【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17年6月23日(2005.6.23)

【公開番号】特開2003-283047(P2003-283047A)
【公開日】平成15年10月3日(2003.10.3)
【出願番号】特願2002-86567(P2002-86567)
【国際特許分類第７版】
　Ｈ０１Ｓ　　5/12
【ＦＩ】
　Ｈ０１Ｓ　　5/12

【手続補正書】
【提出日】平成16年9月27日(2004.9.27)
【手続補正１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】特許請求の範囲
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
　リッジ導波路にｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層を備えたリッジ導波路型分布帰還レーザであって、前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたことを特徴とするリッジ導波路型分布帰還レーザ。
【請求項２】
　前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたことを特徴とする請求項１記載のリッジ導波路型分布帰還レーザ。
【請求項３】
　リッジ導波路に設けられたｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層およびこのｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層とｐ型のコンタクト層との間に設けられたｐ型のＩｎＰ層を備えたリッジ導波路型分布帰還レーザであって、前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$とし、併せて前記ｐ型のＩｎＰ層のキャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたことを特徴とするリッジ導波路型分布帰還レーザ。
【請求項４】
　前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$とし、併せて前記ｐ型のＩｎＰ層のキャリア濃度を２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたことを特徴とする請求項３記載のリッジ導波路型分布帰還レーザ。
【請求項５】
　リッジ導波路に設けられたｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層およびこのｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層と量子井戸活性層との間に設けられたｐ型のＩｎＰ層を備えたリッジ導波路型分布帰還レーザであって、前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$とし、併せて前記ＩｎＰ層のキャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたことを特徴とするリッジ導波路型分布帰還レーザ。
【請求項６】
　前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から

３．０×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$とし、併せて前記ｐ型のＩｎＰ層のキャリア濃度を２．０×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$から３．０×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$としたことを特徴とする請求項５記載のリッジ導波路型分布帰還レーザ。

【請求項７】

リッジ導波路にｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層およびこのｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層を挟む上下のｐ型のＩｎＰ層を備えたリッジ導波路型分布帰還レーザであって、前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を１．５×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$から４．０×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$とし、併せて前記上下のＩｎＰ層のキャリア濃度を１．５×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$から４．０×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$としたことを特徴とするリッジ導波路型分布帰還レーザ。

【請求項８】

前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を２．０×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$から３．０×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$とし、併せて前記上下のＩｎＰ層のキャリア濃度を２．０×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$から３．０×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$としたことを特徴とする請求項７記載のリッジ導波路型分布帰還レーザ。

【手続補正２】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】０００１

【補正方法】変更

【補正の内容】

【０００１】

【産業上の利用分野】

この発明は、リッジ導波路内に回折格子を有するリッジ導波路型分布帰還（ＤＦＢ）レーザに関するものである。

【手続補正３】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】０００２

【補正方法】変更

【補正の内容】

【０００２】

【従来の技術】

ｎ型の半導体基板を用いたこの種のリッジ導波路型分布帰還（ＤＦＢ）レーザは、ｎ型の半導体基板上にｎ型の第１クラッド層、ｎ型の第２クラッド層、ｎ型の光閉じ込め層、量子井戸活性層、ｐ型の光閉じ込め層、ｐ型のクラッド層を順次形成し、このｐ型のクラッド層の上にリッジ導波路を形成したものである。リッジ導波路は、例えばｐ型のＩｎＰ層の上に、ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層を形成し、その上にｐ型のＩｎＰ層を形成している。

【手続補正４】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】０００４

【補正方法】変更

【補正の内容】

【０００４】

この従来のリッジ導波路型分布帰還レーザにおいて、リッジ導波路は、ｐ型のＩｎＰ層を形成し、その上にｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層を形成した後、P型のＩｎＰ層を埋め込み成長して形成される。しかし、この埋め込み成長時に、その再成長界面にシリコンＳｉがパイルアップ（堆積）する。このシリコンは大気中または水分中に含まれるシリコンに由来するもので、ｐ型の半導体層内ではｎ型のドーパントとして振舞う。従って、ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層およびその上下のｐ型のＩｎＰ層の途中にシリコンのパイルアップによるｎ型層が存在すると、ｐｎｐ接合が形成されてしまい、抵抗が高くなる。

