

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 96113277

※申請日期： 96.4.16

※IPC 分類：H01L 21/306^(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

一種於氮化物半導體進行蝕刻的方法

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學/National Chiao Tung University

代表人：(中文/英文)

吳重雨/Wu, Chung-Yu

住居所或營業所地址：(中文/英文)

300 新竹市大學路 1001 號/1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan 300, ROC

國籍：(中文/英文) 中華民國/R. O. C.

三、發明人：(共 3 人)

姓名：(中文/英文)

1. 李威儀/ Lee, Wei-I

2. 黃信雄/ Huang, Hsin-Hsiung

3. 曾虹諭/ Zeng, Hung-Yu

國籍：(中文/英文)

1. 中華民國/R. O. C.

2. 中華民國/R. O. C.

3. 中華民國/R. O. C.

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項第一款或第二款規定之事實，其實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

(一種於氮化物半導體進行蝕刻的方法)

五、中文發明摘要：

本發明於氮化鎵層上形成介電層，利用曝光以及顯影蝕刻製程使該介電層形成條狀或點狀之圖形，並以該介電層作為後續氮化鎵層進行側向成長 (Epitaxy Lateral Overgrowth) 之遮罩，在氮化鎵層上方長成氮化鎵厚膜，接著以濕蝕刻方式將介電層移除，並蝕刻介電層上方之氮化鎵厚膜，以形成所需之特定形狀。

六、英文發明摘要：

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第一圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

101 半導體基底

102 第一氮化鎵層

103 介電層

104 第二氮化鎵層

105 孔洞

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明為一種半導體的蝕刻方法，特別是一種於氮化物半導體進行蝕刻的方法。

【先前技術】

目前發光二極體 (Light Emitting Device, L. E. D.) 已成為繼電晶體和雷射二極體之後，以半導體製程技術發展出具革命性影響的光電產品。更值得注意的是，高亮度氮化鎵 (GaN) 半導體已成為發展發光二極體之主要元件材料之一。

故在發光二極體之製造技術中，已大量使用了傳統半導體製造技術。而在半導體製造的習知技術中，乾蝕刻技術 (Dry Etching) 具有高度離子轟擊破壞 (Ion-Bombardment Damage) 的危險，且於乾蝕刻後不容易得到平滑表面。對於氮化鎵 (GaN) 發光二極體之技術發展亦有不利影響。

故相對而言，濕蝕刻技術具有低度的離子轟擊破壞危險，且成本相對來的低，使得濕蝕刻技術在發光二極體技術上被大量且廣泛的採用。

檢視如習知技藝中的美國專利編號第 6,355,497 號「Removable large area, low defect density films for led and laser diode growth」發明專利，此專利是利用側向成長法 (Epitaxy Lateral Overgrowth; ELOG) 成長出 3 族-氮化物薄膜 (Group III-nitride film)，再利用化學蝕刻的方式蝕刻其中的介電層，達到 3 族-氮化物薄膜與基板剝離的目的。

另檢視如習知技藝中的美國專利編號第 7,097,920 號「Group III nitride based semiconductor substrate and process for manufacture thereof」的發明專利，此專利是利用側向成長法及懸吊式 (Pendeo Epitaxy Lateral Overgrowth; PENDEO 方式，在

藍寶石 (Sapphire) 基板上成長氮化鎵厚膜，再利用融熔氫氧化鉀 (Molten KOH) 對氮化鎵進行蝕刻，達到氮化鎵厚膜與藍寶石基板剝離之目的。

但相較之下，前述兩個發明技術對於濕蝕刻之融熔氫氧化鉀與氮化鎵之蝕刻方式雖有基本之試驗探討，但對於氮化鎵從基板上剝離之深入機制並不清楚，且經蝕刻製程後亦無法形成所需之半導體結構；故無法成為半導體製程上之主流需求。

【發明內容】

本發明為一種氮化鎵 (GaN) 半導體之蝕刻方法，首先於氮化鎵模板上形成一介電層，利用曝光、顯影、蝕刻製程使該介電層形成條狀或點狀之圖形，以介電層作為後續氮化鎵側向成長法 (Epitaxy Lateral Overgrowth; ELOG) 之遮罩，在介電層上方長成氮化鎵厚膜，接著以濕蝕刻方式將氮化鎵之介電層移除，並蝕刻介電層上方之氮化鎵，藉以形成所需之特殊形狀，最後使氮化鎵厚膜和基板分離。

本發明以融熔氫氧化鉀 (Molten KOH) 先蝕刻二氧化矽 (SiO_2) 介電層再向上蝕刻氮化鎵，並形成特殊形狀，而達到氮化鎵與基板剝離的目的；亦可成為氮化物半導體厚膜和原始基板剝離之技術。

本發明利用側向成長技術 (Epitaxy Lateral Overgrowth; ELO) 及懸吊式方式 (Pendeo Epitaxy Lateral Overgrowth; PENDEO)，在藍寶石 (Sapphire) 基板上成長氮化鎵厚膜，再利用融熔氫氧化鉀對氮化鎵進行蝕刻，使得氮化鎵厚膜與藍寶石基板可輕易剝離，如此不僅可使用在側向成長技術之結構製程，亦可使用在懸吊式結構之製程。

本發明使用蝕刻液對氮化鎵的選擇性蝕刻，形成特殊的穩定晶面，可在氮化鎵厚膜內形成整齊的三角形微米隧道，成為一種在氮化鎵內製造三角形隧道的方法。而本發明亦可應用在其他化

合物半導體製程上。

本發明針對蝕刻液融熔氮化鉀對二氧化矽及氮化鎵厚膜的高蝕刻速率，實踐了氮化鎵厚膜和原始基板的剝離，已經由本發明結果提出其機制的合理解釋及可行性。

本發明在氮化物半導體中引入空氣，增加其光取出之效率，且可在氮化物半導體中製造出規則排列之特殊晶面。

本發明利用化學蝕刻方法，將化合物磊晶層自原始基板分離，可消除因熱膨脹係數及晶格不匹配所產生之應力。

本發明利用化學蝕刻之方法，可於氮化物半導體中製造規則隧道，亦可於氮化物半導體中製造特定晶面。

本發明可代替昂貴的雷射剝離設備用以製造氮化物半導體基板，除了可以減低製造成本，亦可以增加生產良率。

【實施方式】

本發明之基本原理，係於氮化鎵層上成長一層介電層，再利用曝光、顯影、蝕刻使介電層形成點狀或條狀圖形，蝕刻後，晶片利用側向成長方式在結構上方成長氮化鎵厚膜，並利用化學蝕刻方式在介電質上方形成三角形微米隧道或特定之錐形結構。

