

公告本

申請日期: <u>88. 3. 15</u>	案號: <u>PP 104672</u>
類別: <u>H01L 29/64 ; 21/20</u>	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

493276

一、 發明名稱	中文	結晶形鹼土金屬氧化物與矽間之介面
	英文	SEMICONDUCTOR STRUCTURE HAVING A CRYSTALLINE ALKALINE EARTH METAL OXIDE INTERFACE WITH SILICON
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 俊 王 2. 威利恩 傑 歐姆斯 3. 吉瑞德 亞倫 哈馬克
	姓名 (英文)	1. JUN WANG 2. WILLIAM JAY OOMS 3. JERALD ALLEN HALLMARK
	國籍	1. 中國 2. 美國 3. 美國
	住、居所	1. 美國亞歷桑那州吉爾伯特市東維得所路442號 2. 美國亞歷桑那州查德勒市西山談路1725號 3. 美國亞歷桑那州吉爾伯特市東瓦夫路1544號
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 美商摩托羅拉公司
	姓名 (名稱) (英文)	1. MOTOROLA INC.
	國籍	1. 美國
	住、居所 (事務所)	1. 美國伊利諾州史堪伯市東阿崗崑路1303號摩托羅拉中心
	代表人 姓名 (中文)	1. F. 強 莫辛格
	代表人 姓名 (英文)	1. F. JOHN MOTSINGER



本案已向

國(地區)申請專利

美國 US

申請日期

1999/03/22 09/274, 268

案號

主張優先權

有

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無



五、發明說明 (1)

本申請案已於1999年3月22日在美國提出專利申請案號09/274,268。

發明領域

本發明一般係關半導體結構包含矽基底與其他氧化物中間一結晶鹼土金屬氧化物界面，較特別有關一界面含一種鹼土金屬、矽與氧的原子層。

發明的背景

整齊安定的矽(Si)表面為矽上單晶薄膜在後續之磊晶成長而作多種裝置運用所最期望者，例如鐵電或高介電常數的氧化物作非揮發高度記憶及邏輯設備等。在Si表面上建立整齊的轉變層十分重要，特別供單晶氧化物例如鈣鈦礦之後來成長。

此等氧化物諸如BaO與BaTiO₃；在Si(100)上的某些報告成長係以BaSi₂(立方體)樣板為基礎用高於850℃溫度時反應超外性在Si(100)上澱積四份之一單層。見例如：R.

McKee等，Appl. Phys. Lett. 59 (7), 782-784 頁

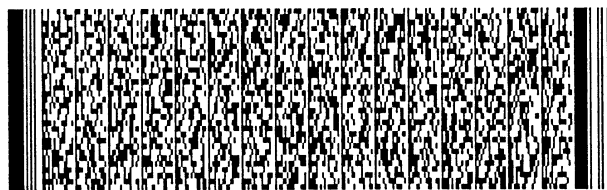
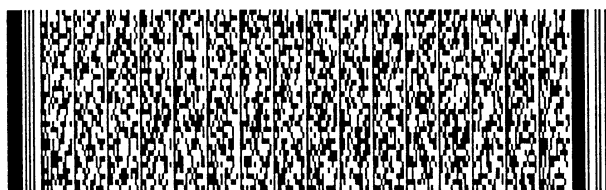
(1991/8/12)；R. McKee等，Appl. Phys. Lett. 63 (20),

2818-2820 頁(1993/11/15)；R. McKee等，Mat. Res. Soc.

Symp. Proc., Vol. 21, 131-135 頁(1991)；1993/7/6 頒美

國專利5,225,031 號，標題"趨外性在矽基底上澱積氧化物之方法及以此法所製的結構"；與1996/1/9 頒美國專利

5,482,003 號，標題"在基底上澱積趨外性鹼土氧化物之方法及以此法所製的結構"。不過，此一所提結構的原子階模擬指示溫度升高時似不穩定。



五、發明說明 (2)

T. Tambo 等, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 37(1998), 4454-4459 頁已完成 SrTiO_3 在矽(100)上用 SrO 緩衝層成長。但 SrO 緩衝層厚(100 Å), 以致限制晶體膜之實用, 且成長全程中無以保持結晶度。

此外, SrTiO_3 曾在矽上用 Sr 或 Ti 的厚金屬氧化物緩衝層(60-120 Å)成長。B. K. Moon 等, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 33 (1994), 1472-1477 頁。此等厚緩衝層會限制晶體的實用。

