

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-132482
(P2020-132482A)

(43) 公開日 令和2年8月31日(2020.8.31)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
C30B 29/38 (2006.01)	C30B 29/38	D 4G077
C30B 25/18 (2006.01)	C30B 25/18	4K030
C23C 16/34 (2006.01)	C23C 16/34	5F045
C23C 16/04 (2006.01)	C23C 16/04	
H01L 21/205 (2006.01)	H01L 21/205	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2019-29358 (P2019-29358)
(22) 出願日 平成31年2月21日 (2019. 2. 21)

(出願人による申告) 平成29年度、国立研究開発法人科学技術振興機構、研究成果展開事業 スーパークラスタープログラム委託研究、産業技術力強化法第17条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 304020177
国立大学法人山口大学
山口県山口市吉田1677-1
(74) 代理人 110001427
特許業務法人前田特許事務所
(72) 発明者 岡田 成仁
山口県宇部市常盤台2丁目16-1 国立
大学法人山口大学工学部内
(72) 発明者 只友 一行
山口県宇部市常盤台2丁目16-1 国立
大学法人山口大学工学部内
Fターム(参考) 4G077 AA02 AA03 BE15 DB05 EE07
HA02 HA12 TB04 TK08

最終頁に続く

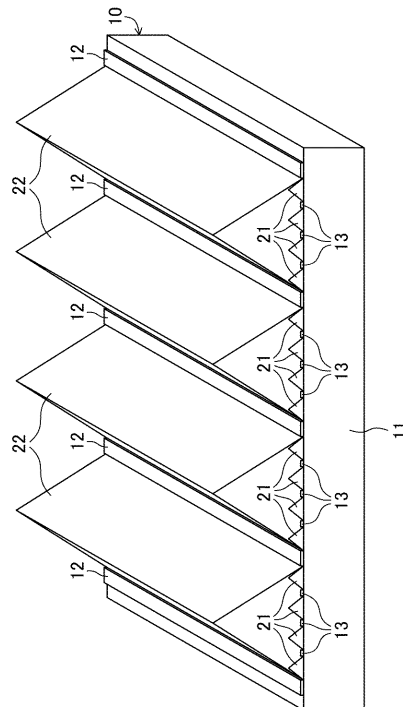
(54) 【発明の名称】 半導体基板の製造方法及びそれに用いる下地基板

(57) 【要約】

【課題】 転位が分散した半導体基板の製造方法を提供する。

【解決手段】 半導体基板の製造方法では、各々、所定方向に沿った断面形状が相対的に小さい三角形を構成するように半導体が結晶成長した複数の小三角ファセット構造21を、それらが所定方向に並んで配設されるように形成し、各々、複数の小三角ファセット構造21のうちの2以上を取り込むとともに、所定方向に沿った断面形状が相対的に大きい三角形を構成するように半導体が結晶成長した複数の大三角ファセット構造22を、それらが所定方向に並んで配設されるように形成する。

【選択図】 図3A



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

各々、所定方向に沿った断面形状が相対的に小さい三角形を構成するように半導体が結晶成長した複数の小三角ファセット構造を、それらが前記所定方向に並んで配設されるように形成するステップと、

各々、前記複数の小三角ファセット構造のうちの 2 以上を取り込むとともに、前記所定方向に沿った断面形状が相対的に大きい三角形を構成するように前記半導体が結晶成長した複数の大三角ファセット構造を、それらが前記所定方向に並んで配設されるように形成するステップと、

を含む半導体基板の製造方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載された半導体基板の製造方法において、

前記複数の大三角ファセット構造のそれぞれの斜めファセット面から、前記半導体がエピタキシャルラテラル成長して相互に隣接する前記大三角ファセット構造間の凹部を埋め込むように第 1 厚膜成長層を形成するステップと、

前記複数の大三角ファセット構造のそれぞれの上に、前記所定方向に沿った断面形状が逆三角形を構成するように前記半導体が前記大三角ファセット構造の底面と同一の結晶成長面で結晶成長した第 2 厚膜成長層を形成するステップと、
を更に含み、

前記複数の大三角ファセット構造の上の複数の前記第 2 厚膜成長層が合体することにより前記第 1 厚膜成長層を埋設する半導体基板の製造方法。

20

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載された半導体基板の製造方法において、

前記半導体が GaN である半導体基板の製造方法。

【請求項 4】

半導体基板を製造するために用いられる下地基板であって、

基板本体と

前記基板本体上に一定周期で間隔をおいて設けられた複数の長周期マスクと、

前記基板本体上における相互に隣接する前記長周期マスク間に一定周期で間隔をおいて設けられた前記長周期マスクとは構成の異なる複数の短周期マスクと、

30

を備えた下地基板。

【請求項 5】

請求項 4 に記載された下地基板において、

前記基板本体上に前記複数の長周期マスク及び前記複数の短周期マスクがストライプ状に設けられている下地基板。

【請求項 6】

請求項 4 に記載された下地基板において、

前記基板本体上に、前記長周期マスクが、平面視で相対的に大きい複数の六角形を形成するように設けられているとともに、前記短周期マスクが、前記長周期マスクの各六角形内に、平面視で相対的に小さい複数の六角形を形成するように設けられており、前記複数の長周期マスク及び前記複数の短周期マスクが、前記基板本体上に、三方向にストライプ状に設けられた下地基板。

40

【請求項 7】

請求項 4 乃至 6 のいずれかに記載された下地基板において、

前記短周期マスクは、その幅が前記長周期マスクとは構成が異なる下地基板。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、半導体基板の製造方法及びそれに用いる下地基板に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

高効率の発光デバイスやパワーデバイスを得るためには、転位密度の低い高品質な GaN 基板が必要である。例えば、特許文献 1 及び 2 には、転位密度の低い GaN 基板を製造することを目的として、下地基板上に複数の GaN の三角ファセット構造を形成した後、相互に隣接する三角ファセット構造間の凹部を埋め込むように第 1 厚膜成長層を形成し、複数の三角ファセット構造のそれぞれの上に逆三角形の第 2 厚膜成長層を形成するとともに、相互に隣接する第 2 厚膜成長層を合体させて第 1 厚膜成長層を埋設することが開示されている。また、非特許文献 1 及び 2 にも、GaN を低転位化する技術が開示されている。

【 先行技術文献 】

10

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 8 - 3 0 7 6 3 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 1 8 - 3 0 7 6 4 号公報

【 非特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 非特許文献 1 】 Journal of Crystal Growth 350 (2012) 44 49 Huiyuan Geng, Haruo Sunakawa, Norihiko Sumi, Kazutomi Yamamoto, A. Atsushi Yamaguchi, Akira Usui Growth and strain characterization of high quality GaN crystal by HVPE

