横方向に相互に並べて設けられており、活性領域は、半導体構成素子の作動中横方向に光ポンピングされる。

【0024】

本発明の別の有利な実施例では、半導体、殊に活性領域は、少なくとも1つのIII-V半導体材料、例えば、材料系 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ 、 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ 又は $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ 、但し、各々 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 及び $x + y \leq 1$ からなる材料を有している。この材料は、紫外（例えば、 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ ）スペクトル領域～可視（例えば、 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ 又は $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ ）スペクトル領域～赤外（例えば、 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ ）スペクトル領域の効率的なビーム形成のために、特に適している。更に、半導体、殊に、活性領域は、材料系 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 、但し、 $0 \leq x \leq 1$ 及び $0 \leq y \leq 1$ の半導体材料を含むことができる。

【0025】

本発明の別の有利な実施例では、不可視、殊に、赤外スペクトル領域内でのビーム形成用の活性領域が形成されている。

【0026】

本発明の別の有利な実施例では、活性領域は、単一又は多重量子井戸構造を有している。量子井戸構造という呼び方は、本件出願範囲内では、荷電担体を、閉じ込め（"c o n f i n e m e n t"）によって、当該荷電担体のエネルギー状態を量子化する構造を含む。殊に、量子井戸構造という呼び方は、量子化のディメンショニングについての役割は含んでいない。従って、量子井戸構造は、特に、量子井戸、量子細線、及び、量子ドット及びこれらの構造の各組合せを有している。

【0027】

本発明の別の有利な実施例では、外部共振器内に、ノンリニア光学素子が、活性領域内で形成されたビームの周波数変換、殊に、周波数通倍、例えば、周波数を2倍にするために設けられている。例えば、ノンリニア光学素子であるノンリニアクリスタルが適している。有利には、ノンリニア光学素子は、非可視スペクトル領域からのビームを可視スペクトル領域に変換する。

【0028】

湾曲ミラーにより、ノンリニア光学素子でのビームの細いビームウェストを、簡単に達成することができる。殊に、こうすることによって、周波数変換の効率を有利に高めることができる。共振器内のビームは、湾曲ミラーを適切に構成した場合、ノンリニア光学素子内でフォーカシングすることができる。ノンリニア光学素子でのビームの電力密度は、

10

20

30

40

50

フォーカシングを介して高めることができ、そうすることによって、ノンリニア光学素子での周波数変換の変換効率を有利に高めることが達成される。

【0029】

共振器でのビームのビームウェストは、湾曲ミラーを用いて、殊に湾曲していない平坦な外部ミラーと組み合わせて、外部ミラーの側から有利に細く保持することができ、そうすることによって、周波数変換を、外部ミラーの近傍で特に効率的に行うことができる。ノンリニア光学素子は、外部ミラーに隣接して、又は、外部ミラーの直ぐ近くに設けることができる。

【0030】

湾曲半導体を有する半導体構成素子の製造用の本発明の方法では、先ず半導体が製造される。

10

【0031】

続いて、半導体が、有利には、所期のように、及び／又は、定義されたように湾曲され、それに続いて、半導体構成素子が完成される。

【0032】

この方法に相応して、有利に、予め製造された半導体、殊に、成長基板上にエピタキシャルにより成長された半導体が、所期のように湾曲される。更に、半導体を変形せずに、即ち、半導体から半導体材料を取り除かずに、当該半導体を湾曲することができる。

【0033】

半導体は、有利には、垂直方向に、半導体の横方向の主延在方向に対して垂直方向に湾曲することができる。

20

【0034】

有利には、本発明の半導体構成素子の製造方法が使用され、その結果、この方法の上述及び後述の要件を、半導体構成素子に利用してもよく、半導体構成素子の要件を半導体構成素子の製造方法に利用してもよい。

【0035】

本発明の有利な実施例では、半導体は、準備の際、担体上に設けられ、担体は、半導体を機械的に安定にし、且つ、担持する。担体は、例えば、成長基板を有しており、この成長基板上に半導体がエピタキシャルに成長される。

【0036】

30

しかし、担体は、半導体の成長基板と区別してもよい。この場合、成長基板上に設けられた半導体は、例えば、成長基板に対向する側の面が、担体上に設けられ、及び／又は、固定され、それに続いて、成長基板は、例えば、エッチング又はレーザアブレーション方法を介して、半導体から取り外すことができる。