因此, 須要一薄而穩定之結晶與矽介面。

圖之簡要說明

圖1-2 說明一清淨半導體基底的切面圖, 其上有一根據本發明製作之界面;

圖3-6 說明一半導體基底的切面圖, 有根據本發明由二氧化矽層製作之界面; 及

圖7-8 說明一鹼土金屬氧化物層的切面圖, 該層係根據本發明在圖1-6 例解結構上製作。

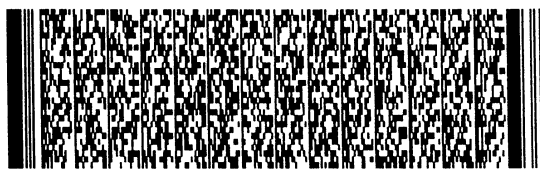
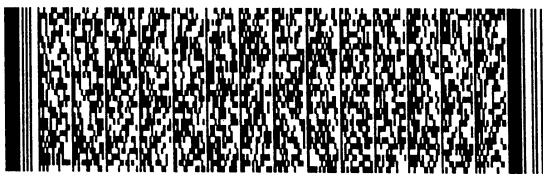
圖9-12 說明在根據本發明圖1-8 結構上所製鈣鈦礦切面圖。

圖13 說明根據本發明圖12 層一具體例原子結構之側視圖。

圖14 說明沿圖13 視線AA 界面的俯視圖。

圖15 說明沿圖13 視線AA 包括界面與基底鄰接原子層之俯視圖。

較佳具體例的詳細說明



五、發明說明 (3)

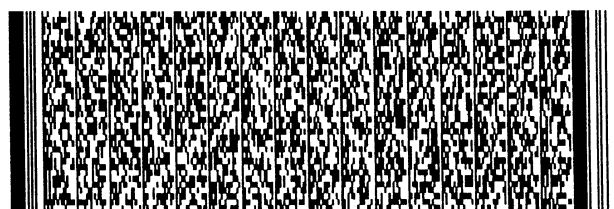
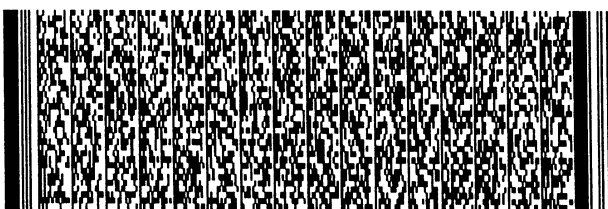
製作矽(Si)基底與一或多單晶氧化物層中間之新穎界面可用多種方法。可提幾例供以有潔淨表面的Si基底開始，及表面上有二氧化矽(SiO_2)之Si基底二者。 SiO_2 係非晶的而非單晶，宜作基底上生長另外單晶材料之用使單晶氧化物可供應界面。

茲參閱各圖其中全體相同數字指示相同元件，圖1與2說明半導體結構含一矽基底10有潔淨表面12。潔淨(2×1)表面12可用任何傳統潔洗程序獲得，例如以高過或等於850°C溫度加熱解吸 SiO_2 ，或於高過或等於300°C溫度在超高真空下脫除氫端Si(1×1)表面的氫。氫終止作用係一週知方法其中氫鬆弛結合於表面12處矽原子的垂懸鍵以完全結晶構造。結晶物的界面14可由供應(如圖1內箭頭所示)控制量之金屬、Si及 O_2 在低於或等於900°C溫度隨意同時或連續地在一成長室內以低於或等於 1×10^{-9} mBar分壓力之 O_2 送入。塗敷於表面12形成界面14的金屬可係任何金屬，但在較佳具體例內包含鹼土金屬如鋇(Ba)或銦(Sr)。

由於採用Ba、Si、及 O_2 生成 BaSiO_2 作界面14，技術上經充分考證且能原地利用，即當在生長室內完成暴露步驟時用反射高能電子衍射(RHEED)法偵監。RHEED術係用以偵測或感知表面結晶構造，在本過程中迅速改變為強烈分明的條紋而生成 BaSiO_2 的原子層。當然須了解一旦提供及遵循一特定製法，可不必在每基底上實施RHEED術。