【 非特許文献 2 】 Journal of Crystal Growth 305 (2007) 377 383 Kensaku Motoki, Takuji Okahisa, Ryu Hirota, Seiji Nakahata, Koji Uematsu, Naoki Matsumoto Dislocation reduction in GaN crystal by advanced DEEP

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

本発明の課題は、転位が分散した半導体基板の製造方法を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本発明は、各々、所定方向に沿った断面形状が相対的に小さい三角形を構成するように半導体が結晶成長した複数の小三角ファセット構造を、それらが前記所定方向に並んで配設されるように形成するステップと、各々、前記複数の小三角ファセット構造のうちの 2 以上を取り込むとともに、前記所定方向に沿った断面形状が相対的に大きい三角形を構成するように前記半導体が結晶成長した複数の大三角ファセット構造を、それらが前記所定方向に並んで配設されるように形成するステップとを含む半導体基板の製造方法である。

30

【 0 0 0 7 】

本発明は、半導体基板を製造するために用いられる下地基板であって、基板本体と、前記基板本体上に一定周期で間隔をおいて設けられた複数の長周期マスクと、前記基板本体上における相互に隣接する前記長周期マスク間に一定周期で間隔をおいて設けられた前記長周期マスクとは構成の異なる複数の短周期マスクと、を備える。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、複数の小三角ファセット構造を形成し、各々、その複数の小三角ファセット構造のうちの 2 以上を取り込んだ複数の大三角ファセット構造を形成することにより、転位が分散した半導体基板を製造することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 9 】

【 図 1 A 】 実施形態に係る半導体基板の製造方法で用いる下地基板の斜視図である。

【 図 1 B 】 実施形態に係る半導体基板の製造方法で用いる下地基板の平面図である。

【 図 1 C 】 図 1 B における IC IC 断面図である。

50

【図 2 A】小三角ファセット構造形成ステップにおける下地基板上的結晶成長状態を示す斜視図である。

【図 2 B】小三角ファセット構造形成ステップにおける下地基板上的結晶成長状態を示す断面図である。

【図 3 A】大三角ファセット構造形成ステップにおける下地基板上的結晶成長状態を示す斜視図である。

【図 3 B】大三角ファセット構造形成ステップにおける下地基板上的結晶成長状態を示す断面図である。

【図 4 A】厚膜成長ステップの前半における下地基板上的結晶成長状態を示す断面図である。

【図 4 B】厚膜成長ステップの変形例の前半における下地基板上的結晶成長状態を示す断面図である。

【図 5 A】厚膜成長ステップの後半における下地基板上的結晶成長状態を示す断面図である。

【図 5 B】厚膜成長ステップの変形例の後半における下地基板上的結晶成長状態を示す断面図である。

【図 6】下地基板の変形例の平面図である。

【図 7 A】実施例 1 で用いた下地基板の平面図である。

【図 7 B】実施例 2 で用いた下地基板の平面図である。

【図 7 C】実施例 3 で用いた下地基板の平面図である。

【図 8】下地基板上に GaN を結晶成長させたときのタイミングチャートである。

【図 9】下地基板上に結晶成長させた GaN の断面の蛍光顕微鏡像である。

【図 10】転位密度の分布を求める方法の説明図である。

【図 11】GaN 層の表面の A ~ E 領域での転位密度の分布を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、実施形態について図面に基づいて詳細に説明する。

【0011】

実施形態に係る半導体基板の製造方法は、下地基板準備工程と半導体結晶成長工程とを備える。なお、以下では、GaN を半導体とする GaN 基板の製造例を示すが、特にこれに限定されるものではなく、半導体が AlGa_N、InGa_N、InAlGa_N、InAl_N、In_N 等であってもよい。

【0012】

(下地基板準備工程)

下地基板準備工程では、GaN 基板を製造するために用いられる図 1 A ~ 1 C に示すような下地基板 10 を準備する。下地基板 10 は、基板本体 11 と、各々、その上に設けられた長周期マスク 12 及び短周期マスク 13 とを備える。

【0013】

基板本体 11 は、マスク間に露出する本体表面が、後にそこから結晶成長させる同一の半導体の GaN で構成されていることが好ましい。したがって、基板本体 11 は、GaN 基板、又は、例えば、サファイア基板、ZnO 基板、SiC 基板等の基材表面に GaN 膜が設けられたものであることが好ましい。基板表面を構成する GaN の主面は、特に限定されるものではないが、c 面であることが好ましい。なお、基板本体 11 は、例えば、サファイア基板、ZnO 基板、SiC 基板等であってもよい。

【0014】

長周期マスク 12 は、例えば、二酸化珪素 (SiO₂)、窒化珪素 (SiN_x) 等で形成されている。長周期マスク 12 は、基板本体 11 上に、複数が一定周期 P₁ で間隔 W₁ をおいて一方向に平行にストライプ状に延びるように設けられている。長周期マスク 12 は、幅方向が基板本体 11 の a 軸方向又は m 軸方向に一致するように設けられていることが好ましい。

10

20

30

40

50

【0015】

長周期マスク12の幅 w_1 は、好ましくは $10\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $10\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下、更に好ましくは $10\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下である。長周期マスク12の幅 w_1 は、長さ方向に一定であることが好ましい。

【0016】

相互に隣接する長周期マスク12間の間隔 W_1 は、好ましくは $100\ \mu\text{m}$ 以上 $3000\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $100\ \mu\text{m}$ 以上 $1000\ \mu\text{m}$ 以下、更に好ましくは $100\ \mu\text{m}$ 以上 $900\ \mu\text{m}$ 以下、より更に好ましくは $100\ \mu\text{m}$ 以上 $500\ \mu\text{m}$ 以下である。相互に隣接する長周期マスク12間の間隔 W_1 は、長さ方向に一定であることが好ましい。相互に隣接する長周期マスク12間の間隔 W_1 は、長周期マスク12の幅 w_1 よりも大きいことが好ましい。相互に隣接する長周期マスク12間の間隔 W_1 の長周期マスク12の幅 w_1 に対する比(W_1/w_1)は、好ましくは5以上50以下、より好ましくは5以上25以下、更に好ましくは10以上25以下である。

10

【0017】

長周期マスク12の幅 w_1 及び相互に隣接する長周期マスク12間の間隔 W_1 の和、すなわち、長周期マスク12の周期 P_1 は、好ましくは $100\ \mu\text{m}$ 以上 $1000\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $100\ \mu\text{m}$ 以上 $500\ \mu\text{m}$ 以下である。長周期マスク12の厚さは、好ましくは $10\ \text{nm}$ 以上 $500\ \text{nm}$ 以下、より好ましくは $10\ \text{nm}$ 以上 $200\ \text{nm}$ 以下である。

