



(21) 申請案號：112103076 (22) 申請日：中華民國 112 (2023) 年 01 月 30 日

(51) Int. Cl. : **B32B27/40 (2006.01)** **B32B7/02 (2019.01)**
H01L21/67 (2006.01) **H05K3/46 (2006.01)**

(30) 優先權：2022/01/27 日本 2022-011349
2022/08/31 日本 2022-138838

(71) 申請人：日商蓋亞尼克斯股份有限公司 (日本) GAIANIXX INC. (JP)
日本

(72) 發明人：木島健 KIJIMA, TAKESHI (JP)

(74) 代理人：洪武雄；陳昭誠

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：25 項 圖式數：17 共 0 頁

(54) 名稱

結晶、積層構造體、電子器件、電子裝置及此等的製造方法

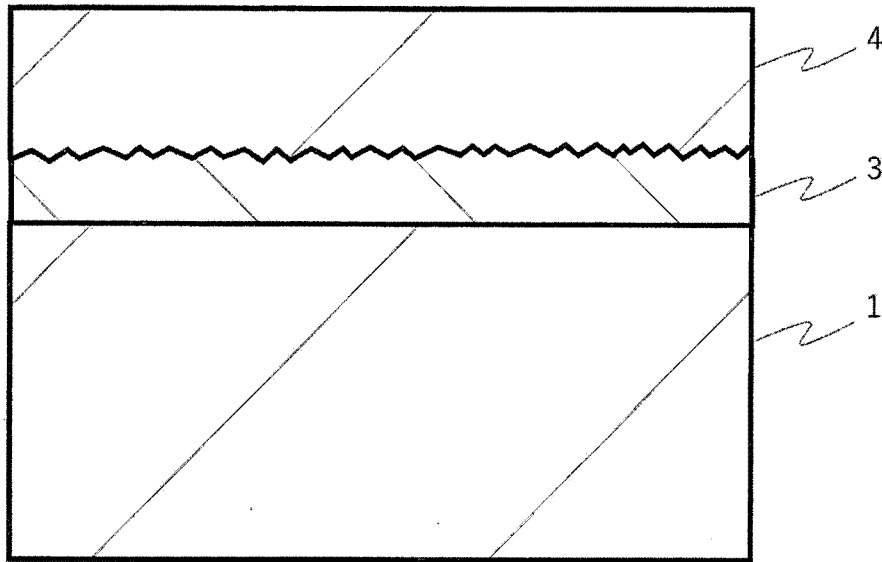
(57) 摘要

本發明之課題為提供形狀記憶特性及耐蝕性優異之結晶、含有前述結晶之積層構造體、電子器件、電子裝置及可由工業優勢地獲得此等的製造方法。本發明之解決手段為於結晶基板上至少形成化合物膜，接著積層含有結晶性化合物之磊晶膜，進一步於前述磊晶膜上直接或隔著其他層積層與前述磊晶膜相異組成之第二磊晶膜，此時是使用前述化合物膜中之化合物元素來形成前述磊晶膜，藉此進行前述磊晶膜的積層，而使含有呈示 10% 以上超彈性的結晶該磊晶膜進行成膜。

An object of the present invention is to provide a crystal with excellent shape memory properties and corrosion resistance, and a laminated structure, an electronic device and an electronic instrument containing the crystal, and methods capable of manufacturing these industrially advantageously.

In the solution of the present invention, when at least a compound film is formed on a crystalline substrate and then an epitaxial film containing a crystalline compound is laminated and, further, a second epitaxial film having a different composition than the epitaxial film is formed either directly on the epitaxial film or with other layer interposed in between, the lamination of the epitaxial film is performed by using compound elements in the compound film to form the epitaxial film, where the epitaxial film containing a crystal exhibiting superelasticity of 10% or more is formed.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 1: 結晶基板
- 3: 第一磊晶層(磊晶層、磊晶膜)
- 4: 第二磊晶層

【圖1】

【發明摘要】

【中文發明名稱】 結晶、積層構造體、電子器件、電子裝置及此等的製造方法

【英文發明名稱】 CRYSTAL, LAMINATED STRUCTURE, ELECTRONIC DEVICE, ELECTRONIC INSTRUMENT, AND METHODS OF MANUFACTURING THE SAME

【中文】

本發明之課題為提供形狀記憶特性及耐蝕性優異之結晶、含有前述結晶之積層構造體、電子器件、電子裝置及可由工業優勢地獲得此等的製造方法。

本發明之解決手段為於結晶基板上至少形成化合物膜，接著積層含有結晶性化合物之磊晶膜，進一步於前述磊晶膜上直接或隔著其他層積層與前述磊晶膜相異組成之第二磊晶膜，此時是使用前述化合物膜中之化合物元素來形成前述磊晶膜，藉此進行前述磊晶膜的積層，而使含有呈示 10%以上超彈性的結晶該磊晶膜進行成膜。

【英文】

An object of the present invention is to provide a crystal with excellent shape memory properties and corrosion resistance, and a laminated structure, an electronic device and an electronic instrument containing the crystal, and methods capable of manufacturing these industrially advantageously.

In the solution of the present invention, when at least a compound film is formed on a crystalline substrate and then an epitaxial film containing a crystalline compound is laminated and, further, a second epitaxial film having a different composition than the epitaxial film is formed either directly on the epitaxial film or with other layer interposed in between, the lamination of the epitaxial film is performed by using compound elements in the compound film to form the epitaxial film, where the epitaxial film containing a crystal exhibiting superelasticity of 10% or more is formed.

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

1:結晶基板

3:第一磊晶層(磊晶層、磊晶膜)

4:第二磊晶層

【特徵化學式】 無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 結晶、積層構造體、電子器件、電子裝置及此等的製造方法

【英文發明名稱】 CRYSTAL, LAMINATED STRUCTURE, ELECTRONIC DEVICE, ELECTRONIC INSTRUMENT, AND METHODS OF MANUFACTURING THE SAME

【技術領域】

【0001】 本發明係關於結晶、積層構造體、電子器件、電子裝置及此等的製造方法。

【先前技術】

【0002】 以往已知有呈示形狀記憶現象或超彈性現象(偽彈性現象)之形狀記憶材料(超彈性材料)，並在各種工業、醫療等領域為了發揮其特別的功能而實用化。形狀記憶材料係有形狀記憶合金(SMA)及形狀記憶聚合物(SMP)，SMA 例如已知有鎳與鈦的合金之鎳鈦諾(Nitinol)等(專利文獻 1)。鎳鈦諾的形狀記憶效果及超彈性特性優異，而利用於醫療用導線或眼鏡等。又，SMP 已知有 1)具有離子成分或介晶成分之聚胺甲酸乙酯系形狀記憶聚合物、及 2)以馬來酸酐交聯之聚對苯二甲酸乙二酯-聚環氧乙烷(PET-PEO)嵌段共聚物等。

【0003】 但以往的形狀記憶材料有氧化劣化或溫度依存性等問題，近年來為了解決該問題而探討具有耐氧化性之形狀記憶材料(例如專利文獻 2 等)，但仍然未有可滿足者，因而期待有耐氧化性等耐蝕性優異之形狀記憶材料。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0004】

專利文獻 1:日本特開 2020-097790 號公報。

專利文獻 2:國際公開 WO2018-047787 號公報。

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0005】 本發明目的在於提供形狀記憶特性及耐蝕性優異之結晶、含有前述結晶之積層構造體、電子器件、電子裝置及可由工業優勢地獲得此等的製造方法。

[用以解決課題之手段]

【0006】 本發明人等為達成上述目的而深入探討，結果發現於結晶基板上至少形成化合物膜，接著積層含有結晶性化合物之磊晶膜，進一步於前述磊晶膜上直接或隔著其他層積層與前述磊晶膜相異組成之第二磊晶膜，此時若使用前述化合物膜中之化合物元素來形成前述磊晶膜，藉此進行前述磊晶膜的積層，則可在無差排或滑移變形下產生符合第二磊晶膜之晶格常數的規則變態，前述磊晶膜為由氧化物所構成且呈示形狀記憶現象或超彈性現象等，為可一併解決上述以往問題之新穎形狀記憶材料。又，本發明人等根據上述發現進一步重複探討，從而完成本發明。

【0007】 亦即，本發明係關於以下發明。

[1]一種結晶，係由結晶性金屬化合物所構成之結晶，且藉由在變態溫度以上變形而呈示 10%以上的超彈性。

[2]如前述[1]所述之結晶，其中前述結晶性金屬化合物為結晶性金屬氧化物。

[3]如前述[1]或[2]所述之結晶，其中前述結晶性金屬化合物含有 Hf。

[4]如前述[1]至[3]中任一項所述之結晶，其中前述結晶性金屬化合物在構成金屬中含有 50 原子%以上之 Hf 及/或 Zr，且含有 0.1 原子%至 50 原子%之選自 Al、Ti、Y 及 Ce 之 1 種或 2 種以上金屬。

[5]如前述[1]至[4]中任一項所述之結晶，其中變態溫度為 350°C 至 1000°C。

[6]如前述[1]至[5]中任一項所述之結晶，其為膜狀形狀記憶材料。

[7]一種積層構造體之製造方法，係於結晶基板上至少形成化合物膜，接著積層含有結晶性化合物之磊晶膜，其中是使用前述化合物膜中之化合物元素來形成前述磊晶膜，藉此進行前述磊晶膜的積層，而使含有藉由在變態溫度以上變形而呈示 10%以上超彈性的結晶的前述磊晶膜進行成膜。

[8]如前述[7]所述之製造方法，其中在使用前述化合物膜中之化合物元素後，導入化合物元素氣體並在前述化合物元素氣體的存在下使前述磊晶膜進行成膜。

[9]一種積層構造體，其至少含有結晶基板及磊晶膜，前述磊晶膜含有由結晶性金屬化合物所構成之形狀記憶材料。

[10]如前述[9]所述之積層構造體，其中前述磊晶膜係構成緩衝層之一部分或全部，且前述積層構造體為結晶生長用基板。

[11]一種壓電元件，係含有積層構造體，前述積層構造體為如前述[9]或[10]所述之積層構造體。

[12]一種壓電元件之製造方法，係使用積層構造體，前述積層構造體為如前述[9]或[10]所述之積層構造體。

[13]一種電子器件，係含有積層構造體，前述積層構造體為如前述[9]或[10]所述之積層構造體。

[14]如前述[13]所述之電子器件，其為壓電器件。

[15]一種電子器件之製造方法，係使用積層構造體，前述積層構造體為如前述[9]或[10]所述之積層構造體。

[16]一種電子裝置，係含有如前述[14]或[15]所述之電子器件。

[17]一種電子裝置之製造方法，係使用積層構造體或電子器件，前述積層構造體為如前述[9]或[10]所述之積層構造體，前述電子器件為如前述[14]或[15]所述之電子器件。