【0037】

本発明の別の有利な実施例では、半導体の湾曲の前に、窓が担体内に形成されている。これに対して、窓用の担体が相応に薄くされ、又は、取り除かれている。この窓は、有利に、担体の、半導体とは反対側の面から半導体に至る迄達している。担体は、このために、窓の領域内で半導体に至る迄取り除かれている。例えば、担体は、窓の形成のために、半導体とは反対側の面から相応に構造化されている。このために、例えば、適切なマスキングが、例えば、フォトリソグラフィを介して、エッチングと組み合わせて、殊に、ウェットケミカルエッチングと組み合わせて用いるとよい。

40

【0038】

担体が成長基板から区別される場合、担体は、場合によっては、半導体を担体上に設ける前に相応に構造化してもよい。

【0039】

本発明の別の有利な実施例では、半導体上に、応力固定層が、湾曲要素として形成されており、応力固定層は、半導体を、殊に、垂直方向の窓の後ろ側に設けられた領域内で、応力固定層を用いて生じた押圧の応力又は引張応力を介して湾曲する。窓の領域内で、半導体は、特に容易に湾曲するようになる。つまり、担体への付着、乃至、担体の安定化作

50

用は、この領域内で低減乃至存在しないようになるからである。

【0040】

半導体の湾曲乃至湾曲半径は、応力固定層の層厚を介して影響を受けることがある。応力固定層が厚くなればなる程、一般的に湾曲半径が小さくなり、乃至、一般的に湾曲が大きくなる。

【0041】

本発明の別の有利な実施例では、応力固定層は、金属、例えば、Au, Pt, Cr, Ti、又は、合金、殊に、前述の金属の少なくとも1つとの合金を有している。応力固定層の適切な厚みは、100nm～10μmの範囲内で動くことがある。

【0042】

本発明の別の有利な実施例では、応力固定層は、半導体上にスパッタリングされ、又は、蒸着される。有利には、プロセスパラメータを介して、例えば、形成すべき粒子の粒子状加工を介して、固定状態の応力固定層の形成の際、例えば、押圧の応力又は引張応力により、従って、半導体が湾曲、例えば、凸状又は凹状に調整されるようにするとよい。押圧の応力は、半導体の、応力固定層に対向する側の面に半導体の凸状湾曲状態から作用し、引張応力は、半導体の凹状湾曲に相応して作用する。

【0043】

本発明の別の有利な実施例では、応力固定層は、半導体の、担体に対向する側の面上に形成される。

【0044】

本発明の別の有利な実施例では、応力固定層によって生じた、半導体の湾曲は、後続して応力固定層に形成される安定化層を用いて機械的に安定化される。安定化層は、例えば、直流電氣的に応力固定層上に形成することができ、及び／又は、金属、例えば、Cu, Au, Ag又は合金、殊に、これらの金属の少なくとも1つとの合金を有している。有利には、安定化層は、応力固定層と比較して厚く形成され、例えば、100μm厚又はそれ以下の厚みを有しており、その際、半導体の湾曲部が安定化されるような大きさの厚みにしてもよい。安定化層は、半導体に隣接する領域内で、半導体の湾曲部に相応して湾曲させてもよい。

【0045】

更に、安定化層は、有利に、高い熱伝導性を有しており、そうすることによって、半導体を、固定及び／又は安定化層を介して冷却体に良好に熱結合することができ、この冷却体上に、安定化層を設けることができる。上述の金属、殊に、Cu又はAg、及び、当該金属に基づく合金は、特に良好な熱伝導性を有しており、湾曲の安定化のためにも良好に適している。

【0046】

本発明の別の有利な実施例では、半導体の後ろ側に、成形要素が湾曲要素として設けられている。成形要素は、半導体の所望の湾曲により形成した領域を有しており、該領域に、殊に、窓と重畳した領域内で、半導体が押し付けているか、又は、この領域が半導体に押し付けられている。半導体の湾曲は、成形要素内で変形された領域の形状形成によって決められる。この湾曲は、場合によっては、半導体を損なわない、成形要素を用いて半導体に加えられる軽い圧力によって形成され、及び／又は、成形要素の形状形成を介して安定化される。成形要素は、同時にヒートシンクとして構成すると目的に適っている。

【0047】

本発明の別の有利な実施例では、半導体は、押圧部材を介して、有利には主として、半導体に加えられる圧力を用いて湾曲される。有利には、圧力によって形成された湾曲部は、安定化層を用いて、例えば、特に有利には、半導体に圧力を加えている間、当該半導体に形成される金属保持層を用いて、有利に、圧力を加え終えた後も、半導体が湾曲されているように安定化される。圧力は、ガス圧として、例えば、ポンプ又は送風機を介して、又は、流体力学による圧力として、例えば、流体を介して、圧力要素を用いて半導体に加えてもよい。有利には、半導体が、殊に、担体の窓と重畳している部分領域内で湾曲され

