



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I854404 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：111149170

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 12 月 21 日

(51)Int. Cl. : C04B35/495 (2006.01)

C04B35/64 (2006.01)

H10N30/00 (2023.01)

H10N30/06 (2023.01)

H10N30/097 (2023.01)

(30)優先權：2022/01/01 南韓

10-2022-0000010

(71)申請人：南韓商樂金顯示科技股份有限公司(南韓) LG DISPLAY CO., LTD. (KR)

南韓

高麗大學校產學協力團(南韓) KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION (KR)

南韓

(72)發明人：李用雨 LEE, YONG-WOO (KR)；朴承烈 PARK, SEUNG-RYULL (KR)；咸龍洙 HAM, YONG-SU (KR)；高有善 KHO, YUSEON (KR)；成升鉉 SUNG, SEUNGHYUN (KR)；南山 NAHM, SAHN (KR)；金大洙 KIM, DAE-SU (KR)；辛昊城 SHIN, HOSUNG (KR)；嚴載民 EUM, JAE MIN (KR)；高秀丸 GO, SU-HWAN (KR)

(74)代理人：許世正

(56)參考文獻：

CN 113036031A

CN 113461422A

期刊 Su-Hwan Go 等撰寫 Excellent piezoelectric properties of (K, Na) (Nb, Sb)O₃-CaZrO₃-(Bi, Ag) ZrO₃ lead-free piezoceramics Journal of Alloys and Compounds Vol.889 2021 年 12 月 31 日出版 161817

期刊 Dae-Su Kim 等撰寫 Remarkable piezoelectric performance and good thermal stability of<001>-textured 0.96(K_{0.5}Na_{0.5})(Nb_{1-y}Sb_y)O₃-0.04SrZrO₃ lead-free piezoelectric ceramics Journal of Alloys and Compounds Vol.882 2021 年 11 月 15 日出版 160662

期刊 Ting Wang 等撰寫 Enhanced piezoelectric properties in 0.96 (K_{0.48}Na_{0.52})(Nb_{1-x}Ta_x)O₃-0.04 (Bi_{0.5}Ag_{0.5})ZrO₃ lead-free ceramics Journal of Materials Science: Materials in Electronics Vol.31(12) 2020 年 6 月出版 pp.9525-9534

審查人員：林春佳

申請專利範圍項數：29 項 圖式數：24 共 87 頁

(54)名稱

壓電材料組合物、製造其的方法、壓電裝置及包含壓電裝置的設備

(57)摘要

一種壓電裝置，可包含：壓電裝置層，包含第一材料及被第一材料環繞的第二材料；第一電極部，設置於壓電裝置層的第一表面；以及第二電極部，設置於相對於第一表面的第二表面。壓電裝置層由式 1 表示。

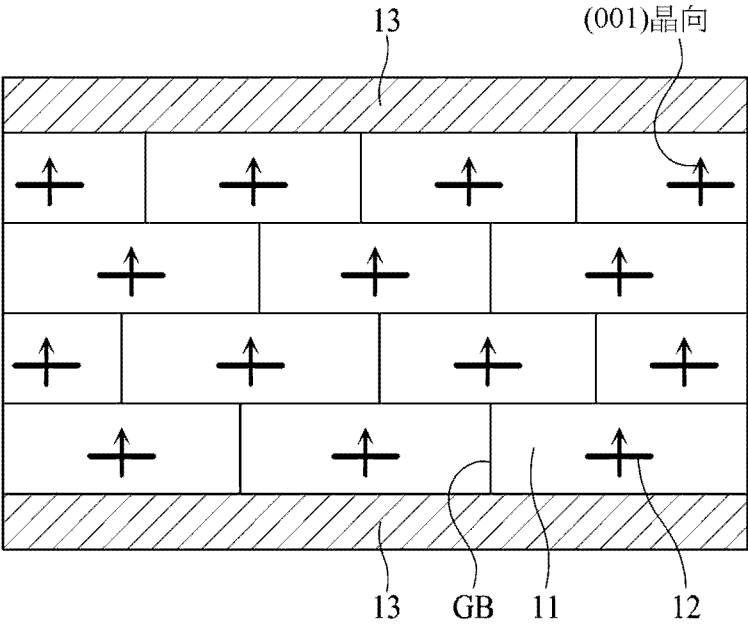
[式 1]

$0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3 + d \text{ mol\% NaNbO}_3$ ，其中 T 為銻或鉬，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 \leq d \leq 5.0$ ，且 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

A piezoelectric device may include a piezoelectric device layer including a first material and a second material surrounded by the first material, a first electrode portion disposed at a first surface of the piezoelectric device layer, and a second electrode portion disposed at a second surface opposite to the first surface. The piezoelectric device layer is represented by Chemical Formula 1 “ $0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3 + d \text{ mol\% NaNbO}_3$ ”, wherein T is Sb or Ta, M is Sr, Ba or Ca, $0.4 \leq a \leq 0.6$, $0.90 \leq b \leq 0.98$, $0.4 \leq c \leq 0.6$, $0 \leq d \leq 5.0$, and $0 \leq x \leq 0.04$.

指定代表圖：

10



符號簡單說明：

- 10: 壓電材料
- 11: 第一材料
- 12: 第二材料
- 13: 電極部
- GB: 晶界

【圖2】



公告本

I854404

【發明摘要】

【中文發明名稱】 壓電材料組合物、製造其的方法、壓電裝置
及包含壓電裝置的設備

【英文發明名稱】 PIEZOELECTRIC MATERIAL
COMPOSITION, METHOD OF
MANUFACTURING THE SAME,
PIEZOELECTRIC DEVICE, AND
APPARATUS INCLUDING THE
PIEZOELECTRIC DEVICE

【中文】

一種壓電裝置，可包含：壓電裝置層，包含第一材料及被第一材料環繞的第二材料；第一電極部，設置於壓電裝置層的第一表面；以及第二電極部，設置於相對於第一表面的第二表面。壓電裝置層由式 1 表示。

[式 1]

$0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3$
+ d mol% NaNbO_3 ，其中 T 為銻或鉍，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 \leq d \leq 5.0$ ，且 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【英文】

A piezoelectric device may include a piezoelectric device layer including a first material and a second material surrounded by the first material, a first electrode portion disposed at a first surface of

F22-0327TW001 (2022TWP4530)

第 1 頁，共 2 頁（發明摘要）

the piezoelectric device layer, and a second electrode portion disposed at a second surface opposite to the first surface. The piezoelectric device layer is represented by Chemical Formula 1 “ $0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3 + d$ mol% NaNbO_3 ”, wherein T is Sb or Ta, M is Sr, Ba or Ca, $0.4 \leq a \leq 0.6$, $0.90 \leq b \leq 0.98$, $0.4 \leq c \leq 0.6$, $0 \leq d \leq 5.0$, and $0 \leq x \leq 0.04$.