【0018】

短周期マスク13は、例えば、二酸化珪素(SiO_2)、窒化珪素(SiN_x)等で形成されている。短周期マスク13は、基板本体11上に長周期マスク12及び短周期マスク13を同時形成する観点から、長周期マスク12と同一材料で形成されていることが好ましい。短周期マスク13は、基板本体11上における相互に隣接する長周期マスク12間に、長周期マスク12と平行に、複数が一定周期 P_2 で間隔 W_2 をおいて一方向に平行にストライプ状に延びるように設けられている。

20

【0019】

短周期マスク13は、その幅 w_2 が長周期マスク12とは構成が異なる。短周期マスク13の幅 w_2 は、長周期マスク12の幅 w_1 よりも小さいことが好ましい。短周期マスク13の幅 w_2 は、好ましくは $1\ \mu\text{m}$ 以上 $15\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $2\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下、更に好ましくは $3\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 以下である。短周期マスク13の幅 w_2 の長周期マスク12の幅 w_1 に対する比(w_2/w_1)は、好ましくは $1/10$ 以上 $1/2$ 以下である。短周期マスク13の幅 w_2 は、長さ方向に一定であることが好ましい。

30

【0020】

相互に隣接する短周期マスク13間の間隔 W_2 は、好ましくは $10\ \mu\text{m}$ 以上 $80\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $15\ \mu\text{m}$ 以上 $60\ \mu\text{m}$ 以下、更に好ましくは $20\ \mu\text{m}$ 以上 $40\ \mu\text{m}$ 以下である。相互に隣接する短周期マスク13間の間隔 W_2 は、相互に隣接する長周期マスク12間の間隔 W_1 よりも短い、前者の后者に対する比(W_2/W_1)は、好ましくは $1/10$ 以上 $1/2$ 以下、より好ましくは $1/5$ 以上 $1/2$ 以下である。相互に隣接する短周期マスク13間の間隔 W_2 は、長さ方向に一定であることが好ましい。相互に隣接する短周期マスク13間の間隔 W_2 は、幅方向の両端の短周期マスク13のそれぞれと、それに隣接した長周期マスク12との間隔と同一であることが好ましい。つまり、相互に隣接する長周期マスク12間の間隔 W_1 が複数の短周期マスク13によって等分割されていることが好ましい。

40

【0021】

相互に隣接する短周期マスク13間の間隔 W_2 は、短周期マスク13の幅 w_2 よりも大きいことが好ましい。相互に隣接する短周期マスク13間の間隔 W_2 の短周期マスク13の幅 w_2 に対する比(W_2/w_2)は、好ましくは2以上20以下、より好ましくは5以上15以下、更に好ましくは8以上12以下である。相互に隣接する短周期マスク13間の間隔 W_2 の短周期マスク13の幅 w_2 に対する比(W_2/w_2)は、相互に隣接する長

50

周期マスク 1 2 間の間隔 W_1 の長周期マスク 1 2 の幅 w_1 に対する比 (W_1 / w_1) よりも小さいことが好ましい。

【0022】

短周期マスク 1 3 の幅 w_2 及び相互に隣接する短周期マスク 1 3 間の間隔 W_2 の和、すなわち、短周期マスク 1 3 の周期 P_2 は、好ましくは $10 \mu\text{m}$ 以上 $80 \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $15 \mu\text{m}$ 以上 $60 \mu\text{m}$ 以下、更に好ましくは $20 \mu\text{m}$ 以上 $40 \mu\text{m}$ 以下である。短周期マスク 1 3 の厚さは、好ましくは 10nm 以上 500nm 以下、より好ましくは 10nm 以上 200nm 以下である。短周期マスク 1 3 の厚さは、基板本体 1 1 上に長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 を同時形成する観点から、長周期マスク 1 2 の厚さと同ーであることが好ましい。なお、長周期のマスク 1 2 を選択成長させれば、短周期マスク 1 3 の厚さを、長周期のマスク 1 2 の厚さよりも薄くすることも可能である。

10

【0023】

(半導体結晶成長工程)

半導体結晶成長工程では、気相成長装置を用い、反応室において、気相成長法の H V P E 法 (ハイドライド気相成長法: Hydride Vapor Phase Epitaxy) により、下地基板 1 0 の長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 を設けた側の表面に原料ガスを接触させることにより半導体の GaN を結晶成長させる。原料ガスには、Ga 源ガスとして Ga と HCl ガスとから得られる GaCl ガスが挙げられ、N 源ガスとして NH_3 ガスが挙げられる。また、キャリアガスとして例えば H_2 ガスや N_2 ガスが挙げられる。

【0024】

実施形態に係る半導体基板の製造方法の半導体結晶成長工程は、小三角ファセット構造形成ステップ、大三角ファセット構造形成ステップ、及び厚膜成長ステップを含む。

20

【0025】

<小三角ファセット構造形成ステップ>

小三角ファセット構造形成ステップでは、図 2 A 及び B に示すように、下地基板 1 0 のマスク間に露出した基板本体 1 1 の本体表面を起点として GaN を結晶成長させる。このとき、GaN は、長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 により結晶成長が規制され、マスク間に露出した基板本体 1 1 の本体表面からエピタキシャル成長する。したがって、マスク間に露出した基板本体 1 1 の本体表面が GaN の c 面であれば、GaN が c 面成長する。そして、GaN は、各マスク間において、結晶成長するに従って所定方向である長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 の幅方向の寸法が両側から漸次狭くなった後に最終的に線状に収束する。

30

【0026】

以上のようにして、下地基板 1 0 上に、各々、長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 の幅方向に沿った断面形状が相対的に小さい三角形を構成するように GaN が結晶成長した突条の複数の小三角ファセット構造 2 1 を、それらが長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 の幅方向に並んで配設されるように形成する。ここで、本出願における「三角形」は、3 本の線分の辺で構成された三角形の他、3 本の辺のうちの少なくとも 1 本が弓形に外向きに膨出又は内向きに没入した略三角形も含む。

【0027】

小三角ファセット構造形成ステップでの GaN の結晶成長条件は、小三角ファセット構造 2 1 の形成に好適なように適宜選択すればよい。

40

【0028】

<大三角ファセット構造形成ステップ>

大三角ファセット構造形成ステップでは、図 3 A 及び B に示すように、小三角ファセット構造 2 1 上に GaN を結晶成長させる。このとき、GaN は、小三角ファセット構造 2 1 の表面からエピタキシャル成長する。そして、GaN は、各長周期マスク 1 2 間において、それらの間に形成された小三角ファセット構造 2 1 を全て取り込み、結晶成長するに従って長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 の幅方向の寸法が両側から漸次狭くなった後に最終的に線状に収束する。

50

【 0 0 2 9 】

以上のようにして、下地基板 1 0 上に、各々、長周期マスク 1 2 間の小三角ファセット構造 2 1 を全て取り込むとともに、長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 の幅方向に沿った断面形状が相対的に大きい三角形を構成するように G a N が結晶成長した突条の複数の大三角ファセット構造 2 2 を、それらが長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 の幅方向に並んで配設されるように形成する。なお、この大三角ファセット構造形成ステップは、小三角ファセット構造形成ステップと同時進行であってもよい。