以下段內將敘述界面14之新穎原子結構。

業界技術者應知此等過程所列溫度與壓力係為所述特別



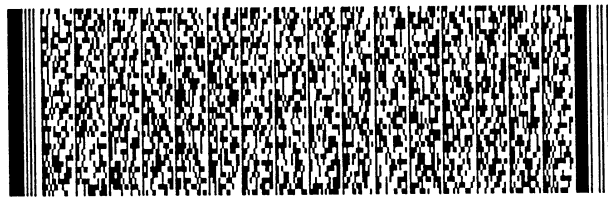
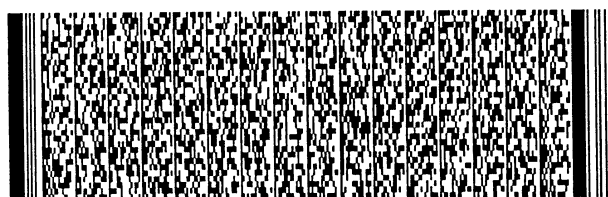
五、發明說明 (4)

具體例推介，但本發明不限於特定溫度或壓力範圍。

參考圖3-6，另一方式包括製作一Si基式10，其上有一表面12與一SiO₂層16。一旦Si基式10暴露於空氣(氧)，此SiO₂層16即自然出現(天然氧化物)或者故意按技術上週知的控制方式製作，例如施用(箭頭)氧於表面12上加熱。新穎界面14可由如下二種建議具體例內至少一種製作：於700-900℃在超高真空下施用一種鹼土金屬於SiO₂層16的表面18。更明確言之Si基底10與非晶SiO₂層16加熱至SiO₂層16昇華溫度以下之溫度(通常900℃以下)。如此能在一分子束磊晶室內達成，或者Si基底10能在一製備室內至少部分加熱，然後能轉移至成長室完全加熱。Si基底10經適當加熱，成長室中壓力適當調低後，其上有SiO₂層16的Si基底10之表面12暴露於金屬光束，較佳一種鹼土金屬如圖5示例。一較佳具體例中光束為Ba或Sr，係由電阻加熱隙透管或自e⁻束蒸發源產生。一特殊例內Si基底10與SiO₂層16暴露於Ba光束。Ba加入SiO₂而轉化SiO₂層16成含晶式BaSiO₂的界面14。或者，可在較低溫度供應土鹼金屬予表面18，所得物於700-900℃在超高真空中退火。

形成界面14後，界面14表面上可製作一或多層單晶氧化物。但界面14與單晶氧化之間可設置一隨意層的鹼土金屬氧化物如BaO或SrO。此鹼土金屬氧化物提供低介電常數(對某些用途如記憶管等有益)，亦阻止氧自單晶氧化物移動至Si基底10。

參考圖7與8、鹼土金屬氧化物層22可由隨意同時或交替



五、發明說明 (5)

於700 °C 以下或等於700 °C 及 O_2 分壓低於或等於 1×10^{-5} mBar 時完成製作。此鹼土金屬氧化物層22可含厚度例如50-500 Å。

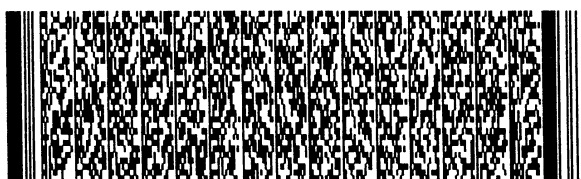
參考圖9-12、一單晶氧化物層26如鹼土金屬鈣鈦礦可在低於或等於700 °C 在低於或等於 1×10^{-5} mBar 的氧分壓下隨意同時或交替供應一鹼土金屬氧化物、氧及一過渡金屬如鈦於界面14的表面或鹼土金屬氧化物層22之表面24上。此單晶氧化物層26舉例含50-1000 Å 的厚度並能實質上與其下方的界面14或鹼土金屬氧化物層22晶格相配。應知單晶氧化物層26可在其他具體例內構成一或多層。

參考圖13表現Si 基底10、界面14與鹼土金屬金屬氧層26的原子組態之側視圖(在 $\langle -110 \rangle$ 方向觀看)。所示組態含旨在說明用相對大小自大至小鋇原子30，矽原子32，氧原子34及鈦原子36。Si 基底10僅含矽原子32。界面14含金屬原子(在較佳具體例內說明作鋇原子30)，矽原子32，及氧原子34。鹼土金屬金屬氧層26含鋇原子30，氧原子34及鈦原子36。

