

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4061019号  
(P4061019)

(45) 発行日 平成20年3月12日(2008.3.12)

(24) 登録日 平成19年12月28日(2007.12.28)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 33/00 (2006.01)  
H01L 21/20 (2006.01)H01L 33/00  
H01L 21/20

C

請求項の数 12 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-515300 (P2000-515300)  
 (86) (22) 出願日 平成10年10月6日 (1998.10.6)  
 (65) 公表番号 特表2001-519603 (P2001-519603A)  
 (43) 公表日 平成13年10月23日 (2001.10.23)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US1998/021160  
 (87) 國際公開番号 WO1999/018617  
 (87) 國際公開日 平成11年4月15日 (1999.4.15)  
 審査請求日 平成15年7月31日 (2003.7.31)  
 (31) 優先権主張番号 08/944,547  
 (32) 優先日 平成9年10月7日 (1997.10.7)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 592054856  
 クリー インコーポレイテッド  
 C R E E I N C.  
 アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2  
 7703 ダラム シリコン ドライブ  
 4600  
 (74) 代理人 100089705  
 弁理士 社本 一夫  
 (74) 代理人 100071124  
 弁理士 今井 庄亮  
 (74) 代理人 100076691  
 弁理士 増井 忠式  
 (74) 代理人 100075236  
 弁理士 栗田 忠彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】導電性緩衝中間層構造を有する炭化ケイ素基質上の第ⅢⅢ族窒化物フォトニックデバイス

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

第ⅢⅢ族窒化物デバイスのウェーハー前駆物質であって、炭化ケイ素基質表面に所定パターンの溝を含む前記炭化ケイ素基質；

前記炭化ケイ素基質上の緩衝層で、前記緩衝層が窒化ガリウムおよび窒化インジウムガリウムからなる群から選ばれる；および

応力誘発破壊が緩衝構造内の他の場所ではなくて前記所定パターンに沿って前記緩衝層内に生じることにより、応力誘発破壊の程度を小さくするように、前記基質の前記所定パターンの溝に追随する位置において前記緩衝層内に成長した複数の応力吸収結晶不連続性を含む

ウェーハー前駆物質。

## 【請求項2】

前記所定パターンが一辺当たり 250 ミクロンの正方形を形成するグリッド又は 250 × 500 ミクロンの矩形を形成するグリッドのいずれかである請求項1記載のウェーハー前駆物質。

## 【請求項3】

第ⅢⅢ族窒化物活性層を有するオプトエレクトロニックダイオードを含む請求項2記載の該ウェーハー前駆物質から形成されるオプトエレクトロニックデバイス。

## 【請求項4】

前記ダイオードが p-n ホモ接合、p-n シングルおよびダブルヘテロ接合、ならびに

p - n 量子接合ウェル構造からなる群から選ばれ、そして前記炭化ケイ素基質が 3 C、4 H、6 H、および 15 R ポリタイプからなる群から選ばれるポリタイプを有する請求項 3 記載のオプトエレクトロニックデバイス。

【請求項 5】

前記第Ⅲ族窒化物活性層が窒化ガリウム及び窒化インジウムガリウムから選ばれる請求項 3 記載のオプトエレクトロニックデバイス。

【請求項 6】

発光ダイオードを含む請求項 3 記載のオプトエレクトロニックデバイス。

【請求項 7】

請求項 6 記載の発光ダイオードを包含するピクセル。

10

【請求項 8】

請求項 7 記載の複数のピクセルを包含するディスプレー。

【請求項 9】

レーザーダイオードを含む請求項 3 記載のオプトエレクトロニックデバイス。

【請求項 10】

炭化ケイ素基質上に第Ⅲ族窒化物オプトエレクトロニックデバイスを生成させる方法であって、

該炭化ケイ素基質上に結晶を成長させるために別の方法で調製された炭化ケイ素基質表面に所定パターンの溝を形成させ；

緩衝層が、該炭化ケイ素基質表面の所定パターンに追従する該緩衝層の結晶構造において応力吸収不連続性を成長し、それによって成長中に結晶内のクラックを最小にするよう、該炭化ケイ素基質のパターン化された表面に窒化ガリウム及び窒化インジウムガリウムからなる群から選ばれる緩衝層を形成させ；そして

20

該緩衝層に第Ⅲ族窒化物活性層を有するオプトエレクトロニックデバイスを形成させる

ことを含む方法。

【請求項 11】

該溝を形成させる工程が、該炭化ケイ素基質の表面をマスキングし、その後該表面をエッチングして該パターンを生成させることを含む請求項 10 記載の方法。

【請求項 12】

30

第Ⅲ族窒化物活性層を有するオプトエレクトロニックデバイスを形成させる工程が、窒化ガリウムおよび窒化インジウムガリウムからなる群から選ばれる活性層を有するデバイスを形成させることを含む請求項 10 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

