

【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 16 日 (2005.6.16)

【公開番号】特開 2003-204122 (P2003-204122A)

【公開日】平成 15 年 7 月 18 日 (2003.7.18)

【出願番号】特願 2001-402091 (P2001-402091)

【国際特許分類第 7 版】

H 0 1 S 5/343

H 0 1 L 33/00

【F I】

H 0 1 S 5/343 6 1 0

H 0 1 L 33/00 C

【手続補正書】

【提出日】平成 16 年 9 月 16 日 (2004.9.16)

【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】

活性層を、p 型層と n 側層とで挟みこむ構造を有し、p 型層が p 側クラッド層を有し、n 側層が n 側クラッド層を有する窒化物半導体素子において、

前記活性層が In を含む窒化物半導体を有し、n 側クラッド層と活性層との間に In 混晶比が $z > 0$ である窒化物半導体からなる第 1 の窒化物半導体層を有し、p 側クラッド層と活性層との間に In 混晶比 u が $z > u$ である第 2 の窒化物半導体層を有することを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項 2】

活性層を、p 型層と n 側層とで挟みこむ構造を有し、p 型層が p 側クラッド層を有し、n 側層が n 側クラッド層を有する窒化物半導体素子において、
前記活性層が In を含む窒化物半導体を有し、n 側クラッド層と活性層との間に In を含む窒化物半導体からなる第 1 の窒化物半導体層を有し、p 側クラッド層と活性層との間に In 混晶比が 0 である第 2 の窒化物半導体層を有することを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項 3】

前記活性層が、活性層内の障壁層の中で、最も前記 n 側層側に配置された n 側障壁層 (2 a) と、最も前記 p 型層側に配置された p 側障壁層 (2 c) と、n 側障壁層 (2 a) と p 側障壁層 (2 c) との間に少なくとも 1 つの In を含む窒化物半導体からなる井戸層を有すると共に、

前記 p 側障壁層 (2 c) の n 側不純物濃度が、n 側障壁層 (2 a) の n 側不純物濃度より小さいことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 4】

前記 p 型層が、活性層と第 2 の窒化物半導体層との間、若しくは活性層と p 側クラッド層との間に、A 1 を含む窒化物半導体からなる p 側電子閉込め層を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 5】

前記 p 型層が、A 1 を含む窒化物半導体からなる p 側電子閉じ込め層を有し、該 p 側電子閉込め層が、活性層に接して、若しくはバッファ層を介して接して設けられていること

を特徴とする請求項 1 乃至 4 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 6】

前記バッファ層が、p 側電子閉込め層よりも低い Al 混晶比である Al を含む窒化物半導体からなること、若しくは GaN であることを特徴とする請求項 5 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 7】

前記活性層が、活性層内で最も p 側電子閉込め層に近くに、前記 n 側障壁層 (2 a) と p 側障壁層 (2 c) との間に設けられた井戸層 (1 a) を有し、該井戸層 (1 a) と p 側障壁層との距離が 100 以上であることを特徴とする請求項 4 乃至 6 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 8】

前記 n 側障壁層 (2 a)、及び / 又は、p 側障壁層 (2 c) が、活性層内で最も外側に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 9】

前記第 1 の窒化物半導体層が活性層に接して設けられることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の窒化物半導体素子。

【請求項 10】

前記第 1 の窒化物半導体層の膜厚が 300 以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 11】

前記井戸層 (1 a) と p 側障壁層 (2 c) との距離が、400 以下であることを特徴とする請求項 7 乃至 10 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 12】

前記活性層内で最も n 側層側に配置された層として n 側障壁層 (2 a) を有し、該 n 側障壁層 (2 a) と前記第 1 の窒化物半導体層との膜厚の和が、300 以上であることを特徴とする請求項 9 乃至 11 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 13】

前記第 1 の窒化物半導体層の In 混晶比 z と、前記 n 側障壁層 (2 a) の In 混晶比 v とが、 $z > v$ であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 14】

p 側障壁層 (2 c) が p 側不純物を有することを特徴とする請求項 1 乃至 10 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 15】

前記 p 側障壁層 (2 c) の n 側不純物濃度が、p 側不純物濃度より小さいことを特徴とする請求項 1 乃至 14 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 16】

前記 p 側障壁層 (2 c) の n 側不純物濃度が、 $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴する請求項 1 乃至 15 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 17】

前記 p 側クラッド層、n 側クラッド層が、光閉込めのクラッド層であり、Al を含む窒化物半導体を有することを特徴とする請求項 1 乃至 13 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 18】

前記活性層が In を含む窒化物半導体からなる井戸層を有する量子井戸構造を有し、前記第 1 の窒化物半導体層の In 混晶比が井戸層の In 混晶比より小さいことを特徴とする請求項 1 乃至 14 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 19】

前記活性層と第 1 の窒化物半導体層との間に、In 混晶比が 0 である窒化物半導体からなる n 側光ガイド層を有することを特徴とする請求項 1 乃至 19 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 20】

前記 p 側クラッド層と、n 側クラッド層とが、光閉込めのクラッド層であり、前記 p 側クラッド層と、n 側クラッド層との少なくとも一方は、少なくとも A1 を含む窒化物半導体を有する第 1 の層と、第 1 の層とはバンドギャップエネルギーの異なる第 2 の層とが交互に積層された多層膜クラッド層であることを特徴とする請求項 17 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 21】