[18]一種系統，係含有電子器件，前述電子器件為如前述[16]所述之電子裝置。

[19]如前述[9]所述之積層構造體，其中於前述結晶基板與前述磊晶膜之間具有非晶質薄膜及/或埋入層，前述非晶質薄膜含有前述磊晶膜及/或前述結晶基板之構成金屬，前述埋入層係於前述結晶基板之一部分被埋入 1 層或 2 層以上且含有前述構成金屬。

[20]如前述[19]所述之積層構造體，其中於前述結晶基板與前述磊晶膜之間具有非晶質薄膜及/或埋入層，前述非晶質薄膜含有前述磊晶膜之構成金屬，前述埋入層係於前述結晶基板之一部分被埋入 1 層或 2 層以上且含有前述磊晶膜之構成金屬。

[21]如前述[19]所述之積層構造體，其中於前述結晶基板與前述磊晶膜之間具有非晶質薄膜及埋入層，前述非晶質薄膜含有前述磊晶膜及/或前述結晶基板之構成金屬，前述埋入層係於前述結晶基板之一部分被埋入 1 層或 2 層以上且含有前述構成金屬。

[22]如前述[19]至[21]中任一項所述之積層構造體，其中前述構成金屬含有 Hf。

[23]如前述[19]至[22]中任一項所述之積層構造體，其中前述非晶質薄膜之膜厚為 1nm 至 10nm。

[24]如前述[19]至[23]中任一項所述之積層構造體，其中前述埋入層的形狀具有略倒三角形之剖面形狀。

[25]一種電子器件、電子裝置或系統，係含有積層構造體，前述積層構造體為如前述[19]至[24]中任一項所述之積層構造體。

[發明之功效]

【0008】 本發明之形狀記憶材料、積層構造體、電子器件及電子裝置係包含具有優異耐蝕性之磊晶膜，根據本發明之製造方法可由工業優勢地獲得前述形狀記憶材料、前述積層構造體、前述電子器件及前述電子裝置的效果。

【圖式簡單說明】

【0009】

圖 1 係示意性呈示本發明之積層構造體之較佳實施態樣一例。

圖 2 係示意性呈示本發明之積層構造體之其他較佳實施態樣一例。

圖 3 係示意性呈示本發明之積層構造體之較佳製造方法中的氧化膜形成步驟一例。

圖 4 係示意性呈示本發明之積層構造體之較佳製造方法中的磊晶膜形成步驟一例。

圖 5 係呈示實施例中觀察的剖面 STEM 圖像。

圖 6 係呈示實施例中觀察的剖面 STEM 圖像。

圖 7 係呈示實施例中觀察的 STEM 圖像。

圖 8 係呈示實施例中觀察的 STEM 圖像。

圖 9 係示意性呈示本發明中的 MEMS 轉換器之較佳實施態樣一例。

圖 10 係本發明對流體排出裝置之較佳應用例，係示意性呈示具備壓電致動器的晶圓之一部分的剖面圖一例。

圖 11 係呈示實施例中觀察的剖面 STEM 圖像。又，圖 11(b)呈示圖 11(a)之亮視野(BF)STEM 圖像。

圖 12 係呈示實施例中呈示結晶對稱性的 XRD 測定結果。

圖 13 係呈示實施例中呈示結晶對稱性的 XRD 測定結果。

圖 14 係示意性呈示實施例中適合使用之成膜裝置。

圖 15 係呈示實施例所測定之剖面 STEM 圖像。

圖 16 係呈示實施例所測定之 STEM 圖像。

圖 17 係呈示實施例所測定之埋入層之 STEM 圖像。

【實施方式】

【0010】本發明之結晶為由結晶性金屬化合物所構成，較佳為由結晶性金屬氧化物所構成，其特點為藉由在變態溫度以上變形而呈示 10% 以上的超彈性。前述結晶性化合物無特別限定，可為周知結晶性化合物，但本發明中前述結晶性化合物較佳為金屬化合物，前述金屬化合物之金屬可為周知金屬。前述金屬可舉出包括週期表的 d 區元素之金屬等。前述金屬化合物之化合物可為周知化合物，前述結晶性化合物中的化合物可舉例如氧化物、氮化物、氮氧化物、硫化物、氧硫化物、硼化物、氧硼化物、碳化物、氧碳化物、硼碳化物、硼氮化物、硼硫化物、碳氮化物、碳硫化物或碳硼化物等，但本發明中，氧化物或氮化物例如可使異質磊晶生長中的應力緩和及翹曲降低，作為緩衝層更為優異，且電氣特性(尤其是導電體層與絕緣層的界面)更優異，故較佳。又，前述結晶性化合物較佳為結晶性氧化物，前述化合物膜較佳為氧化膜，前述化合物元素較佳為氧。本發明中，前述結晶性化合物較佳為結晶性氮化物，前述化合物膜較佳為氮化膜，前述化合物元素較佳為氮。前述結晶可為單晶或多晶，但本發明中較佳為單晶。又，本發明中，前述結晶較佳為膜狀形狀記憶材料。「形狀記憶材料」通常是指即使在比特定溫度低的溫度下變形也可藉由加熱至特定溫度以上而回復至變形前的原來形狀的材料，但本發明中，只要為前述形狀記憶材料之一部分或全部在其變態溫度以上變形且可回復形狀者即可，也包括具有超彈性特性之超彈性材料。前述超彈性特性是指即使在變態溫度以上之使用溫度中使形狀記憶材料變形(包括彎曲、拉伸、壓縮等)也可藉由卸荷而回復原來形狀的特性。本發明中，前述形狀記憶材料較佳為具有變態溫度 350°C 以上之形狀記憶材料，前述變態溫度更佳為 350°C 至 1000°C，最佳為 350°C 至 750°C。

【0011】本發明中，前述結晶為由包括第一結晶面及位於前述第一結晶面相反側之第二結晶面的單層結晶膜所構成，前述第一結晶面較佳為規則變態成為與前述第二結晶面相異之固定晶格常數，前述變態更佳為形狀變形為山谷構造之變態。又，本發明中，前述山谷構造互相相鄰的頂點及底點的夾角較佳為分別相異者，前述第一結晶面與前述第二結晶面的晶格常數差較佳為 0.1% 至 20% 之範圍內。藉由該較佳範圍可適合利用作為更優異之緩衝層，不僅可使前述結晶膜與於基板或前述結晶膜上結晶生長並設置之相異組成之結晶膜的密著性、及前述結晶膜之結晶性更為優異，也可使前述結晶膜等作為功能膜之特性更為優異。

【0012】又，本發明中，前述結晶膜較佳為含有 1 種或 2 種以上 d 區元素，較佳為含有包含選自週期表 d 區元素之 1 種或 2 種以上金屬之金屬氧化物。前述金屬氧化物只要不阻礙本發明之目的則無特別限定，較佳為含有選自週期表第三族、第四族及第十三族之 1 種或 2 種以上金屬之金屬氧化物，更佳為含有選自週期表第四族之 1 種或 2 種以上金屬之金屬氧化物。更具體而言，前述金屬氧化物較佳為結晶性金屬氧化物，前述結晶性金屬氧化物較佳為含有 Hf 及/或 Zr，更佳為含有 Hf。又，前述結晶性金屬氧化物可含有 Hf 及 Zr 以外之其他金屬，前述結晶性金屬氧化物含有前述其他金屬時，前述結晶性氧化物較佳為在構成金屬中含有 50 原子%以上之 Hf 及/或 Zr，且含有 0.1 原子%至 50 原子%之選自 Al、Ti、Y 及 Ce 之 1 種或 2 種以上金屬。若為該較佳範圍，則可容易地獲得呈示 10% 以上的超彈性之前述結晶。又，本發明中，若為該較佳範圍，則尤其作為緩衝層結晶生長更為容易且更為高品質。又，前述結晶膜之結晶構造亦無特別限

定，較佳為具有立方晶系結晶構造。又，前述結晶膜較佳為含有結晶性氧化物之單晶膜，較佳為磊晶膜。

【0013】本發明之積層構造體的特點為至少含有磊晶膜，且前述磊晶膜含有藉由在變態溫度以上變形而呈示 10%以上超彈性的結晶。

前述積層構造體之製造方法並無特別限定，較佳為於結晶基板上至少形成化合物膜，接著積層含有結晶性氧化物之磊晶膜，其中是使用前述化合物膜中之化合物元素來形成前述磊晶膜，藉此進行前述磊晶膜的積層，所形成的前述磊晶膜含有藉由在變態溫度以上變形而呈示 10%以上超彈性的結晶，該製造方法亦包含於本發明。

【0014】以下使用圖式說明本發明之較佳態樣，但本發明並不限定於該等較佳態樣。

圖 1 呈示前述積層構造體之較佳例，圖 1 之積層構造體係於結晶基板 1 上使用氧化膜 2 積層磊晶層 3，且進一步於磊晶層 3 上積層第二磊晶層 4。又，本說明書中，「膜」及「層」之各用語分別視情況或視狀況可互相交換。又，前述積層構造體之較佳例可舉氧化物，但本發明並不限定於該等較佳例，氮化物等各種化合物也可應用於本發明。

例如圖 3 所示，於結晶基板 1 上形成前述結晶基板 1 之氧化膜 2，接著使用前述氧化膜 2 中的氧，如圖 4 所示，於結晶基板 1 上形成由結晶性氧化物所構成之磊晶膜 3 後，進一步於前述磊晶膜 3 上形成前述第二磊晶膜，藉此可容易地製造前述積層構造體。本發明中，前述積層構造體可於前述結晶基板 1 上具有前述氧化膜 2，但形成前述磊晶膜 3 時，前述氧化膜 2 中的氧可全部都被奪取且前述氧化膜 2 消失。以下個別更具體說明，但本發明並不限定於該等具體例。

