

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分  
 【発行日】平成24年11月1日(2012.11.1)

【公開番号】特開2010-157691(P2010-157691A)  
 【公開日】平成22年7月15日(2010.7.15)  
 【年通号数】公開・登録公報2010-028  
 【出願番号】特願2009-263472(P2009-263472)  
 【国際特許分類】

H 0 1 S 5/026 (2006.01)

H 0 1 L 31/107 (2006.01)

H 0 1 L 21/205 (2006.01)

【F I】

H 0 1 S 5/026 6 1 0

H 0 1 L 31/10 B

H 0 1 L 21/205

【手続補正書】

【提出日】平成24年9月13日(2012.9.13)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 0 2】

ブロードバンドネットワークの急激な普及に伴い、光通信用デバイスの高速化、小型化、高機能化が重要な課題となっている。こうした背景のもと、従来は単独の素子として用いられていた半導体レーザ光源、変調器、受光器などの光機能素子を、一つの基板上にモノリシックに集積した光電子集積回路(OEIC: Optical Electrical Integrated Circuit)を備えた光半導体装置(OEICデバイス)の必要性が高まっている。OEICデバイスには、異なる、あるいは同様の機能を有する複数の光機能素子をひとつの基板上に形成することによる小型化、単独素子間の光結合に関わる手間と部品点数の削減による低コスト化、複数の異なる機能を有する機能素子の集積による高機能化・多機能化など多くのメリットがある。こうしたOEICデバイスでは、アレイ化した複数の光機能素子や、電気特性が異なる複数の光機能素子を同時に駆動させるため、光機能素子間の電氣的な絶縁が極めて重要となる。

素子の両面に電極を配置する光半導体装置で用いるInP基板は、n型又はp型の導電性基板か、絶縁性基板を用いる。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 1 5】

特許文献 1 のFe(鉄)-InP基板は、Zn(亜鉛)がドーピングされたp型導電性InP基板(Zn-InP基板)、あるいはS(硫黄)がドーピングされたn型導電性InP基板(S-InP基板)基板に比べ、格子欠陥の原因となるEPD密度が高い。例えば、Zn(亜鉛)ドーピングされた2インチ径p-InP基板のEPDは約 $200\text{cm}^{-2}$ 、S(硫黄)ドーピングされた2インチ径n-InP基板のEPDは約 $400\text{cm}^{-2}$ であるのに対して、Fe(鉄)がドーピングされたSI-InP基板のEPDは約 $5000\text{cm}^{-2}$ と、導電性基板に対してEPD密度が一桁以上高い。EPDの高さは、信頼性だけでなく、拡散現象と深く

相関している結晶欠陥を増大させるため、光半導体装置の電気特性の低下を招きやすい。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0043】

まず、n型InP基板3上へ、MOCVD法によりRuをドーブしたSI-InP層2を形成する。続いて、n型InPクラッド4、アンドープの量子井戸構造を順次積層する。量子井戸構造としては、例えばIn、Ga、Al、Asからなる量子井戸層と障壁層を10層程度交互に積層することにより、レーザ発振に好適な多重量子井戸構造5を形成できる。続いて、フォトリソグラフィとエッチングの組み合わせにより所望の長さの活性層のみを残し、アンドープ量子井戸層5を除去する。このとき、エッチングのマスクとして誘電体マスク9を用いる。続いて、パッシブ光導波路となるアンドープInGaAsPバルク層を再成長する。続いて、先に成長したDFBレーザに相当する領域と、所望の長さのパッシブ導波路を残して、フォトリソグラフィとエッチングの組み合わせにより、アンドープInGaAsPバルク層をエッチング除去する。続いて、電界吸収型(EA)変調器の光吸収層14となるアンドープ量子井戸層を再成長する。このとき、量子井戸構造としては、例えばIn、Ga、Al、Asからなる量子井戸層と障壁層を10層程度交互に積層することにより、電界吸収型光変調器の光吸収層14に好適な量子井戸構造を形成できる。また、各光機能部の再成長順序は、上記に限るものではない。続いて、干渉露光とエッチングの組み合わせにより、DFBレーザに相当する領域にのみ回折格子構造を形成する。続いて、ウェハ全面にp型InPクラッド層7および高濃度にp型にドーブされた $p^+$ 電極コンタクト層8を順次積層する。続いて、フォトリソグラフィとエッチングの組み合わせにより、メサを形成する。続いて、半絶縁InP埋め込み層10の再成長により埋め込みヘテロ構造を形成する。続いて、フォトリソグラフィとエッチングの組み合わせにより、RuがドーブされたSI-InP上のn型InP層が、隣接する素子間で完全に分離するようにエッチングし、かつ、n側の電極コンタクトのために、先に形成したSI-InP層をエッチングにより除去する。このとき、所望の厚さのn型InP層が残るようにエッチングの深さを調節する必要がある。続いて、ウェハの全面に絶縁膜を形成した後、DFBレーザのp電極12、EA変調器のp電極15、DFBレーザとEA変調器共通のn電極13を形成する。最後に、ウェハをバー状態にへき開し、両端面に所望の反射率を有する多層誘電体膜をコーティングし、隣接素子間が電氣的に分離されたEA/DFBレーザアレイを実現できる。これは個変化すれば、EA/DFBレーザとなる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0051】