発明の分野

本発明は禁止帯の幅が広い物質におけるフォトニックデバイスに関し、とくに炭化ケイ素基質に第Ⅲ族窒化物活性層を形成させたフォトニックデバイスに関する。

発明の背景

ダイアモンド、炭化ケイ素、および窒化ガリウムのような禁止帯の幅が広い半導体物質は、その幅広い禁止帯の特徴がヒ化ケイ素またはヒ化ガリウムのような他の半導体よりも高エネルギー（したがって高周波及び短波長を有する）の光を発する可能性を該半導体にもたらすために近年著しい関心が寄せられている。とくに、炭化ケイ素、窒化ガリウム、及びある種の他の第Ⅲ族窒化物は高エネルギーの青色の部分を含む可視スペクトル全般に可視光を生じるだけの大きい禁止帯幅を有する。従ってこれらは青及び緑色の発光を有する半導体レーザー及び発光ダイオード（LEDs）の基礎となる。

40

【0002】

これらの物質中で窒化ガリウムは直接遷移形半導体であり、すなわち価電子帯から伝導帯への遷移が電子のための結晶運動量を必要としないのでとくに関心がある。その結果、遷移は極めて効率的に光を生じる。対照的に炭化ケイ素は間接遷移形半導体であり、禁止帯

50

幅の遷移エネルギーは一部はフォトンとして、そして一部は振動エネルギーとして放出される。したがって、窒化ガリウムは一定の動作電圧及び電流に対して炭化ケイ素よりも効果的に光を生じるという利点を与える。

【0003】

しかし他の半導体物質と同様に、使用可能なフォトニックデバイスを形成させる第1工程は所望の活性層を有する適当な結晶構造を作り上げるか、または入手することである。しかし半導体物質の構造上の特徴の差によって、使用できるように第ⅢⅢ族窒化物活性層デバイスを支持する材料は幾分限られる。

【0004】

現在発光ダイオードフォトニックデバイス用の市販構造はサファイア基質上に窒化ガリウム又は類似第ⅢⅢ族窒化物活性層を形成させる。サファイア( $Al_2O_3$ )は第ⅢⅢ族窒化物に対して比較的密な格子整合を与えるが、やはりある欠点を生じ、その最も極端であるのは電気的絶縁性である。したがってサファイア上に第ⅢⅢ族窒化物活性及び緩衝層(すなわち基質から活性層へ結晶構造の遷移をもたらす中間層)を形成させる場合に、サファイアはデバイスの活性部分への導電通路として用いることができない。これはサファイア上に設計して作ることができるデバイスの種類を制限し、とくにデバイスの接点をデバイスの反対面に置いて、基質、緩衝、および活性層間の直接導電通路とすることができる「垂直」デバイスを形成させる能力を制限する。

10

【0005】

したがって、本発明出願人を含めて第ⅢⅢ族窒化物フォトニックデバイスの基質候補者として他の物質の使用に関心が集められている。炭化ケイ素(SiC)は導電性にすることができる所以とくに魅力的な候補者であり、第ⅢⅢ族窒化物活性層に適切に緩衝させることができる格子整合(lattice match)を有し、そして優れた熱的及び機械的安定性を有する。

20

【0006】

それにもかかわらず、炭化ケイ素の結晶格子構造は炭化ケイ素基質上の適当な第ⅢⅢ族緩衝層の最良の候補者の中にあって導電性では無くて絶縁性であるようなものである。したがって、炭化ケイ素基質を導電性にすることができるけれども、炭化ケイ素基質と第ⅢⅢ族活性層フォトニックデバイスとの間の好ましい緩衝層の一部は絶縁性のままであり、したがって導電性炭化ケイ素基質の利点を最小限にする。

30

【0007】

たとえば、窒化アルミニウム( $AlN$ )は炭化ケイ素基質と第ⅢⅢ族活性層とくに窒化ガリウム活性層との間の優れた緩衝をもたらす。しかし窒化アルミニウムは導電性ではなくて絶縁性である。したがって、窒化アルミニウム緩衝層を有する構造は窒化アルミニウム緩衝をバイパスして導電性炭化ケイ素基質を第ⅢⅢ族窒化物活性層に電気的に連結させる短接点(shorting contact)が必要である。上記のようにこのような短接点はより有利なデバイス設計の幾分かを妨げる。