【 0 0 3 0 】

大三角ファセット構造形成ステップでの G a N の結晶成長条件は、小三角ファセット構造形成ステップと同一であってもよく、大三角ファセット構造 2 2 の形成に好適なように適宜選択すればよい。

【 0 0 3 1 】

< 厚膜成長ステップ >

厚膜成長ステップでは、大三角ファセット構造 2 2 上に G a N を結晶成長させる。このとき、図 4 A に示すように、G a N は、複数の大三角ファセット構造 2 2 のそれぞれの斜面の斜めファセット面からエピタキシャルラテラル成長 (Epitaxial Lateral Overgrowth : 以下「 E L O 成長」という。) して相互に隣接する大三角ファセット構造 2 2 間の凹部を埋め込むように第 1 厚膜成長層 2 3 を形成する (第 1 厚膜成長ステップ) 。それと同時に、G a N は、複数の大三角ファセット構造 2 2 のそれぞれの上に、その頂上に連続して、大三角ファセット構造 2 2 の底面、したがって、下地基板 1 0 の表面のマスク間に露出した基板本体 1 1 の本体表面と同一の結晶成長面で結晶成長し、結晶成長に伴って長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 の幅方向の寸法が両側に漸次拡大し、長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 の幅方向に沿った断面形状が逆三角形を構成するように第 2 厚膜成長層 2 4 を形成する (第 2 厚膜成長ステップ) 。そして、これらの第 1 及び第 2 厚膜成長層 2 3 , 2 4 に加え、小三角ファセット構造 2 1 及び大三角ファセット構造 2 2 を含み、全体として単一の G a N 層 2 0 (半導体層) が構成される。

【 0 0 3 2 】

また、下地基板 1 0 の構成及び G a N の結晶成長条件を適宜選択すれば、図 4 B に示すように、G a N は、複数の大三角ファセット構造 2 2 のそれぞれの斜面の斜めファセット面から E L O 成長して相互に隣接する大三角ファセット構造 2 2 間の凹部を埋め込むように第 1 厚膜成長層 2 3 を形成する (第 1 厚膜成長ステップ) 。しかる後、G a N は、第 1 厚膜成長層 2 3 の形成とともに、複数の大三角ファセット構造 2 2 のそれぞれの上に、大三角ファセット構造 2 2 の頂上から間隔をおいて、大三角ファセット構造 2 2 の底面と同一の結晶成長面で結晶成長し、結晶成長に伴って長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 の幅方向の寸法が両側に漸次拡大し、長周期マスク 1 2 及び短周期マスク 1 3 の幅方向に沿った断面形状が逆三角形を構成するように第 2 厚膜成長層 2 4 を形成する (第 2 厚膜成長ステップ) 。そして、これらの第 1 及び第 2 厚膜成長層 2 3 , 2 4 に加え、小三角ファセット構造 2 1 及び大三角ファセット構造 2 2 を含んで、全体として単一の G a N 層 2 0 (半導体層) が構成される。

【 0 0 3 3 】

ここで、本出願における「逆三角形」は、3本の線分の辺で構成された逆三角形の他、3本の辺のうちの少なくとも1本が弓形に外向きに膨出又は内向きに没入した略逆三角形も含む。

【 0 0 3 4 】

第 1 及び第 2 厚膜成長層 2 3 , 2 4 における G a N の結晶成長が進むと、図 5 A (図 4 A に対応) 及び 5 B (図 4 B に対応) に示すように、第 1 厚膜成長層 2 3 による相互に隣接する大三角ファセット構造 2 2 間の凹部の埋め込みが完了し、それに続いて、複数の大三角ファセット構造 2 2 の上の複数の第 2 厚膜成長層 2 4 が合体することにより第 1 厚膜成長層 2 3 を埋設し、最終的に、小三角ファセット構造 2 1 及び大三角ファセット構造 2 2 並びに第 1 及び第 2 厚膜成長層 2 3 , 2 4 を含む G a N 層 2 0 の表面の平坦化が図られ

る。

【 0 0 3 5 】

厚膜成長ステップでのGaNの結晶成長条件は、小三角ファセット構造形成ステップ又は大三角ファセット構造形成ステップと同一であってもよく、第1及び第2厚膜成長層23, 24の形成に好適なように適宜選択すればよい。

【 0 0 3 6 】

以上のようにして下地基板10上に作製したGaN層20に水平方向に亀裂を入れて下地基板10から分離することにより半導体基板のGaN基板を得ることができる。この実施形態に係る半導体基板の製造方法によれば、上記の通り、下地基板10上に、複数の小三角ファセット構造21を形成し、各々、その複数の小三角ファセット構造21のうちの2以上を取り込んだ複数の大三角ファセット構造22を形成することにより、転位が分散したGaN基板を製造することができる。これは、小三角ファセット構造21からのELO成長及び大三角ファセット構造22からのELO成長の2回のELO成長により、転位の集中と分散とが2回起こったためであると考えられる。

10

【 0 0 3 7 】

得られたGaN基板は、半導体発光素子(LED)、半導体レーザ(LD)、太陽電池、その他の電子デバイス等に用いることができる。このGaN基板は、転位が分散しているので、リーク電流を低減することができるという観点から、パワーデバイスに用いることが特に好適である。

【 0 0 3 8 】

なお、上記実施形態では、各々、一方向にストライプ状に延びる長周期マスク12及び短周期マスク13が設けられた下地基板10を用いたが、特にこれに限定されるものではなく、例えば、図6に示すように、基板本体11上に、平面視で相対的に大きい複数の六角形のハニカム形状を形成するように長周期マスク12が設けられるとともに、長周期マスク12の各六角形内に、平面視で相対的に小さい複数の六角形のハニカム形状を形成するように短周期マスク13が設けられ、したがって、三方向にストライプ状に延びる長周期マスク12及び短周期マスク13が設けられた下地基板10を用いてもよい。

20

【 0 0 3 9 】

また、上記実施形態では、短周期マスク13が長周期マスク12と幅が異なる構成としたが、特にこれに限定されるものではなく、短周期マスク13が長周期マスク12と幅が同一で且つ厚さが異なる構成であってもよい。

30

【 0 0 4 0 】

また、上記実施形態では、長周期マスク12及び短周期マスク13の2種のマスクを設けた下地基板10を用いて小三角ファセット構造21及び大三角ファセット構造22の二段階で三角ファセット構造を形成する構成としたが、特にこれに限定されるものではなく、短周期マスク間に一定周期で間隔をおいて第3のマスクを設けた下地基板を用いて三段階で三角ファセット構造を形成する構成であってもよく、更に4種以上のマスクを設けた下地基板を用いて多段階で三角ファセット構造を形成する構成であってもよい。