図7は、実施例4の光半導体装置(光半導体集積デバイス:OEIC)の斜視図である。EA/DFBレーザアレイと多モード干渉器(MMI)とが集積されている。ただし図は飽くまで本実施例を説明するものであって、図の大きさと本実施例記載の縮尺や曲率などは必ずしも一致するものではない。ここではS-InPで構成されたn型InP基板を用いて説明するが、Zn-InPで構成されたp型InP基板を用いることができる。また、導電性InP基板上のSI-InP層として、Ru-InPを用いた例を説明するが、Os-InP層でもよい。なお、実施例4の光集積デバイスの作成法は実施例2から容易に推測可能であるため、ここでは詳細な説明は割愛する。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0060

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0060】

まず、先に述べた手法により作製したRu-InP基板91上へ、MOCVD法によりRuをドーブしたSI-InP層92を形成する(図8A)。続いて、S-InPで構成されたn型InPクラッド93、アンドープの量子井戸構造94を順次積層する(図8B)。量子井戸構造94としては、例えばIn、Ga、Al、Asからなる量子井戸層と障壁層を10層程度交互に積層することにより、レーザ発振に好適な活性層を形成できる。続いて、干渉露光とエッチングの組み合わせにより回折格子構造95を形成する(図8C)。続いて、Zn-InPで構成されたp型InPクラッドおよび高濃度にp型にドーブされたp<sup>+</sup>コンタクト層97を順次積層する(図8D)。続いて、フォトリソグラフィーとエッチングの組み合わせにより、誘電体マスク98でメサを形成する(図8E)。続いて、再成長により半絶縁InP埋め込み層99でメサを埋め込み、埋め込みヘテロ構造を形成する(図8F)。続いて、フォトリソグラフィーとエッチングの組み合わせにより、RuがドーブされたSI-InP上のS-InPで構成されたn型InP層が、隣接する素子間で完全に分離するようにエッチングし、かつ、n側の電極コンタクトのために、図8Fで形成したSI-InP層をエッチングにより除去する。このとき、所望の厚さのn型InP層が残るようにエッチングの深さを調節する必要がある(図8G)。続いて、ウェハの全面に絶縁膜を形成した後、p側、n側それぞれの電極コンタクト位置の半導体部のみ露出するように、フォトリソグラフィーとエッチングの組み合わせによりスルーホールを形成する(図8H)。このときの絶縁膜(パッシベーション膜)としては、例えば酸化シリコンなどが適している。続いて、図8Hで形成したスルーホール部に、公知の材料であるTi/Auなどの電極(DFBレーザp電極911、n電極912)を形成する(図8I)。最後に、ウェハをパー状態にへき開し、両端面に所望の反射率を有する誘電体膜をコーティングすることにより、隣接素子間が電氣的に分離されたDFBレーザアレイを実現できる。本光半導体装置の斜視図を図9に、図9の光軸方向の部分断面図を図10に示す。

## 【手続補正6】

## 【補正対象書類名】明細書

## 【補正対象項目名】0065

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0065】

まず、先に述べた手法により作製したRu-InP基板上へ、MOCVD法によりRuをドーブしたSI-InP層を形成する。続いて、n型の導電性を有するInPクラッド、アンドープの量子井戸構造を順次積層する。量子井戸構造としては、例えばIn、Ga、Al、Asからなる量子井戸層と障壁層を10層程度交互に積層することにより、レーザ発振に好適な活性層を形成できる。続いて、フォトリソグラフィーとエッチングの組み合わせにより所望の長さの活性層のみを残し、アンドープ量子井戸層を除去する。このとき、エッチングのマスクとして誘電体を用いる。続いて、パッシブ光導波路となるアンドープInGaAsPバルク層を再成長する。続いて、先に成長したDFBレーザに相当する領域と、所望の長さのパッシブ導波路を残して、フォトリソグラフィーとエッチングの組み合わせにより、アンドープInGaAsPバルク層をエッチング除去する。続いて、電界吸収型(EA)変調器の光吸収層となるアンドープ量子井戸層を再成長する。このとき、量子井戸構造としては、例えばIn、Ga、Al、Asからなる量子井戸層と障壁層を10層程度交互に積層することにより、電界吸収型光変調器の光吸収層に好適な量子井戸構造を形成できる。また、各光機能部の再成長順序は上記に限るものではない。続いて、干渉露光とエッチングの組み合わせにより、DFBレーザに相当する領域にのみ回折格子構造を形成する。続いて、ウェハ全面にp型の導電性を有するInPクラッドおよび高濃度にp型にドーブされた電極コンタクト層を順次積層する。続いて、フォトリソグラフィーとエッチングの組み合わせにより、メサを形成する。続いて、再成長により埋め込みヘテロ構造を形成する。続いて、フォトリソグラフィーとエッチン

グの組み合わせにより、RuがドーブされたSI-InP上のn型InP層が、隣接する素子間で完全に分離するようにエッチングし、かつ、n側の電極コンタクトのために、先に形成したSI-InP層をエッチングにより除去する。このとき、所望の厚さのn型InP層が残るようにエッチングの深さを調節する必要がある。続いて、ウェハの全面に絶縁膜を形成した後、EA変調器およびDFBレーザのp側、n側それぞれの電極コンタクト位置の半導体部のみが露出するように、フォトリソグラフィとエッチングの組み合わせによりスルーホールを形成する。このときの絶縁膜としては、例えば酸化シリコンなどが好適である。続いて、先に形成したスルーホール部に、公知の材料であるTi/Auなどの電極を形成する。最後に、ウェハをパー状態にへき開し、両端面に所望の反射率を有する誘電体膜をコーティングすることにより、隣接素子間が電氣的に分離されたEA/DFBレーザアレイを実現できる。