【0015】 前述結晶基板(以下亦僅稱為「基板」)的基板材料等只要不阻礙本發明之目的則無特別限定，可為周知結晶基板。可為有機化合物或無機化合物。本發明中，前述結晶基板較佳為含有無機化合物。本發明中，前述基板較佳為於表面一部分或全部具有結晶者，更佳為於結晶生長側主面之全部或一部分具有結晶之結晶基板，最佳為於結晶生長側主面之全部具有結晶之結晶基板。前述結晶只要不阻礙本發明之目的則無特別限定，結晶構造等亦無特別限定，較佳為立方晶系、正方晶系、三方晶系、六方晶系、斜方晶系或單斜晶系之結晶，更佳為於(100)或(200)配向之結晶。又，前述結晶基板可具有傾斜角，前述傾斜角可舉例如 0.2° 至 12.0° 之傾斜角等。在此，「傾斜角」是指基板表面與結晶生長面的夾角角度。前述基板形狀可為板狀，只要為成為前述磊晶膜之支撐體者，則無特別限定。可為絕緣體基板或半導體基板，但本發明中，前述基板較佳為 Si 基板，更佳為結晶性 Si 基板，最佳為於(100)配向之結晶性 Si 基板。又，前述基板材料除了 Si 基板以外可舉例如屬於週期表第三族至第十五族之 1 種或 2 種以上金屬或該等金屬之氧化物等。前述基板之形狀無特別限定，可為略圓形狀(例如圓形、橢圓形等)或多邊形狀(例如 3 角形、正方形、長方形、5 角形、6 角形、7 角形、8 角形、9 角形等)，可較佳地使用各種形狀。又，本發明中也可使用大面積基板，藉由使用該大面積基板而可增大磊晶膜的面積。

【0016】 又，本發明中，前述結晶基板較佳為具有平坦面，但前述結晶基板於表面之一部分或全部具有凹凸形狀可使前述磊晶膜之結晶生長品質更良好，故較佳。前述具有凹凸形狀之結晶基板於表面之一部分或全部形成由凹部或凸部所構成的凹凸部即可，前述凹凸部只要為由凸部或凹部所構成者則無特別限定，可為由凸部所構成之凹凸部，可為由凹部所構成之凹凸部，也可為由凸部

及凹部所構成之凹凸部。又，前述凹凸部可由規則之凸部或凹部形成，也可由不規則之凸部或凹部形成。本發明中較佳為週期地形成前述凹凸部，更佳為週期且規則地圖案化。前述凹凸部之形狀並無特別限定，可舉例如條紋狀、點狀、網狀或無規狀等，但本發明中較佳為點狀或條紋狀，更佳為點狀。又，凹凸部週期且規則地圖案化時，前述凹凸部之圖案形狀較佳為三角形、四角形(例如正方形、長方形或梯形等)、五角形或六角形等多邊形狀、圓狀、橢圓狀等形狀。又，點狀地形成凹凸部時，較佳為將點的晶格形狀例如形成為正方晶格、斜方晶格、三角晶格、六角晶格等晶格形狀，更佳為形成為三角晶格之晶格形狀。前述凹凸部之凹部或凸部的剖面形狀並無特別限定，可舉例如匚字型、U字型、倒U字型、波浪型、或三角形、四角形(例如正方形、長方形或梯形等)、五角形或六角形等多邊形等。又，前述結晶基板之厚度並無特別限定，較佳為 50 至 2000 μm ，更佳為 100 至 1000 μm 。

【0017】 前述氧化膜只要為可使氧原子摻入前述磊晶膜之氧化膜則無特別限定，通常含有氧化材料。前述氧化材料只要不阻礙本發明之目的則無特別限定，可為周知氧化材料。前述氧化材料可舉出金屬或半金屬之氧化物等。本發明中，前述氧化膜較佳為含有前述結晶基板之氧化材料，該氧化膜可舉例如前述結晶基板之熱氧化膜、自然氧化膜等。又，本發明中，前述氧化膜可為犧牲層，犧牲層為若氧原子被奪取則膜之一部分或全部會消失或被破壞者，本發明中，前述氧化膜較佳為供氧犧牲層，供氧犧牲層為在前述磊晶層之結晶生長時氧原子被奪取而氧化膜本身消失者。又，前述氧化膜可經圖案化，例如可圖案化為條紋狀、點狀、網狀或無規狀。又，前述氧化膜之膜厚並無特別限定，較佳為超過 1nm 且未達 100nm。

【0018】 前述磊晶層較佳為含有前述氧化膜中的氧原子摻入之磊晶膜。又，「前述氧化膜中的氧原子摻入之磊晶膜」是指在前述磊晶膜之結晶生長中前述氧化膜中的氧原子被前述磊晶膜帶走。前述磊晶膜只要為前述氧化膜中的氧原子摻入並結晶生長之磊晶膜，則無特別限定，本發明中較佳為含有金屬或金屬氧化物。前述金屬較佳可舉例如屬於週期表 d 區之 1 種或 2 種以上金屬。前述金屬氧化物較佳可舉例如屬於週期表 d 區之 1 種或 2 種以上金屬之氧化物。本發明中，前述磊晶膜較佳為含有介電體。又，本發明中，前述磊晶膜較佳為含有中子吸收材。前述中子吸收材可為周知中子吸收材，本發明中，藉由使用該中子吸收材吸收前述氧化膜的氧，可使密著性及結晶性、以及功能性膜之特性等更為優異。又，前述中子吸收材的較佳例可舉例如鈰(Hf)等。又，前述磊晶層可由 1 種或 2 種以上磊晶膜所構成，本發明中，前述磊晶層較佳為含有 2 種以上前述磊晶膜。更具體而言，例如較佳為於前述磊晶膜上直接或隔著其他層積層與前述磊晶膜相異組成之第二磊晶膜。藉由上述方式積層而可在前述磊晶層(以下亦稱為「第一磊晶層」)與前述第二磊晶層的界面中，使第一磊晶層規則地變態為與前述第二磊晶層之晶格常數略同。前述規則變態之態樣較佳例可舉例如形狀變形為山谷構造之變態等，本發明中，較佳為前述山谷構造互相相鄰的頂點及底點之夾角分別相異者，更佳為前述角分別為 30° 至 45° 之範圍內。在此，前述磊晶層通常具有第一結晶面及第二結晶面，但藉由前述變態而會產生前述第一結晶面與前述第二結晶面的晶格常數差，故前述第一結晶面與前述第二結晶面的晶格常數差較佳為 0.1% 至 20% 之範圍內。本發明中，前述第一結晶面可與前述第二磊晶膜之晶格常數略同，故可容易地使第一磊晶層與第二磊晶層的晶格常數差為 0.1% 至 20% 之範圍內。

【0019】 又，本發明中更佳為前述磊晶膜為介電體且前述第二磊晶膜為電極者。藉由使第二磊晶層為電極不僅可提高界面中的密著性及結晶性等，且例如可使元件之特性更為優異。又，根據本發明，前述第二磊晶層為由導電性金屬之單晶膜所構成時，可容易獲得大面積之無缺陷膜，不僅可使作為電極的功能更優異，也可使元件等的特性更為優異。前述導電性金屬只要不阻礙本發明之目的則無特別限定，可舉例如金、銀、鉑、鈮、銀鈮、銅、鎳、或該等的合金等，但本發明中較佳為含有鉑。又，本發明中，根據前述製造方法較佳為在 100nm^2 以上面積中可容易獲得無缺陷之單晶膜作為電極，更佳為在 1000nm^2 以上面積中可容易獲得無缺陷之單晶膜。又，也可容易獲得厚度較佳為 100nm 以上之單晶膜作為電極。

【0020】 又，本發明中較佳為進一步於前述第二磊晶膜上直接或隔著其他層積層與前述磊晶膜及前述第二磊晶膜相異組成之第三磊晶膜及/或第四磊晶膜。圖 2 呈示於前述第二磊晶層 4 上積層前述第三磊晶層 5 及前述第四磊晶層 6 之積層構造體的較佳一例。圖 2 之積層構造體係於結晶基板 1 上使用氧化膜積層第一磊晶層 3，進一步於第一磊晶層 3 上積層第二磊晶層 4，於第二磊晶層 4 上積層第三磊晶層 5，於第三磊晶層 5 上積層第四磊晶層 6。又，前述第三磊晶層中的第三磊晶膜較佳為介電體、半導體或導體，更佳為介電體，最佳為壓電體。又，前述第四磊晶層中的第四磊晶膜較佳為介電體、半導體或導體，更佳為介電體，最佳為壓電體。前述磊晶膜分別之膜厚並無特別限定，較佳為 10nm 至 $100\ \mu\text{m}$ ，更佳為 50nm 至 $30\ \mu\text{m}$ 。

【0021】 在於結晶基板上至少隔著氧化膜積層磊晶層之積層構造體之製造方法中，以 350°C 至 700°C 使用前述氧化膜中的氧原子形成並積層磊晶膜，藉

此可容易地獲得前述積層構造體。若為 350°C 至 700°C 之範圍內則可容易地使前述氧化膜中的氧原子摻入前述磊晶膜並使結晶生長。

【0022】 本發明中較佳為在使用前述氧化膜中的氧原子後，使用氧氣而積層而使前述磊晶膜進行成膜，藉由上述方式進行成膜，可使成膜率等更為優異。又，藉由上述方式進行成膜，容易獲得如下積層構造體：於結晶基板上積層磊晶層且在前述結晶基板與前述磊晶層之間具有非晶質薄膜及/或埋入層，前述非晶質薄膜含有前述磊晶層及/或前述結晶基板之構成金屬，前述埋入層係於前述結晶基板之一部分被埋入 1 層或 2 層以上且含有前述構成金屬。本發明中，具有前述非晶質層及前述埋入層兩者之積層構造體可使前述磊晶膜之功能性等更為優異者，故較佳。又，前述非晶質層及前述埋入層分別含有前述磊晶層之構成金屬可使前述磊晶膜等的結晶性更為優異，故較佳。又，本發明中，前述構成金屬含有 Hf 可進一步促進應力緩和等且可實現多階段性應力緩和等，故較佳。又，本發明中，前述非晶質薄膜之膜厚為 1nm 至 10nm 可進一步提高前述磊晶膜之結晶性等，故較佳，可藉由本發明之較佳製造方法容易地獲得該較佳膜厚之非晶質薄膜。又，本發明中，前述埋入層的形狀具有略倒三角形之剖面形狀可進一步提高前述磊晶膜之功能性，故較佳。又，可藉由適當調整前述氧化膜之膜厚及前述氧氣之導入時期等，而容易地獲得該等較佳積層構造體。

【0023】 就前述積層中使用的積層手段而言，通常適合使用前述磊晶膜之成膜手段，前述成膜手段可為周知之成膜手段。本發明中，前述成膜手段較佳為蒸鍍或濺鍍，更佳為蒸鍍。