【 実施例 】

【 0 0 4 1 】

(GaN層の形成)

以下の実施例1~3及び比較例のGaN層の形成実験を行った。なお、表1には、それぞれで用いた下地基板の構成を示す。

40

【 0 0 4 2 】

< 実施例1 >

主面がc面のサファイア基板上にMOVPE法で厚さ3 μ m程度のGaN膜をエピタキシャル成長させた基板本体11上に、各々、a軸方向に延びるようにストライプ状に延びるSiO₂の長周期マスク12及び短周期マスク13を設けた下地基板10を作製した。図7Aに示すように、長周期マスク12の幅w₁を10 μ m及び長周期マスク12間の間隔W₁を200 μ mとした。短周期マスク13の幅w₂を3 μ m及び短周期マスク13間

50

の間隔 W_2 を $26\ \mu\text{m}$ とし、長周期マスク12間の間隔 W_1 を短周期マスク13で7等分に分割した。

【0043】

そして、この下地基板の上にHVP E法でGaNを結晶成長させた。具体的には、図8に示すように、まず、 N_2 ガスを流しながら、下地基板の温度を 500 まで昇温した。下地基板の温度が 500 になったとき、 N_2 ガスを停止するとともに、 H_2 ガス及び NH_3 ガスを流し始めた。 H_2 ガス及び NH_3 ガスを流しながら、下地基板の温度を更に 1040 まで昇温した。しかる後、 H_2 ガス及び NH_3 ガスに加えて HCl ガスを流し始め、 HCl ガスを 180 分間流して下地基板の上にGaNを結晶成長させた(第1ステップ)。このとき、 HCl ガスの流量を $0.40\ \text{s l m}$ 及び NH_3 ガスの流量を $24.0\ \text{s l m}$ とした($V/I I I$ 比 $=60$)。

10

【0044】

次いで、 HCl ガスの供給時間が 180 分になったときに HCl ガスを停止し、その後、 H_2 ガス及び NH_3 ガスを継続して流しながら、下地基板の温度を 1100 まで昇温した。下地基板の温度が 1100 になったとき再び HCl ガスを流し始め、 HCl ガスを 330 分間流してGaNを結晶成長させた(第2ステップ)。このとき、 HCl ガスの流量を $0.80\ \text{s l m}$ 及び NH_3 ガスの流量を $8.0\ \text{s l m}$ とした($V/I I I$ 比 $=10$)。

【0045】

続いて、 HCl ガスの供給時間が 330 分になったとき HCl ガスを停止し、 H_2 ガス及び NH_3 ガスを継続して流しながら、下地基板の温度を 1000 まで下げた。下地基板の温度が 1000 になったとき再び HCl ガスを流し始め、 HCl ガスを 30 分間流してGaNを結晶成長させた(第3ステップ)。このとき、 HCl ガスの流量は $0.26\ \text{s l m}$ 及び NH_3 ガスの流量は $8.0\ \text{s l m}$ とした($V/I I I$ 比 $=30$)。

20

【0046】

HCl ガスの供給時間が 30 分になったとき HCl ガスを停止し、 H_2 ガス及び NH_3 ガスを継続して流しながら、下地基板の温度を 300 まで下げた。下地基板の温度が 300 になったとき、 H_2 ガス及び NH_3 ガスを停止するとともに、 N_2 ガスを流し始め、そのまま室温まで冷却した。

【0047】

第1～第3ステップのGaNの結晶成長により、図9に示すように、下地基板には、小三角ファセット構造及び大三角ファセット構造並びに第1及び第2厚膜成長層を含む表面が平坦なGaN層が形成された。なお、第1ステップの結晶成長条件は、小三角ファセット構造及び大三角ファセット構造の形成に好適なものであり、第2及び第3ステップの結晶成長条件は、第1及び第2厚膜成長層の形成による表面の平坦化に好適なものである。

30

【0048】

<実施例2>

図7Bに示すように、短周期マスク13の幅 w_2 を $5\ \mu\text{m}$ 及び短周期マスク13間の間隔 W_2 を $36\ \mu\text{m}$ とし、長周期マスク12間の間隔 W_1 を短周期マスク13で5等分に分割した下地基板10を用いたことを除いて実施例1と同様にしてGaN層を形成した。

40

【0049】

<実施例3>

図7Cに示すように、短周期マスク13の幅 w_2 を $4\ \mu\text{m}$ 及び短周期マスク13間の間隔 W_2 を $47\ \mu\text{m}$ とし、長周期マスク12間の間隔 W_1 を短周期マスク13で4等分に分割した下地基板10を用いたことを除いて実施例1と同様にしてGaN層を形成した。

【0050】

<比較例>

長周期マスクのみを設け、短周期マスクを設けていない下地基板を用いたことを除いて実施例1～3と同様にしてGaN層を形成した。この比較例では、第1～第3ステップの

50

GaNの結晶成長により、下地基板上には、大三角ファセット構造並びに第1及び第2厚膜成長層を含む表面が平坦なGaN層が形成された。

【0051】

【表1】

		実施例1	実施例2	実施例3	比較例
長周期マスク	幅 w_1 (μm)	10	10	10	10
	間隔 W_1 (μm)	200	200	200	200
	ピッチ P_1	210	210	210	210
	W_1 / w_1	20	20	20	20
短周期マスク	長周期間隔分割数	7	5	4	-
	幅 w_2 (μm)	3	5	4	-
	間隔 W_2 (μm)	26	36	47	-
	ピッチ P_2	29	41	51	-
	W_2 / w_2	8.7	7.2	11.8	-
	w_2 / w_1	3/10	1/2	2/5	-
	W_2 / W_1	13/100	9/50	47/200	-

【0052】

(転位密度の分布)

実施例1～3及び比較例のそれぞれで得られたGaN層の表面について、図10に示すように、長周期マスク12の1ピッチ分の60 μm 幅の部分、長周期マスクの幅方向に5等分に分割し、各々、21 μm ×60 μm の長方形のA領域、B領域、C領域、D領域、及びE領域とした。そして、A～E領域のそれぞれについて、表面のCL像の暗点密度から転位密度を求めた。また、A～E領域の平均転位密度を算出した。

30

【0053】

図11は、A～E領域での転位密度の分布を示す。これによれば、図7A～Cに示すような基板本体11上に長周期マスク12及び短周期マスク13を設けた下地基板10を用い、小三角ファセット構造及び大三角ファセット構造を形成してGaN層を構成した実施例1～3では、A～E領域間に転位密度の大きなばらつきは認められず、したがって、転位が分散していることが分かる。一方、基板本体上に長周期マスクのみを設けた下地基板を用い、大三角ファセット構造のみを形成してGaN層を構成した比較例では、A～E領域間に転位密度の大きなばらつきが認められ、転位が偏在していることが分かる。

