

【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 7 月 12 日 (2012.7.12)

【公表番号】特表 2010-521065 (P2010-521065A)

【公表日】平成 22 年 6 月 17 日 (2010.6.17)

【年通号数】公開・登録公報 2010-024

【出願番号】特願 2009-552709 (P2009-552709)

【国際特許分類】

H 0 1 L 21/20 (2006.01)

H 0 1 L 21/205 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 21/20

H 0 1 L 21/205

【手続補正書】

【提出日】平成 24 年 5 月 25 日 (2012.5.25)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

窒化物半導体材料の第 1 の層と、

前記窒化物半導体材料の第 1 の層上の、第 1 の格子定数を有する実質的に緩和された窒化物中間層であって、アルミニウム及びガリウムを含み、n 型ドーパントで導電的にドーピングされ、10% から 90% のガリウム濃度を有する窒化物中間層と、

前記窒化物中間層上の前記窒化物半導体材料の第 2 の層とを備える半導体構造であって、

前記窒化物半導体材料の前記第 1 の層、前記窒化物中間層、及び前記窒化物半導体材料の前記第 2 の層は、全体として少なくとも約 0.5 μm の厚さを有し、

前記窒化物半導体材料は、前記窒化物半導体材料の前記第 1 の層が前記実質的に緩和された窒化物中間層の一方の側において、前記窒化物半導体材料の前記第 2 の層が前記実質的に緩和された窒化物中間層の他方の側で受けるより大きい引っ張り歪みを受けるような、第 2 の格子定数を有することを特徴とする半導体構造。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記窒化物中間層はその内部に、前記窒化物中間層の材料組成とは異なる材料組成を有する、複数のディスクリット部を備えることを特徴とする半導体構造。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の半導体構造において、前記窒化物中間層は、第 1 のバンドギャップを有し、前記ディスクリット部は、前記第 1 のバンドギャップより小さい第 2 のバンドギャップを有することを特徴とする半導体構造。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の半導体構造において、前記ディスクリット部は、前記窒化物中間層の中に、約 0.1 / μm^2 から約 100 / μm^2 の間の量で存在することを特徴とする半導体構造。

【請求項 5】

請求項 2 に記載の半導体構造において、前記ディスクリット部は、直径において 0.0

1 μm から 0.1 μm の間であることを特徴とする半導体構造。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記窒化物半導体材料の前記第 2 の層は、前記実質的に緩和された窒化物中間層の一方の側で圧縮歪みを受け、前記窒化物半導体材料の前記第 1 の層は、前記実質的に緩和された窒化物中間層の他方の側で引っ張り歪みを受けることを特徴とする半導体構造。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記実質的に緩和された窒化物中間層の上に直接、不連続マスク層を更に備えることを特徴とする半導体構造。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の半導体構造において、前記不連続マスク層は、SiN 及び / 又は MgN を含むことを特徴とする半導体構造。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の半導体構造において、前記窒化物半導体材料の前記第 1 の層は、前記中間層より下で第 1 の転位密度を有し、前記窒化物半導体層の前記第 2 の層は、前記中間層より上で前記第 1 の転位密度より低い第 2 の転位密度を有することを特徴とする半導体構造。

【請求項 10】

請求項 7 に記載の半導体構造において、前記不連続マスク層は、BN を含むことを特徴とする半導体構造。

【請求項 11】

請求項 7 に記載の半導体構造において、前記窒化物半導体層の前記第 1 の層の上に直接、第 2 の不連続マスク層を更に備え、前記第 2 の不連続マスク層の上に、前記窒化物中間層が存在することを特徴とする半導体構造。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記窒化物中間層は、約 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ から約 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の濃度のシリコンでドーピングされることを特徴とする半導体構造。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記窒化物中間層は、傾斜層を備えることを特徴とする半導体構造。

【請求項 14】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記窒化物中間層は、複数の副層を備えることを特徴とする半導体構造。

【請求項 15】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記中間層は、複数の InAlN : Si / GaN : Si の対を含むことを特徴とする半導体構造。

【請求項 16】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記中間層は、複数の InAlGaN : Si / GaN : Si の対を含むことを特徴とする半導体構造。

【請求項 17】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記窒化物半導体材料の前記第 1 及び第 2 の層の平均的な歪みは、前記中間層を含まない対応する半導体構造より引っ張り歪みが小さい状態であることを特徴とする半導体構造。

【請求項 18】

請求項 1 に記載の半導体構造において、基板を更に備え、前記窒化物半導体材料の前記第 1 の層は前記基板の上に存在し、前記窒化物半導体材料は第 1 の熱膨張係数を有し、前記基板は、前記窒化物半導体材料の前記第 2 の層が高い成長温度より室温でより大きい引っ張り歪みを受ける傾向になるように、前記第 1 の熱膨張係数より小さい第 2 の熱膨張係数を有することを特徴とする半導体構造。