【指定代表圖】 圖 2。

【代表圖之符號簡單說明】

10:壓電材料

11:第一材料

12:第二材料

13:電極部

GB:晶界

【特徵化學式】

無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】 壓電材料組合物、製造其的方法、壓電裝置及包含壓電裝置的設備

【英文發明名稱】 PIEZOELECTRIC MATERIAL COMPOSITION, METHOD OF MANUFACTURING THE SAME, PIEZOELECTRIC DEVICE, AND APPARATUS INCLUDING THE PIEZOELECTRIC DEVICE

【技術領域】

【0001】 本發明係關於壓電材料組合物、製造其的方法、壓電裝置及包含此壓電裝置的設備。

【先前技術】

【0002】 壓電材料被廣泛用作在諸如超聲波設備、影像設備、聲音設備、通訊設備及感測器的廣泛領域中使用的諸如超聲波振器、機電換能器及致動器的部件的材料。

【發明內容】

【0003】 發明人在開發及應用壓電材料時已意識到以下問題。

【0004】 $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ (以下稱為 PZT)基材料因為其的高壓電性質，所以主要作為壓電部件的材料。然而，鉛(Pb)為具有高毒性的材料，且由於揮發性強，在燒結過程中會造成嚴重的環境污染。

F22-0327TW001 (2022TWP4530)

【0005】 因此，由於壓電材料中最多的 PZT 基壓電材料存在環境污染的問題，所以需要開發具有高壓電特性的無鉛的壓電材料。

【0006】 因此，本發明針對提供實質上避免了由於相關技術的限制及缺點而導致的一或多個問題的一種壓電材料組合物、製造其的方法、壓電裝置，及包含壓電裝置的設備或顯示設備。

【0007】 本發明之一態樣為針對提供不包含鉛 (Pb) 且具有高壓電性質的一種壓電材料組合物。

【0008】 本發明之另一態樣為針對提供一種製造壓電材料組合物的方法，此方法可藉由使用模板使晶粒對齊，以提供具有高壓電性質的壓電材料組合物，藉此提高壓電性質。

【0009】 本發明之另一態樣為針對提供一種具有高壓電性質的壓電裝置及一種包含壓電裝置的顯示設備。

【0010】 本發明之另一態樣為針對提供一種壓電裝置，此壓電裝置包含各種組合的組合物用以開發在室溫下具有高 R-O 比的 R-O-T 結構的材料，且此外，從而針對一種能夠透過製程實現高性能材料性能的壓電裝置。

【0011】 因此，本發明之一些實施例提供一種實質上避免了由於相關技術的限制及缺點而導致的一或多個問題的設備。

【0012】 本發明的額外特徵、優點及態樣在本發明中闡述且也將從本發明中顯而易見，或者可藉由本說明書提供的發明概念

的實踐而獲知。本發明的其他特徵、優點及態樣可以藉由本發明中提供的或從其可推導出的描述、及其專利申請範圍以及圖式來實現及獲得。

為了實現本發明的這些及其他優點及態樣，如此說明書中所實施及廣泛描述，壓電材料組合物由以下式 1 表示。

【0013】 [式 1]

$0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3 + d \text{ mol\% NaNbO}_3$ ，其中，T 為銻(Sb)或鉭(Ta)，M 為銦(Sr)、鋇(Ba)或鈣(Ca)， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 \leq d \leq 5.0$ ，且 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0014】 在本發明之另一態樣中，製造壓電材料組合物的方法可包含：稱重基質材料及晶種材料；混合基質材料與晶種材料以製備漿料；成型該漿料以製備成型元件，及燒結成型元件以製備燒結材料。稱重的基質材料及晶種材料由以下式 1 表示。

【0015】 [式 1]

$0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3 + d \text{ mol\% NaNbO}_3$ ，其中 T 為銻或鉭，M 為銦、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 \leq d \leq 5.0$ ，且 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0016】 在本發明之另一態樣中，壓電裝置可包含壓電材料層，壓電材料層可包含：多個晶粒，這些晶粒各自包含具有第一材料及第二材料的壓電材料組合。其中，壓電材料組合物由式 1

F22-0327TW001 (2022TWP4530)

表示：

【0017】 [式 1]

$0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3 + d \text{ mol\% NaNbO}_3$ ，其中 T 為銻或鉭，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 \leq d \leq 5.0$ ，且 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0018】 在本發明之另一態樣中，壓電裝置可包含：壓電裝置層，包含第一材料及被第一材料環繞的第二材料；第一電極部，設置於壓電裝置層的第一表面；以及第二電極部，設置於相對於第一表面的壓電裝置層的第二表面。壓電裝置層包含由式 1 表示的壓電材料組合物。

【0019】 [式 1]

$0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3 + d \text{ mol\% NaNbO}_3$ ，其中 T 為銻或鉭，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 \leq d \leq 5.0$ ，且 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0020】 在本發明之另一態樣中，顯示裝置可包含用以顯示螢幕的顯示面板及設置於顯示面板的表面的壓電裝置層，且壓電裝置層包含：第一材料及被第一材料環繞的第二材料；第一電極部，設置於壓電裝置層的第一表面；以及第二電極部，設置於相對於第一表面的壓電裝置層的第二表面。

【0021】 根據本發明之一些實施例，因為壓電材料組合物不包含鉛(Pb)且具有高壓電性質，各自包含壓電材料組合物的壓電

F22-0327TW001 (2022TWP4530)

第 4 頁，共 54 頁（發明說明書）

裝置及顯示設備可以低驅動電壓驅動且可提高壓電性質。

【0022】 此外，根據本發明之一些實施例，相較於製造單一晶粒的方法，製造壓電材料組合物的方法可大大減少時間及成本，從而大大提高產量。

【0023】 其他系統、方法、特徵及優點對於本發明所屬技術領域中具有通常知識者在檢驗以下圖式及說明書後將會或將變得顯而易見。本發明旨在將所有額外的系統、方法、特徵及優點包含在說明書中、本發明的範圍內，並受到以下申請專利範圍的保護。此部分中的任何內容均不應被視為對申請專利範圍的限制。以下結合本發明之實施例討論進一步的態樣及優點。

【0024】 應當理解本發明的前述一般描述及以下詳細描述均為示例性及解釋性的，且旨在提供對本發明的專利申請範圍的進一步解釋。

【圖式簡單說明】

【0025】 圖式被包含於本發明中以提供對本發明的進一步理解，且併入本發明並構成本發明之一部分，圖式繪示本發明之實施例，且與描述一起用以解釋本發明的原理。

【0026】 圖 1 為繪示根據本發明之一實施例的製造壓電材料組合物的方法的流程圖。

【0027】 圖 2 為繪示根據本發明之一實施例的壓電材料組合物的剖面圖。

【0028】 圖 3 繪示根據本發明之一實施例的壓電材料的晶格結構。

【0029】 圖 4A、圖 4B 及圖 4C 繪示根據本發明之一實施例的壓電材料組合物的四方(T)、斜方(O)及菱形(R)結晶方位角。

【0030】 圖 5 繪示基於根據本發明之一實施例的壓電裝置的溫度變化的相位轉變溫度。

【0031】 圖 6A 及圖 6B 繪示基於根據本發明之一實施例的域尺寸的壓電性能。

【0032】 圖 7 繪示基於根據本發明之一實施例的壓電材料組合物的晶種含量(NaNbO_3 的 mol%)的密度、電介常數 $\epsilon^T_{33}/\epsilon_0$ 、損失係數 $\tan\delta$ 、壓電電荷常數(piezoelectric charge constant) d_{33} ，及機電耦合係數(或機械品質係數) k_p 。

【0033】 圖 8 繪示基於根據本發明之一實施例的壓電材料組合物的晶種含量的羅特格林係數(lotgering factor)。

【0034】 圖 9 繪示當 3 mol%的晶種被添加至根據本發明之一實施例的壓電材料組合物時的相位轉變溫度。

【0035】 圖 10 為基於根據本發明之一實施例的壓電材料組合物的微結構的照片(a)、(b)、(c)、(d)及(e)。

【0036】 圖 11 為繪示製造根據本發明之一實施例的壓電材料組合物的基質材料的方法的流程圖。

【0037】 圖 12 繪示根據本發明之一實施例的基質材料的 X 光

繞射(XRD)資料。

【0038】 圖 13A 至圖 13E 繪示根據本發明之一實施例的基質材料的繞射峰。

【0039】 圖 14 為根據本發明之一實施例的基質材料的橫斷面照片 (a)、(b)、(c)、(d)及(e)。

【0040】 圖 15A 繪示基於根據本發明之一實施例的基質材料的溫度的電介常數值的變化，且圖 15B 至圖 15F 繪示基於根據本發明之實施例的基質材料中的 BAZ 含量的增加的電介常數及損失係數的變化。