40

【0054】

表2は、実施例1～3及び比較例の平均転位密度を示す。これによれば、実施例1～3の方が比較例よりも平均転位密度が低く、したがって、実施例1～3では、転位が分散しているのに加えて、全体として低転位化されていることが分かる。

【0055】

【表 2】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	比較例
平均転位密度 (c m ⁻¹)	2.90×10 ⁶	2.45×10 ⁶	2.68×10 ⁶	4.00×10 ⁶

【産業上の利用可能性】

【0056】

本発明は、半導体基板の製造方法及びそれに用いる下地基板の技術分野について有用である。

10

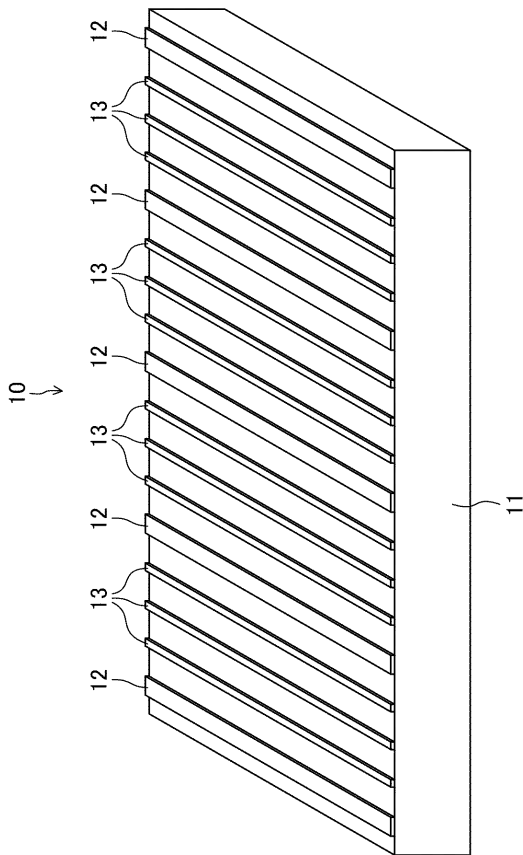
【符号の説明】

【0057】

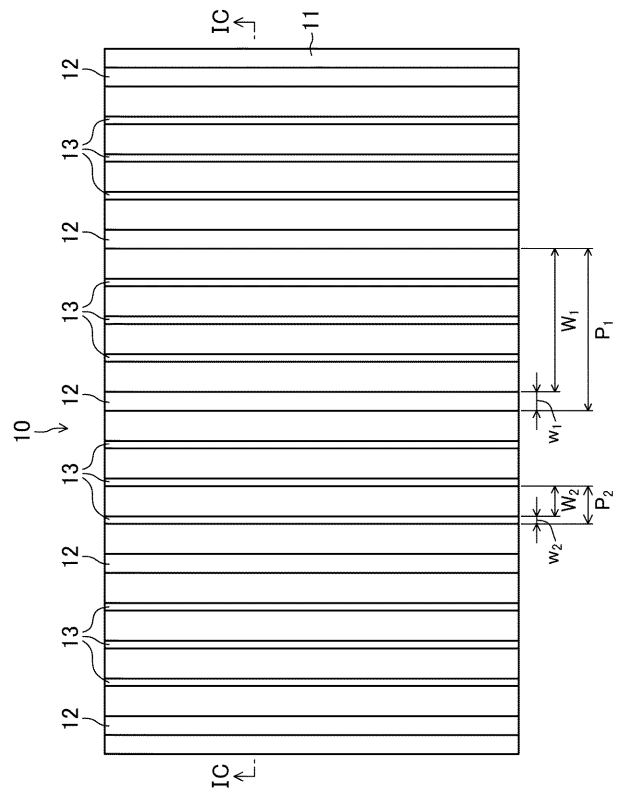
- 10 下地基板
- 11 基板本体
- 12 長周期マスク
- 13 短周期マスク
- 20 GaN層
- 21 小三角ファセット構造
- 22 大三角ファセット構造
- 23 第1厚膜成長層
- 24 第2厚膜成長層