本發明一種於氮化鎵半導體進行蝕刻的方法，其第一實施例中詳如下述：

如第 1A 圖所示，本發明提供一半導體基底 101，一第一氮化鎵層 102 形成於半導體基底 101 表面上，一介電層 103 以不連續方式，形成於第一氮化鎵層 102 表面上，第二氮化鎵層 104 形成於氧化矽介電層 103 與第一氮化鎵層 102 上，第二氮化鎵層 104 之厚度較第一氮化鎵層 102 的厚度來的厚，可稱為氮化鎵厚膜。

如第 1B 圖所示，以側邊蝕刻方式蝕去介電層 103，由此進入蝕刻。而圖中虛線表示可能之繼續蝕刻方向。

繼續如第 1C 圖所示，繼續以側邊蝕刻方式蝕去介電層 103 上方之第二氮化鎵層 104，逐漸形成孔洞 105 的部分。

繼續如第 1D 圖所示，仍以側邊蝕刻方式蝕去第二氮化鎵層 104，使得孔洞 105 的部分逐漸擴大形成，藉以形成第二氮化鎵層 104 之特定形狀。

最後如第 1E 圖所示，除去半導體基底 101 與第一氮化鎵層 102，即可以清楚看出第一氮化鎵層 102 所形成之六角形立錐體形狀。

本發明一種於氮化鎵半導體進行蝕刻的方法，其第二實施例中詳細敘述如下：

首先如第 2A 圖所示，提供一半導體基底 201，半導體基底 201 具有一凹陷部分 202 與其他突出部分，而第一氮化鎵層 203A 形成於半導體基底 201 之其他突出部分之表面上。

如第 2B 圖所示，第二氮化鎵層 203B 形成於第一氮化鎵層 203A 表面上，其中仍保留半導體基底 201 之凹陷部分，第二氮化鎵層 203B 結合第一氮化鎵層 203A，成為氮化鎵層 203B 之厚膜。

仍如第 2C 圖所示，藉由該半導體基底 201 之凹陷部分進入，以側邊蝕刻方式蝕去第二氮化鎵層 203B，形成孔洞 204 部分。

如第 2D 圖所示，孔洞 204 部分已逐漸擴大形成，藉以形成第二氮化鎵層 203B 之特定形狀。

最後如第 2E 圖所示，除去半導體基底 201，即可以清楚看出第二氮化鎵層 203B 所形成之六角形立錐體形狀。

本發明一種於氮化鎵半導體進行蝕刻的方法，其第三實施例中詳細敘述如下：

首先如第 3A 圖所示，提供半導體基底 301，第一氮化鎵層 302 形成於半導體基底 301 表面上，一介電層 303 形成於第一氮化鎵層 302 表面上，其中介電層 303 具有一特定空孔形狀。

繼續如第 3B 圖所示，形成第二氮化鎵層 304 於介電層 303 上。

仍如第 3C 圖所示，以側邊蝕刻方式蝕去介電層 303，且繼續蝕刻以蝕去介電層 303 上方之第二氮化鎵層 304。

最後如第 3D 圖所示，除去半導體基底 301 與第一氮化鎵層

302，即可以清楚看出第二氮化鎵層 304 所形成之六角形立錐體形狀。

本發明一種於氮化鎵半導體進行蝕刻的方法，其第四實施例中詳細敘述如下：

首先如第 4A 圖所示，提供半導體基底 401，第一氮化鎵層 402A，而第一氮化鎵層 402A 具不連續形狀以形成於半導體基底 401 表面上，介電層 403 形成於第一氮化鎵層 402A 兩側之側邊。

如第 4B 圖所示，第二氮化鎵層 402B 形成於第一氮化鎵層 402A 表面上，及介電層 403 表面上，而第二氮化鎵層 402B 接合第一氮化鎵層 402A，並成為氮化鎵層 402B 之厚膜。

如第 4C 圖所示，開始以側邊蝕刻方式進入，蝕去介電層 403，逐漸蝕刻第二氮化鎵層 402B，開始產生孔洞 404。

如第 4D 圖所示，受蝕刻部分的第二氮化鎵層 402B 逐漸形成為完整孔洞 404。

最後，如第 4E 圖所示，除去半導體基底 401，即可以清楚看出第二氮化鎵層 402B 所形成之六角形立錐體形狀。

本發明之半導體基板包括由藍寶石、碳化矽、砷化鎵、或矽等材料所製成之基板。

本發明氮化鎵層之形成，係以氮化鎵成長晶種，進行懸吊式或空橋式 (Air-Bridge) 成長製程，並利用側向成長方式在結構上方成長氮化鎵厚膜。而氮化鎵厚膜是以氫化物氣相磊晶法 (Hydride Vapor Phase Epitaxy; HVPE)、金屬有機氣相化學沉積法 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition; MOCVD)、或是脈衝雷射沉積法 (Pulsed Laser Deposition; PLD) 等方法，且利用側向成長技術以長成數十微米以上之氮化鎵厚膜。其中側向成長技術也可利用懸吊式側向成長技術代替。而若側向成長技術若用懸吊式成長技術代替，則蝕刻液會直接蝕刻具有氮極性之氮化鎵，不會先蝕刻介電層。

於本發明中所形成的介電層係作為遮罩使用，其中介電質層

可使用二氧化矽、氮化矽或氧化鋅等材料；利用曝光、顯影、蝕刻方式使遮罩形成開口，再以乾式或濕式蝕刻方式蝕刻，使介電質形成隨機圖形。其中遮罩之圖形可為點狀 (Dot Pattern) 條狀 (Line Pattern)、或隨機形成之開口圖形 (Random Pattern)。

本發明之濕蝕刻方式是以熔融態氫氧化鉀、氫氧化鈉等或其溶液作為蝕刻液。其中蝕刻液會先移除介電層，接著朝向其上方氮極性之氮化鎵蝕刻；而氮化鎵經濕蝕刻後所形成之晶面為 {1-101}、{11-22}、{33-62} 等晶面群。若蝕刻反應之時間充足，氮化鎵厚膜可以和原始基板分離而成為獨立式氮化鎵厚膜。而蝕刻之過程可以使用光電化學蝕刻 (Photoelectrochemical) 方法進行輔助。