【0041】 圖 16A 至圖 16E 為基於對應於根據本發明之一實施例的基質材料的 BAZ((BiAg)ZrO₃)含量增加的不同頻率的溫度電介常數圖。

【0042】 圖 17A 及圖 17B 為根據本發明之一實施例的基質材料的穿透式電子顯微鏡照片。

【0043】 圖 18 繪示根據本發明之一實施例的基質材料的相對密度、電介常數 $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ 、壓電電荷常數 d_{33} ，及機電耦合係數 k_p 。

【0044】 圖 19A 為基於根據本發明之一實施例的基質材料的極化溫度的壓電電荷常數，圖 19B 為根據本發明之一實施例的基於電場的壓電電荷常數，且 19C 為根據本發明之一實施例的基於退火溫度的壓電電荷常數。

【0045】 圖 20 為繪示製造根據本發明之一實施例的壓電材料

組合物的晶種的方法的流程圖。

【0046】 圖 21 繪示在製備根據本發明之一實施例的第二種子之步驟中發生的晶粒變化。

【0047】 圖 22 為根據本發明之一實施例的顯示設備的透視圖。

【0048】 圖 23 為沿根據本發明之一實施例的圖 22 的線 I-I' 擷取的剖面圖。

【0049】 圖 24 繪示圖 23 的壓電裝置。

【0050】 在通篇的圖式及詳細描述中，除非另有說明，否則相同的圖式符號應被理解為指代相同的元件、特徵及結構。層體、區域及元件的相對尺寸、長度及厚度，以及它們的描述可能為了清晰、說明及方便而被誇大。

【實施方式】

【0051】 現在詳細參考本發明之實施例，其示例可繪示於圖式中。在以下描述中，當習知的功能或配置的詳細描述被認為會不必要地模糊本發明之態樣時，將為了簡潔而省略此詳細描述。所描述的一連串製程步驟及/或操作為示例；然而，除了必須以特定順序發生的步驟及/或操作以外，步驟及/或操作的順序不限於此處所闡述的且可改變。

【0052】 除非有另外說明，否則儘管相同的元件符號繪示於不同的圖式中，相同的元件符號始終表示相同的元件。在一或更

多個態樣中，除非另有說明，否則不同圖式中的相同元件(或具有相同名稱的元件)可具有相同或基本上相同的功能及特性。以下說明書中使用的各個元件的名稱僅為了方便描述而選用，且因此可與實際產品中使用的不同。

【0053】 本發明的優點、特徵及其實施方法透過以下結合圖式描述的實施例來闡明。然而，本發明可以不同的形式實施，且不應被解釋為限於在此闡述的實施例。相反地，提供這些實施例進而使本發明徹底且完整，且將本發明的範圍充分傳達給本發明所屬技術領域中具有通常知識者。再者，本發明僅由申請專利範圍的範圍界定。

【0054】 用於描述本發明之實施例的圖式中所揭露的形狀、尺寸、面積、比例、角度及數量僅為示例，且因此本發明不限於所繪示的細節。

【0055】 當使用「包括」、「具有」、「包含」、「含有」、「構成」、「由...組成」及「由...形成」等用語時，除非使用「僅」等用語，否則可添加一或更多個元件。本發明中使用的用語僅用於描述特定實施例，並不旨在限制本發明的範圍。此處使用的用語僅用於描述示例性實施例，並不旨在限制本發明的範圍。除非上下文有清楚說明，否則單數形式的用語可包含複數形式。「示例性」一詞用於表示作為示例或說明。實施例為示例性實施例。態樣為示例性態樣。此處描述為「示例」的任何實施不需被解釋

為優於或較佳於其他實施。

【0056】 在一或多個態樣中，即便沒有提供誤差或容差範圍的明確描述，元件、特徵或對應的訊息(例如位準、範圍、尺度、尺寸等)被解釋為包含誤差或公差。誤差或公差可能由各種因素(例如製程因素、內部或外部影響、雜訊等)造成。再者，用語「可」包含用語「能」的所有含義。

【0057】 在描述兩個部分之間的位置關係的描述中，舉例來說，除非使用更具限制性的用語，例如「剛好」、「直接」或「緊緊」，否則使用「上」、「上方」、「之下」、「之上」、「下方」、「下面」、「比鄰」、「靠近」、「鄰近」、「旁邊」或「旁」等時，一個或多個其他部分可位於此兩個部分之間。舉例來說，當一結構被描述為位於另一結構「上」、「上方」、「之下」、「之上」、「下方」、「下面」、「比鄰」、「靠近」、「鄰近」、「旁邊」或「旁」等時，此描述應被解釋為包含包含此兩結構彼此接觸的情況及一個或多個額外的結構設置於或插設於其之間的情況。再者，「前」、「後」、「背面」、「左」、「右」、「上」、「下」、「下面」、「上面」、「頂」、「底」、「向上」、「向下」、「列」、「行」、「垂直」、「水平」等用語指的是任意參考系。

【0058】 在描述時間關係時，當時間順序描述為例如「之後」、「隨後」、「下一個」、「之前」、「前」或「先於」等時，除

非使用更具限制的諸如「剛好」、「立即」或「直接」的用語，否則可包含不連續或不依序的情況。

【0059】 應理解儘管此處可使用用語「第一」、「第二」等來描述各種元件，但這些元件不應受這些用語限制。這些用語僅用於區分一種元件與另一種元件。舉例來說，在不脫離本發明的範圍的情況下，第一元件可為第二元件，且相似地，第二元件可為第一元件。再者，在不脫離本發明的範圍的情況下，第一元件、第二元件等可根據本發明所屬技術領域之具有通常知識者的方便而任意命名。可以使用「第一」、「第二」等用語來區分部件，但部件的功能或結構不受部件前面的序號或部件名稱限制。

【0060】 在描述本發明的元件時，可使用「第一」、「第二」、「A」、「B」、「(a)」、「(b)」等用語。這些用語旨在從其他元素中識別對應的元件，且對應元件的本質、基礎、順序或數量不應受這些術語的限制。

【0061】 對於一元件「連接」、「耦接」或「附接」於另一個元件或層體的措辭，此元件或層體不僅可以接連接、耦接或附接於另一個元件或層體，且除非另有說明，否則還可間接地連接、或耦接或附接於另一元件或層體，且在元件或層體之間設置或插設一或更多個中間元件或層體。

【0062】 對於元件或層體「接觸」、「重疊」於另一元件或層體等的措辭，除非另有說明，否則該元件或層體不僅可直接接觸、

重疊於另一元件或層體，也可間接接觸、重疊於另一個元件或層體，且一個或多個中間元件或層體設置或插設於這些元件或層體之間。

【0063】 用語「至少一個」應理解為包含一個或多個相關所列項目的任何及所有組合。舉例來說，「第一項、第二項及第三項之至少一者」的含義表示從第一項、第二項和第三項中的兩或更多者、第一項、第二項或第三項中之一者的組合。

【0064】 第一元件、第二元件「及/或」第三元件的措辭應理解為第一元件、第二元件及第三元素中的一個或第一元件、第二元件及第三元素的任何或所有組合。例如，A、B 及/或 C 可代表僅 A；僅 B；僅 C；A、B 及 C 的任何或某些組合；或所有的 A、B 及 C。再者，措辭「元件 A/元件 B」可以理解為元件 A 及/或元件 B。

【0065】 在一或多個態樣中，為了方便起見，除非另有說明，否則用語「之間」及「之中」可以簡單地互換使用。舉例來說，「介於多個元件之間」的措辭可以理解為在多個元件之中。在另一示例中，「在多個元件之中」的措辭可以理解為介於多個元件之間。在一或多個示例中，元件的數量可為兩個。在一或多個示例中，元件的數量可多於兩個。

【0066】 在一或多個態樣中，除非另有說明，否則為了方便起見，短語「彼此」及「互相」可以簡單地互換使用。舉例來說，

「彼此不同」的措辭可被理解為互相不同。在另一示例中，「互相不同」的措辭可被理解為彼此不同。在一或多個示例中，上述表達中涉及的元件的數量可為兩個。在一或多個示例中，上述表達中涉及的元素的數量可多於兩個。