【0024】 由以上方式所得之結晶膜或積層構造體較佳為依據常法用於電子器件。例如將前述積層構造體作為壓電元件與電源或電氣/電子電路連接並搭

載於電路基板或封裝，藉此可構成各種電子器件。本發明中，前述電子器件較佳為壓電裝置，例如可利用作為噴墨印表機頭、微致動器、陀螺儀、運動感測器等電子裝置中的壓電裝置。又，例如若與放大器及整流電路連接並封裝，則可利用於磁感應器等各種感應器。又，也可應用於定電壓驅動之記憶體，例如若與蓄電元件及整流電力管理電路連接，則可形成以來自外部的磁場或振動發電的能量轉換器件(能量採集器)。又，前述能量轉換器件可組裝於電源系統或隨身終端(耳機/耳戴式器件、智慧型手錶、智慧型眼鏡(眼鏡)、智慧型隱形眼鏡、人工耳蝸、心臟起搏器等)等並利用。本發明中，較佳為前述積層構造體利用於例如智慧型眼鏡、AR 頭套組、LiDAR 系統用 MEMS 反射鏡、先進醫學用壓電 MEMS 超音波轉換器(PMUT)、商工業用 3D 印表機用壓電式噴頭等。

【0025】 前述電子器件較佳為根據常法用於電子裝置。前述電子裝置除了上述電子裝置以外可使用於各種電子裝置，更具體而言較佳例可舉例如液體吐出頭、液體吐出裝置、振動波馬達、光學裝置、振動裝置、成像裝置、壓電音響零件或具有該壓電音響零件之聲音撥放裝置、聲音錄音裝置、行動電話、各種資訊終端等。

【0026】 又，前述電子裝置可根據常法利用於系統，該系統可舉例如感應器系統等。

[實施例]

【0027】 (實施例 1)

將 Si 基板(100)之結晶生長面側以 RIE 處理，在氧存在下加熱而形成熱氧化膜後，不使用氧並以蒸鍍法使蒸鍍源之金屬與 Si 基板上之氧化膜中的氧熱反應，於 Si 基板上形成結晶性金屬氧化物的單晶。接著使氧流動並降低溫度且提高壓

力，以蒸鍍法使結晶性金屬氧化物之單晶膜作為前述結晶而成膜。又，該成膜時之蒸鍍法之各條件如下。

蒸鍍源:Hf、Zr。

電壓:3.5 至 4.75V。

壓力: 3×10^{-2} 至 6×10^{-2} Pa。

基板溫度:450 至 700°C。

【0028】 接著於結晶性金屬氧化物之單晶膜上藉由濺鍍法形成鉑(Pt)之金屬膜作為導電膜。此時的條件如下。

裝置:ULVAC 公司製濺鍍裝置 QAM-4。

壓力: 1.20×10^{-1} Pa。

靶材:Pt。

電力:100W(DC)。

厚度:100nm。

基板溫度:450 至 600°C。

【0029】 接著於導電膜上藉由濺鍍法形成 SRO 膜。此時的條件如下。

裝置:ULVAC 公司製濺鍍裝置 QAM-4。

功率:150W(RF)。

氣體:Ar。

壓力:1.8Pa。

基板溫度:600°C。

厚度:20nm。

【0030】接著於 SRO 膜上藉由塗布法形成 $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ 膜(PZT 膜)作為壓電膜。此時的條件如下。

【0031】Pb 原料使用乙酸鉛，Zr 原料使用硝酸氧鋯，Ti 原料使用異丙氧鈦。又，將 Pb、Zr 及 Ti 之各原料以 $\text{Pb}:\text{Zr}:\text{Ti}=100+\delta:52:48$ 之組成比之方式混合，考慮原料溶解性，溶劑使用純水，且為了控制水解而添加乙酸。又，為了調整黏度而添加混合溶解有聚乙烯吡咯啉酮粉末之乙醇(相對於 1mol 的 PZT 為 0.5 至 3.0mol)並使用。最後為了調整塗布時的濕潤性而混合適量的 2-正丁氧基乙醇，而調製作為原料溶液之溶膠/凝膠溶液。

【0032】接著將所調製之溶膠/凝膠溶液滴於基板上，以 2000rpm 旋轉 1 分鐘，於基板上旋轉塗布(塗布)溶膠/凝膠溶液，藉此形成含有前驅物的膜。接著於 150°C 之溫度之加熱板上載置基板，進一步於 350°C 之溫度之加熱板上載置基板，藉此蒸發溶劑並使膜乾燥。重複該步驟 5 次，在同條件下積層 5 層後，在氧(O_2)環境中以 650°C 熱處理 3 分鐘，使前驅物氧化並結晶。重複以上製程 10 次而製作 $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ 膜(PZT 膜)。此時之總膜厚為 10 μm 。

【0033】所得積層構造體為包含具有良好密著性及結晶性之磊晶膜之積層構造體。又，所得積層構造體之剖面 STEM 圖像呈示於圖 5 及圖 6。由圖 6 可知可獲得非常高品質的積層構造體，尤其在圖 5 中可知於結晶性金屬氧化物之單晶膜與導電膜的界面中設置規則的山谷構造，且前述山谷構造互相相鄰的頂點及底點之夾角在 30°至 45°之範圍內分別相異。又，導電膜之 X 射線結晶晶格像呈示於圖 7 及圖 8。由圖 7 及圖 8 可知為無缺陷之大面積導電膜，可知電極特性及積層於其上的壓電膜之壓電特性可發揮優異效果。以往藉由旋轉塗布而成膜之壓電膜難以展現壓電特性，但本實施例中藉由旋轉塗布而成膜之壓電膜

(PZT 膜)具有良好壓電特性。又，使用 X 射線繞射裝置測定積層構造體之結晶基板、結晶性金屬氧化物之單晶膜及導電膜個別的結晶。圖 12 呈示 XRD 測定結果。由圖 12 可知於 Si 結晶基板上形成有具有良好結晶性(Hf、Zr)之 O₂ 膜及 Pt 單晶膜。

【0034】(實施例 2)

除了使用氫氣取代氧氣之外，以與實施例 1 相同方式於結晶性金屬氮化物之單晶膜上形成鉑(Pt)之金屬膜作為導電膜。接著使用 X 射線繞射裝置分別測定積層構造體之結晶基板、結晶性金屬氮化物之單晶膜及導電膜。圖 13 呈示 XRD 測定結果。由圖 13 可知於 Si 結晶基板上形成具有良好結晶性(Hf、Zr)之 N 膜及 Pt 單晶膜。又，以四端法測定可知所得結晶性金屬氮化物之單晶膜具有良好導電性。

【0035】對於以與上述相同方式所得之作為前述結晶之磊晶膜，評定在變態溫度以上之 500°C 之溫度下使用金屬粒是否會產生應力所造成的差排或滑移變形。評定結果呈示於圖 11。由圖 11 可知，實施例品藉由在變態溫度以上變形而呈示 10%以上的超彈性，即使變形也不會產生差排或滑移變形，具有良好形狀記憶特性。

【0036】實施例 1 中使用之蒸鍍成膜裝置呈示於圖 14。圖 14 之成膜裝置至少於坩堝具備金屬源 101a 至 101b、接地 102a 至 102h、ICP 電極 103a 至 103b、截止濾波器 104a 至 104b、DC 電源 105a 至 105b、RF 電源 106a 至 106b、燈 107a 至 107b、Ar 源 108、反應性氣體源 109、電源 110、基板支架 111、基板 112、截止濾波器 113、ICP 環 114、真空槽 115 及旋轉軸 116。又，圖 14 之 ICP 電極 103a 至 103b 具有往基板 112 中心側彎曲之略凹曲面形狀或拋物線形狀。

【0037】如圖 14 所示，將基板 112 卡止於基板支架 111 上。接著使用電源 110 及旋轉機構(無圖示)使旋轉軸 116 旋轉，並使基板 112 旋轉。又，藉由燈 107a 至 107b 加熱基板 112，並藉由真空泵(無圖示)排氣使真空槽 115 內成為真空或減壓。其後從 Ar 源 108 將 Ar 氣體導入真空槽 115 內，使用 DC 電源 105a 至 105b、RF 電源 106a 至 106b、ICP 電極 103a 至 103b、截止濾波器 104a 至 104b、及接地 102a 至 102h 於基板 112 上形成氬電漿，藉此進行基板 112 的表面清潔。

【0038】於真空槽 115 內導入 Ar 氣體，同時使用反應性氣體源 109 導入反應性氣體。此時可交替重複開/關屬於燈加熱器之燈 107a 至 107b，藉此可形成更高品質的結晶生長膜。

【0039】對於以與實施例 1 相同方式所得之積層構造體進行 STEM 解析。結果呈示於圖 15 至 17。由圖 15 可知，在結晶基板 1011 與磊晶層 1001 之間形成有埋入層 1004，且進一步形成有非晶質層 1002、1003。又，由圖 16 可知結晶基板 1011 上之第一非晶質層 1002 中含有結晶基板之 Si、及屬於磊晶層 1001 之構成金屬之 Zr。又，可知第二非晶質層中含有結晶基板之 Si、及屬於磊晶層 1001 之構成金屬之 Hf 及 Zr。又，由圖 17 可知埋入層 1004 具有略倒三角形之剖面形狀，且為含有 Hf 及 Si 之氧化物。

【0040】(應用例)

以下使用圖更具體說明所得積層構造體之應用例，但本發明並不限定於該等應用例。又，本發明中，在未特別說明下可使用周知手段由前述積層構造體製造壓電器件等。

【0041】圖 9 係呈示本發明中前述積層構造體的較佳使用之構成 MEMS 微音器之音響 MEMS 轉換器之實施態樣。又，前述 MEMS 轉換器可構成發聲裝置(例如揚聲器等)。

【0042】以圖 9 之音響 MEMS 轉換器構成之 MEMS 微音器係顯示懸臂式 MEMS 微音器，其具備具有 2 個懸臂樑 28A、28B 及空腔 30 之 Si 基板 21。各懸臂樑 28A、28B 係以各自的端部固定於基板 21，且於懸臂樑 28A、28B 之間設置有間隙 29。又，懸臂樑 28A、28B 係例如藉由含有複數壓電層(PZT 膜)26a、26b 之積層構造體而形成，且複數個電極層交替，亦即 Pt 膜 24a、24b、24c 及 SRO 膜 25a、25b、25c、25d 交替。介電體層(結晶性氧化物之單晶膜)23 係使懸臂樑 28A、28B 與結晶基板 21 電性絕緣。圖 9 中，介電體層(結晶性氧化物之單晶膜)23 係使用中子吸收材(例如 HfO_2 或其混晶)，相較於使用 SiO_2 或 SiN 等的情形，其與 Si 基板的密著性及結晶性優異，且壓電特性或耐久性亦優異。