若使用之遮罩圖形為條狀圖形，則在蝕刻過程中會先形成三角隧道，接著隧道側壁會接合而使氮化鎵和半導體基板分離。其中若使用之遮罩圖形為點狀或隨機開口圖形，則在蝕刻過程中會先形成六角錐，接著氮化鎵厚膜會和半導體基板分離。

以上所述僅為本發明之較佳實施例而已，並非用以限定本發明之申請專利範圍；凡其它未脫離本發明所揭示之精神下所完成之等效改變或修飾，均應包含在下述之申請專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第 1 圖所示為本發明之第一實施方式。

第 2 圖所示為本發明之第二實施方式。

第 3 圖所示為本發明之第三實施方式。

第 4 圖所示為本發明之第四實施方式。

【主要元件符號說明】

101 半導體基底

102 第一氮化鎵層

103 介電層

- 104 第二氮化鎵層
- 105 孔洞
- 201 半導體基底
- 202 凹陷部分
- 203A 第一氮化鎵層
- 203B 第二氮化鎵層
- 204 孔洞部分
- 301 半導體基底
- 302 第一氮化鎵層
- 303 介電層
- 304 第二氮化鎵層
- 401 半導體基底
- 402A 第一氮化鎵層
- 402B 第二氮化鎵層
- 403 介電層
- 404 孔洞部分

101年1月11日修正本

十、申請專利範圍：

1. 一種於氮化物半導體進行蝕刻的方法，至少包含：

提供一半導體基底，一第一氮化物層形成於該半導體基底表面上，一介電層，該介電層具不連續形狀以形成於該第一氮化物層表面上，一第二氮化物層形成於該介電層與該第一氮化物層上；

以側邊蝕刻方式蝕去該介電層；

以側邊蝕刻方式蝕去該介電層上方之該第二氮化物層，成為一孔洞，藉以形成該第二氮化物層之特定形狀。

2. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該氮化物半導體至少包含氮化鎵半導體。

3. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該半導體基底至少包含由藍寶石、碳化矽、砷化鎵及矽等材料所製成。

4. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該氮化物層至少包含以側向成長方式形成。

5. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該介電層至少包含二氧化矽、氮化矽及氧化鋅等材料。

6. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該側邊蝕刻方式至少包含濕蝕刻。

7. 一種於氮化鎵半導體進行蝕刻的方法，至少包含：

提供一半導體基底，該半導體基底具有一凹陷部分與一突出部分，一第一氮化物層形成於該半導體基底之該突出部分表面上；

一第二氮化物層形成於該第一氮化物層表面上，其中仍保留該半導體基底之該凹陷部分；

以側邊蝕刻方式蝕去該第二氮化物層，係藉由該半導體基底之該凹陷部分進入以進行蝕刻，成為一孔洞，藉以形成特定形狀之該第二氮化物層。

8. 如申請專利範圍第7項所述之方法，其中該氮化物半導體至少包含氮化鎵半導體。

9. 如申請專利範圍第 7 項所述之方法，其中該半導體基底至少包含由藍寶石、碳化矽、砷化鎵及矽等材料所製成。
10. 如申請專利範圍第 7 項所述之方法，其中該氮化物層至少包含以側向成長方式形成。
11. 如申請專利範圍第 7 項所述之方法，其中該介電層至少包含二氧化矽、氮化矽及氧化鋅等材料。
12. 如申請專利範圍第 7 項所述之方法，其中該側邊蝕刻方式至少包含濕蝕刻。
13. 一種於氮化物半導體進行蝕刻的方法，至少包含：
 - 提供一半導體基底，一第一氮化物層形成於該半導體基底表面上，一介電層形成於該第一氮化物層表面上，其中該介電層具有一特定空孔形狀；
 - 形成一第二氮化物層於該介電層上；
 - 以側邊蝕刻方式蝕去該介電層；
 - 以側邊蝕刻方式蝕去該介電層上方之該第二氮化物層，成為一孔洞，藉以形成該第二氮化物層之特定形狀。
14. 如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中該氮化物半導體至少包含氮化鎵半導體。
15. 如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中該半導體基底至少包含由藍寶石、碳化矽、砷化鎵及矽等材料所製成。
16. 如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中該氮化物層至少包含以側向成長方式形成。
17. 如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中該介電層至少包含二氧化矽、氮化矽及氧化鋅等材料。
18. 如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中該側邊蝕刻方式至少包含濕蝕刻。
19. 一種於氮化鎵半導體進行蝕刻的方法，至少包含：
 - 提供一半導體基底，一第一氮化物層，該第一氮化物層具不連續形狀以形成於該半導體基底表面上，一介電層，該介電層介