關於圖14，沿圖13視線AA 的界面之俯視圖顯示鋇、矽與氧原子30，32，34 的排列。

關於圖15，沿圖13AA 線之俯視圖顯示界面14及Si 基底10與上原子層11。

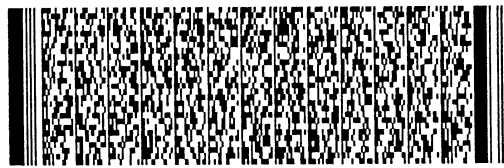
此研討的單層等於 6.8×10^{14} 原子/cm²，一原子層厚為一原子。圖中表現可見界面14含單原子層，但能多於一原子層，而Si 基底10及鹼土金屬金屬氧化物層可係許多原子



五、發明說明 (6)

層。注視圖13中僅顯示Si基底10之四原子層及鹼土金屬金屬氧化物層26之僅三原子層。界面14含半單層鹼土金屬，半單層矽與一單層氧。Si基底10內每銀原子30與矽原子32之四個實質相等間隔。界面14內矽原子32實質在一條線上，並在 $\langle 110 \rangle$ 方向於鹼土金屬間相等間隔。矽基底10內原子的上層中各矽原子32結合於界面14內氧原子34，界面14中各矽原子結合於界面14內二氧原子34。界面14含多列銀、矽與氧原子30、32、34，在Si基底10之(001)面上呈 2×1 組態，在 $\langle -110 \rangle$ 方向呈 $1 \times$ 及 $\langle 110 \rangle$ 方向呈 $2 \times$ 態。界面14有一 2×1 重建。

此處已說明一含矽10的薄結晶界面14。此界面14可含有單原子層。而為薄層時界面14會達成較佳之電晶體用途，由於並不會危及上方氧化物層對矽基底之電耦合，且由於原子群更可能維持其於處理時之結晶性而使得界面14更加穩定。

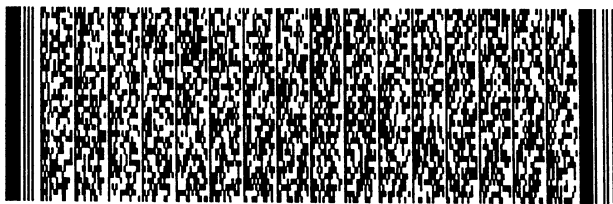


四、中文發明摘要 (發明之名稱：結晶形鹼土金屬氧化物與矽間之介面)

一種半導體結構含矽基底(10)，一或多層單晶氧化物(26)，及矽基底與一或多層單晶氧化物間之介面(14)，界面以晶體材料配合矽的晶格常數製造。界面係矽、氧與一種金屬呈 XSiO_2 式之原子層，式內X為一種金屬。

英文發明摘要 (發明之名稱：SEMICONDUCTOR STRUCTURE HAVING A CRYSTALLINE ALKALINE EARTH METAL OXIDE INTERFACE WITH SILICON)

A semiconductor structure comprises a silicon substrate (10), one or more layers of single crystal oxides (26), and an interface (14) between the silicon substrate and the one or more layers of single crystal oxides, the interface manufactured with a crystalline material which matches the lattice constant of silicon. The interface is an atomic layer of silicon, oxygen, and a metal in the form XSiO_2 , where X is a metal.



六、申請專利範圍

1. 一種半導體結構，其係包含：

一矽基底；

一或多層單晶氧化物；及

一界面介於矽基底與一或多層單晶氧化物間，該界面含一配合矽的晶格常數之結晶材料原子層，此結晶材料包含矽、氧，與一種鹼土金屬。

2. 根據申請專利範圍第1項之半導體結構，其中一或多層單晶氧化物包括形成于鄰近界面的氧化物層，該氧化物層有一第一氧原子所鄰接，在界面內以 $\langle 001 \rangle$ 方向與一金屬原子對齊，並有一第二氧原子所鄰接而於界面內以 $\langle 001 \rangle$ 方向與一矽原子對齊。

3. 根據申請專利範圍第1項之半導體結構，其中該界面的原子層含：

一半單層之鹼土金屬；

一半單層之矽；與

一單層之氧。

4. 根據申請專利範圍第3項之半導體結構，其中矽基底包括鄰接界面之一層矽原子，界面中原子層內之每一鹼土金屬與矽基底內之四矽原子實質上相等地間隔。

5. 根據申請專利範圍第4項之半導體結構，其中該界面包含多列原子在矽基底的 (001) 面上呈 2×1 組態，在 $\langle \bar{1}10 \rangle$ 方向上呈 $1 \times$ 及在 $\langle 110 \rangle$ 方向上呈 $2 \times$ 態。