【0043】圖 10 呈示本發明中前述積層構造體的較佳使用的印刷用途，尤其是可以噴墨印刷頭之態樣使用之流體排出裝置的應用例，具體而言為呈示晶圓的一部分的剖面圖，該晶圓具備含有作為電極層之 Pt 膜 34a、34b 及 SRO 膜 35a、35b，且具備含有作為壓電膜之 PZT 膜 36 之壓電致動器。圖 10 之晶圓除了前述壓電致動器以外亦具備用以收納流體之腔室 41。腔室 41 是以流體可從槽(無圖示)通過流徑 40 吸入之方式構成。又，圖 10 之晶圓含有 Si 基板 31，於其上設置有作為第一磊晶層之介電體層(結晶性氧化物之單晶膜)33 並面對腔室 41。圖 10 中，介電體層(結晶性氧化物之單晶膜)33 使用中子吸收材(例如 HfO_2 或其混晶)，相較於使用 SiO_2 或 SiN 等的情形，其與 Si 基板的密著性及結晶性優異，且壓電特性或耐久性亦優異。又，結晶性氧化物之單晶膜 33 例如在俯視圖(無圖

示)中具有四角形之形狀，該形狀例如可為正方形、長方形、圓角長方形、平行四邊形等任一者。

【0044】在結晶性氧化物之單晶膜 33 上依序積層 Pt 膜 34a、SRO 膜 35a、壓電膜(PZT 膜)36、SRO 膜 35b、及 Pt 膜 34b，而構成壓電致動器。又，前述壓電致動器進一步具備電極 34a 及 35a、壓電膜 36、以及於電極 34b 及 35b 上延伸之絕緣膜 37。絕緣膜 37 雖含有電氣絕緣所使用之介電體材料，但該介電體材料可為周知介電體材料，例如可為 SiO₂ 層、SiN 層或 Al₂O₃ 層。又，含有絕緣膜作為構成材料之絕緣層之厚度並無特別限定，較佳為約 10nm 至約 10 μm 之間的厚度。又，導電路徑 39 設置於絕緣層(絕緣膜)37 上且分別與電極 34a 及 35a 以及電極 34b 及 35b 接觸，且可在使用時選擇性接取。又，導電路之構成材料可為周知導電材料，該導電材料的較佳例可舉例如鋁(Al)等。又，鈍化層 42 設置於絕緣層 37、電極 34b 及 35b、以及導電路徑 39 上。鈍化層 42 只要為由前述壓電致動器的鈍化所使用之介電體材料所構成即可，該介電體材料亦無特別限定，可為周知介電體材料。前述介電體材料的較佳例可舉例如 SiN 或 SION(矽氧硝酸鹽)等。前述鈍化層之厚度並無特別限定，較佳為約 0.1 μm 至約 3 μm 之間的厚度。又，導電墊 38 亦同樣地沿前述壓電致動器設置並與導電路徑 39 電性連接。又，鈍化層 42 係作為保護壓電體不受濕度等影響的保護層而發揮功能。

【0045】(產業上之可利用性)

本發明之結晶及積層構造體可應用於各種用途，但尤其較佳為用於緩衝層或結晶生長用基板，例如較佳為用於製造電子裝置或感應器系統用電子器件。

【符號說明】

【0046】

1:結晶基板

2:氧化膜

3:第一磊晶層(磊晶層、磊晶膜)

4:第二磊晶層

5:第三磊晶層

6:第四磊晶層

11:Si 基板

13:結晶性氧化物之單晶膜

14:導電膜

15:SRO 膜

16:PZT 膜

21:結晶基板(Si 基板)

23:第一磊晶層(磊晶層、結晶性氧化物之單晶膜、介電體層)

24a:第二磊晶層(Pt 膜)

24b:第六磊晶層(Pt 膜)

24c:第十磊晶層(Pt 膜)

25a:第三磊晶層(SRO 膜)

25b:第五磊晶層(SRO 膜)

25c:第七磊晶層(SRO 膜)

25d:第九磊晶層(SRO 膜)

26a:第四磊晶層(PZT 膜、壓電層)

- 26b:第八磊晶層(PZT 膜、壓電層)
- 28A:懸臂樑
- 28B:懸臂樑
- 29:間隙
- 30:空腔
- 31:結晶基板(Si 基板)
- 33:第一磊晶層(磊晶層、結晶性氧化物之單晶膜、介電體層)
- 34a:第二磊晶層(Pt 膜、電極)
- 34b:第六磊晶層(Pt 膜、電極)
- 35a:第三磊晶層(SRO 膜、電極)
- 35b:第五磊晶層(SRO 膜、電極)
- 36:第四磊晶層(PZT 膜、壓電膜)
- 37:絕緣膜(絕緣層)
- 38:導電墊
- 39:導電路徑
- 40:流徑
- 41:腔室
- 42:鈍化層
- 101a 至 101b:金屬源
- 102a 至 102h:接地
- 103a 至 103b:ICP 電極
- 104a 至 104b:截止濾波器

105a 至 105b:DC 電源

106a 至 106b:RF 電源

107a 至 107b:燈

108:Ar 源

109:反應性氣體源

110:電源

111:基板支架

112:基板

113:截止濾波器

114:ICP 環

115:真空槽

116:轉軸

1001:磊晶層

1002:第一非晶質層

1003:第二非晶質層

1004:埋入層

1011:基板

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種結晶，係由結晶性金屬化合物所構成，且藉由在變態溫度以上變形而呈示 10%以上的超彈性。

【請求項2】如請求項 1 所述之結晶，其中前述結晶性金屬化合物為結晶性金屬氧化物。

【請求項3】如請求項 1 或 2 所述之結晶，其中前述結晶性金屬化合物含有 Hf。

【請求項4】如請求項 1 至 3 中任一項所述之結晶，其中前述結晶性金屬化合物在構成金屬中含有 50 原子%以上之 Hf 及/或 Zr，且含有 0.1 原子%至 50 原子%之選自 Al、Ti、Y 及 Ce 之 1 種或 2 種以上金屬。

【請求項5】如請求項 1 至 4 中任一項所述之結晶，其中變態溫度為 350°C 至 1000°C。

【請求項6】如請求項 1 至 5 中任一項所述之結晶，其為膜狀形狀記憶材料。

【請求項7】一種積層構造體之製造方法，係於結晶基板上至少形成化合物膜，接著積層含有結晶性化合物之磊晶膜，其中是使用前述化合物膜中之化合物元素來形成前述磊晶膜，藉此進行前述磊晶膜的積層，而使含有藉由在變態溫度以上變形而呈示 10%以上超彈性的結晶所形成之前述磊晶膜進行成膜。

【請求項8】如請求項 7 所述之製造方法，其中在使用前述化合物膜中之化合物元素後，導入化合物元素氣體並在前述化合物元素氣體的存在下使前述磊晶膜進行成膜。

【請求項9】一種積層構造體，其至少含有結晶基板及磊晶膜，前述磊晶膜含有藉由在變態溫度以上變形而呈示 10%以上超彈性的結晶。

【請求項10】 如請求項 9 所述之積層構造體，其中前述磊晶膜係構成緩衝層之一部分或全部，且前述積層構造體為結晶生長用基板。

【請求項11】 一種壓電元件，係含有積層構造體，前述積層構造體為如請求項 9 或 10 所述之積層構造體。

【請求項12】 一種壓電元件之製造方法，係使用積層構造體，前述積層構造體為如請求項 9 或 10 所述之積層構造體。

【請求項13】 一種電子器件，係含有積層構造體，前述積層構造體為如請求項 9 或 10 所述之積層構造體。

【請求項14】 如請求項 13 所述之電子器件，其為壓電器件。

【請求項15】 一種電子器件之製造方法，係使用積層構造體，前述積層構造體為如請求項 9 或 10 所述之積層構造體。

【請求項16】 一種電子裝置，係含有電子器件，前述電子器件為如請求項 14 或 15 所述之電子器件。

【請求項17】 一種電子裝置之製造方法，係使用積層構造體或電子器件，前述積層構造體為如請求項 9 或 10 所述之積層構造體，前述電子器件為如請求項 14 或 15 所述之電子器件。

【請求項18】 一種系統，係含有電子裝置，前述電子裝置為如請求項 16 所述之電子裝置。

【請求項19】 如請求項 9 所述之積層構造體，其中於前述結晶基板與前述磊晶膜之間具有非晶質薄膜及/或埋入層，前述非晶質薄膜含有前述磊晶膜及/或前述結晶基板之構成金屬，前述埋入層係於前述結晶基板之一部分被埋入 1 層或 2 層以上且含有前述構成金屬。

【請求項20】 如請求項 19 所述之積層構造體，其中於前述結晶基板與前述磊晶膜之間具有非晶質薄膜及/或埋入層，前述非晶質薄膜含有前述磊晶膜之構成金屬，前述埋入層係於前述結晶基板之一部分被埋入 1 層或 2 層以上且含有前述磊晶膜之構成金屬。

【請求項21】 如請求項 19 所述之積層構造體，其中於前述結晶基板與前述磊晶膜之間具有非晶質薄膜及埋入層，前述非晶質薄膜含有前述磊晶膜及/或前述結晶基板之構成金屬，前述埋入層係於前述結晶基板之一部分被埋入 1 層或 2 層以上且含有前述構成金屬。

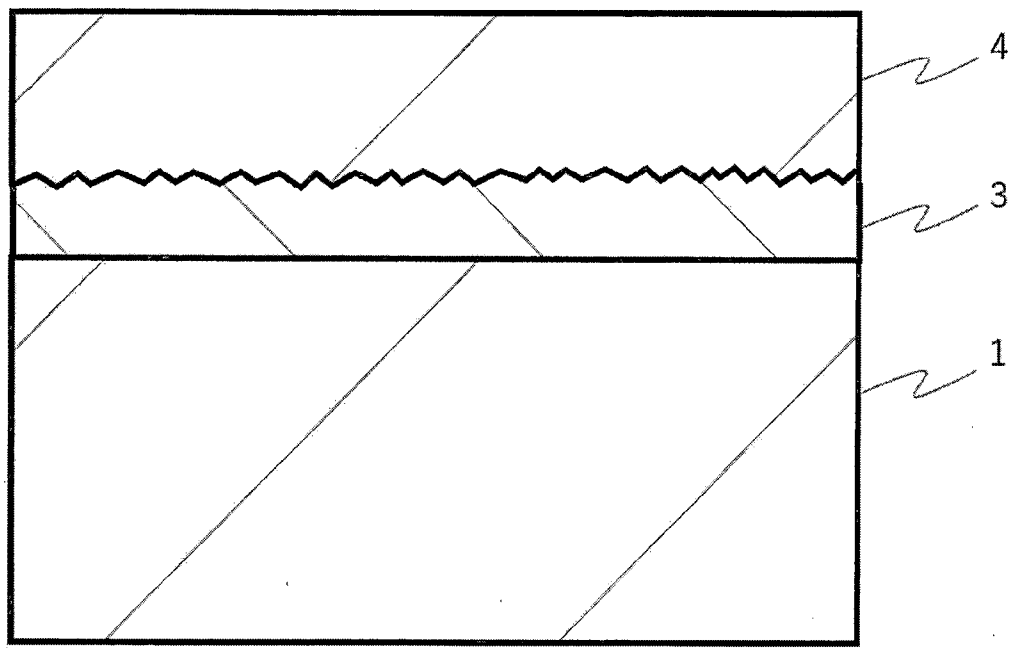
【請求項22】 如請求項 19 至 21 中任一項所述之積層構造體，其中前述構成金屬含有 Hf。