【0067】 本發明之各種實施例的特徵可部分或整體地彼此耦接或結合，且可以各種方式一起交互運作、連結或驅動。本發明之實施例可彼此獨立地被實施，或可以共同依賴或相關聯地被一同實施。在一或多個態樣中，根據本發明之各種實施例的每個設備的元件可有效地耦接及配置。

【0068】 除非另有定義，否則本說明書使用的用語(包含技術及科學用語)具有與示例性實施例所屬領域具通常知識者通常理解的含義相同的含義。更應理解，除非本說明書另有明確定義，否則諸如在常用詞典中定義的用語應被解釋為具有例如與其在相關技術的上下文中的含義一致的含義，且不應被理想化或過度形式化地解釋。

【0069】 以下將參考圖式詳細描述本發明之實施例。

【0070】 圖 1 為繪示根據本發明之一實施例的製造壓電材料組合物的方法的流程圖。

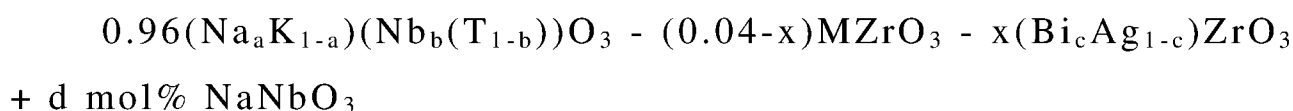
【0071】 請參考圖 1，根據本發明之實施例的製造壓電材料組合物的方法可包含：稱重壓電材料組合物的基質材料的步驟 S101、將稱重的基質材料混合的步驟 S102、成型基質材料的步驟

S103、燒結成型的壓電材料組合物的步驟 S104 及在燒結的壓電材料組合物上形成電極的步驟 S105。基於製造壓電材料組合物的方法的條件可包含，舉例來說，溫度、黏度及時間，但本發明之實施例不以此為限。

【0072】 首先，稱重壓電材料組合物的基質材料的步驟 S101 可為將各個使用製備基質材料的方法 S10 及製備晶種材料的方法 S20 個別製備為滿足以下式 1 的莫耳比率的材料稱重的步驟。將基質材料稱重的步驟 S101 可為非必要的或可與製造方法分開執行。例如，根據本發明一實施例的製造壓電材料組合物的方法可以始於混合由另一個商業實體(entity)按莫耳比率預先準備好的基質材料。

【0073】 壓電材料組合物可製備為滿足以下式 1。

【0074】 式 1



【0075】 於此 T 可為銻或鉭，M 可為鋇、鋇或鈣，a 可為 $0.4 \leq a \leq 0.6$ ，b 可為 $0.90 \leq b \leq 0.98$ ，c 可為 $0.4 \leq c \leq 0.6$ ，d 可為 $0 \leq d \leq 5.0$ ，且 x 可為 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0076】 舉例來說，基質材料可為除了式 1 中的為晶種的 NaNbO_3 以外的組合物，且可藉由製備基質材料的方法 S10 製備，將參考圖 11 描述製備基質材料的方法 S10，但本發明之實施例不以此為限。

【0077】 晶種材料可具有 NaNbO_3 ，所述 NaNbO_3 具有 $10\mu\text{m}$ 或更大的平均粒子尺寸，且晶種材料的長寬比可在 5 至 20 的範圍中，或可在 10 至 15 的範圍中，且藉由可製備晶種材料的方法 S20 製備。將參考圖 20 描述製備晶種材料的方法 S20。

【0078】 晶種材料添加至式 1 的壓電材料組合物的比例可為 1 mol% 至 5 mol%，且舉例來說可為 3 mol%，但本發明之實施例不以此為限。

【0079】 隨後，混合稱重的基質材料的步驟 S102 可為混合晶種材料及在先前的步驟中已稱重的稱重的基質材料的步驟。

【0080】 產生合成的基質材料的步驟可包含製備由基質材料組成的漿料的步驟與混合晶種材料及包含基質材料的漿料的步驟。

【0081】 舉例來說，製備含有基質材料的漿料的步驟可將適量的分散劑與溶劑添加至具有式 1 的組合物的基質材料。舉例來說，溶劑可包含乙醇、甲醇、異丙醇、甲基乙基甲酮(MEK)、甲苯及蒸餾水之一或更多者，但本發明之實施例不以此為限。藉由將適量的分散劑與溶劑添加至基質材料，可製備基質材料充分分散在溶劑中的漿料。根據本發明之一些實施例，分散劑可用以降低包含基質材料的漿料的黏度。

【0082】 此外，可藉由更將適量的結合劑及塑化劑添加至先前製備的基質材料漿料執行球磨法(ball milling)。結合劑可提供

生胚(green tape)的剛性(stiffness)、可撓性(flexibility)、延展性(ductility)、耐久性(durability)、耐久度(durableness)及光滑度(smoothness)。結合劑可包含聚乙烯丁醛(PVB)樹酯、聚乙烯醇(PVA)及聚乙二醇(PEG)中之至少一者，但本發明之實施例不以此為限，且可使用壓電材料組合物領域之通常知識者已知的結合劑。塑化劑可被添加以提供生胚的彈性及塑膠性質。塑化劑可包含酞酸基塑化劑、己二酸基塑化劑、磷酸基塑化劑、聚醚基塑化劑及聚酯基塑化劑中之至少一者，且可使用壓電材料組合物領域之通常知識者已知的塑化劑材料。

【0083】 將晶種材料與基質材料混合的步驟可為將晶種材料與在先前步驟中製備的包含基質材料的漿料混合的步驟，且可藉由碾磨製程實施，且此外，可在無球狀態(no-ball state)下以低速(舉例來說，40 rpm)執行相對另一混合步驟短的時間，但本發明之實施例不以此為限。

【0084】 此外，方法可更包含時效(aging)步驟及在添加晶種材料且與包含基質材料的漿料混合後移除氣泡與氣體的除氣步驟。

【0085】 除氣步驟可為調整漿料以具有適合用於下面敘述的成型(或壓製成形)壓電材料的步驟中的成型(或壓製成形)製程的黏度的步驟。舉例來說，除氣步驟可藉由在室溫下使用真空攪拌器調整黏度至 1700 cPs(厘泊)至 2400 cPs，或 1900 cPs(厘泊)至

2200 cPs，或調整至 2000 cPs(厘泊)，但本發明之實施例不以此為限。

【0086】 因為溶劑在除氣步驟中揮發時漿料被冷卻，所以老化步驟可為再次將溫度調整至室溫的步驟。舉例來說，在老化步驟中，攪拌可藉由使用攪拌器以大約 40 rpm 的低速執行短時間，但本發明之實施例不以此為限。

【0087】 隨後，成型(或壓製成形)壓電材料的步驟 S103 可為藉由使用混合了在步驟 S102 中製備的晶種材料及基質材料的漿料製造具有一定的體積與形狀的成型元件的步驟。

【0088】 舉例來說，成型(或壓製成形)壓電材料的步驟可包含執行刮刀成形的步驟、初級成型(或壓製成形)刮刀成形的壓電材料的步驟及次級成型(或壓製成形)初級成型的壓電材料的步驟，但本發明之實施例不以此為限。

【0089】 刮刀成形步驟可為刮刀成形的步驟，藉由使用刮刀成形裝置，將在步驟 S102 中製備的晶種材料及基質材料的漿料混合，且在將漿料刮刀成形以具有 1700 cPs 至 2400 cPs 的黏度的情況中，漿料可鑄造成大約 30 μ m 的厚度。

【0090】 初級成型(或壓製成形)刮刀成形的壓電材料的步驟可透過溫等壓按壓(warm isostatic press，WIP)執行，次級成型(或壓製成形)刮刀成形的壓電材料的步驟可透過冷等壓按壓(cold isostatic press，CIP)執行，且這些製程可用以提高在下面描述的