電層形成於該第一氮化鎵層之兩側側邊；

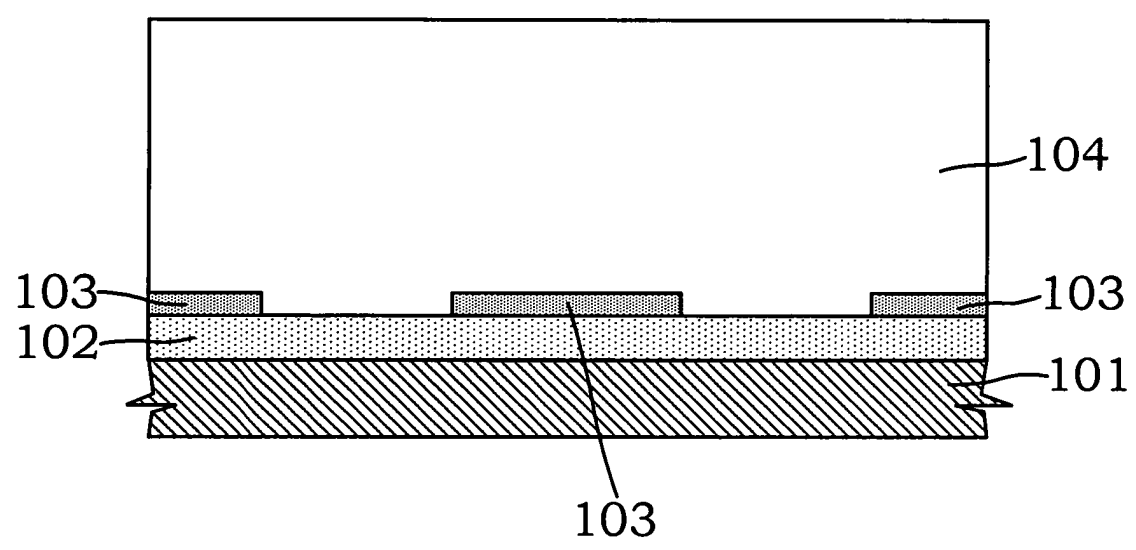
一第二氮化物層形成於該第一氮化物層表面上與該介電層表面上；

以側邊蝕刻方式蝕去該介電層；

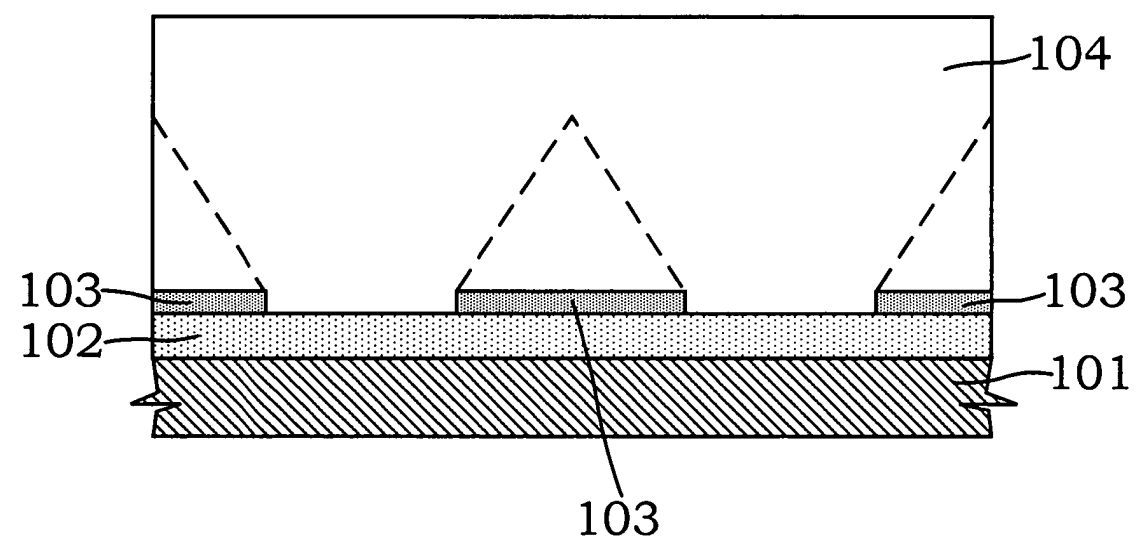
以側邊蝕刻方式蝕去該第二氮化物層，成為一孔洞，藉以形成特定形狀之該第二氮化物層。

20. 如申請專利範圍第 19 項所述之方法，其中該氮化物半導體至少包含氮化鎵半導體。
21. 如申請專利範圍第 19 項所述之方法，其中該半導體基底至少包含由藍寶石、碳化矽、砷化鎵及矽等材料所製成。
22. 如申請專利範圍第 19 項所述之方法，其中該氮化物層至少包含以側向成長方式形成。
23. 如申請專利範圍第 19 項所述之方法，其中該介電層至少包含二氧化矽、氮化矽及氧化鋅等材料。
24. 如申請專利範圍第 19 項所述之方法，其中該側邊蝕刻方式至少包含濕蝕刻。