【0008】

もしくは、窒化ガリウム( $GaN$ )、窒化アルミニウムガリウム( $AlGaN$ )または窒化ガリウムと窒化アルミニウムガリウムとの混合物のような導電性緩衝層物質は短接点を無くすことができる。さらに、短接点を無くすことはエピタキシャル層の厚さを減じ、デバイスを作ることに必要な加工工程数を減少させ、全般的なチップの大きさを小さくし、そしてデバイスの効率を向上させる。したがって、第ⅢⅢ族窒化物デバイスは低コストで作ることができて優れた性能を発揮させることができる。

40

【0009】

それにも拘わらず、これら導電性緩衝物質はこれらの利点を付与するけれども、その炭化ケイ素との結晶格子整合は窒化アルミニウムの場合ほど満足できない。それゆえ、窒化ガリウム、窒化アルミニウムガリウム、またはこれらの混合物のエピタキシャル緩衝層を炭化ケイ素基質上に成長させる場合には、発光ダイオードまたはレーザーダイオードのようなフォトニックデバイスに必要な次のエピ層に過度の破壊を生じやすい。

50

## 【0010】

したがって、窒化アルミニウムの結晶格子整合の利点を与え、しかもなお同時に窒化ガリウム又は窒化アルミニウムガリウムの導電性の利点を与え、さらに絶縁性サファイア基質ではなくて導電性炭化ケイ素基質とともに使用できる緩衝構造に対する要望が存在する。発明の目的及び要約

したがって、本発明の目的は、第ⅢⅢ族窒化物活性層、導電性炭化ケイ素基質、および導電性緩衝層を有するが、該物質および層を今日まで妨げて来た破壊及び他の問題を無くしたフォトニックデバイス及びそのウェーハー前駆物質を製造することにある。

## 【0011】

本発明は、炭化ケイ素基質、第ⅢⅢ族窒化物活性層を有するオプトエレクトロニックダイオード、および炭化ケイ素基質とオプトエレクトロニックダイオードとの間の緩衝構造（該緩衝構造は導電性であると同時に適当な結晶性を与える）を含む第ⅢⅢ族窒化物活性層を有するフォトニックデバイスの場合にこの目的を満足させる。

10

## 【0012】

1つの態様において、緩衝構造は窒化ガリウム及び窒化インジウムガリウム（InGaN）からなる群から選ばれ、そして緩衝層内で生じる応力誘発破壊が緩衝層中の他の部分では無くて所定の領域に生じるように、緩衝層の結晶構造内に複数の所定応力除去領域を含む応力吸収構造を包含する。

## 【0013】

別の態様では、緩衝層は炭化ケイ素と窒化アルミニウムガリウム緩衝構造との間のヘテロバリヤーを最小にするかまたは無くすために炭化ケイ素基質表面に窒化ガリウム及び窒化インジウムガリウムからなる群から選ばれる複数の不連続結晶部分を包含する。

20

## 【0014】

本発明の前記及び他の目的及び利点は添付詳細な説明および図面と合わせ考えればより明らかになろう。

## 詳細な説明

図1は大まかに20で表す先行技術のデバイスの断面図である。図1に示すように、デバイス20は炭化ケイ素基質21、基質21の「背面」への接点22、第ⅢⅢ族窒化物活性層23、導電性ではなくて絶縁性である緩衝層24、導電性炭化ケイ素緩衝21及び活性層23との間の電気接点となる短接点25、および回路を完成して動作中にデバイス全体に電流を流させる上面接点26を含む。

30

## 【0015】

図2は本発明がよりコンパクトなデバイスをもたらす態様を示す。図2において、デバイスは大まかに30で表され、導電性炭化ケイ素基質31、背面接点32、活性層33および導電性緩衝構造34、ならびに上面接点35を含む。したがってこの発明は図1のデバイスの短接点（典型的には環状短接点）25を無くしている。その結果デバイス30は作りやすく、また操作上効率がよい。本発明で述べる活性層33がシングルp-n接合、シングルまたはダブルp-nヘテロ接合もしくはp-n接合量子ウェル構造を有するデバイスを表すことができることは理解されよう。該構造は米国特許第5,393,993号および第5,592,501号を含む多くの先行米国特許に記載されており、本発明をさらに説明する以外に別にここで詳しく述べる必要はない。

40

## 【0016】

図3は本発明によるデバイス30が大まかに40で表される三色ピクセル（さらにディスプレー41中の複数の該ピクセルの1つであることができる）の一部として異なる発光波長の類似のデバイス、とくに赤色発光ダイオード36及び緑色発光ダイオードを備えることができるることを示す。図4に図示される垂直線42及び水平線43は発光ダイオードを含むディスプレーで典型的に用いられるピクセルの行及び列を表す。