10

20

30

40

50

るが、半導体の、それ以外の残りの部分領域は更に平坦なままであるように、圧力が半導体に加えられる。

【0048】

本発明の別の有利な実施例では、本発明の方法を用いて、同時に多数の、湾曲した半導体を備えた半導体構成素子をウエーハ結合で製造することができる。例えば、このために、担体層上に設けられる、有利には同様の多数の半導体を形成するために設けられる半導体層列が、多数の部分領域内で、上述の方法に相応して湾曲される。

【0049】

半導体層列が、外部共振器を備えた半導体構成素子用の半導体用に構成される場合、結合部に、有利には平坦な、多数の外部ミラー層用に設けられた外部ミラー層が後ろ側に設けられている。有利には、ミラー層を、予め結合部内で、半導体層列に対して相対的に垂直方向に調整するとよい。

10

【0050】

個別半導体構成素子は、結合部から、個別に切り離すことによって得ることができる。

【0051】

本発明の別の利点、有利な実施例及び課題解決について、以下、図示の実施例を用いて説明する。

【実施例】

【0052】

各個別半導体構成素子は、各個別部分を結合することによって得られる。

20

【0053】

以下、本発明及び本発明の別の利点について、図示の有利な実施例を用いて詳細に説明する。

【0054】

図1は、本発明の方法の第1の実施例の中間ステップの部分断面略図を示す。

【0055】

図2は、本発明の方法の第1の実施例の中間ステップの部分断面略図を示す。

【0056】

図3は、本発明の方法の第1の実施例の中間ステップの部分断面略図を示す。

【0057】

30

図4は、図1、2と共に、本発明の方法の第2の実施例の中間ステップの部分断面略図を示す。

【0058】

図5は、図1、2、4と共に、本発明の方法の第2の実施例の中間ステップの部分断面略図を示す。

【0059】

図6は、本発明の半導体構成素子の第1の実施例の部分断面略図を示す。

【0060】

図7は、本発明の半導体構成素子の第2の実施例の部分断面略図を示す。

【0061】

40

図8は、本発明の半導体構成素子の第3の実施例の部分断面略図を示す。

【0062】

図9は、本発明の半導体構成素子の第4の実施例の部分断面略図を示す。

【0063】

図1～3には、本発明の方法の第1の実施例の中間ステップの部分断面略図が示されている。

【0064】

先ず、図1に示されているように、担体層400上に設けられた半導体層列100が形成され、半導体層列100は、ビーム形成用に設けられた活性領域2及びミラー構造3を有している。ミラー構造3は、活性領域2と共に殊にモノリシックにより半導体層列内に

50

集積化されている。

【0065】

担体層400は、例えば、成長基板によって形成されるか、又は、成長基板を有しており、成長基板上には、半導体層列がエピタキシャルにより成長されている。しかし、場合によっては、担体層は、成長基板とは異なるようにしてもよい。半導体層列100は、担体層400に沿ってラテラルの主延在方向を有しており、通常のように、従来技術のエピタキシャル方法に従って、ほぼ湾曲されずに平坦に形成されている。

【0066】

ミラー構造3は、ブラッグミラーによって構成されており、このために、多数の半導体層対を有しており、半導体層対は、屈折率の差が比較し得るように高い、それぞれ1つの第1の層31及び第2の層32を有しており、活性領域2内で形成されるビーム用に $\lambda/4$ 層として構成されている。幾つかの半導体層対を介して、ブラッグミラーの反射が決められる。

【0067】

例えば、活性領域2は、赤外スペクトル領域内でビームを形成するように構成されている。このために、半導体層列は、有利には、 $III-V$ 半導体材料系 $In_xGa_yAl_{1-x-y}As$ 、但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 及び $x+y \leq 1$ の上に形成される。担体層400乃至成長基板として、この際、 $GaAs$ が特に適している。この際、半導体層対は、例えば、 $AlGaAs$ 層を第1の層31として、 $GaAs$ 層を第2の層として有している。

【0068】

活性領域は、例えば、単一又は多重量子井戸構造として構成することができる。そのような構造は、活性領域内での効率的なビーム形成のために特に適している。

【0069】

図1に示された、半導体層列と担体層400とのウェーハ結合部の半導体層列100は、半導体層列の各部分領域から形成される多数の半導体の製造のために設けられている。

【0070】

後続して、担体層400は、有利には、半導体層列に対向している面から構造化され、該構造化の際、担体層の、半導体層列に対向している面から半導体層列に至る迄達する多数の窓5が、担体層内に形成される。その結果得られる構造は、図2に部分断面図を用いて略示されている。図2及び後続の図で、分かり易くするために、半導体層列（例えば、ミラー構造及び活性領域）の各個別要素は表示しない。