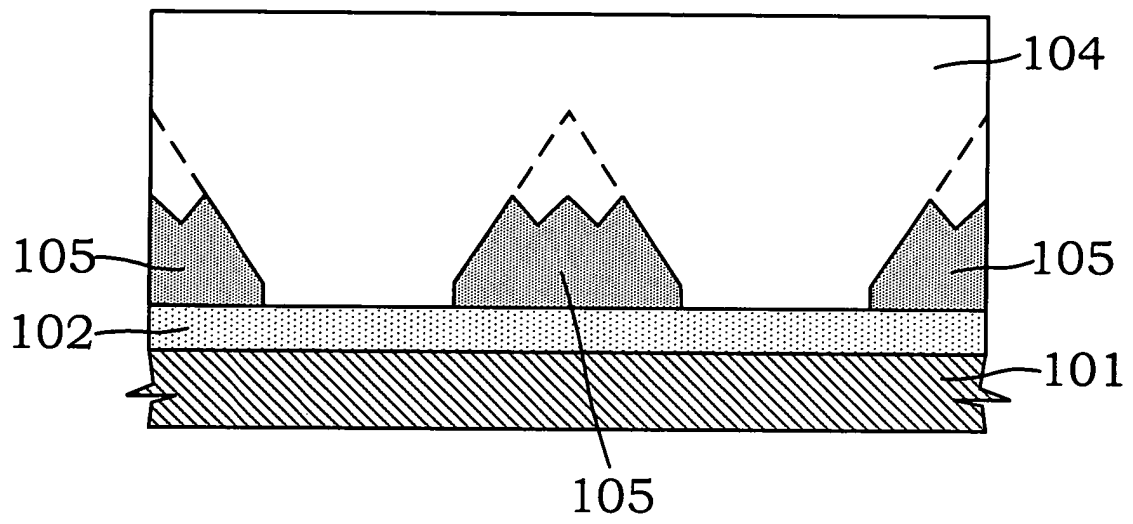
十一、圖式：



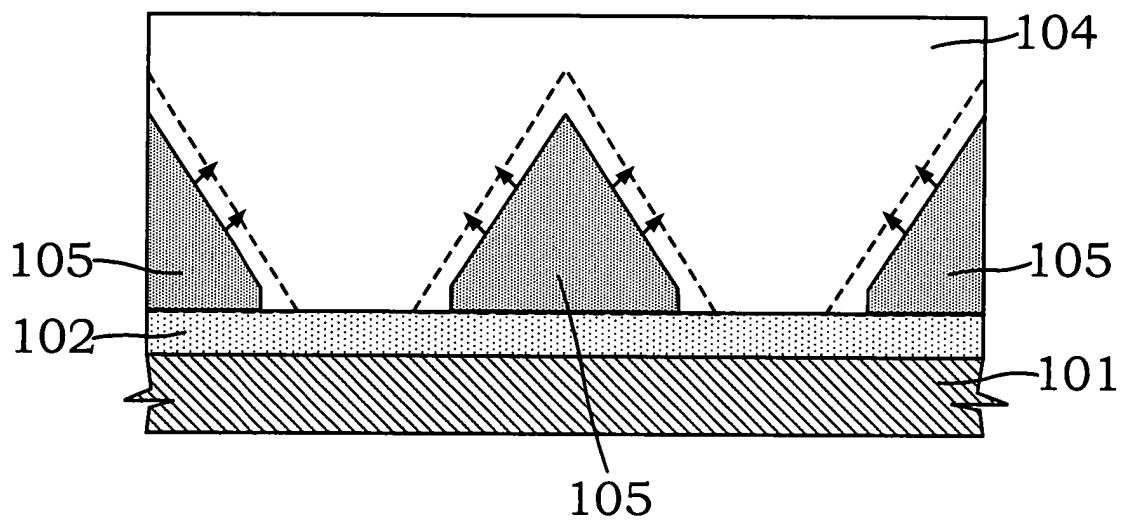
第 1A 圖



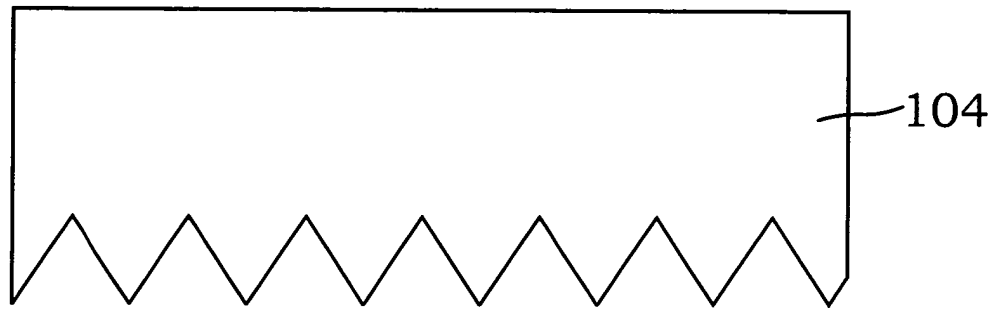
第 1B 圖



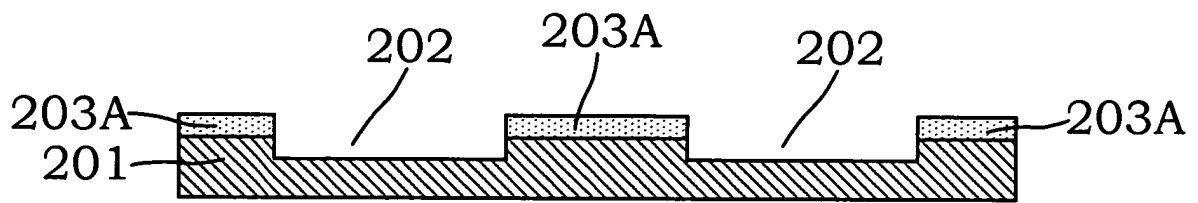
第 1C 圖