通常は、ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層およびその上下のｐ型のＩｎＰ層中のｐ型のドーパントである亜鉛Ｚｎが拡散してきて、シリコンと結合してシリコンが補償され、ｎ型のドーパントとして振舞わなくなる。
【手続補正５】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００５
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００５】
ところが、このレーザの構造において、再成長界面の直下にはｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層が存在しており、しかも従来のこのレーザでは、このｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度は1×10^{18} cm^{-3}以下と低い。従ってこのＩｎＧａＡｓＰはＩｎＰより、亜鉛Ｚｎの固溶度が高いため、亜鉛Ｚｎはｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層の上のｐ型のＩｎＰ層からｐ型のＩｎＰＧａＡｓＰ回折格子層へ拡散してきて、ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層の直上の亜鉛Ｚｎの濃度が低減する。その結果、ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層の直上のシリコンパイルアップ物が亜鉛Ｚｎにより補償されずに、ｎ型層が残存し、レーザの抵抗が高くなる。
【手続補正６】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００６
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００６】
この発明は、この問題を改善し、回折格子層直上のシリコンのパイルアップを亜鉛Ｚｎにより補償して、より抵抗を低くできるリッジ導波路型分布帰還レーザを提案するものである。
【手続補正７】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００７】
【課題を解決する手段】
この発明によるリッジ導波路型分布帰還レーザは、リッジ導波路にｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層を備えたリッジ導波路型分布帰還レーザであって、前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を1.5×10^{18} cm^{-3}から4.0×10^{18} cm^{-3}としたことを特徴とする。
また、この発明によるリッジ導波路型分布帰還レーザは、前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を2.0×10^{18} cm^{-3}から3.0×10^{18} cm^{-3}としたことを特徴とする。
【手続補正８】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００８
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００８】
また、この発明によるリッジ導波路型分布帰還レーザは、リッジ導波路に設けられたｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層およびこのｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層とｐ型のコンタクト層との間に設けられたｐ型のＩｎＰ層を備えたリッジ導波路型分布帰還レーザであって、前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を1.5×10^{18} cm^{-3}

から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$とし、併せて前記ｐ型のＩｎＰ層のキャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたことを特徴とする。

また、この発明によるリッジ導波路型分布帰還レーザは、前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$とし、併せて前記ｐ型のＩｎＰ層のキャリア濃度を２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたことを特徴とする。

【手続補正９】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００９
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００９】

また、この発明によるリッジ導波路型分布帰還レーザは、リッジ導波路に設けられたｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層およびこのｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層と量子井戸活性層との間に設けられたｐ型のＩｎＰ層を備えたリッジ導波路型分布帰還レーザであって、前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$とし、併せて前記ＩｎＰ層のキャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたことを特徴とする。

また、この発明によるリッジ導波路型分布帰還レーザは、前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$とし、併せて前記ｐ型のＩｎＰ層のキャリア濃度を２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたことを特徴とする。

【手続補正１０】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１０
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００１０】

また、この発明によるリッジ導波路型分布帰還レーザは、リッジ導波路にｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層およびこのｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層を挟む上下のｐ型のＩｎＰ層を備えたリッジ導波路型分布帰還レーザであって、前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$とし、併せて前記上下のＩｎＰ層のキャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたことを特徴とする。

また、この発明によるリッジ導波路型分布帰還レーザは、前記ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度を２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$とし、併せて前記上下のＩｎＰ層のキャリア濃度を２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたことを特徴とする。

【手続補正１１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１５
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００１５】

各リッジ導波路ＲＷを含む各突条の最下層はｐ型の下ＩｎＰ層８であり、これはｐ型のクラッド層７の上面に形成されている。この各下ＩｎＰ層８の上には、ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ層１０が形成され、これはリッジ導波路ＲＷではｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層９として構成されている。これらのｐ型のＩｎＧａＡｓＰ層９、１０の厚さは例えば０．０６μｍ、ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層９のｐ型キャリア濃度は、１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$であり、またｐ型のＩｎＧａＡｓＰ層１０のｐ型キ

ャリア濃度は１×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$である。ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層９のキャリア濃度は、特に２．０×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$から３．０×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$とするのが適当であり、実施の形態１では、具体的には、２．５×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$とした。
【手続補正１２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００２１
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００２１】
図４（ａ）の第３工程では、レジスト膜２３に対し、回折格子形成のためのパターニングを行う。このパターンは、リッジ導波路ＲＷの延長方向に約２０００Åのピッチで形成され、そのリッジ導波路ＲＷの延長方向と直角な方向の幅は１０μｍである。図４（ａ）の右側図は、リッジ導波路ＲＷの延長方向における断面であり、その左側図は、その上面図である。レジスト２３の残っている部分２３ｂと、レジスト２３が除去された部分２３ａが形成される。リッジ導波路ＲＷの延長方向と直角な方向の幅を１０μｍとしたが、これを数μｍと狭くすれば、パターンにムラが発生して、正確なパターニングができないためである。
【手続補正１３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００２５
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００２５】
図５（ｂ）（ｃ）の第７工程では、メタンガスと水素ガスプラズマを用いたドライエッチングを行い、レジスト２４とＳｉＯ２絶縁膜２２をマスクにして、レジスト２４とＳｉＯ２絶縁膜２２の両者の存在しない部分の下部のｐ型のＩｎＰ層２１とその下のｐ型のＩｎＧａＡｓＰ層１０とをエッチングする。これにより、幅がリッジ導波路ＲＷの幅に等しい回折格子層９が約２０００Åのピッチをもって形成される。図６（ｂ）の右側図はリッジ導波路ＲＷの延長方向における断面図、その左側図はその上面図である。図６（ｂ）右側図はその左側図のＡ－Ａ線断面図である。図６（ｃ）は、図６（ｂ）の左側図のＢ－Ｂ線断面図である。
【手続補正１４】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００２６
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００２６】
図６（ａ）の第８工程では、ウエハを硫酸系の液で前処理した後、回折格子９の上に、ｐ型の上ＩｎＰ層１１とｐ型のコンタクト層１２を埋め込み成長させる。この際、最初に形成した位置合わせ用のマーカーをＳｉＯ２膜でカバーしておく。このカバーにより、最後まで同一のマーカーを位置合わせに使用できるので、すべての写真製版工程の位置ずれを小さくできる。
【手続補正１５】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３５
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３５】
実施の形態１は、ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層９のｐ型キャリア濃度を１．５×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$から４．０×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$と高くしたことを特徴とする。このｐ型の