【0071】

窓5は、例えば、適切なマスキング及び半導体層列に対向する面のエッチングを介して担体層内に構造化することができる。例えば、このために、フォトレジストマスクを用いたフォトリソグラフィ方法、担体層のウェットケミカルエッチング及び後続のフォトレジストマスクの除去が適している。

【0072】

図2に示した中間ステップの後、図3に示した本発明の方法の第1の実施例において、成形要素600を用いて、窓と重なった半導体層列の部分領域を所期のように湾曲させる。ここではこの成形要素に半導体層列が押し付けられる。この成形要素は、半導体層列所望の湾曲にしたがって変形されかつ湾曲された部分領域601を有する。

【0073】

成形要素600は、有利に僅かな力だけが半導体層列に押し付けられて、半導体層列が各部分領域内において湾曲されるが、半導体層列、殊に活性領域は、ビーム形成のために機能し続けるようにされる。成形された部分領域を除いて、半導体層列は、有利には引き続いて平坦に延在している。

【0074】

成形要素は、同時にヒートシンクとして構成すると目的に適っており、例えば、金属又は合金、例えば、 $CuWO$ を有しており、その結果、ビーム形成時に活性領域内に侵襲す

る熱を簡単に排熱することができる。後続して、線7に沿って各個別半導体構成素子に切り離され、各個別半導体構成素子は、それぞれモノリシックにより、半導体層列から個別に切り離す際に形成された1つの半導体内に集積された、個別切離し時のミラー構造に基づく湾曲ミラーを有している。例えば、ソーイング又はレーザによるセパレーションしを介して個別に切り離すことができる。

【0075】

図1, 2, 4, 5に略示された、本発明による、湾曲半導体を備えた半導体構成素子の製造方法の第2の実施例では、先ず、図1及び図2、及び、図1及び図2に関連して既に説明したようにされる。後続して、半導体層列100の、担体層400に対向する面上に、応力固定層800が、有利には全面的に形成される。応力固定層は、有利に、半導体層列100上に形成、又は、スパッタリングされ、例えば、Auを有している。

10

【0076】

応力固定層により、窓5と重畳する半導体層列の領域内に固定作用が形成される。つまり、この部分領域内では、半導体層列は、担体層に付着することによって機械的に安定化されず、従って、成形部に簡単にアクセスすることができるからである。

【0077】

応力固定層の形成時のプロセスパラメータを介して、半導体の固定、及び、更に湾曲を制御することができ、つまり、凸状に湾曲することができるか、又は、図示のように、窓、乃至、半導体層列の、応力固定層に対向している面から見て凹状に湾曲することができるように制御することができる。図4に示されているような凹状湾曲部は、応力固定層によって制御して生じることができる引張固定作用を用いて達成することができる。

20

【0078】

半導体層列100の、窓5の領域内で湾曲している部分領域101の湾曲半径は、応力固定層800の厚みを介して制御することができ、その際、厚みが大きくなると湾曲半径は一般的に小さくなる。例えば、半導体層列は、湾曲した部分領域内で、湾曲した、殊に、凹状の、焦点距離2~20mmのミラーが形成されるように湾曲するとよい。

【0079】

有利には、半導体層列の湾曲した各部分領域は、同様に湾曲されている。

【0080】

応力固定層800の形成後に得られる構造について、図4の部分断面略図を用いて説明する。

30

【0081】

別の方法ステップでは、湾曲部は、応力固定層上に後続して形成された安定化層900を介して安定化することができる。安定化層900は、有利に、金属、例えば、Cuを有しており、高い熱伝導性を有しており、及び／又は、直流電流的に金属保持応力固定層800上に形成される。

【0082】

後続して、線7に沿って、それぞれ1つの半導体をモノリシックにより半導体内に集積化されて、湾曲されたブラッグミラーを有する各半導体構成素子に切り離すことができる。

40

【0083】

図1~5を用いて説明した方法を介して、予め製造された半導体層列乃至各個別半導体をコスト上有利に、所期のように定義されたように湾曲することができる。

【0084】

上述の方法に対して択一的に、又は、補完的に、半導体層列は、押圧要素を介して半導体層列上加えられる圧力を用いて湾曲することができる。例えば、このために、送風機乃至ポンプを用いて、過圧又は負圧が、半導体層列の、担体層に対向する面から、又は、担体層内の窓を通して、半導体層列に加えられ、半導体層列は、加えられた圧力により、殊に、窓と重畳した部分領域内で、相応に所期のように湾曲される。