6. 根據申請專利範圍第5項之半導體結構，其中該界面內之矽原子係實質在一條線上且於 $\langle 110 \rangle$ 方向上介於鹼土



六、申請專利範圍

金屬原子之間相等地間隔。

7. 根據申請專利範圍第1項之半導體結構，其中鄰接界面的矽基底內原子層中各矽原子與界面內一氧原子鏈結，且界面中每一矽原子與界面中二個氧原子鏈結。

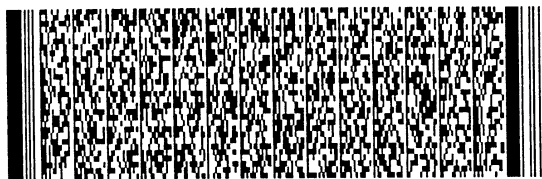
8. 根據申請專利範圍第1項之半導體結構，其中界面有一 2×1 重整化。

9. 一種半導體結構，其係包含：

一具有一表面之矽基底；

至少一層之單晶氧化物；與

一含 $XSiO_2$ 的層，其在矽基底表面與至少一層之單晶氧化物間形成一界面，其中X係一種鹼土金屬。



圖式

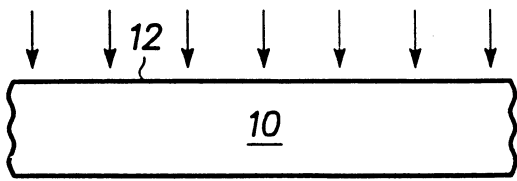


圖1

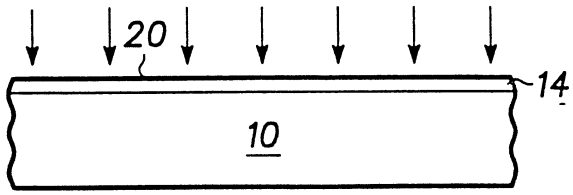


圖7

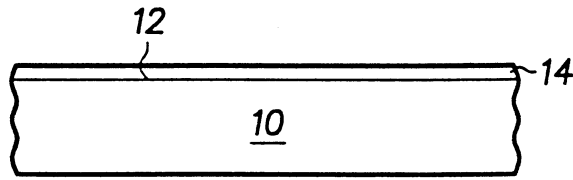