【請求項23】 如請求項 19 至 22 中任一項所述之積層構造體，其中前述非晶質薄膜之膜厚為 1nm 至 10nm。

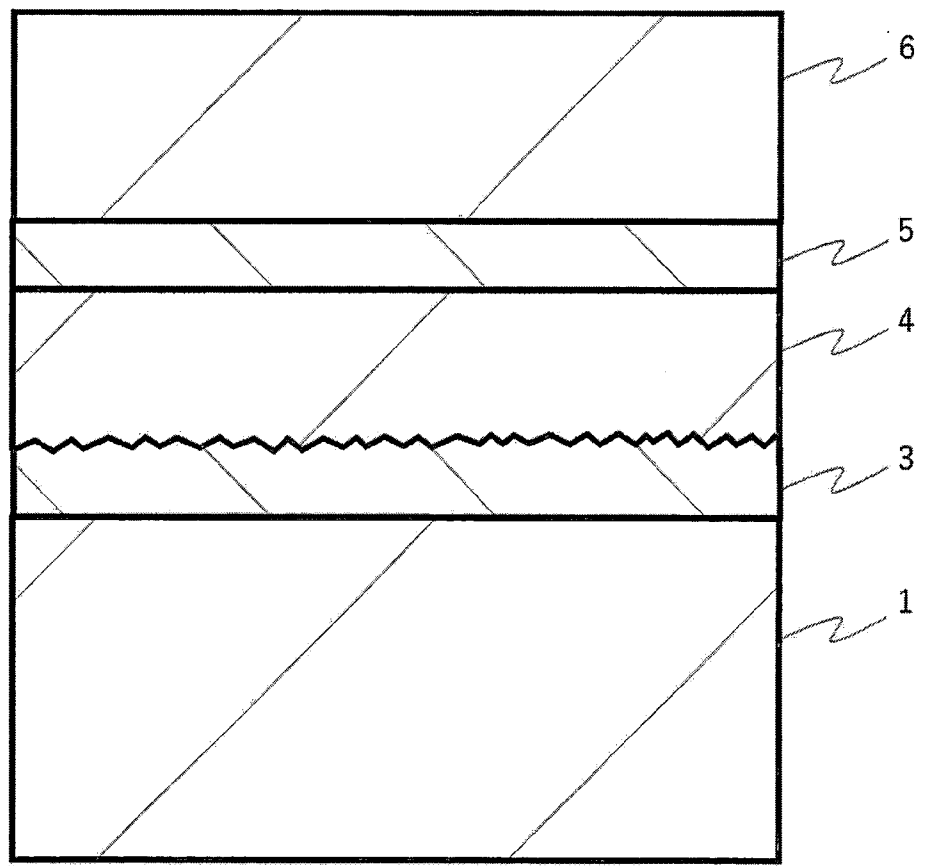
【請求項24】 如請求項 19 至 23 中任一項所述之積層構造體，其中前述埋入層的形狀具有略倒三角形之剖面形狀。