【0085】

50

例えば、このために、湾曲すべき各部分領域に、ポンプ乃至送風機のチャネルを配属してもよく、その結果、圧力は、チャネルを介して所期のように、位置限定されて、半導体層列の、湾曲すべき部分領域に加えることができ、湾曲すべきでない部分領域は、相応に僅かな圧力しか被らず、従って、有利に、更に平坦になる。

【0086】

半導体層列に位置分解して圧力を加えることは、場合によっては、担体層の、半導体層列に対向している面によっても、担体層の窓を通して行うことができる。有利に、窓を、担体層の高い安定性により「チャネル」として用いるとよく、そうすることによって、半導体層列は、窓と重畳している部分領域内で湾曲される。殊に、半導体層列が窓に重畳された部分領域内で湾曲されていて、それにより位置分解して湾曲されている担体層に均一に、位置依存せずに圧力を加えることができ、その際、残りの部分領域は、均等な圧力に対向する担体層の比較的高い安定性により、有利に更に平坦になる。

10

【0087】

場合によっては、半導体層列の、担体層に対向する面によって、均一な圧力を半導体層列に加えてもよく、その際、半導体層列は、窓と重畳している部分領域内で、窓の領域内で担体層への付着力が減ることによって湾曲するが、残りの部分領域は、圧力に対向して担体層に安定して対向するので、有利に、更に平坦になる。

【0088】

圧力によって生じる湾曲は、半導体層列に圧力を加えている間に形成された安定化層、ほぼ同様の比較厚い金属保持の、前述の形式の安定化層を用いて安定化することができ、その結果、半導体層列は、圧力印加終了後も、少なくとも部分領域内で湾曲される。安定化層は、半導体層列上に、例えば、蒸着又はスパッタリングすることができる。圧力が高くなると、一般的に湾曲も大きくなる。圧力は、場合によっては、殊に位置分解又は均一に、圧力印加のために有利に直接半導体層列と接触する流体を用いて、半導体層列に加えられる。

20

【0089】

図6には、本発明の半導体構成素子の第1の実施例が部分断面略図を用いて図示されている。例えば、図6の半導体構成素子は、図1，2，4，5の方法を用いて製造することができる。

【0090】

ビーム形成用に設けられた活性領域（図示していない）を有する半導体1は、窓5の領域内であけられた担体4上に設けられている。半導体には、活性領域の、担体4とは反対側の面上にブラッグミラー（図示していない）がモノリシックに集積されており、このブラッグミラーは、窓5と重畳した領域内で所期のように湾曲されている。ブラッグミラーの後ろ側には、応力固定層（*Verspannungsschicht*）8が設けられており、応力固定層8は、例えば、湾曲を生じる引張応力を半導体に形成し、それにより、窓から見て、半導体の凹状の湾曲が、窓と重畳する領域内に形成される。

30

【0091】

安定化層9を介して、半導体の湾曲乃至湾曲半径が安定化され、半導体は、有利には、外部冷却体10、例えば、Cuを含有する冷却体と熱伝導するように結合されて、冷却体上に安定化層が有利に設けられている。担体、半導体、応力固定層及び安定化層を有する構造は、例えば、図5に示された構造をバラバラにすると得ることができる。

40

【0092】

半導体1は、窓の領域内に湾曲部分領域を有しており、湾曲部分領域の外側に延びており、これに隣接して横方向に、担体の表面に対してほぼ平坦である。

【0093】

半導体1の後ろ側には、この実施例では平坦に構成された外部ミラー11が設けられていて、半導体1に集積されたブラッグミラーと共に、活性領域内に形成されるビーム13用の、有利にはまっすぐな、又は、屈折なしの外部共振器を構成している。

両ミラー間には、ビームフィールドを形成することができ、このビームフィールドは、活

50

性領域内で励起して放射することによって、レーザビーム用に増幅することができる。

【0094】

ビーム形成のために、活性領域は、ポンピングビーム12を形成する外部ポンピングレーザを用いて、光ポンピングされる。ポンピングビーム12は、活性領域内で吸収され、比較的大きな波長の、例えば、赤外領域内のビーム13として再放射される。ビームは、有利に出力結合ミラーとして構成された外部ミラー11として共振器から出力結合される。