【請求項 19】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記第 2 の層は、前記第 2 の層の成長温度より室温でより緩和されることを特徴とする半導体構造。

【請求項 2 0】

請求項 1 9 に記載の半導体構造において、前記第 2 の層は、室温で実質的に緩和されることを特徴とする半導体構造。

【請求項 2 1】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記第 1 の層及び前記第 2 の層は、前記窒化物層の成長温度より約 7 0 0 から 8 0 0 の温度でより小さい湾曲を有することを特徴とする半導体構造。

【請求項 2 2】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記中間層は、前記中間層にわたっての電圧降下が 0 . 1 V 未満になるような厚さ及び抵抗率を有することを特徴とする半導体構造。

【請求項 2 3】

請求項 2 2 に記載の半導体構造において、前記中間層は、約 3 2 A / c m²の電流密度において、約 0 . 0 1 5 μ m の厚さ及び約 2 0 0 0 オーム c m 未満の抵抗率を有することを特徴とする半導体構造。

【請求項 2 4】

請求項 1 に記載の半導体構造において、前記窒化物中間層は、ある材料組成及びドーピング濃度を有する第 1 の窒化物中間層を備え、前記構造は、

前記窒化物半導体材料の前記第 2 の層上の第 2 の窒化物中間層であって、アルミニウム及びガリウムを含み、n 型ドーパントで導電的にドーパされ、前記第 1 の窒化物中間層の前記材料組成及び / 又はドーピング濃度とは異なる材料組成及び / 又はドーピング濃度を有する第 2 の窒化物中間層と、

前記第 2 の窒化物中間層上の前記窒化物半導体材料の第 3 の層とを更に備えることを特徴とする半導体構造。

【請求項 2 5】

請求項 2 4 に記載の半導体構造において、前記第 1 の窒化物中間層は、第 1 のガリウム濃度を有し、前記第 2 の窒化物中間層は、前記第 1 のガリウム濃度より大きい第 2 のガリウム濃度を有することを特徴とする半導体構造。

【請求項 2 6】

請求項 2 4 に記載の半導体構造において、前記第 1 の窒化物中間層は、第 1 のドーピング濃度を有し、前記第 2 の窒化物中間層は、前記第 1 のドーピング濃度より大きい第 2 のドーピング濃度を有することを特徴とする半導体構造。

【請求項 2 7】

半導体構造を形成する方法であって、

窒化物半導体材料の第 1 の層を形成するステップと、

前記窒化物半導体材料の第 1 の層の上に、アルミニウム及びガリウムを含み、n 型ドーパントで導電的にドーパされ、1 0 % から 9 0 % のガリウム濃度を有するように形成される第 1 の格子定数を有する実質的に緩和された窒化物中間層を形成するステップと、

前記窒化物半導体材料の第 2 の層を形成するステップであって、前記窒化物半導体材料の前記第 1 の層、前記窒化物中間層、及び前記窒化物半導体材料の前記第 2 の層は、少なくとも約 0 . 5 μ m の合わせた厚さを有するステップとを備え、

前記窒化物半導体材料は、前記窒化物半導体材料の第 1 の層が前記実質的に緩和された窒化物中間層の一方の側において、前記窒化物半導体材料の第 2 の層が前記実質的に緩和された窒化物中間層の他方の側で受けるより小さい引っ張り歪みを受けるような、第 2 の格子定数を有することを特徴とする方法。

【請求項 2 8】

請求項 2 7 に記載の方法において、前記窒化物半導体材料の前記第 2 の層は、前記実質的に緩和された窒化物中間層の一方の側で圧縮歪みを受けるように形成され、前記窒化物半導体材料の前記第 1 の層は、前記実質的に緩和された窒化物中間層の他方の側で引っ張

り歪みを受けるように形成されることを特徴とする方法。

【請求項 29】

請求項 27 に記載の方法において、前記窒化物半導体材料の前記第 2 の層を形成するステップの前に、前記実質的に緩和された窒化物中間層の上に直接、不連続マスク層を形成するステップを更に備えることを特徴とする方法。

【請求項 30】

請求項 29 に記載の方法において、前記不連続マスク層は、SiN 及び / 又は MgN を含むことを特徴とする方法。

【請求項 31】

請求項 29 に記載の方法において、前記不連続マスク層は、BN を含むことを特徴とする方法。

【請求項 32】

請求項 29 に記載の方法において、前記第 1 の窒化物層の上に直接、第 2 の不連続マスク層を形成するステップを更に備え、前記第 2 の不連続マスク層の上に、前記窒化物中間層が形成されることを特徴とする方法。

【請求項 33】

請求項 27 に記載の方法において、前記窒化物中間層は、約 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ から約 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の濃度のシリコンでドーピングされることを特徴とする方法。