圖2

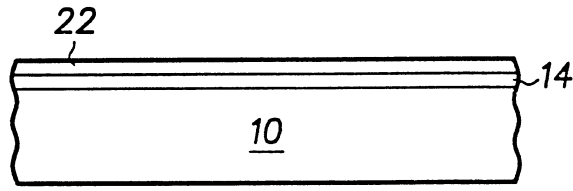


圖8

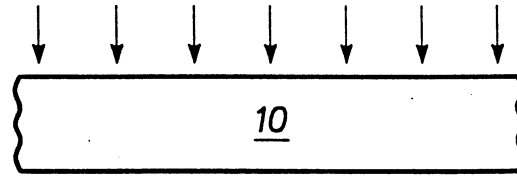


圖3

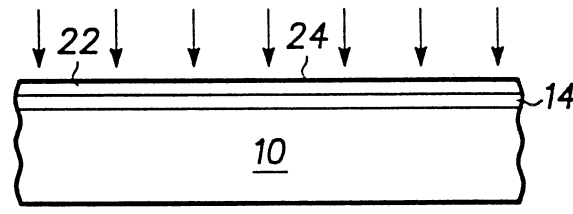


圖9

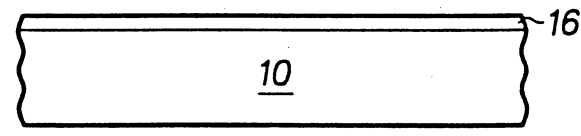


圖4

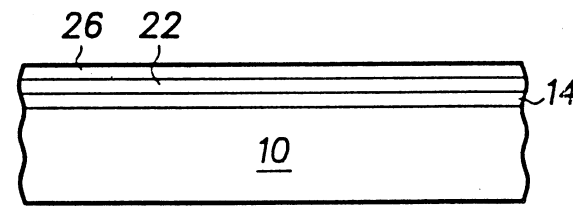


圖10

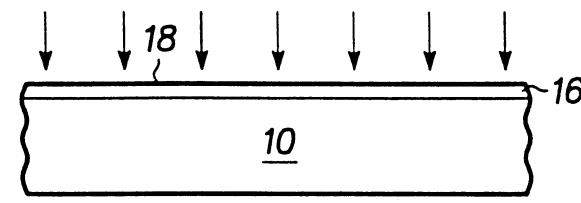


圖5

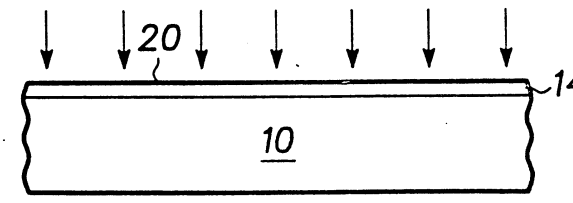


圖11

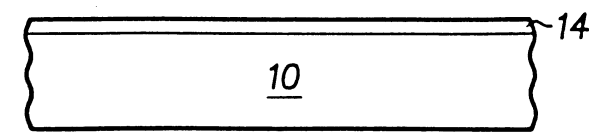


圖6

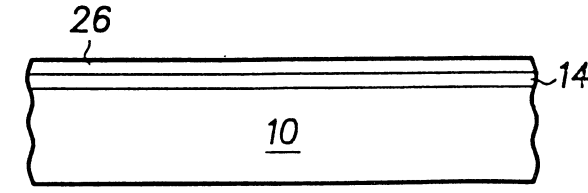
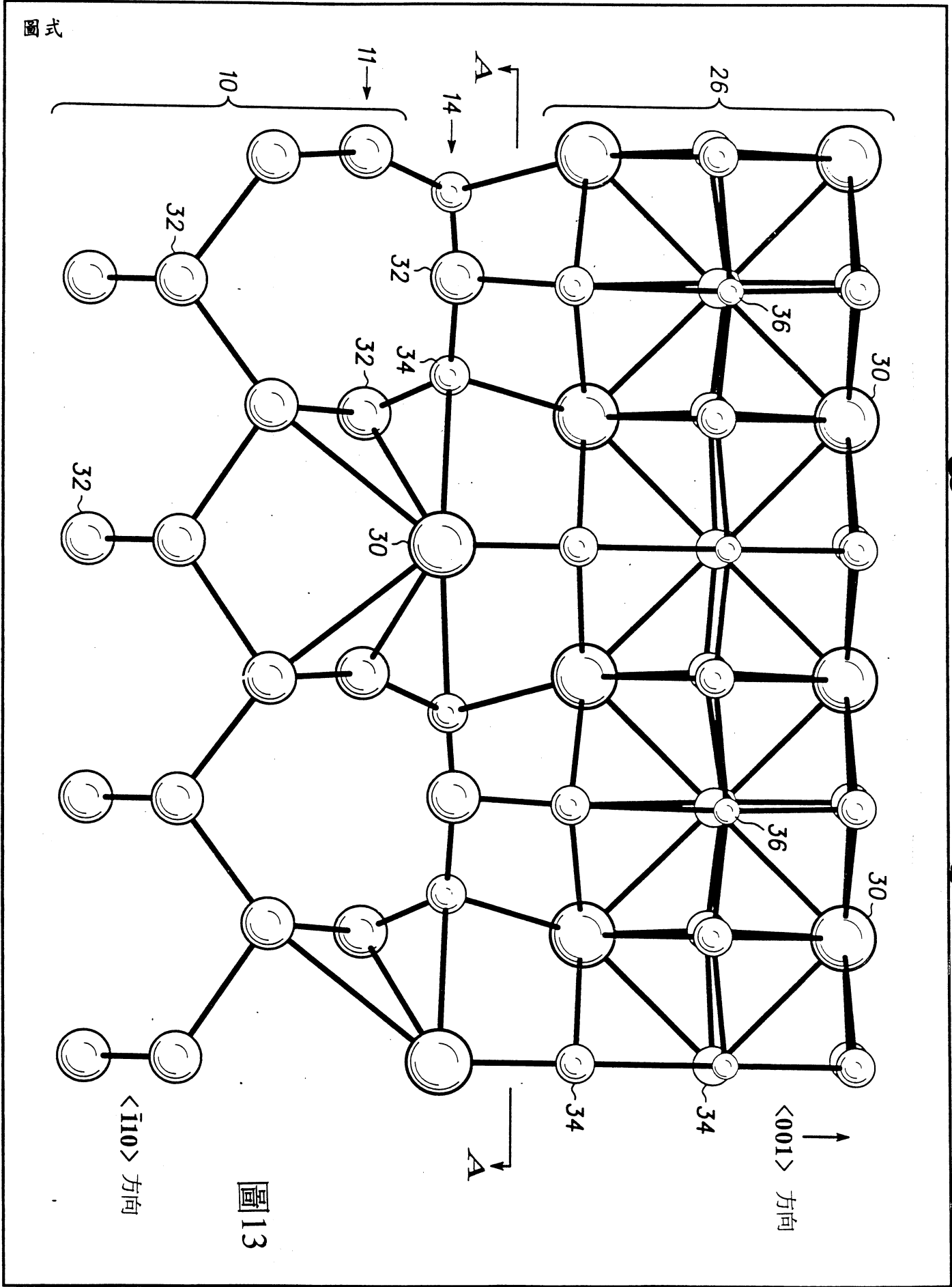