【0095】

半導体構成素子は、この実施例では、外部共振器を有する半導体構成素子（VECSEL又は半導体ディスクレーザ）として構成させている。共振器でのビームのビーム成形は、ほぼ専ら半導体内の湾曲ブラッグミラーを介して行われる。有利に、半導体構成素子は、基本モード、例えば、ガウス基本モード TE_{00} で作動可能である。湾曲ブラッグミラーの焦点距離は、例えば、2～20mmである。

【0096】

共振器でのビーム成形用の、たいていの光学素子、殊に、湾曲した、つまり、比較的高価な光学素子を、有利にもなくすることができる。

【0097】

そのような半導体レーザ構成素子の製造のために、例えば、図4及び図5記載のウェーハ結合部内に、半導体乃至半導体層の所期の湾曲部が、半導体の形成用に設けられた部分領域内に形成される。

【0098】

図5の構造の後ろ側には、多数の外部ミラーの構成用に設けられていて、有利に平坦に構成された外部ミラー層が設けられている。半導体乃至活性領域及びミラー層に対する垂直方向の間隔は、間隔保持器を介して、例えば、担体層の、半導体層列に対向する面上で調整することができる。活性領域に対して相対的に平坦な外部ミラーの調整は、簡単に、予めウェーハ結合部で実行することができる。

【0099】

更に、半導体内に集積されたブラッグミラーの湾曲部を介して、短い共振器、例えば、5mmよりも短い共振器長を、効率的なレーザ作動用に簡単に実現することができる。パルス作動中、50MHzよりも高いパルスの時間連続周波数の、高い変調周波数が簡単にアクセスされる。つまり、短縮した共振器長により、高い変調周波数に容易に達することができる。

【0100】

図7には、本発明の半導体構成素子の第2の実施例の部分断面略図が示されている。ほぼ、図7に示した構成素子は、図6に示した構成素子に相応している。図6とは異なり、図7の活性領域は、外部ポンピングレーザを用いて光ポンピングされるのではなく、ポンピングビーム源及び半導体は、共通の基板上に、有利には、エピタキシャルにより1つの成長基板上に製造される。

【0101】

このために、例えば、まず、表面放射半導体用の半導体層列が1つの基板上に成長され、後続して、半導体層列の部分領域が除去され、除去された領域内に、ポンピングビーム源がエピタキシャルに基板上に製造される。ポンピングビーム源及び半導体は、殊にモノリシックに集積するとよい。この際、ポンピングビーム源として、エッジ放射半導体レーザが特に適している。

【0102】

ポンピングビーム12は、例えば、多数のポンピングビーム源120から横方向に半導体1の活性領域に入力結合される。半導体は、図示のように、2つのポンピングビーム源間に設ける途よく、又は、ポンピングビーム源120の共振器と重畳してもよい。ポンピングビーム源の共振器は、横方向に例えば、ミラー面として構成することができる第1の側面14及び第2の側面15によって限定することができる。そのような側面は、例えば

、ウェーハ結合内で適切な列によってバラバラにする際に製造される構造から得ることができる。

【0103】

半導体の活性領域は、この実施例では、横方向にモノリシックに集積されたエッジ放射ポンピングレーザによって光ポンピングされる。

【0104】

図8には、本発明の半導体構成素子の第3の実施例の部分断面略図が示されている。ほぼ、半導体構成素子は、図6又は図7に示された構成素子に相応している。相応して、活性領域は、横方向にモノリシックに集積又は外部から光ポンピングすることができる。

【0105】

前述の実施例とは異なり、外部共振器には、ノンリニア光学素子16、例えば、ノンリニア光学結晶、例えば、BiBo（ビスマストリボラート）が、周波数変換用に設けられている。活性領域内で、光ポンプ又は誘起された放射によって形成乃至増幅されたビームは、ノンリニア光学素子16で周波数が通倍され（SHG：Second Harmonic Generation）、その結果、例えば、不可視の、例えば、赤外ビームから、可視の、例えば、緑色又は青色のビームが形成される。

【0106】

周波数変換されたビーム160は、外部ミラーを介して共振器から出力結合される。このために、外部ミラーが有利に、周波数変換されたビーム160に対して高透過性であり、周波数変換されていないビームに対して高反射性に構成されている。周波数変換の効率を高めるため、乃至、共振器の損失を小さく保持するために、ノンリニアな光学素子のビーム入口及び／又は出口側に反射防止コーティングを設けるとよい。

【0107】

半導体内の湾曲ミラー及び平坦な外部ミラーにより、外部ミラーの側の非屈折の直線の共振器を用いて、図8に線17を用いて示されているような、有利に僅かなビームウェストを達成することができる。例えば、Z又はW共振器による屈折も、湾曲した光学素子も有利になくすることができる。そのような手段は、共振器内部の損失、例えば、散乱、回折、反射又は吸収損失を高め、比較的成本高である。