燒結步驟中的燒結材料的密度。再者，在根據本發明之一些實施例的壓電材料組合物中，當基於積層結構及堆疊(如刮刀成形)製備成型元件(或成型材料)時可執行 WIP。

【0091】 此外，成型(或壓製成形)壓電材料的步驟 S103 可更包含初級成型(或壓製成形)步驟之後的除脂步驟，且除脂步驟可為移除溶劑或有機材料的步驟。除脂步驟可在爐中溫度維持在 300°C 至 600°C 的範圍內約 40 小時後，進行爐內冷卻至室溫。

【0092】 隨後，將描述燒結成型元件(或成型材料)的步驟 S104。

【0093】 燒結步驟可在一溫度週期中被執行後執行爐內冷卻。舉例來說，燒結溫度可為 1000 °C 至 1150 °C，且持續時間可為 1 小時至 10 小時，但本發明之實施例不以此為限。舉例來說，燒結溫度可為 1090 °C，且持續時間可為 3 小時，但本發明之實施例不以此為限。

【0094】 隨後，可執行在燒結元件(或燒結材料)中形成電極的步驟 S105。

【0095】 電極可形成於在步驟中製備的壓電材料的燒結材料的第一表面及相對於第一表面的第二表面中。舉例來說，電極可藉由塗覆銀(Ag)形成，但本發明之實施例不以此為限，且可不受限制地使用本發明所屬技術領域之通常知識者已知的一般電極。

【0096】 圖 2 為繪示根據本發明之實施例的壓電材料的剖面

圖。

【0097】 請參考圖 2，根據本發明之實施例的壓電材料 10 可包含含有第一材料 11 及第二材料 12 的多個晶粒(或結晶粒)。含有第一材料 11 及第二材料 12 晶粒可被晶界(GB)劃分。

【0098】 第二材料 12 可形成於第一材料 11 中。在第一材料 11 中，晶界可基於第二材料 12 的晶向成長，且因此，多個第一材料 11 可具有相同或實質上相同的晶向，且舉例來說，第一材料 11 可具有(001)晶向，但本發明之實施例不以此為限。因此，第一材料 11 可設置為圍繞第二材料 12。

【0099】 第二材料 12 可設置於第一材料 11 的中心部。於此，中心部在具有一定體積的第一材料 11 中可不為數字上準確的一半但可為包含第一材料 11 的中心的一定區域，且此外，即使第二材料 12 設置於第一材料 11 的中心外的位置，中心部可在本發明的範圍中。舉例來說，在晶向的成長中，第二材料 12 可設置於第一材料 11 中且可設置為鄰近於或靠近於作為第一材料 11 之間的邊界的晶界(GB)，但本發明之實施例不以此為限。

【0100】 此外，壓電材料 10 可更包含形成於包含第一材料 11 及第二材料 12 的燒結材料的第一表面及第二表面其中每一個上且具有一定厚度的電極部 13。在其中更包含電極部 13 的情況中，壓電材料 10 可作為壓電裝置。

【0101】 第一材料 11 可包含基質材料。第一材料 11 可藉由

下面敘述的藉由製備基質材料的方法 S10 製備。

【0102】 第二材料 12 可為晶種材料。第二材料 12 可藉由下面敘述的藉由製備晶種材料的方法 S20 製備。

【0103】 第二材料 12 可作為模板使第一材料 11 在製造根據本發明之一些實施例的壓電材料組合物的方法 S100 的燒結步驟 S104 中在第二材料 12 的晶向上成長。舉例來說，第一材料 11 可基於第二材料 12 的晶向燒結，且可成長為晶向在相同的方向上對齊，但本發明之實施例不以此為限。

【0104】 圖 3 繪示根據本發明之實施例的壓電材料的晶格結構。

【0105】 請參考圖 3，基於根據本發明之一些實施例的式 1 的組合物的壓電材料可具有 ABX_3 的結構。於此，A 可為第一陽離子，B 可為第二陽離子，且 X 可為與其結合的陰離子。第一陽離子可為鉀離子(K^+)、鈉離子(Na^+)、銦離子(Sr^{+2})、鉍離子(Bi^{+3})或銀離子(Ag^+)，第二陽離子可為鈮離子(Nb^{+5})、銻離子(Sb^{+3})或鋇離子(Zr^{+4})，且陰離子可為氧(O)。第一陽離子及陰離子可構成 AX_{12} 的八面立方(cube-octahedral)結構，且第二陽離子及陰離子可為 BX_6 且可具有結合於八面結構中的結構。

【0106】 圖 4A、圖 4B 及圖 4C 分別繪示根據本發明之實施例的壓電材料組合物的斜方(O)、四方(T)及菱形(R)結晶方位角。

【0107】 請參考圖 4A 至圖 4C，由於自極化的晶體方位

(crystallographic 定向)的數量增加，所以根據本發明之實施例的壓電式陶瓷的壓電性能可增加。斜方結構可具有六個晶體方位，四方結構可具有十二個晶體方位，且菱形結構可具有八個晶體方位。為了增加壓電性能，可能需要四方(T)、斜方(O)及菱形(R)(以下以 R-O-T 表示)晶格結構同時提供的優化結構。

【0108】 圖 5 繪示基於壓電裝置的溫度變化的相位轉變溫度。舉例來說，圖 5 繪示基於純的 $(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3$ 壓電裝置的溫度變化的相位轉變溫度。

【0109】 請參考圖 5，可以看出在大約 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至大約 $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的溫度為 $T_{\text{R-O}}$ 且在大約 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 時為 $T_{\text{O-T}}$ 。藉由將 Bi、Ag、Sr、Sb 及 Zr 添加至純的 $(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3$ ，可在室溫生產 R-O-T 結構共存在的材料。

【0110】 圖 6A 及圖 6B 繪示基於域尺寸的壓電性能。

【0111】 請參考圖 6A 及圖 6B，可以看出壓電電荷常數 (piezoelectric charge constant) d_{33} 值隨著域尺寸減少而逐漸增加，且因此，隨著域尺寸變小，域邊界能量逐漸降低，且容易進行域旋轉，因此有助於提高壓電性質。

【0112】 圖 7 繪示基於根據本發明之一些實施例的壓電材料組合物的晶種含量 (NaNbO_3 的 mol%) 的密度、電介常數 $\epsilon^T_{33}/\epsilon_0$ 、損失係數 $\tan\delta$ 、壓電電荷常數 d_{33} ，及機電耦合係數(或機械品質係數) k_p 。圖 7 的壓電材料組合物被製備為

(Na,K,Sr,Bi,Ag)(Nb,Sb,Zr)O₃ 組合物且添加 NaNbO₃ 晶種。

【0113】 請參考圖 7，可以看出在 NaNbO₃ 晶種含量(mol%)在 0 mol%至 3 mol%的範圍中時材料具有大於 93%的密度。舉例來說，當 NaNbO₃ 晶種含量(mol%)為 5 mol%時，NaNbO₃ 晶種含量(mol%)具有密度為 90.1 mol%的值，但本發明之實施例不以此為限。

【0114】 可以看出電介常數 $\epsilon_{T_{33}}/\epsilon_0$ 在 NaNbO₃ 晶種含量(mol%)在 2 mol%至 5 mol%的範圍中表現大於 2000 的值。舉例來說，當不添加 NaNbO₃ 晶種時，電介常數值大約為 1800，且當添加 1mol%的 NaNbO₃ 時，電介常數值大約為 1990，但本發明之實施例不以此為限。

【0115】 可以看出當 NaNbO₃ 晶種含量(mol%)為 0 mol%時，損失係數 $\tan\delta$ 表現大約 0.033 的值，且在 NaNbO₃ 晶種含量(mol%)在 1 mol%至 5 mol%的範圍中時表示大於 0.035 的值。