## 【0017】

第1の態様において、本発明は、炭化ケイ素基質31、第ⅢⅢ族窒化物活性層を有するフォトニックダイオード33、および炭化ケイ素基質31とダイオード33との間の窒化

50

ガリウム及び窒化インジウムガリウムからなる群から選ばれる緩衝構造34を含む第II族窒化物活性層を有するフォトニックデバイスである。とくに、緩衝構造は、緩衝構造内に生じる応力誘発破壊が構造中の他の部分では無くて所定の領域に生じるように緩衝構造34の結晶構造内に複数の所定の応力除去領域からなる応力吸収構造を包含する。

【0018】

図5は複数のデバイス前駆物質を具備し、かつ本発明の応力吸収構造を具備するウェーハーの略図である。図5は溝45のグリッドパターンを重ねた大まかに44で表されるウェーハーを示す。図6は横断面配列状の同じウェーハー44及び溝45を示す。溝45を有するウェーハー44上に次のエピタキシャル層46(図7)を成長させると、エピタキシャル層46の表面は一連の不連続47を有する傾向があり、その位置はウェーハー44中にパターンを形成する溝45の位置を再現する。この不連続47は緩衝層46の結晶格子構造が炭化ケイ素ウェーハー44上に成長するにつれて応力が除去される領域を形成する。その結果、格子不整合(または他の要因)に起因するような応力はランダムな位置ではなくて意図された位置に生じ、したがって著しい応力破壊の恐れなしに残りの領域にデバイスを形成させることができる。

【0019】

上記及び図5に示すように、1つの好ましい態様において、応力除去領域の所定のパターンはグリッドを含み、そのグリッドは好ましくは個々のデバイスを形成する所望または必要なサイズに形成させることができる。たとえば、個々のデバイスが発光ダイオードである場合には、好ましいグリッドパターンは一辺当たり約250ミクロンの正方形を形成する。若しくは、レーザーダイオードのような異なるデバイスの場合には、グリッドは約250×500ミクロン(μ)の矩形を形成することができる。

【0020】

図10は、(幾分三角形または六角形のパターンのように見える)破壊がエピタキシャル層を損ない、そしてフォトニックデバイスとしては欠陥品または使用できないものとなる程度を示す倍率10(実際の大きさの10倍)で撮ったSEM写真である。

【0021】

図11は別の倍率10のSEM写真であって、エピタキシャル層中の溝のグリッドパターンを示す。図10と比べると、図11に見られる表面は破壊欠陥が比較的存在しない。

【0022】

図12は別の倍率10のSEM写真であって、さらに小さいグリッドパターンを示す。図11と同様に、図10に見られた破壊が全く存在しない。

【0023】

図13はとくに本発明の利点を示す倍率50のSEM写真である。図13では、グリッド部分の1つが大きな欠陥(幾分“X”状の)を含んでいる。しかしこの欠陥はグリッド線で終わり、ウェーハーの複数のデバイス部分では無くてわずか1つのデバイス(またはデバイス前駆物質)を損なうだけである。

【0024】

図14は、欠陥がさらに表面全体に広がらずグリッド線で終わるために同様に1つの欠陥グリッド部分(写真の右下部分)を示す倍率100のSEM写真である。

【0025】

図15は本発明のいずれの態様も含まない表面を示す倍率100のSEM写真である。図10と同様に、欠陥の幾何学的パターンがかなり明らかである。

【0026】

他の態様において、応力吸収構造が、図8及び9においてもっともよく示される小さなメサ構造の所定のパターンを含むことができる。図8および9において、炭化ケイ素基質は50で表され、小さなメサ構造は51で表される。メサ構造51は選ばれた緩衝物質の成長が嫌われる物質からなる。窒化ガリウムまたは窒化インジウムガリウム緩衝構造の場合には、好ましい物質は二酸化ケイ素、窒化ケイ素、および酸化アルミニウムからなる群から選ばれる。

10

20

30

40

50

## 【0027】

図9は図8と同じ構造を示すが、ただし炭化ケイ素基質50上に緩衝物質をエピタキシャル層として成長させている。エピタキシャル層部分は52で表す。図9に示すように、メサ51上では緩衝物質の成長が嫌われる所以、エピタキシャル層52は、その間に所定の応力除去不連続構造を示すパターンを形成する。前記態様と同様に、メサ間の面積を、前記のようにLEDの場合には約250ミクロン、レーザーダイオードの場合には約 $250 \times 500 \mu$ のオーダーにある個々のデバイスとほど同じ大きさに合わせることができる。しかし、グリッドまたはメサ構造のいずれかのパターンの特定サイズは本発明を限定するものではなくて例示的なものであることは理解されよう。

## 【0028】

10

本発明によるウェーハー構造はオプトエレクトロニックデバイスにはとくに有利であるけれども、該構造はそれに限定されないで、その優れた構造性はウェーハーに形成される他のデバイスにとっても有利であることを理解されたい。