圖12



圖式

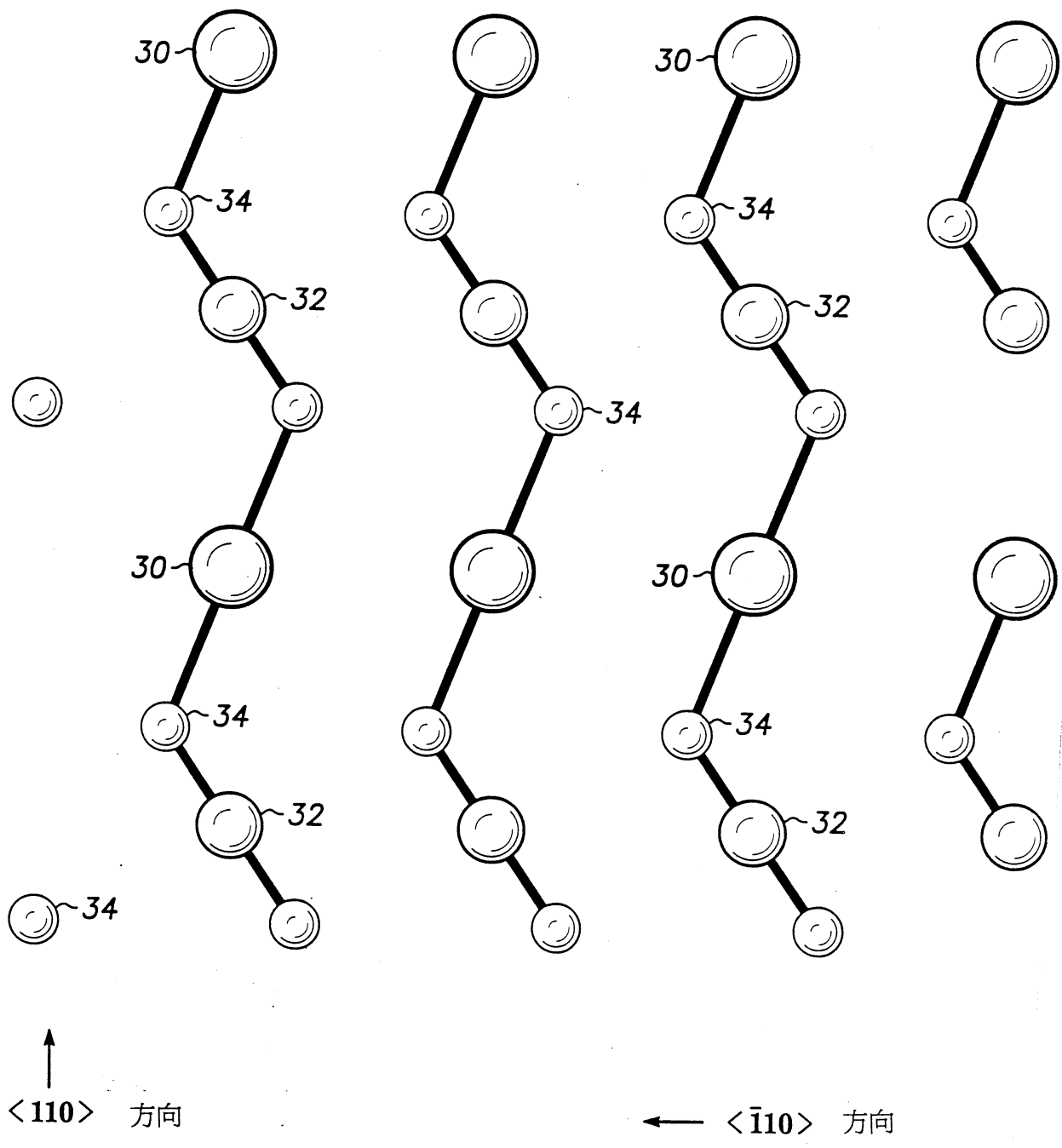