【請求項25】 一種電子器件、電子裝置或系統，係含有積層構造體，前述積層構造體為如請求項 19 至 24 中任一項所述之積層構造體。

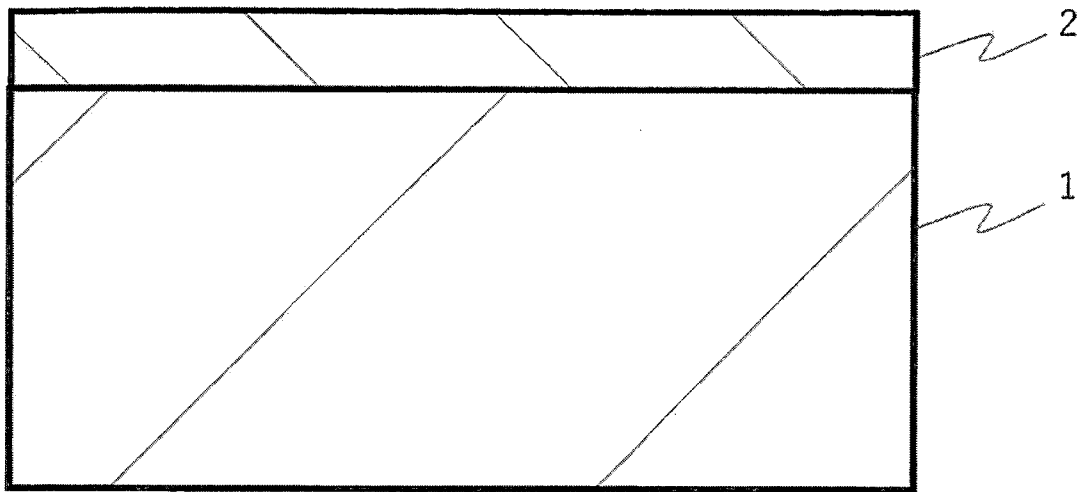
【發明圖式】



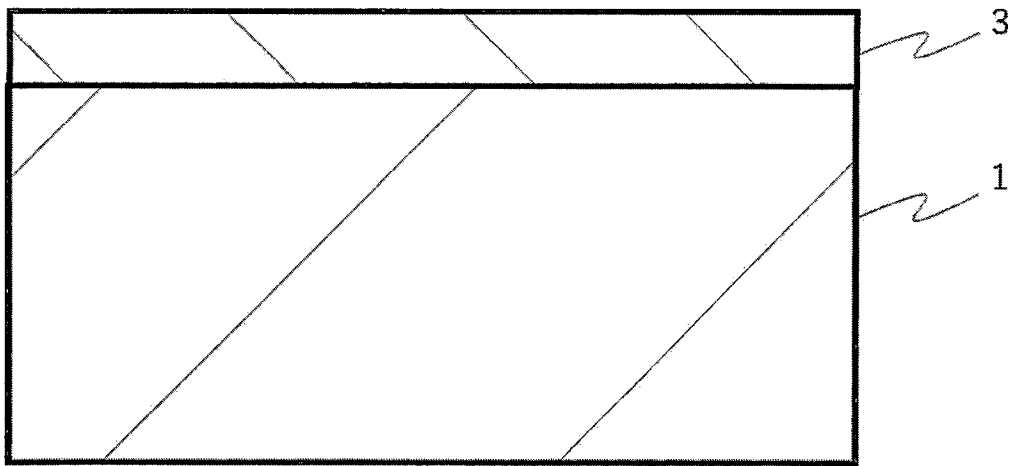
【圖1】



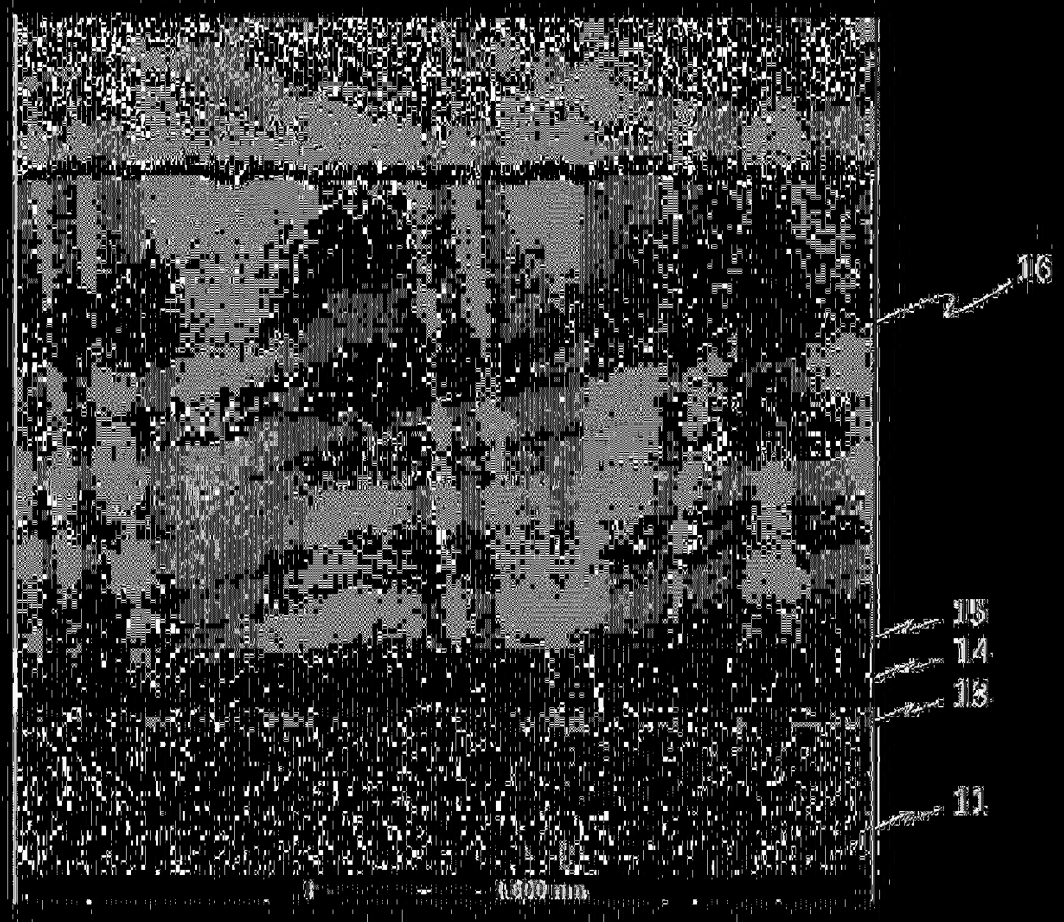
【圖2】



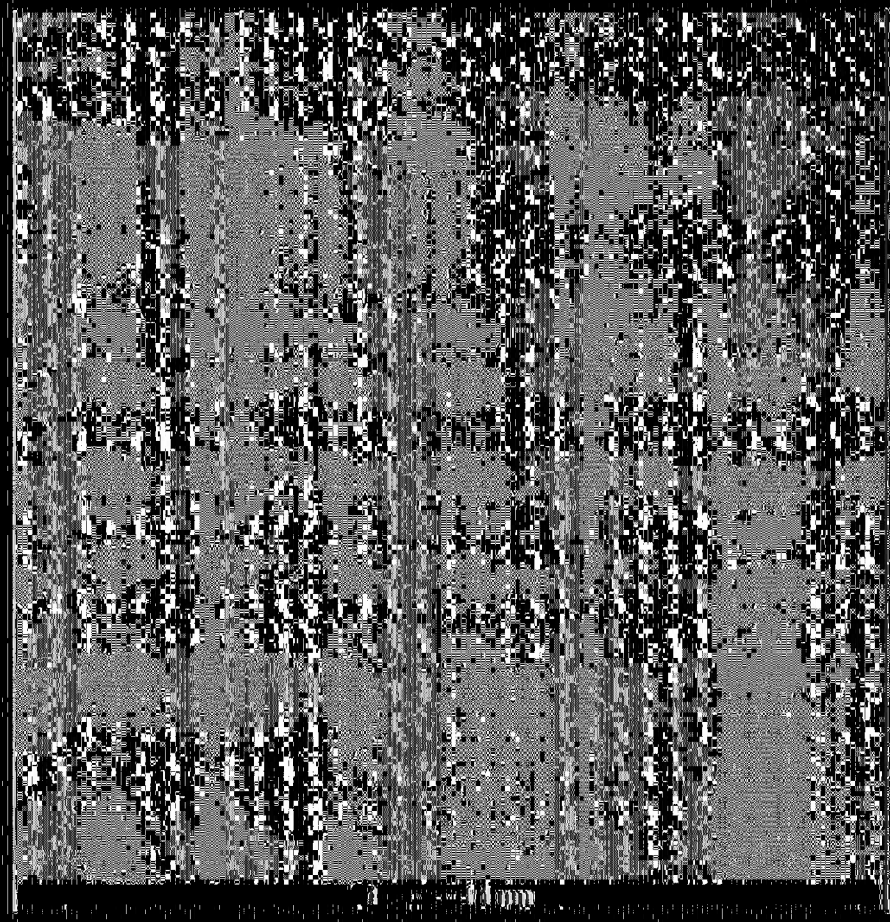
【圖3】



【圖4】

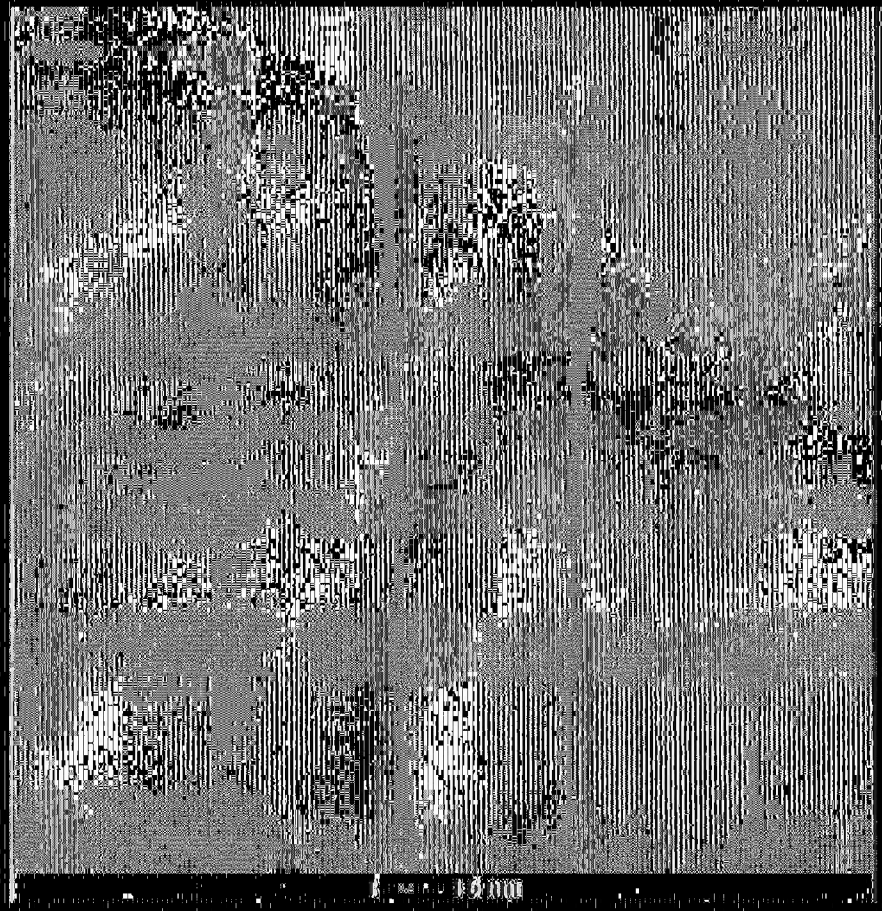


(图16)