## 【0029】

バックグラウンドの部分に認められるように、緩衝層上に形成されるオプトエレクトロニックデバイスは、典型的に図1の23および図2の33で示すように、通常単一層ではなくて、むしろp-nホモ接合、p-nヘテロ接合、p-nシングル及びダブルヘテロ接合、ならびにp-n接合量子ウェル構造からなる群から選ばれる多層ダイオードである。

## 【0030】

20

好ましい態様では、炭化ケイ素基質は3C、4H、6H、および15Rポリタイプからなる群から選ばれるポリタイプを有する。もっとも好ましい態様では、ダイオードの第II族窒化物活性層は窒化ガリウムまたは窒化インジウムガリウムを含む。

## 【0031】

図16ないし17は本発明の他の態様を説明する。概して、略図的に全般的な構造は図2でも示されるが、炭化ケイ素基質31、フォトニックダイオード33および緩衝層34を含む。しかしこの態様において、緩衝層は窒化ガリウムまたは窒化インジウムガリウムではなくて窒化アルミニウムガリウムである。この態様は図16-17において白点として見える複数の不連続結晶部分を含む。不連続結晶部分は窒化ガリウム及び窒化インジウムガリウムの群から選ばれ、炭化ケイ素基質31と窒化アルミニウムガリウム緩衝構造34との間のヘテロバリヤーを最小にするかまたは無くすために炭化ケイ素基質表面にある。

30

## 【0032】

好ましい態様では不連続結晶部分は、ヘテロバリヤーを最小にするかまたは無くすだけの量であるが、炭化ケイ素基質31に形成して出来たダイオードデバイスの機能に悪影響を与えるか又は破壊すると思われる量よりは少ない量で存在する。図16-17の写真に示すように、不連続結晶部分は平方ミクロン当たり約40ないし60個存在する。

## 【0033】

40

さらに、不連続結晶部分のサイズはヘテロバリヤーを最小にするかまたは無くす程大きいが、炭化ケイ素基質31に形成させたダイオードデバイスの機能に悪影響を与えるかまたは破壊すると思われるサイズよりは小さいのが好ましい。好ましい態様では、不連続結晶部分は直径が0.01ないし0.1ミクロンである。

## 【0034】

前記態様と同様に、緩衝構造に形成されたオプトエレクトロニックデバイス33は発光ダイオードまたはレーザーダイオードを含むことができ、生成発光ダイオードはピクセルに組み込まれることができ、ピクセルはさらにディスプレーに組み込まれることができる。

## 【0035】

好ましい態様では、窒化アルミニウムガリウム緩衝層は約10ないし15%の原子分率のアルミニウムを有する。

## 【0036】

別の態様では、本発明は、導電性緩衝構造を有する炭化ケイ素基質上に第II族窒化物

50

オプトエレクトロニックデバイスを生成させる方法を含む。その方法態様において、本発明は結晶を成長させるために別に調製した炭化ケイ素基質表面に構造パターンを形成させ；炭化ケイ素基質表面の開口部のパターンに従う特徴を表すように炭化ケイ素基質のパターン化表面に窒化ガリウム及び窒化インジウムガリウムなる群から選ばれる緩衝層を形成させ；さらにその後緩衝層に第ⅢⅢ族窒化物活性層を有するオプトエレクトロニックデバイスを形成させることを含む。

【0037】

構造態様について述べたように、構造パターンを形成させる工程は炭化ケイ素基質表面に開口部のパターンを形成させるかまたは炭化ケイ素基質表面にメサ構造のパターンを形成させることができる。

10

【0038】

パターンが開口部を形成するときには、開口部を形成する工程は反応性イオンエッ칭またはマスキング及びエッチング工程のような方法を含むことができる。これらの工程はいずれも炭化ケイ素について比較的よく理解されており、炭化ケイ素についてドライエッチング法を例示する例えば米国特許第4,865,685号および第4,981,551号に言及する以外に別に述べる必要はない。

【0039】

メサ構造を具体化する場合には、該構造を二酸化ケイ素、窒化ケイ素、及び酸化アルミニウムからなり群から選ぶのが好ましい。構造環境の場合のように、第ⅢⅢ族活性層を有するオプトエレクトロニックデバイスは窒化ガリウムまたは窒化インジウムガリウムからなるのが好ましい。

20

【0040】

構造態様におけるように、本発明の方法は発光ダイオードまたはレーザーダイオードを形成させることを含み、そして発光を形成させるときには、該方法はさらにLEDをピクセルに組み込み、ピクセルをディスプレーに組み込むことができる。