【0108】

ノンリニアな光学素子16は、殊に、湾曲ミラーの焦点内に設けることができ、その結果、ノンリニア光学素子でのフォーカシングを用いて高められた電力密度により、周波数変換の効率が高められる。

【0109】

更に、活性領域は、共振器内に有利に、RPG構造により設けられている（RPG：Resonant Periodic Gain）。つまり、活性領域は、例えば、その量子井戸構造は、共振器で形成される定常波の波腹と重畳するように共振器内に設けられており、その結果、活性領域内で特に効率的に増幅することができるようになる。

【0110】

共振器の例示的なディメンショニングでは、共振器長さは凡そ10mmであり、湾曲ミラーの、担体から最も深い点は1μmである。

【0111】

図9には、本発明の半導体構成素子の第4の実施例が、部分断面略図で示されている。図9の実施例は、ほぼ図8の実施例に相応しており、図8の実施例との相違点は、別個の外部ミラー11がない点である。ミラー11は、ここでは寧ろ、ノンリニア光学素子上のコーティングとして、ノンリニア光学素子の、殊に活性領域とは反対側の面に形成される。こうすることによって、ノンリニア光学素子でのビームウェストを著しく低減することができるようになる。共振器からの光出口側のコーティング110は、有利に、活性領域内で形成されるビーム13の波長に対して高反射性であり、有利に、周波数変換ビーム160に対して高透過性である。

【0112】

この特許出願は、2004年8月23日付けドイツ連邦共和国特許出願第102004040762、2号の優先権、2004年10月29日付けドイツ連邦共和国特許出願第102004052686、9号の優先権を主張し、その全開示内容は、ここで明示的に、本件特許出願に採用している。

【0113】

本発明は、実施例の説明に限定されるものではない。寧ろ、本発明は、各新規要件、並びに、各要件の組合せを含むものであり、つまり、当該要件又は当該組合せ自体が明示的に請求の範囲又は実施例に記載されていないとしても、殊に、各要件の各組合せは請求の範囲に含まれているということである。