ＩｎＧａＡｓＰ回折格子層９のｐ型キャリア濃度は、特に２×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$の範囲にするのが適当であり、実施の形態１では、具体的には２．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$とした。従来のこの種のレーザにおけるｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のキャリア濃度は１．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$以下と低い。

【手続補正１６】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３６
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３６】
このようにｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層９のキャリア濃度を高くすると、ＩｎＧａＡｓＰの亜鉛Ｚｎの固溶度が高いにもかかわらず、亜鉛Ｚｎはｐ型のＩｎＰ層１１からｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層９に余り拡散しない。従って、ＩｎＧａＡｓＰ回折格子層９の直上の亜鉛Ｚｎの濃度が低減するのを防ぐことができ、ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層９の直上のシリコンＳｉのパイルアップを亜鉛Ｚｎにより補償することができ、その部分におけるｎ型層の残存をなくして、レーザ抵抗の増大を防ぐことが可能となる。なお、ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層９のｐ型キャリア濃度を余り大きくすると、耐圧の低下が問題になるので、４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$までの値に抑える必要がある。

【手続補正１７】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３８
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３８】
実施の形態２．
実施の形態２は、p型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層９のｐ型キャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$、特に２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$とするとともに、上下のｐ型ＩｎＰ層８、１１のｐ型キャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$、特に２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたものである。このＩｎＰ層８、１１のキャリア濃度は、具体的には、２．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$とした。このＩｎＰ層８、１１のキャリア濃度の増大は、シリコンＳｉのパイルアップによる直列抵抗の増大を防止するのに有効であり、ＩｎＧａＡｓＰ回折格子層９のキャリア濃度の増大と相俟って、より確実にシリコンのパイルアップによるｎ型層の発生を防止できる。なお、ＩｎＰ層８、１１は、少なくともそのいずれか一方のキャリア濃度を前述の値まで増大させることによっても、同様な効果が得られる。
また、図３（ａ）の第１工程から図５（ｂ）（ｃ）の第７工程で使用されるｐ型ＩｎＰ層２１のキャリア濃度を、ＩｎＰ層８、１１と同様の値に増大することも有効である。

【手続補正１８】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３９
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３９】
【発明の効果】
以上のようにこの発明によるリッジ導波路型半導体レーザは、ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層のｐ型キャリア濃度を１．５×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から４．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$、特に２．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$から３．０×１０^{１８}ｃｍ$^{－３}$としたものであり、このｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層の埋め込み成長にともなうシリコンのパイルアップによる抵抗の増大を防止し、レーザの直列抵抗の増大を防止して、その温度特性、高速動作特

性をも改善できる。
【手続補正１９】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００４０
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００４０】
　また、ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層と併せて、この回折格子層とｐ型のコンタクト層との間に設けられたｐ型のＩｎＰ層、回折格子層と量子井戸活性層との間に設けられたＩｎＰ層のｐ型キャリア濃度を、$1.5\times10^{18}\ cm^{-3}$から$4.0\times10^{18}\ cm^{-3}$、特に$2.0\times10^{18}\ cm^{-3}$から$3.0\times10^{18}\ cm^{-3}$としたものでは、さらに確実にシリコンのパイルアップによる抵抗の増大を防止し、レーザの直列抵抗の増大を防止できる。
【手続補正２０】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】符号の説明
【補正方法】変更
【補正の内容】
　【符号の説明】
　９　ｐ型のＩｎＧａＡｓＰ回折格子層、　８，１１　ｐ型のＩｎＰ層、　５　量子井戸活性層、　１２　ｐ型のコンタクト層。