【0041】

別の方法態様では、炭化ケイ素表面に窒化ガリウム及び窒化インジウムガリウムからなる群から選ばれる複数の不連続結晶部分を形成させることによってあらかじめ調製した炭化ケイ素基質に窒化アルミニウムガリウムの本発明の緩衝構造を形成させる。その後緩衝層に第ⅢⅢ族窒化物活性層を形成させる。

30

【0042】

本発明の構造態様で述べたように、該方法はヘテロバリヤーを最小にするかまたは無くすだけのサイズ及び量ではあるが、炭化ケイ素基質に形成して出来たダイオードデバイスの機能に悪影響を与えるかまたは破壊すると思われるサイズまたは量以下の不連続結晶部分を形成させることを含む。とくに本発明は通常予想されるレベルの静電放電に耐えることができるロバスト(robust)構造を付与する。

【0043】

第2の方法態様では、得られたデバイスを発光ダイオードとして作ることが出来、該方法はさらにLEDピクセルを組み込み、該ピクセルをディスプレーに組み込むことができる。該方法はLEDではなくてレーザーダイオードをつくることを含むことができる。

40

【0044】

本発明の他の態様と同様に、窒化アルミニウムガリウム緩衝層を用いる場合には、該層が約10ないし15%の原子分率のアルミニウムを有することが好ましい。

実施例

導電性緩衝LEDおよびレーザーダイオードを生成させる現行法では、まずGaNドットを付着させる。GaNドットの目的はSiC基質およびSiドープAlGaN緩衝層間のバリヤーを減少させることである。これは構造中の他のエピタキシャル層に用いられるよりもかなり低い温度で行われる。静電放電が悪影響を与えないようにドットを比較的小さく保つことが重要である。GaNドットは約6秒で付着させ、さらにSiドープAl<sub>10</sub>Ga<sub>90</sub>Nで約15秒間「キャッピング」する。このキャッピングの目的は加熱時のGaN

50

Nの解離を防ぐことである。この材料システムにおいて、NH<sub>3</sub> / H<sub>2</sub>雰囲気中ではAlGaNはGaNよりも安定であるので、AlのGaNへの添加、すなわちAl<sub>(1-x)</sub>Ga<sub>(x)</sub>Nは物質の解離速度を減少させる。ドットのキャッピング後、温度を緩衝層温度までランプ(ramp)させる。ランプ後緩衝層の成長が始まる前に約2分間温度を安定させる。

【0045】

特定実験において、NH<sub>3</sub>およびH<sub>2</sub>雰囲気中でそれぞれ13SLMおよび15SLMにおいて、SiCウェーハーを加熱する。GaNドット、AlGaNキャッピング、および続く緩衝層の成長の間これらのフローを一定に維持する。GaNドットの温度が約900に達するまで10分間にわたりランプさせる。系内の温度を約5分間安定させた後、約6秒間10 - 15ccのトリメチルガリウムを流すことによって(TMGA; -5, 600 torr)ドットを付着させる。ドットを確実に導電性とするために、TMGフローとともにSiHをも加える。SiH<sub>4</sub>の量は約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のキャリヤー濃度でGaNバルク層を成長させることによって測定する。GaNドットの付着直後、TMGおよびSiH<sub>4</sub>を流し続けるが、この場合にはトリメチルアルミニウムを添加する(TMA, 92cc, 25, 600 torr)。これは約10 - 11%AlGaNの「キャッピング」をもたらす。キャップの成長時間は15秒である。フロー(TMGA, TMAおよびSiH<sub>4</sub>)を停止して温度を典型的に約1060である緩衝温度にランプさせる。温度ランプは1秒で、温度を安定化させる間2分間続ける。緩衝層はさらに成長させる。典型的な条件は18cc TMG / 110cc TMA / .087cc SiH<sub>4</sub>である。緩衝層はほど11 - 12%AlGaNからなり、厚さは典型的に約1600ないし2700である。

【0046】

本発明の典型的な態様は図面および明細書で開示され、そして特定な用語を用いているけれども、それらは単に一般的で説明するための意味で用いられ、限定するためのものではなく、本発明の範囲は次のクレームに示されている。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は環状短接点を有する先行技術のダイオードの断面図である。