【0116】 當 NaNbO₃ 晶種含量(mol%)為 0 mol%時，壓電電荷常數 d_{33} 表現大約 478 pC/N 的值，當 NaNbO₃ 晶種含量(mol%)為 1 mol%時，壓電電荷常數 d_{33} 表現大約 538 pC/N 的值，且在 NaNbO₃ 晶種含量(mol%)在 2 mol% to 5 mol%的範圍中表現 689 pC/N 或更高的值。舉例來說，當 NaNbO₃ 晶種含量(mol%)為 3 mol%時，壓電電荷常數 d_{33} 表現大約 760 pC/N 的值，但本發明之實施例不以此為限。

【0117】 可以看出當 NaNbO₃ 晶種含量(mol%)為 0 mol%時，機電耦合係數 k_p 表現大約 0.476 的值，且在 NaNbO₃ 晶種含量(mol%)在 1 mol%至 5 mol%的範圍中表現大於 0.5 的值，且舉例來說，當 NaNbO₃ 晶種含量(mol%)為 3 mol%時，機電耦合係數 k_p 表現 0.58 的值，但本發明之實施例不以此為限。

【0118】 圖 8 繪示基於壓電材料組合物的晶種含量的羅特格林係數。在圖 8 中，用於測量的壓電材料組合物的組合物為 (Na,K,Sr,Bi,Ag)(Nb,Sb,Zr)O₃。

【0119】 於此，羅特格林係數 L_f(%)可以以下方程式 1 表示。

【0120】 [方程式 1]

$$L_f(\%) = \frac{p - p_0}{1 - p_0}$$

【0121】 此處的 p 可表示由方程式 2 計算的定向度，且 p₀ 可為在與隨機對齊的壓電材料組合物具有相同或實質上相同的組合物的壓電材料組合物中的 I₀₀₁ 的因數。定向度 p 可以以下方程式 2 計算。

【0122】 [方程式 2]

$$p = \frac{\sum I_{00l}}{\sum I_{00l} + \sum I_{non-00l}}$$

【0123】 在方程式 2 中，I₍₀₀₁₎可表示表示為(001)的諸如(001)及(002)的繞射峰，且 I_{non-(001)}可表示不表示為(001)的諸如(110)、

(111)、(210)及(211)的繞射峰。

【0124】 請參考圖 8，可以看出當不添加晶種至壓電材料組合物且 NaNbO_3 晶種含量(mol%)為 0 時，定向不被執行，可以看出在 NaNbO_3 晶種含量(mol%)在 1 mol%至 5 mol%的範圍中時，羅特格林係數表現為 94.7%或更高，且可以看出在 NaNbO_3 晶種含量(mol%)為 3 mol%時表現最高的晶向度。

【0125】 請參考圖 7 及圖 8，可以看出當 NaNbO_3 晶種含量(mol%)在 1 mol%至 5 mol%的範圍中時，密度、電介常數、損失係數、壓電電荷常數、機電耦合係數及機械品質係數改善，且結晶定向度增加。

【0126】 圖 9 繪示當 3 mol%的晶種被添加至壓電材料組合物時的相位轉變溫度。在圖 9 中，用於測量的壓電材料組合物的組合物包含具有以下式的壓電材料組合物： $0.96(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})(\text{Nb}_{0.93}\text{Sb}_{0.07})\text{O}_3-0.02(\text{SrZr})\text{O}_3-0.02(\text{Bi}_{0.5}\text{Ag}_{0.5})\text{ZrO}_3$ 。

【0127】 請參考圖 9，可以看出斜方-四方的相位轉變區提供於大約 41 °C，且四方-立方的相位轉變執行於大約 151 °C。

【0128】 圖 10 為基於根據本發明之實施例的壓電材料組合物的微結構的照片(a)、(b)、(c)、(d)及(e)。在圖 10 中，用於測量的壓電材料組合物的組合物包含具有以下式的壓電材料組合物： $0.96(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})(\text{Nb}_{0.93}\text{Sb}_{0.07})\text{O}_3-0.02(\text{SrZr})\text{O}_3-0.02(\text{Bi}_{0.5}\text{Ag}_{0.5})\text{ZrO}_3$ ，且已經透過執行相對於鑄造方向的垂直方向上測量拍攝。

【0129】 在圖 10 的照片 (a) 中，可以看出沒有使用 NaNbO_3 晶種，且多數晶粒(或結晶粒)提供為 $20\ \mu\text{m}$ 或更小的尺寸。

【0130】 在圖 10 的照片、(c)、(d) 及 (e) 中，可以看出 NaNbO_3 晶種含量依序為 $1\ \text{mol}\%$ 、 $2\ \text{mol}\%$ 、 $3\ \text{mol}\%$ 及 $5\ \text{mol}\%$ ，且多數晶粒(或結晶粒)提供為 $25\ \mu\text{m}$ 或更大的尺寸。

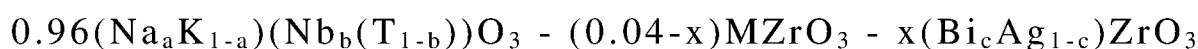
【0131】 圖 11 為繪示製造根據本發明之一些實施例的壓電材料組合物的基質材料的方法的流程圖。

【0132】 請參考圖 11，製造根據本發明之實施例的壓電材料組合物的基質材料的方法可包含稱重由式 2 表示的原料的步驟 S11、將原料混合的步驟 S12、合成混合的原料的鍛燒(calcination)步驟 S13、碾磨合成的基質材料的步驟 S14、成型(或壓製成形)碾磨的基質材料的步驟 S15、燒結基質成型材料的步驟 S16 及在基質燒結材料中形成電極的步驟 S17。稱量原料的步驟 S11 可為非必需的或者可與製造方法分開執行。舉例來說，根據本發明之一些實施例的製造基質材料的方法可始於混合由另一商業實體預先製備的具有式 2 的原材料。基於製造壓電材料組合物的方法的條件可包含，舉例來說，溫度、壓力及時間，但本發明之實施例不以此為限。

【0133】 首先，在製造根據本發明之一些實施例的壓電材料組合物的基質材料的方法中，稱重原料的步驟 S11 可為基於莫耳比率稱重基質材料以添加適量的溶劑的步驟。

【0134】 基質材料可滿足以下式 2。

【0135】 [式 2]



【0136】 於此 T 可為銻或鉍，M 可為鋇、鋇或鈣，a 可為 $0.4 \leq a \leq 0.6$ ，b 可為 $0.90 \leq b \leq 0.98$ ，c 可為 $0.4 \leq c \leq 0.6$ ，且 x 可為 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0137】 滿足式 2 的基質材料可為 $(\text{Na}, \text{K}, \text{Sr}, \text{Bi}, \text{Ag})(\text{Nb}, \text{Sb}, \text{Zr})\text{O}_3$ ，且可添加 0.5 mol% 的氧化鐵 (Fe_2O_3) 以增加可燒結性。

【0138】 稱重步驟中滿足式 2 的基質材料可基於用以合成碳酸鈉 (Na_2CO_3)、碳酸鉀 (K_2CO_3)、氧化鈮 (Nb_2O_5)、氧化銻 (Sb_2O_3)、碳酸鋇 (SrCO_3)、氧化鋇 (ZrO_2)、氧化鈣 (CaCO_3)、氧化鉍 (Bi_2O_3)、氧化鋇 (Ag_2O) 及氧化鐵 (Fe_2O_3) 的組合物的莫耳比率稱重，且可放置於尼龍罐中，且然後可添加適量的溶劑 (舉例來說，乙醇)，但本發明之實施例不以此為限。

【0139】 隨後，混合原料的步驟可為使用球磨法製程將稱重的原料及乙醇混合且碾磨 24 小時的步驟。再者，混合步驟可更包含在混合步驟之後分離與溶劑混合的粉末的乾燥步驟。於此，乾燥步驟可將混合的原料放至盤中且可於大約 100°C 的溫度充分地乾燥混合的原料。

【0140】 此外，根據本發明之一些實施例，混合原料的步驟 S12 可更包含相合成 (phase-synthesizing) 初次混合的原料的鍛燒
F22-0327TW001 (2022TWP4530)