【図面の簡単な説明】

10

【0114】

【図1】本発明の方法の第1の実施例の中間ステップの部分断面略図。

【図2】本発明の方法の第1の実施例の中間ステップの部分断面略図。

【図3】本発明の方法の第1の実施例の中間ステップの部分断面略図。

【図4】図1、2と共に、本発明の方法の第2の実施例の中間ステップの部分断面略図。

【図5】図1、2、4と共に、本発明の方法の第2の実施例の中間ステップの部分断面略図。

【図6】本発明の半導体構成素子の第1の実施例の部分断面略図。

【図7】本発明の半導体構成素子の第2の実施例の部分断面略図。

【図8】本発明の半導体構成素子の第3の実施例の部分断面略図。

20

【図9】本発明の半導体構成素子の第4の実施例の部分断面略図。

【符号の説明】

【0115】

1 半導体

2 活性領域

3 ミラー構造

4 担体

5 窓

8 応力固定層

9 安定化層

30

10 外部冷却体

11 外部ミラー

12 ポンピングビーム

13 ビーム

16 ノンリニア光学素子

31 第1の層

32 第2の層

100 半導体層列

110 コーティング

120 ポンピングビーム源

40

160 周波数変換されたビーム

400 担体層

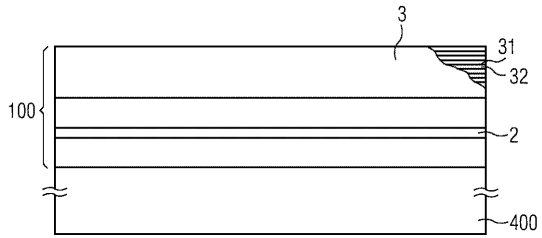
600 成形要素

601 部分領域

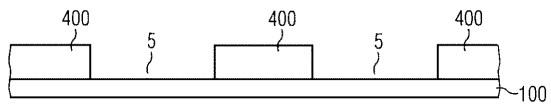
800 応力固定層

900 安定化層

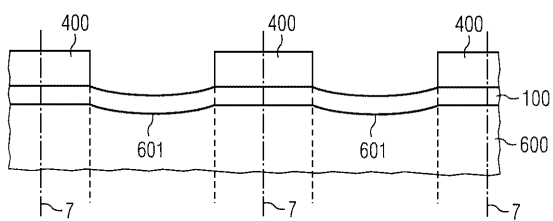
【図 1】



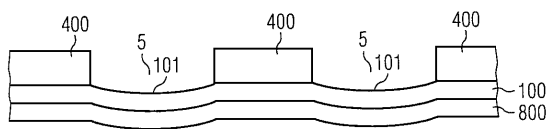
【図 2】



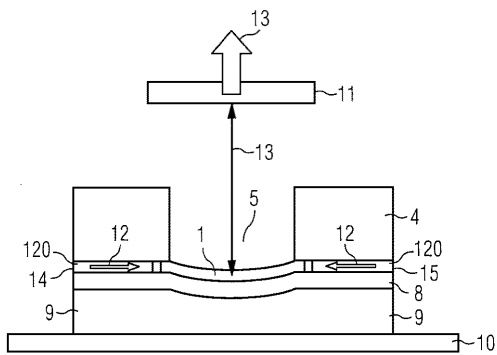
【図 3】



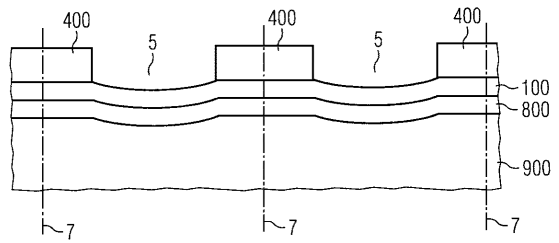
【図 4】



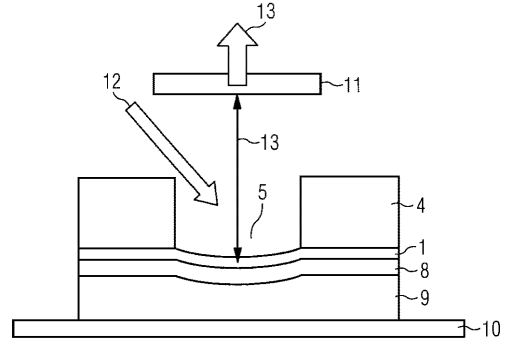
【図 7】



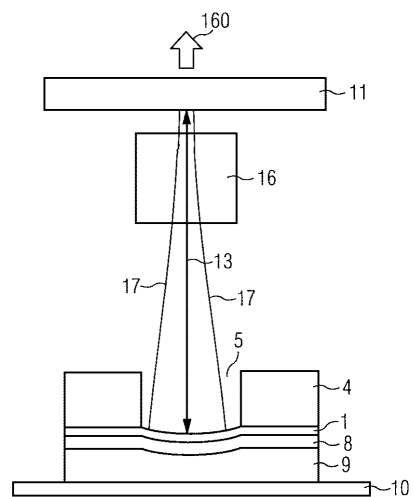
【図 5】



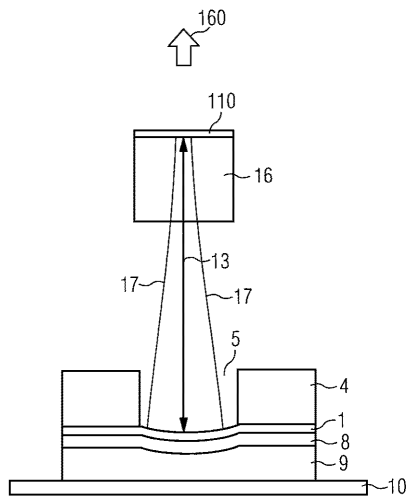
【図 6】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (74)代理人 100114890
弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト
- (72)発明者 ヴォルフガング ライル
ドイツ連邦共和国 ペントリンク シュールシュトラッセ 12
- (72)発明者 ウルリヒ シュテークミュラー
ドイツ連邦共和国 レーゲンスブルク グレフリンガーシュトラッセ 7
- (72)発明者 トニー アルブレヒト
ドイツ連邦共和国 パート アプバッハ エーリヒ＝ケストナー＝シュトラッセ 21
- (72)発明者 ヴォルフガング シュミット
ドイツ連邦共和国 ドイアーリング／ヒルローエ フルアーヴェーク 6

審査官 古田 敦浩

- (56)参考文献 特開平10-200200 (JP, A)
特開平09-064462 (JP, A)
特開2002-270961 (JP, A)
特開2001-260092 (JP, A)
特開2003-305696 (JP, A)
特開平05-055713 (JP, A)
米国特許出願公開第2003/0169797 (US, A1)
特開2001-156394 (JP, A)
特開2003-332686 (JP, A)
特開平08-222786 (JP, A)
米国特許第05461637 (US, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | | | |
|------|-------|---|-------|
| H01S | 5/00 | — | 5/50 |
| H01L | 33/00 | — | 33/64 |