圖14

圖式

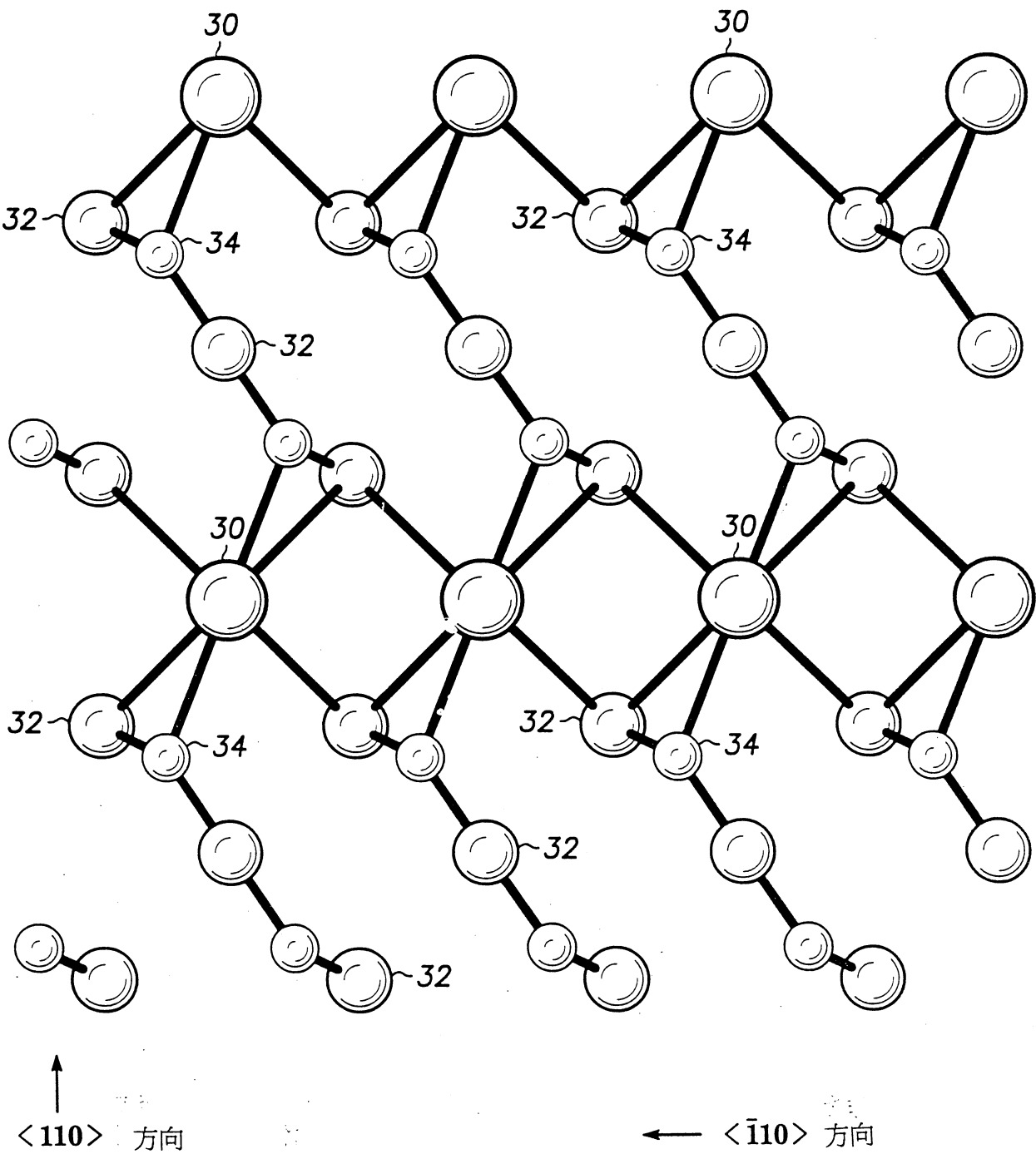


圖15