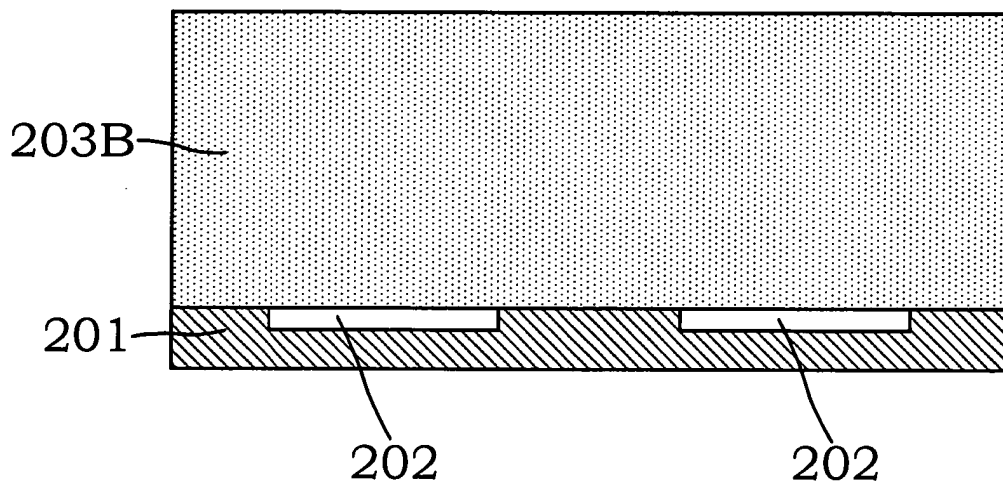
第 1D 圖



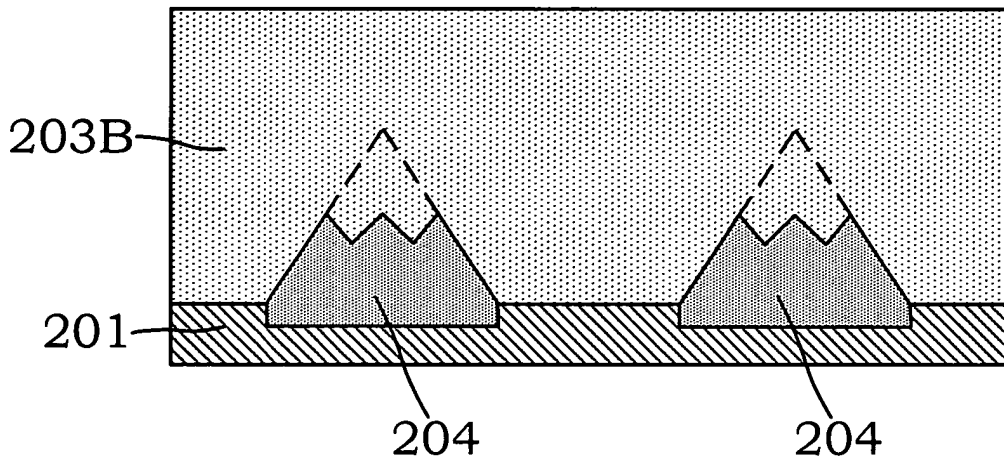
第 1E 圖



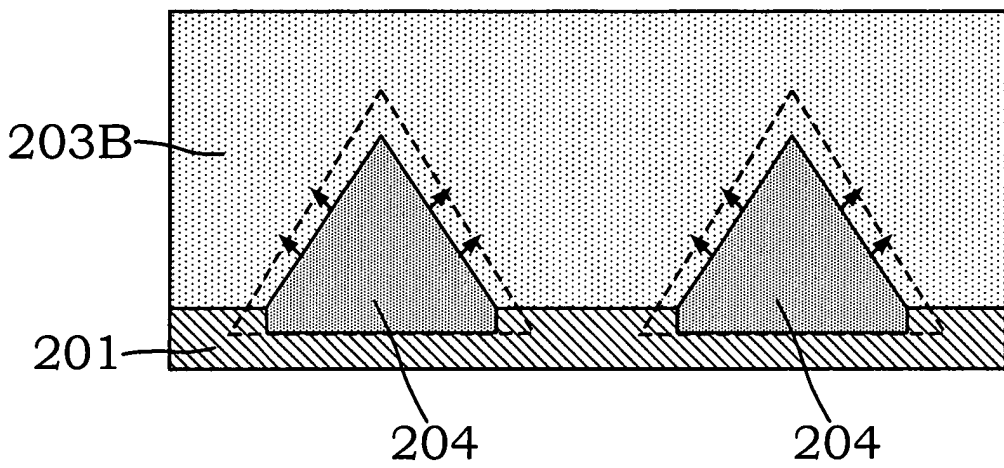
第 2A 圖



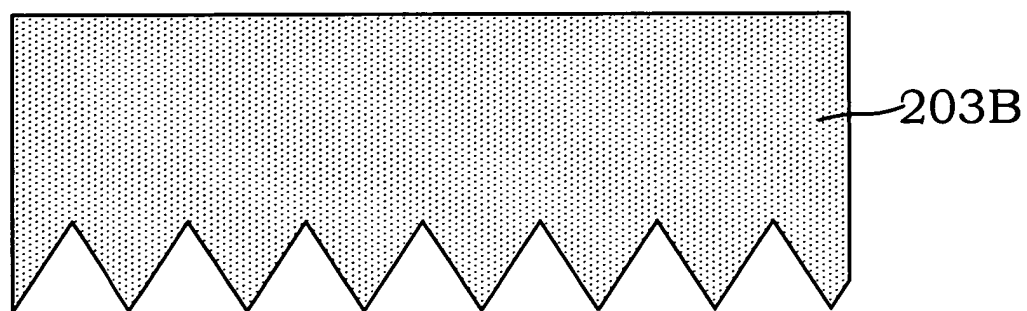
第 2B 圖



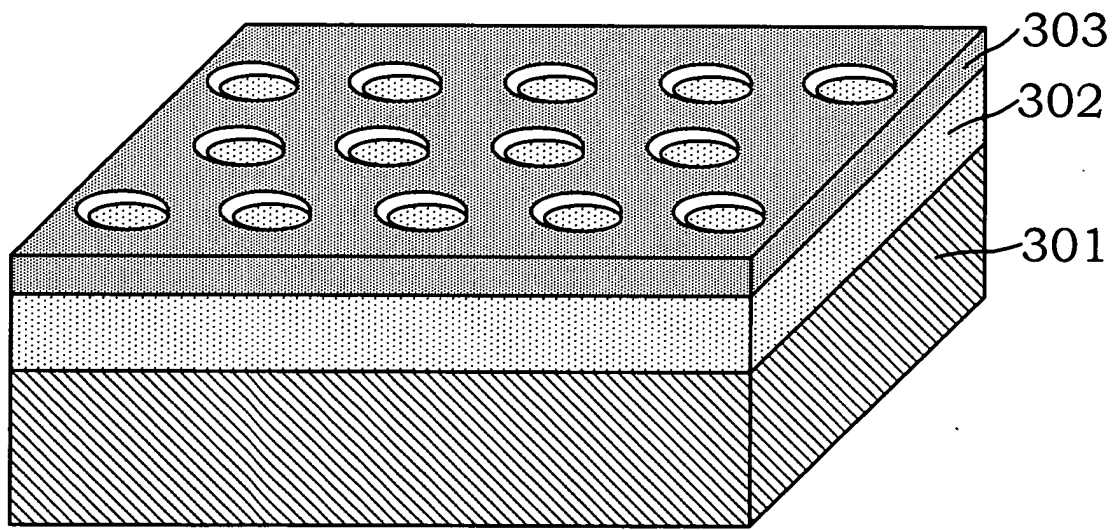