步驟 S13。

【0141】 鍛燒步驟 S13 可為在完成混合之後以研鉢精細地研磨乾燥的化合物的步驟，將研磨的化合物放至氧化鋁坩堝中，在電弧爐中以 5 °C/min 的溫度上升速度提高研磨的化合物的溫度，於 850 °C 鍛燒化合物 6 小時，且在室溫下自然冷卻鍛燒的化合物。舉例來說，鍛燒溫度可為 800 °C 至 900 °C，且持續時間可為 1 小時至 10 小時，但本發明之實施例不以此為限。

【0142】 隨後，將相合成的基質材料研磨的步驟 S14 可為將溶劑(乙醇)放至相合成的基質材料中且使用球磨法製程將含有溶劑的基質材料研磨 24 小時以降低粒子的尺寸的步驟。

【0143】 此外，研磨步驟可更包含在研磨步驟之後分離與溶劑混合的粉末的乾燥步驟。於此，乾燥步驟可將研磨的基質材料放至盤中且可於 100 °C 的溫度充分地乾燥研磨的原料，且舉例來說，可執行乾燥 3 小時，但本發明之實施例不以此為限。

【0144】 此外，根據本發明之一些實施例，將相合成的基質材料研磨的步驟 S14 可更包含篩選材料的步驟。

【0145】 篩選步驟可為使用 40 目篩過濾被研鉢精細研磨的乾燥的粉末以生產包含一定尺寸或更小尺寸的粒子的粉末的步驟。通過 40 目篩的粉末可具有 400 μm 或更小的尺寸。

【0146】 隨後，將研磨的基質材料成型(或壓製成形)的步驟 S15 可為將篩過的粉末壓製成形的步驟。

【0147】 舉例來說，將二次混合的材料成型(或壓製成形)的步驟可為將二次混合的材料放至具有圓形外形的模型中並將二次混合的材料壓製成形的步驟，且用以壓製成形的壓力可為 100 kg/f(力)。然而，本發明之實施例不以此為限。

【0148】 隨後，將基質壓件(pressing element)燒結的步驟 S16 可為在預定的燒結溫度將基質成型材料燒結的步驟。

【0149】 舉例來說，燒結溫度可執行於 1070 °C至 1110 °C的範圍中，且燒結時間可持續 3 小時至 6 小時，但本發明之實施例不以此為限。

【0150】 隨後，在燒結中形成電極的步驟 S17 可為將電極塗覆於基質燒結材料的一表面(或第一表面)及相對於一表面的基質燒結材料的另一表面(或第二表面)上的步驟。

【0151】 舉例來說，塗覆於燒結材料上的電極可包含如銀(Ag)的金屬電極，本發明之實施例不以此為限。

【0152】 此外，步驟 S17 可更包含在塗覆(或形成)電極之後將具有電極的燒結材料極化的步驟，且極化步驟可在 0 °C至 40 °C的溫度於矽油中施加 4 kV/mm(千伏特/毫米)的電場大約 30 分鐘以將極化對齊(align)。

【0153】 圖 12 繪示根據本發明之實施例的基質材料的 X 光繞射(XRD)資料。

【0154】 在圖 12 中，X 軸代表 X 光繞射的 2θ 值，且縱軸代

表相對強度。

【0155】 在圖 12 中，基質材料的組合物製備透過在 1090 °C 執行燒結 3 小時所製備，所述基質材料的組合物具有以下式： $0.96(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})(\text{Nb}_{0.93}\text{Sb}_{0.07})\text{O}_3-(0.04-x)\text{CaZrO}_3-x(\text{Bi}_{0.5}\text{Ag}_{0.5})\text{ZrO}_3$ 。再者，在(a)設定 $x=0$ 、(b)設定 $x=0.01$ 、(c)設定 $x=0.02$ 、(d)設定 $x=0.03$ 及(e)設定 $x=0.04$ 的條件下執行 X 光繞射圖(XRD)測量。

【0156】 請參考圖 12，可以看出隨著 $\text{BAZ}((\text{BiAg})\text{ZrO}_3)$ 的添加量增加，整個總組合物提供均勻的鈣鈦礦結構(perovskite structure)而沒有第二相(secondary phase)。

【0157】 圖 13A 至圖 13E 繪示根據本發明之實施例的基質材料的繞射峰。繞射峰為以 0.3 °/min 的低速測量基質材料的 66.5° 所獲得的繞射峰。圖 13A 至圖 13E 繪示小角度 X 光結果，且小角度 X 光用以分析在 1 °C 至 1.5 °C 的範圍中的 2θ 值及分析奈米結構。在本發明中，小角度 X 光被用於在對應的 2θ 的範圍中觀察相的共存在及相位轉變。

【0158】 在圖 13A 至圖 13E 中，X 軸代表 X 光繞射的 2θ 值，且縱軸代表相對強度。

【0159】 在圖 13A 至圖 13E 中，基質材料的組合物透過在 1090 °C 執行燒結 3 小時所製備，製備所述基質材料的組合物具有以下式： $0.96(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})(\text{Nb}_{0.93}\text{Sb}_{0.07})\text{O}_3-(0.04-x)\text{CaZrO}_3-x(\text{Bi}_{0.5}\text{Ag}_{0.5})\text{ZrO}$ 製備。再者，在 $x=0$ 的條件下測量的繞射峰繪示

於圖 13A 中， $x=0.01$ 的條件下測量的繞射峰繪示於圖 13B 中， $x=0.02$ 的條件下測量的繞射峰繪示於圖 13C 中， $x=0.03$ 的條件下測量的繞射峰繪示於圖 13D 中，且 $x=0.04$ 的條件下的條件下測量的繞射峰繪示於圖 13A 中。

【0160】 請參考圖 13A，當不添加 BAZ 時，可以看出菱面晶相 (rhombohedral phase, R-phase) 及斜方晶相 (orthorhombic phase, O-phase) 共存在。請參考圖 13B 至圖 13E，可以看出隨著 BAZ 的添加量增加，四方晶相 (tetragonal phase, T-phase) 逐漸增加。再者，請參考圖 13E，當 BAZ 以 $x=0.04$ 添加時，可以看出提供了斜方(O)晶相被移除且菱面(R)-四方(T)晶相共存在的結構。

【0161】 圖 14 為根據本發明之實施例的基質材料的橫斷面照片 (a)、(b)、(c)、(d) 及 (e)。

【0162】 在圖 14 中，製備基質材料組合物，製備所述基質材料組合物具有以下式： $0.96(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})(\text{Nb}_{0.93}\text{Sb}_{0.07})\text{O}_3-(0.04-x)\text{CaZrO}_3-x(\text{Bi}_{0.5}\text{Ag}_{0.5})\text{ZrO}_3$ ，且為了可燒結性而添加 0.5 mol% 的 Fe_2O_3 。

【0163】 圖 14 的照片 (a) 繪示透過拋光及拍攝樣品的斷裂表面獲得的結果，樣品在 a 設定為 $x=0$ 、b 設定為 $x=0.01$ 、c 設定為 $x=0.02$ 、d 設定為 $x=0.03$ 及 e 設定為 $x=0.04$ 的條件下製備。

【0164】 請參考圖 14 的照片 (a)，可以看出樣品提供有包含 23 μm 的大晶粒及 0.5 μm 的小晶粒的兩種晶粒。請參考圖 14 的照片

(b)、(c)、(d)及(e)，結果顯示僅具有大尺寸的晶粒會隨著 BAZ 的含量增加而被提供。此表示 BAZ 會影響晶粒的成長。再者，可以看出基於壓電性質隨著晶粒的尺寸增加而增加的特性，壓電性質隨著晶粒的尺寸增加而增加。