【図2】 図2は本発明によって生成させることができる垂直ダイオードの断面図である。

【図3】 図3は本発明によって形成されるピクセルの拡大略図である。

【図4】 図4は本発明による構造を包含する複数のピクセルを含むディスプレーの略図である。

【図5】 図5は本発明による応力除去構造を包含する炭化ケイ素ウェーハーの略図である。

【図6】 図6は図5のウェーハーの断面図である。

【図7】 図7は図5のウェーハーの断面図で、ウェーハー上に成長した緩衝層を略図で示す。

【図8】 図8は本発明の第2の態様を取り入れたウェーハーの断面図である。

【図9】 図9は図8と同一の断面図であるが、ウェーハー上の補足的結晶成長を示す。

【図10】 図10は本発明を取り入れないエピ層の走査型電子顕微鏡(SEM)による倍率10の写真である。

【図11】 図11は本発明によるエピ層を示す倍率10のSEM写真である。

【図12】 図12は本発明によるエピ層を示す別の倍率10のSEM写真である。

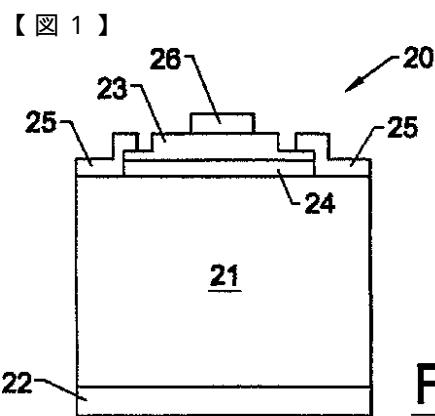
【図13】 図13は図12と類似のエピ層の倍率50のSEM写真である。

【図14】 図14は本発明によるエピ層の倍率100のSEM写真である。

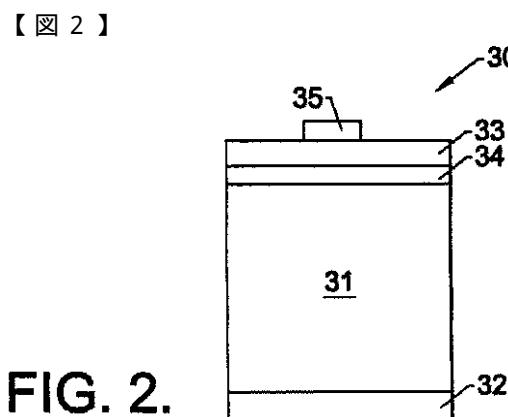
【図15】 図15は本発明を取り入れない他のエピ層を示す別の倍率100のSEM写真である。

【図16】 図16は本発明の第2の態様の倍率15,000のSEM写真である。

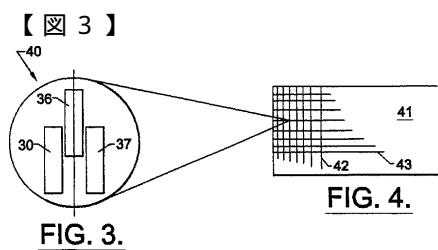
【図17】 図17は第2の態様の倍率50,000のSEM写真である。



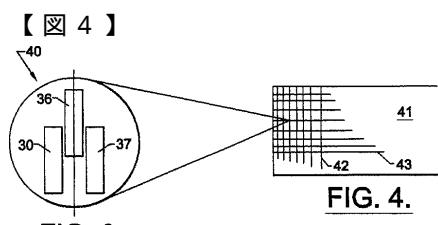
**FIG. 1.**  
(PRIOR ART)



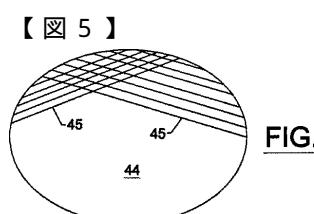
**FIG. 2.**



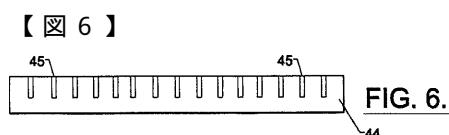
**FIG. 3.**



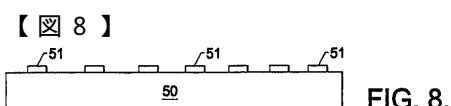
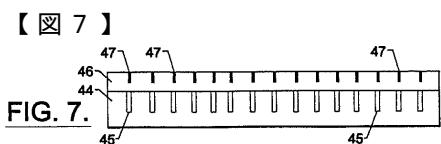
**FIG. 4.**