【請求項 34】

請求項 7 に記載の方法において、前記窒化物中間層は傾斜層を備えることを特徴とする方法。

【請求項 35】

請求項 27 に記載の方法において、前記窒化物中間層を形成するステップは、複数の副層を形成するステップを備えることを特徴とする方法。

【請求項 36】

請求項 27 に記載の方法において、前記窒化物中間層は、複数の InAlN : Si / GaN : Si の対を含むことを特徴とする方法。

【請求項 37】

請求項 36 に記載の方法において、前記窒化物中間層は、複数の InAlGaN : Si / GaN : Si の対を含むことを特徴とする方法。

【請求項 38】

請求項 27 に記載の方法において、前記窒化物半導体材料の前記第 1 の層を形成するステップは、基板の上に前記窒化物半導体材料の第 1 の層を形成するステップを備え、前記窒化物半導体材料は第 1 の熱膨張係数を有し、前記基板は、前記第 2 の層が高い成長温度より室温でより大きい引っ張り歪みを受ける傾向になるように、前記第 1 の熱膨張係数より小さい第 2 の熱膨張係数を有することを特徴とする方法。

【請求項 39】

請求項 27 に記載の方法において、前記第 1 の層及び前記第 2 の層は、前記窒化物層の成長温度より約 700 から約 800 の温度でより小さい湾曲を有することを特徴とする方法。

【請求項 40】

請求項 27 に記載の方法において、前記中間層は、前記中間層にわたっての電圧降下が 0.1 V 未満であるような厚さ及び抵抗率を有することを特徴とする方法。

【請求項 41】

請求項 40 に記載の方法において、前記中間層は、約 32 A / cm^2 の電流密度において、約 0.015 μm の厚さ及び約 2000 オーム cm 未満の抵抗率を有することを特徴とする方法。

【請求項 42】

請求項 27 に記載の方法において、前記窒化物中間層を形成するステップは、前記窒化物中間層を約 800 の温度で形成するステップを備えることを特徴とする方法。

【請求項 4 3】

請求項 2 7 に記載の方法において、前記第 1 の層を形成するステップは、前記第 1 の層を約 $0.5 \mu\text{m}$ 未満の厚さを有するように形成するステップを備えることを特徴とする方法。

【請求項 4 4】

請求項 2 7 に記載の方法において、前記窒化物中間層は、ある材料組成及びドーピングを有する第 1 の窒化物中間層を備え、前記方法は、

前記窒化物半導体材料の第 2 の層の上に第 2 の窒化物中間層を形成するステップであって、前記第 2 の窒化物中間層はアルミニウム及びガリウムを含み、 n 型ドーパントで導電的にドーパされ、前記第 2 の窒化物中間層は、前記第 1 の窒化物中間層の前記材料組成及び / 又はドーピング濃度とは異なる材料組成及び / 又はドーピング濃度を有するステップと、

前記第 2 の窒化物中間層の上に、前記窒化物半導体材料の第 3 の層を形成するステップとを更に備えることを特徴とする方法。

【請求項 4 5】

請求項 4 4 に記載の方法において、前記第 1 の窒化物層は、第 1 のガリウム濃度を有し、前記第 2 の窒化物層は、前記第 1 のガリウム濃度より大きい第 2 のガリウム濃度を有することを特徴とする方法。

【請求項 4 6】

請求項 4 4 に記載の方法において、前記第 1 の窒化物層は、第 1 のドーピング濃度を有し、前記第 2 の窒化物層は、前記第 1 のドーピング濃度より大きい第 2 のドーピング濃度を有することを特徴とする方法。

【請求項 4 7】

請求項 2 7 に記載の方法において、前記窒化物中間層の中に、前記窒化物中間層の材料組成とは異なる材料組成を有する、複数のディスクリート部を形成するステップを更に備えることを特徴とする方法。

【請求項 4 8】

請求項 4 7 に記載の方法において、前記窒化物中間層は、第 1 のバンドギャップを有し、前記ディスクリート部は、前記第 1 のバンドギャップより小さい第 2 のバンドギャップを有することを特徴とする方法。

【請求項 4 9】

請求項 4 7 に記載の方法において、前記ディスクリート部は、前記窒化物中間層の中に、約 $40 / \mu\text{m}^2$ から $60 / \mu\text{m}^2$ の間の量で存在するように形成されることを特徴とする方法。

【請求項 5 0】

請求項 4 7 に記載の方法において、前記ディスクリート部 30 \AA は、 $0.01 \mu\text{m}$ から $0.1 \mu\text{m}$ の間の直径を有するように形成されることを特徴とする方法。

【請求項 5 1】

請求項 2 7 に記載の方法において、前記半導体構造の層をエッチングするステップを更に備え、前記窒化物中間層はエッチストップ層として用いられることを特徴とする方法。