前記 p 側クラッド層、n 側クラッド層の少なくとも一方と、活性層との間に、光ガイド層を有し、該光ガイド層は、少なくとも In を含む窒化物半導体を有する第 3 の層と、第 3 の層とはバンドギャップエネルギーの異なる第 4 の層とが交互に積層された多層膜光ガイド層であることを特徴とする請求項 16 又は 17 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 22】

前記 n 側層が、光ガイド層を有し、該 n 側層の光ガイド層と活性層との間に、第 1 の窒化物半導体層を有することを特徴とする請求項 22 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 23】

前記 p 型層が、光ガイド層を有し、該 p 型層の光ガイド層が、前記第 2 の窒化物半導体層を有することを特徴とする請求項 22 又は 23 記載の窒化物半導体素子。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

さらに、上記 n 側層中の第 1 の窒化物半導体層と p 型層中の第 2 の窒化物半導体層との間に活性層が設けられた素子構造において、前記活性層が、活性層内の障壁層の中で、最も前記 n 側層側に配置された n 側障壁層 (2a) と、最も前記 p 型層側に配置された p 側障壁層 (2c) と、n 側障壁層 (2a) と p 側障壁層 (2c) との間に少なくとも 1 つの In を含む窒化物半導体からなる井戸層を有すると共に、前記 p 側障壁層 (2c) の n 側不純物濃度が、n 側障壁層 (2a) の n 側不純物濃度より小さい構成とすることが好ましい。これは、後述するように、p 側障壁層 (2c) がキャリアの注入口となり、p 側障壁層 (2c) に n 側不純物が高濃度にドーピングされていると、ホールの活性層への注入を阻害する傾向にあるため、n 側障壁層 (2a) よりも n 側不純物濃度を小さくして、n 側、p 側障壁層の機能を異なるものとでき、キャリアの注入が良好なものとできる。一方で、n 側障壁層 (2a) は、p 側障壁層の n 側不純物濃度より大きくすることで、n 側層からのキャリアの注入を促進させる構造とできる。また p 側障壁層 (2c) の n 側不純物濃度としては、p 型層近く、若しくは接して形成されることから、p 側不純物の拡散が発生する場合があり、この場合、p 側障壁層 (2c) を n 側不純物ドーピングして形成すると、n 側、p 側不純物を有する障壁層となるため、p 側障壁層 (2c) のキャリア注入機能が低下する傾向にある。そのため、このような場合、好ましくは p 側障壁層 (2c) の n 側不純物濃度を p 側不純物濃度より小さくすると、このような機能低下を回避できる。また、p 側障壁層には、いずれにおいても、n 側不純物濃度を低濃度にすることが好ましく、具体的には、 $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 未満とすることで、p 側障壁層 (2c) の機能向上を図ることができる。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

また、p 側電子閉込め層の位置として好ましくは、活性層に接して、若しくはバッファ層を介して接して設けられていることで、電子閉込め機能を高めた構造とできる。バッ

ァ層については、後述するように、Alを含む窒化物半導体による大きな圧電界と、さらにAlを含む窒化物半導体が、活性層、井戸層に用いられるInを含む窒化物半導体近くに設けられることによる内部応力とによる活性層への悪影響を抑え、成長時においては、下地層として好適な結晶性を得られるように形成される。バッファ層の具体的な組成としては、後述するように、GaN若しくは、Al混晶比がp側電子閉込め層より小さいAlを含む窒化物半導体で構成すると良い。また、このようなp側電子閉込め層が、活性層、特に井戸層に及ぼす悪影響は、両者の距離を大きくすることで回避できることを示したが、バッファ層も、p側障壁層(2c)と同様に、このようなスペーサーとしての機能を持たせることができる。すなわち、活性層内で最もp側電子閉込め層に近くに、前記n側障壁層(2a)とp側障壁層(2c)との間に設けられた井戸層(1a)を有し、該井戸層(1a)とp側障壁層との距離が100以上とする構成により、素子特性に優れたものが得られる。この井戸層(1a)とp側障壁層との距離を決定するものは、両者の間に介在する層により決定されるものであり、具体的にはp側障壁層、活性層とp側電子閉込め層との間に介在するバッファ層であり、これらの層の膜厚を調節することにより、素子特性の向上を図れる。この距離の上限としては、後述するように、400以下とすることである。また、p側障壁層(2c)を、Inを含む窒化物半導体で構成すると、第1の窒化物半導体層と同様に、導波路、特に活性層近傍の屈折率を高めて、光閉込めのクラッド層との間で屈折率差を高めて、長波長域のレーザ素子、端面発光素子に優れた素子構造を形成することができる。第2の窒化物半導体層と、これらバッファ層、p側障壁層(2c)などのp側電子閉込め層と井戸層(1b)との間に介在する層との違いは、素子のバイアス時に、活性層近くに設けられたp側電子閉込め層の近傍において、p-n接合が形成されることにより、p-n接合部よりも活性層近くに配置されたバッファ層、p側障壁層(2c)は、p型層側にInを含む窒化物半導体を設けることによる悪影響を回避できる傾向にあるためである。