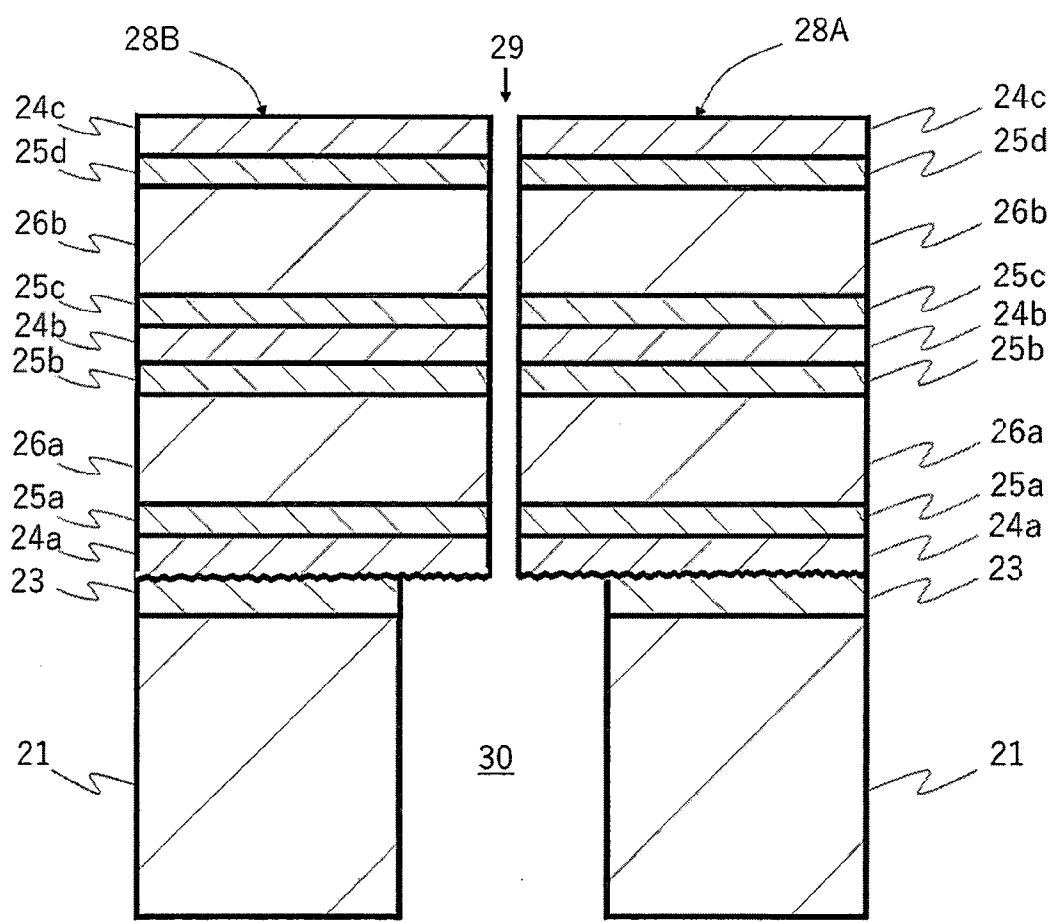
14

10/10/10

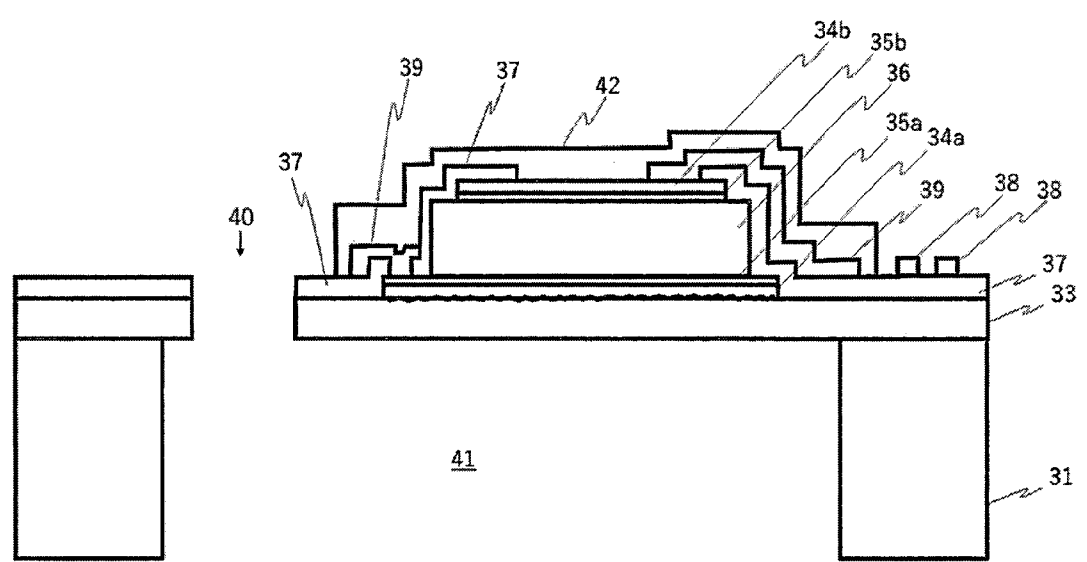


14

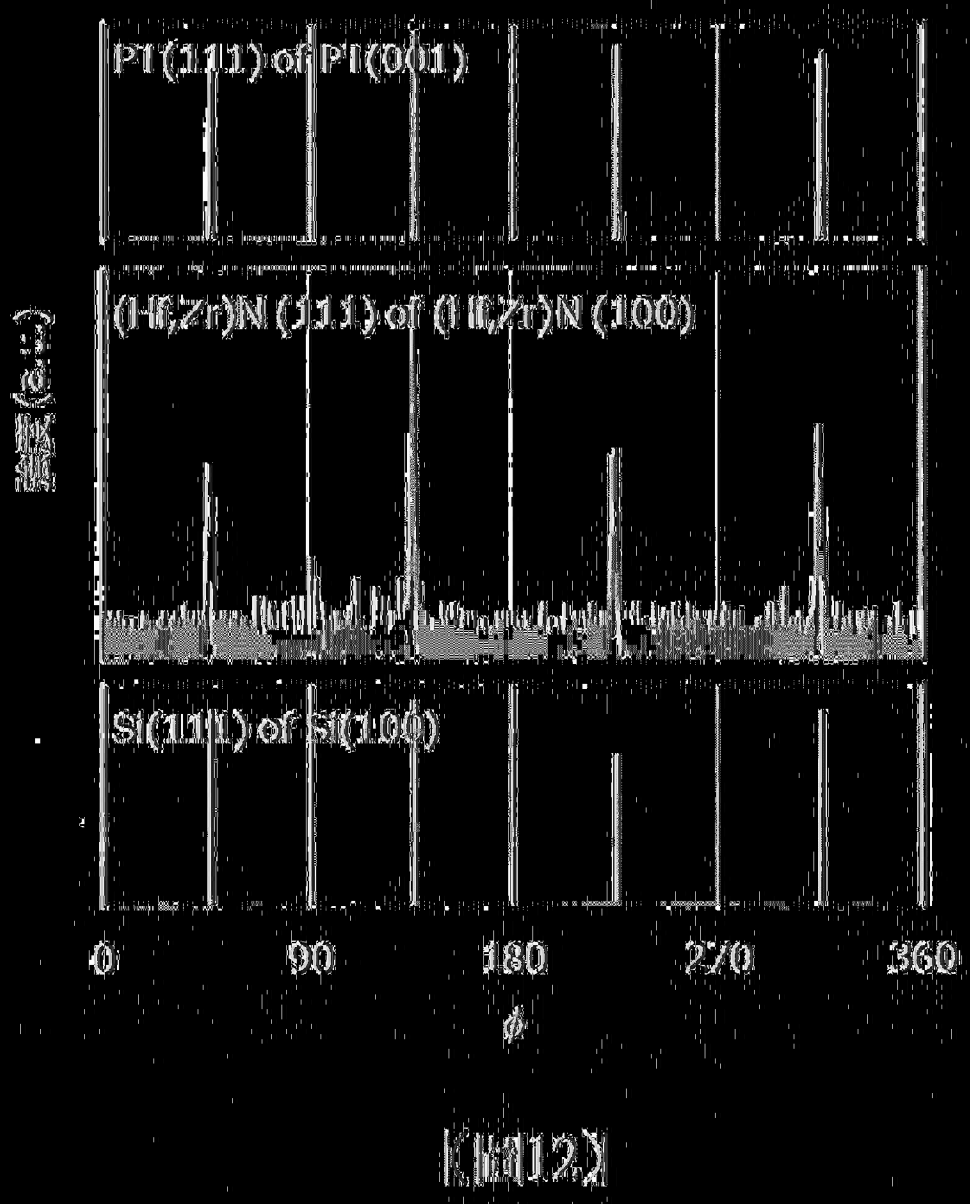
(18)



【圖9】

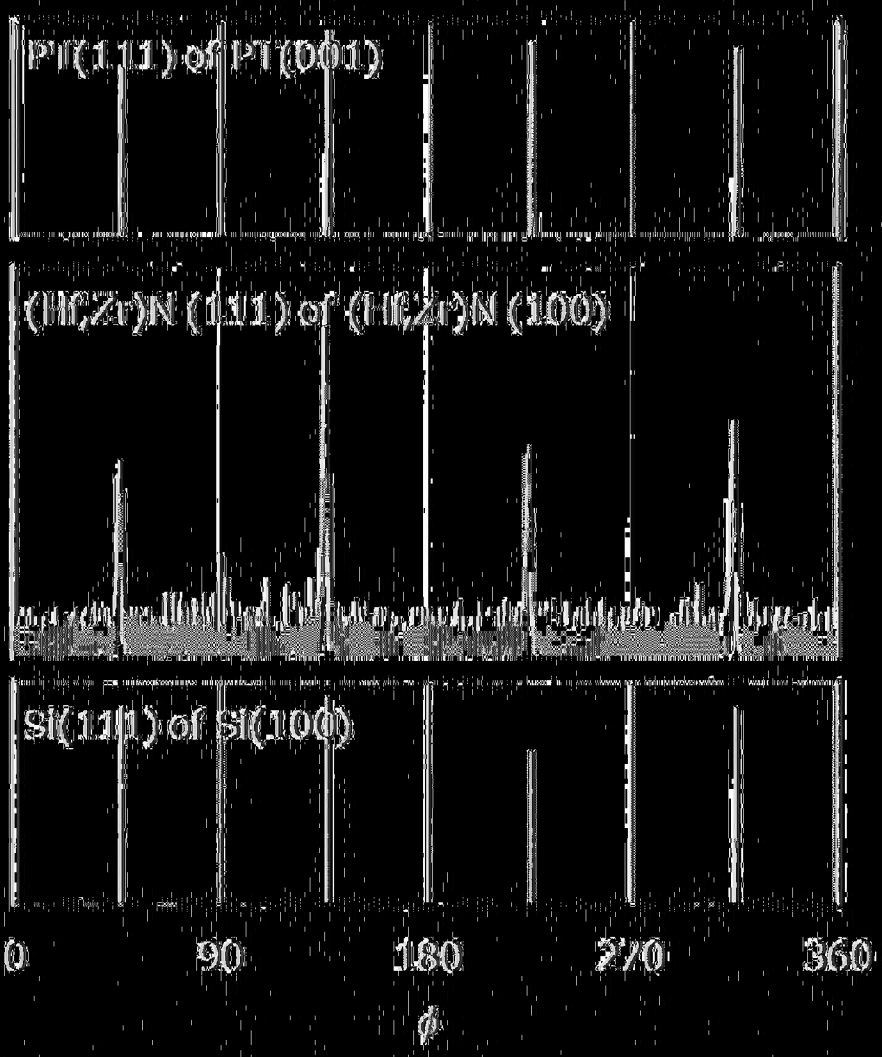


【圖10】

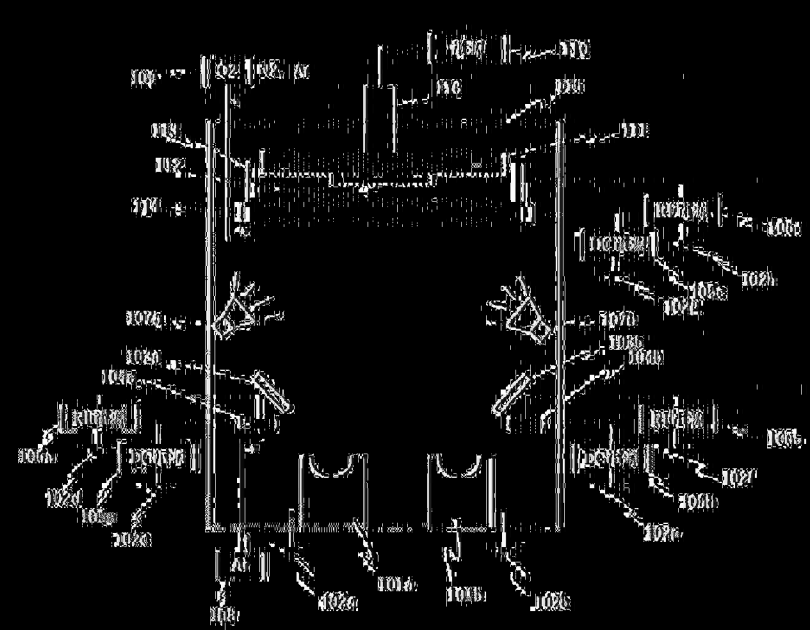


40
20
0
20
40
60

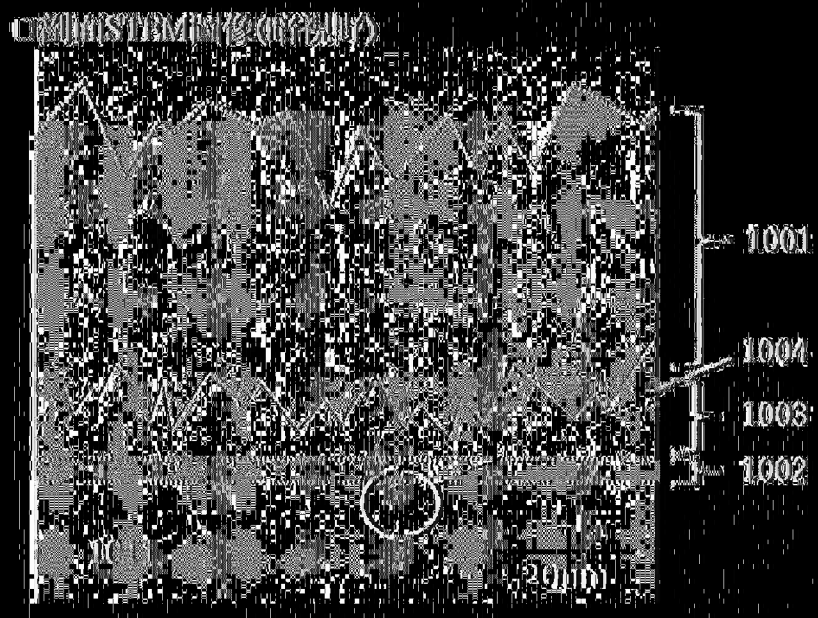
(111) 强度



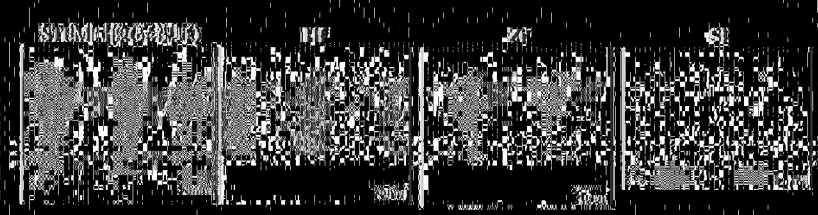
(111)



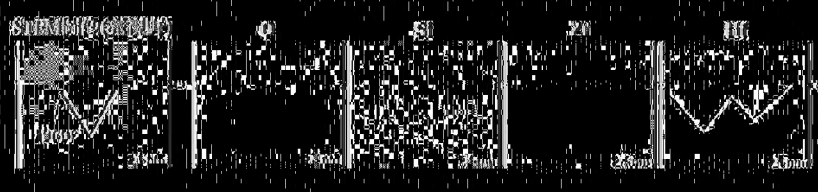
(图14)



(图15)



(图16)



(图17)