第 2C 圖



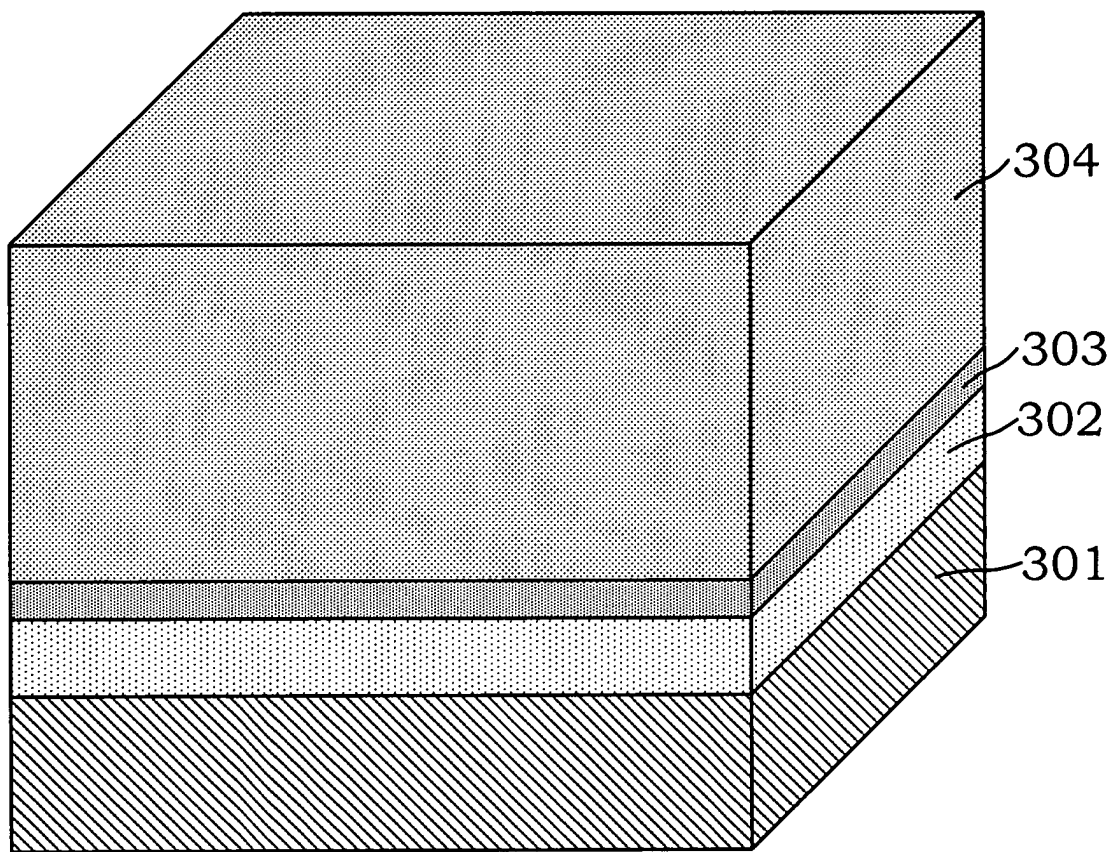
第 2D 圖



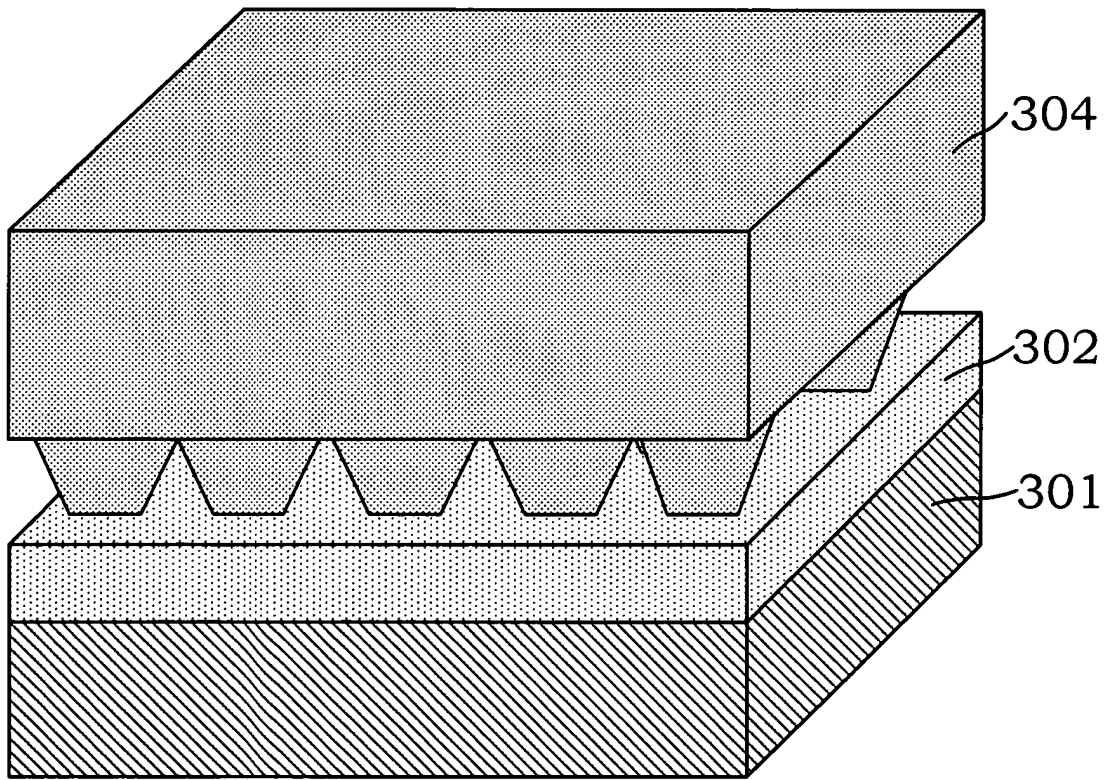
第 2E 圖



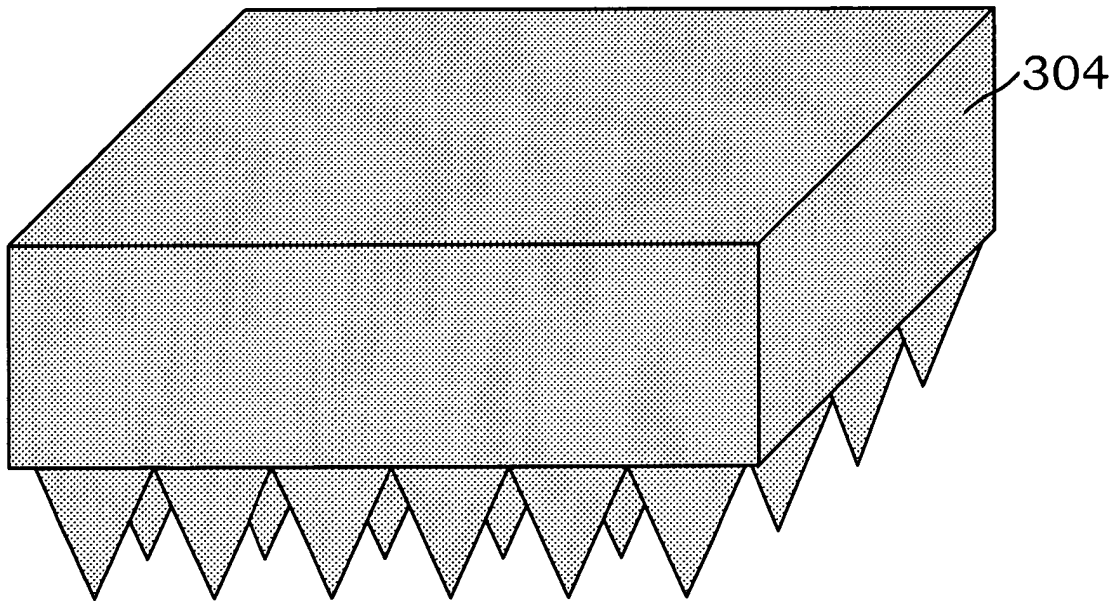
第 3A 圖



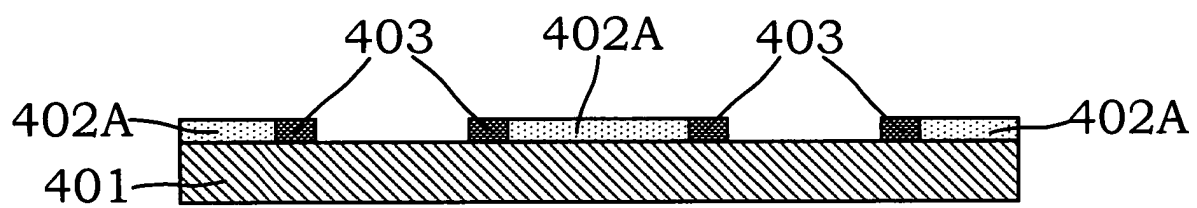
第 3B 圖