20

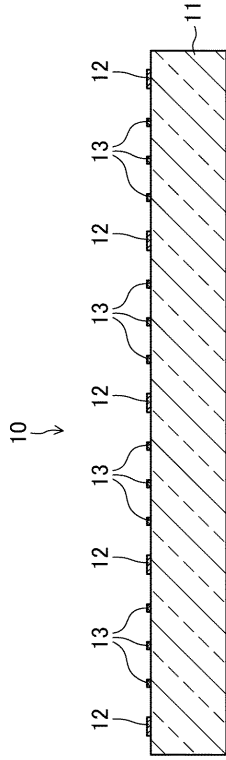
【図 1 A】



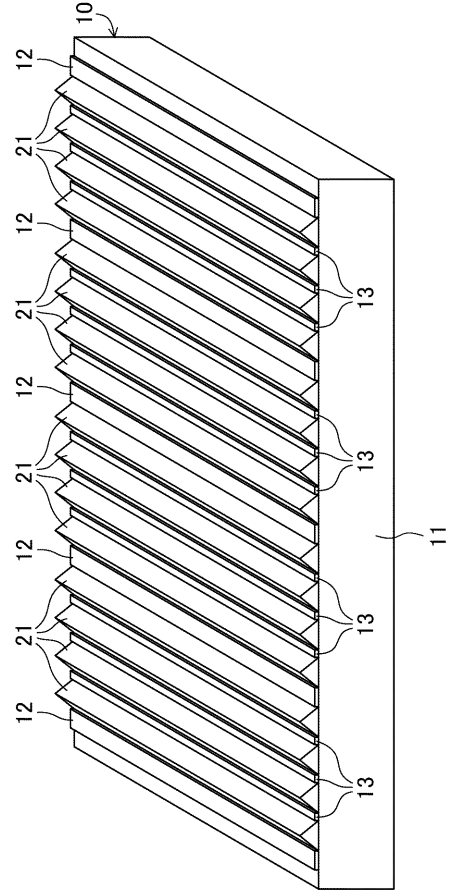
【図 1 B】



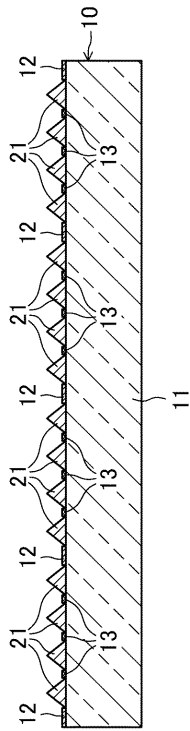
【図 1 C】



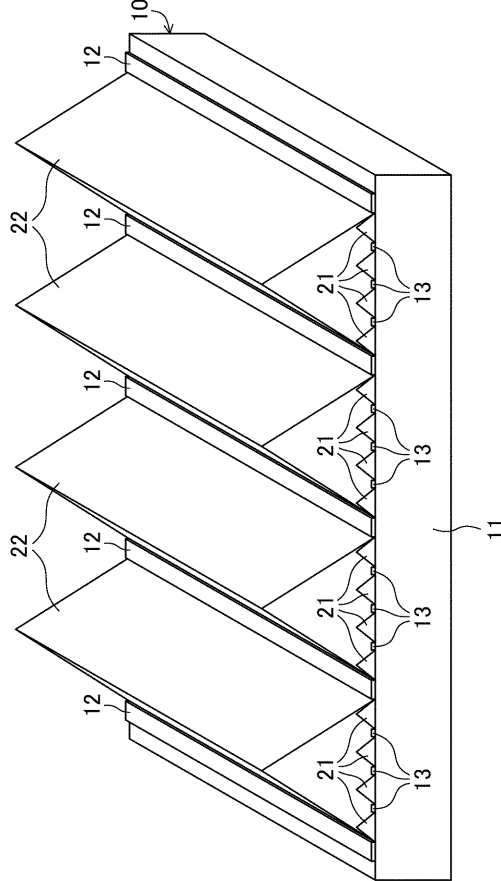
【図 2 A】



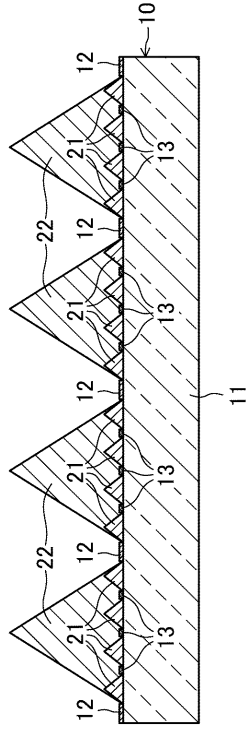
【図 2 B】



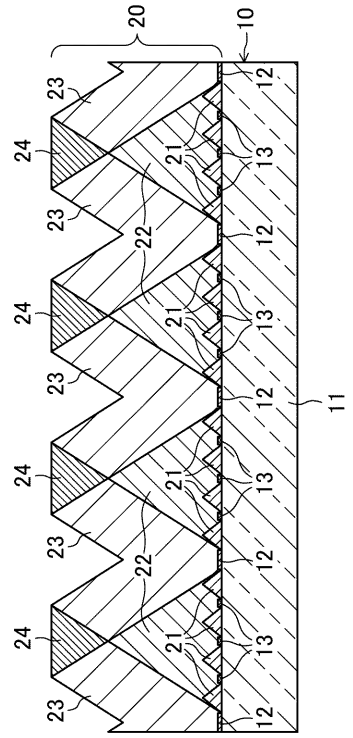
【図 3 A】



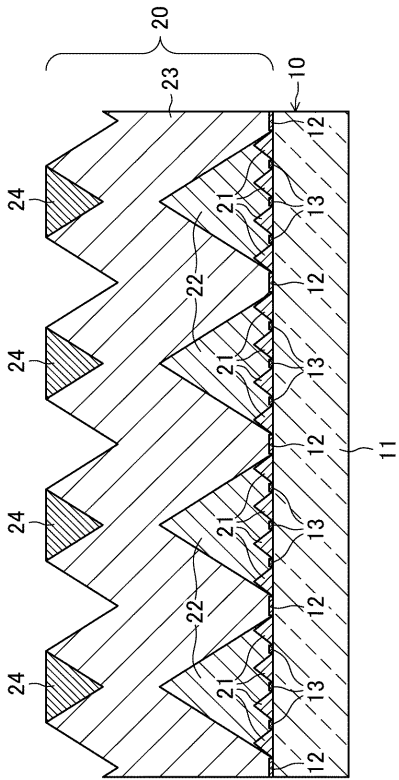
【図 3 B】



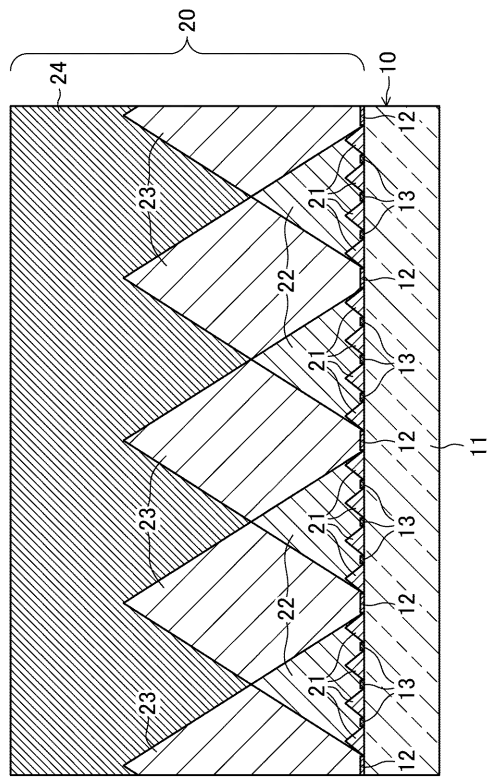
【図 4 A】



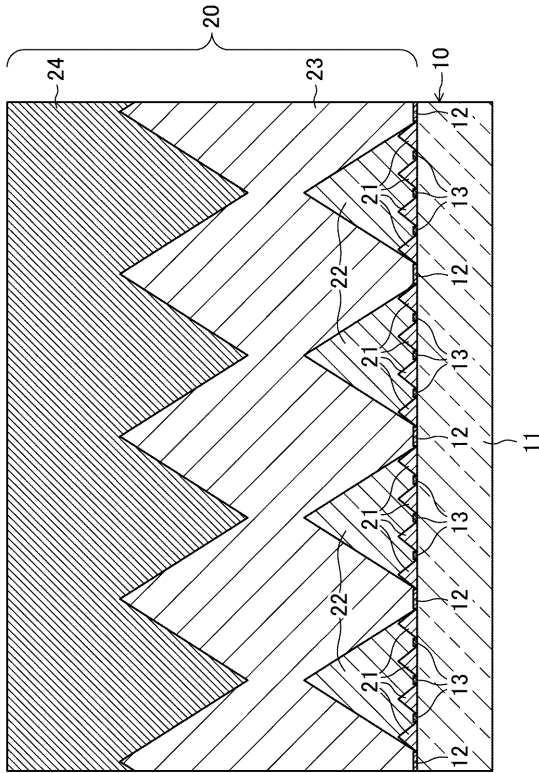
【図 4 B】



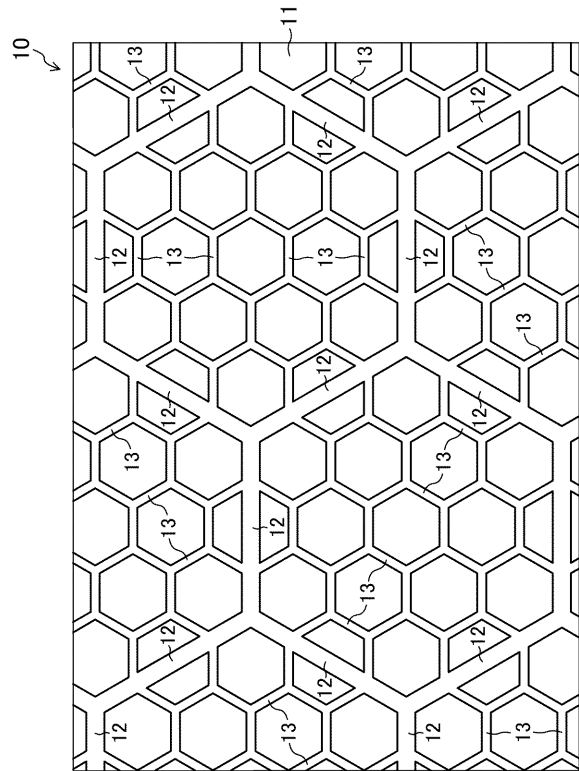
【図 5 A】