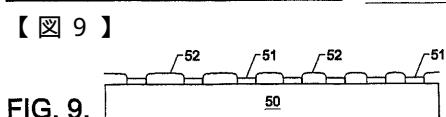
**FIG. 5.**



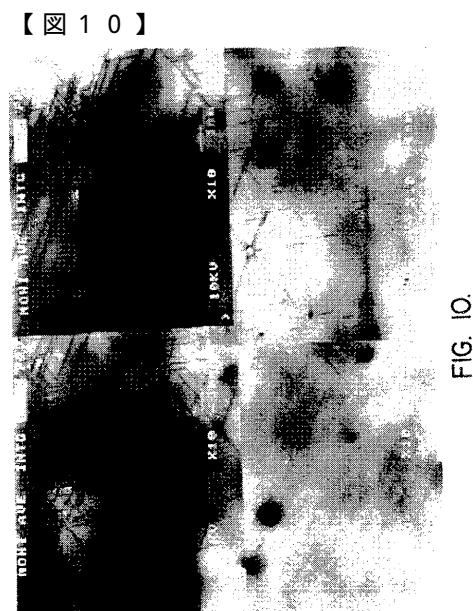
**FIG. 6.**



**FIG. 8.**



**FIG. 9.**



**FIG. 10.**

【図11】

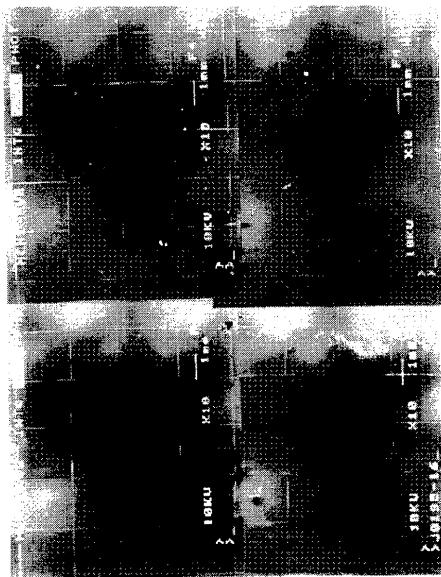


FIG. 11.

【図12】

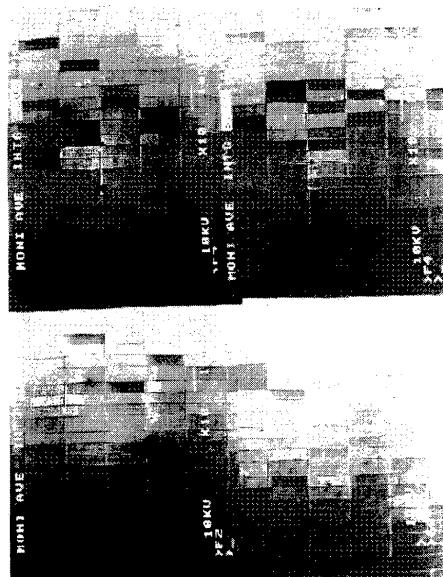


FIG. 12.

【図13】



FIG. 13.

【図14】

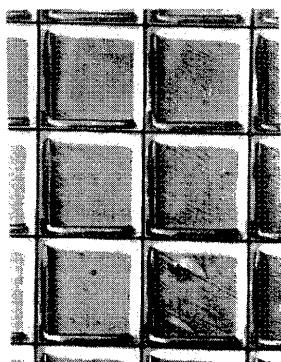


FIG. 14.

【図15】

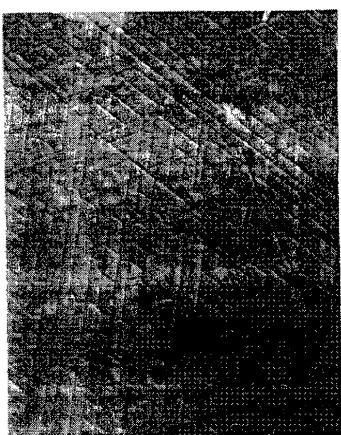


FIG. 15.

【図16】



FIG. 16.

【図17】

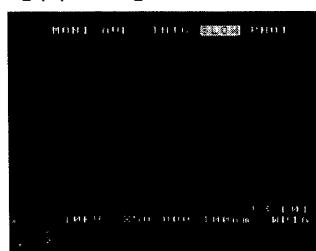


FIG. 17.

---

フロントページの続き

(74)代理人 100075270  
弁理士 小林 泰

(74)代理人 100077506  
弁理士 戸水 辰男

(72)発明者 エドモンド, ジョン・アダム  
アメリカ合衆国ノース・カロライナ州27511, ケアリー, ウエスト・ジュールズ・ヴァーン・  
ウェイ 206

(72)発明者 コング, フア - シュアン  
アメリカ合衆国ノース・カロライナ州27606, ローリ, ベクスヒル・ドライブ 10840

(72)発明者 ドーヴァースパイク, キャスリーン・マリー  
アメリカ合衆国ノース・カロライナ州27513, ケアリー, グランド・ハーモニー・ウェイ 1  
822

(72)発明者 レオナード,マイケル・タナー  
アメリカ合衆国ノース・カロライナ州27513, ケアリー, トランバーズ・ラン・ドライブ 3  
21

審査官 小林 謙仁

(56)参考文献 特開平09-186364(JP, A)  
特開平07-169715(JP, A)  
特開平05-036602(JP, A)  
特開昭63-076451(JP, A)  
特開昭63-503104(JP, A)  
特開平04-504031(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00  
H01S 5/00-5/50