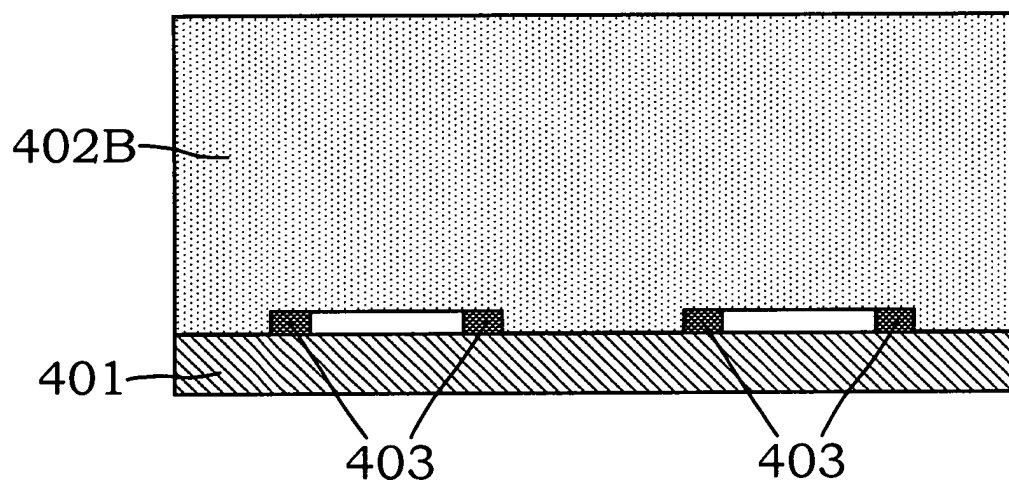
第 3C 圖



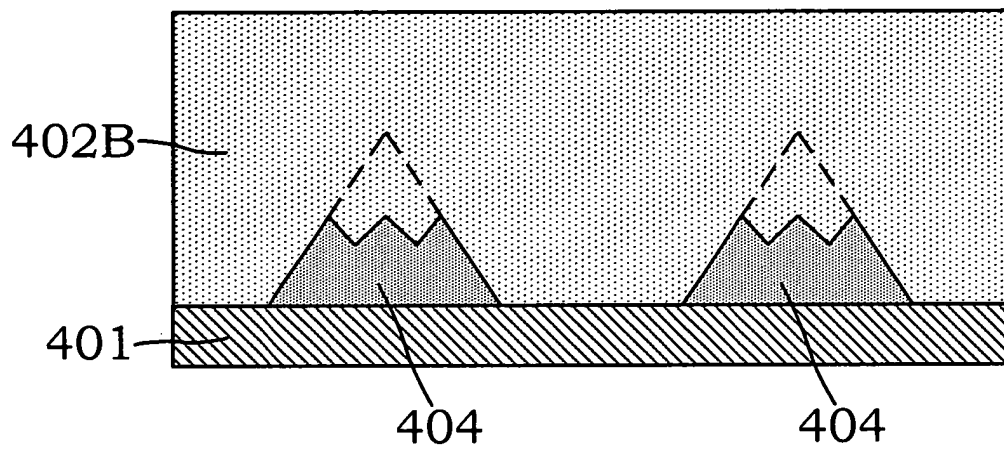
第 3D 圖



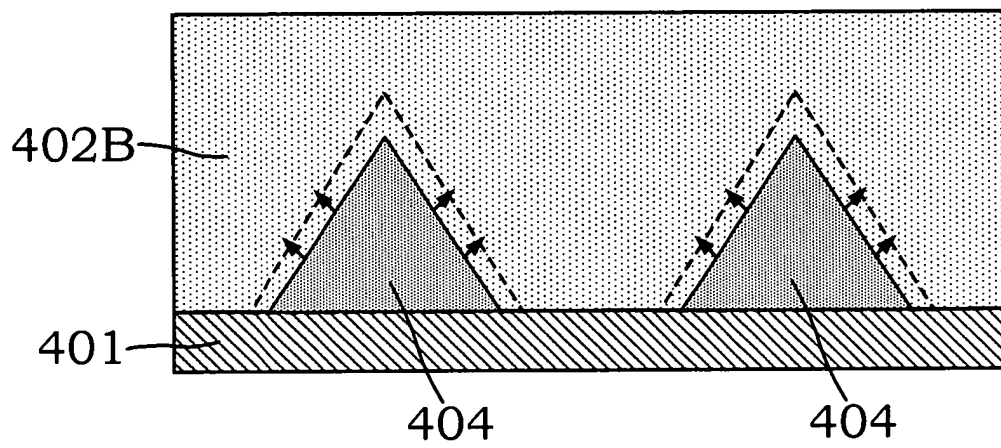
第 4A 圖



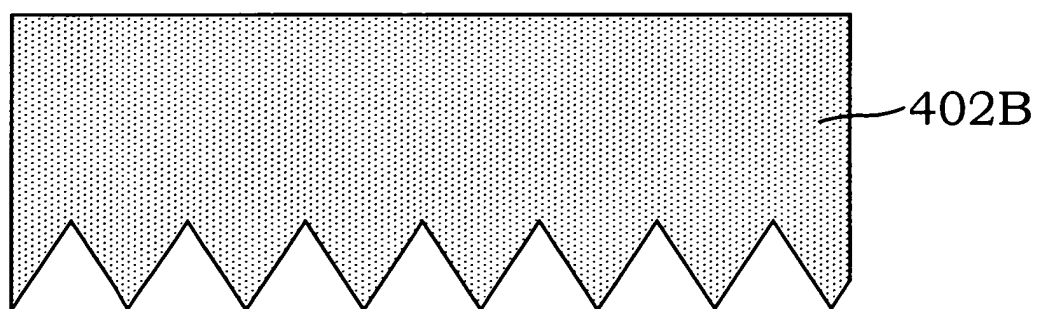
第 4B 圖



第 4C 圖



第 4D 圖



第 4E 圖