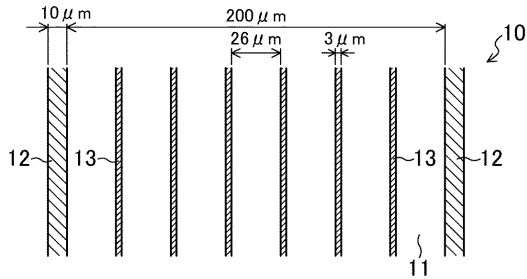
【図 5 B】



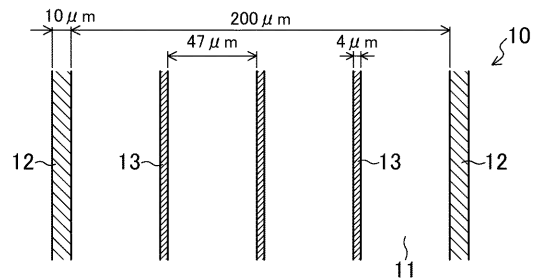
【図 6】



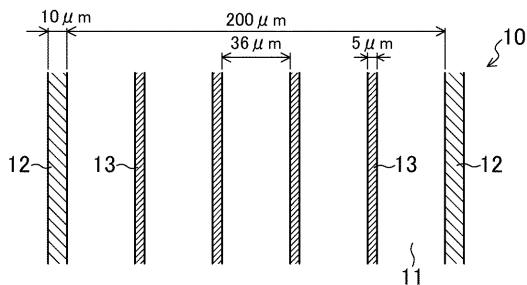
【図 7 A】



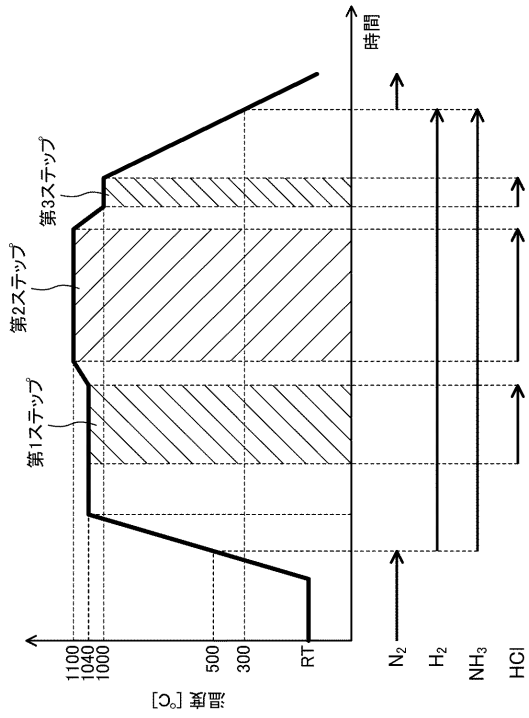
【図 7 C】



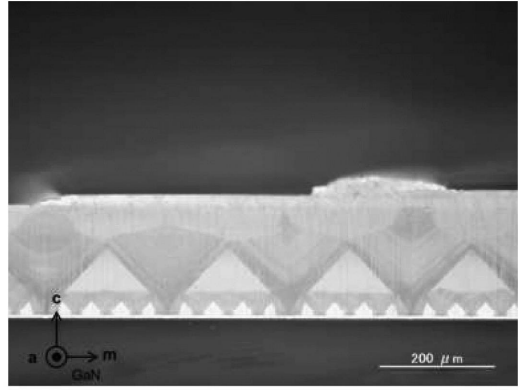
【図 7 B】



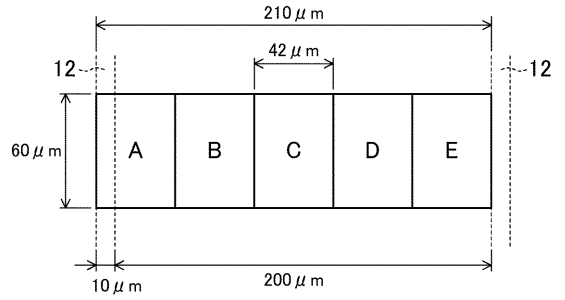
【 図 8 】



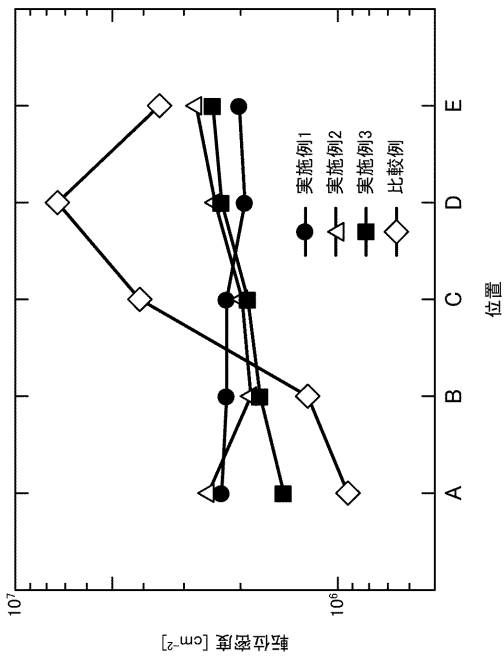
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4K030 AA03 AA13 AA17 AA18 BA08 BA38 BB02 BB14 CA04 CA12
FA10 LA14
5F045 AA04 AB14 AC12 AC13 AD14 AD15 AF02 AF07 AF09 AF20
BB12 CA10 CA12 CA13 DA53 DB02 EE12