【0165】 圖 15A 繪示基於根據本發明之實施例的基質材料的溫度的電介常數值的變化，且圖 15B 至圖 15F 繪示基於根據本發明之實施例的基質材料中的 BAZ 含量的增加的電介常數及損失係數的變化。在圖 15A 至圖 15F 中，製備基質材料，所述基質材料包含具有以下化學式的製備組合物： $0.96(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})(\text{Nb}_{0.93}\text{Sb}_{0.07})\text{O}_3-(0.04-x)\text{CaZrO}_3-x(\text{Bi}_{0.5}\text{Ag}_{0.5})\text{ZrO}_3$ ，且為了可燒結性而添加 0.5 mol% 的 Fe_2O_3 。

【0166】 請參考圖 15A 至圖 15F，可以看出基於 BAZ 的量，相溫度 T_c 在大約 178 °C 的整個總組合物變化不大，菱形(R)-斜方(O)晶相轉換溫度 T_{R-O} 幾乎不變，且如繞射圖案中所檢視，結果顯示在室溫的沒有添加 BAZ 的 $0.96(\text{Na},\text{K})(\text{Nb},\text{Sb})\text{O}_3 - (0.04-x)\text{CaZrO}_3$ 的組合物中菱面(R)晶相及斜方(O)晶相共存在。再者，斜方(O)-四方(T)晶相轉換溫度 T_{O-T} 隨著 BAZ 的含量增加而逐漸下降，在 $x=0.03$ 的組合物中的三種晶格結構的比例為大約 3:3:3 的比例，且在 $x=0.04$ 的組合物中提供有菱面(R)晶相及四方(T)晶相共存在的結構而不相轉換成斜方(O)晶相。

【0167】 圖 16A 至圖 16E 為基於對應於根據本發明之實施例

的基質材料的 BAZ 含量增加的不同頻率的溫度電介常數圖。在圖 16A 至圖 16E 中，製備了基質材料製備包含具有以下式的組合物： $0.96(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})(\text{Nb}_{0.93}\text{Sb}_{0.07})\text{O}_3-(0.04-x)\text{CaZrO}_3-x(\text{Bi}_{0.5}\text{Ag}_{0.5})\text{ZrO}_3$ ，且為了可燒結性而添加 0.5 mol% 的 Fe_2O_3 。

【0168】 請參考圖 16A，可以看出儘管頻率變化， $T_{\text{O-T}}$ 介電峰的溫度維持不變。請參考圖 16B 至圖 16E，可以看出材料提供有具有奈米域(nano domain)或極性奈米區(polar nano region, PNR)的弛緩介電體(relaxor dielectric body)，或缺陷的偶極子基於頻率改變介電峰。舉例來說，可以在圖 16B 中看出 $T_{\text{O-T}}$ 介電峰對應於 100 Hz 至 500 kHz 位移大約 1.5 °C，可以在圖 16C 中看出 $T_{\text{O-T}}$ 介電峰對應於 100 Hz 至 500 kHz 位移大約 5.5 °C，可以在圖 16D 中看出 $T_{\text{O-T}}$ 介電峰對應於 100 Hz 至 500 kHz 位移大約 14 °C，且可以在圖 16E 中看出 $T_{\text{O-T}}$ 介電峰對應於 100 Hz 至 500 kHz 位移大約 15 °C，但本發明之實施例不以此為限。

【0169】 因此，可以看出因為根據本發明之實施例的基質材料具有頻率依存性，所以藉由添加 BAZ 的組合物而具有奈米域。

【0170】 圖 17A 及圖 17B 為根據本發明之實施例的基質材料的穿透式電子顯微鏡照片。在圖 17A 及圖 17B 中，製備基質材料，所述基質材料製備包含具有以下式的組合物： $0.96(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})(\text{Nb}_{0.93}\text{Sb}_{0.07})\text{O}_3-(0.04-x)\text{CaZrO}_3-x(\text{Bi}_{0.5}\text{Ag}_{0.5})\text{ZrO}_3$ ，且為了可燒結性而添加 0.5 mol% 的 Fe_2O_3 。圖 17A 製備的材料設

定為 $x=0$ 且圖 17B 製備的材料設定為 $x=0.03$ ，且然後進行拍攝。

【0171】 請參考圖 17A 及圖 17B，可以確認 $x=0$ 的組合物表現出大約 100 nm 的域尺寸且 $x=0.03$ 的組合物表現出大約 3×20 nm 的奈米域結構。

【0172】 請結合圖 16 參考圖 17A 及圖 17B，表現於界電性質中的頻率依存性的現象可由奈米域或極性奈米區(PNR)的結構造成。

【0173】 因此，可以看出具有奈米尺寸的奈米域或極性奈米區(PNR)由添加 BAZ 形成，且表現出頻率分散特。

【0174】 圖 18 繪示根據本發明之實施例的基質材料的損失係數、相對密度、電介常數 $\epsilon^T_{33}/\epsilon_0$ 、壓電電荷常數 d_{33} ，及機電耦合係數 k_p 。在圖 18 中，透過在 1090 °C 執行燒結 3 小時製備基質材料，所述基質材料製備包含具有以下式的組合物： $0.96(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})(\text{Nb}_{0.93}\text{Sb}_{0.07})\text{O}_3-(0.04-x)\text{CaZrO}_3-x(\text{Bi}_{0.5}\text{Ag}_{0.5})\text{ZrO}_3$ 製備。舉例來說，燒結溫度可為 1000 °C 至 1150 °C，且持續時間可為 1 小時至 10 小時，但本發明之實施例不以此為限。

【0175】 請參考圖 18，可以看出當 BAZ 的含量為 0.00 至 0.04 的範圍中時相對密度大約為 92% 或更高的相對密度，可以看出電介常數及壓電常數隨著 BAZ 的含量增加而逐漸增加。可以看出當 BAZ 的含量為 0.00 至 0.04 的範圍時損失係數具有 4% 或更低的值。可以看出在三種晶格結構(如菱形(R)-斜方(O)-四方(T)晶格結構)以相似的比例提供的 $x=0.03$ 的組合物中壓電常數表現出 $d_{33} =$

F22-0327TW001 (2022TWP4530)

710 pC/N 的最佳壓電性質，且在 $x=0.04$ 的組合物中因為四方(T)晶相隨著比例增加而增加，壓電性質降低至 $d_{33} = 565$ pC/N。機電耦合係數 k_p 可具有用以改變應力轉移至材料、電荷的係數值，且當係數值為 1 時，可實現 100% 的改變效率。可以看出在 BAZ 的含量為 0.00 至 0.04 的範圍中 k_p 表現出大約 0.40 或更高的值。

【0176】 圖 19A 為基於基質材料的極化溫度的壓電電荷常數，圖 19B 為基於電場的壓電電荷常數，且 19C 為基於退火溫度的壓電電荷常數。在圖 19A 至圖 19C 中，製備基質材料，所述基質材料製備包含具有以下式的組合物： $0.96(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})(\text{Nb}_{0.93}\text{Sb}_{0.07})\text{O}_3-0.01\text{CaZrO}_3-0.03(\text{Bi}_{0.5}\text{Ag}_{0.5})\text{ZrO}_3$ 。

【0177】 請參考圖 19A，可以看出因為 $x=0.03$ 的組合物在大約 20 °C 具有三相(R-O-T)晶格結構，所以 $x=0.03$ 的組合物在極化溫度或大約 20 °C 具有最佳的壓電常數值。請參考圖 19B，可以看出極化電壓在大約 1 kV/mm 的電場中飽合。請參考圖 19C，可以看出壓電電荷常數隨著退火溫度增加而降低，且可確認壓電性質在 130 °C 稍微減少至 568 pC/N 的值且在 130 °C 或更高的溫度快速減少。這是因為溫度從 150 °C 或更高的溫度開始靠近鐵電-順電(ferroelectric-paraelectric)相位轉變區。

【0178】 圖 20 為繪示製造根據本發明之實施例的壓電材料組合物的晶種的方法的流程圖。

【0179】 請參考圖 20，製造根據本發明之實施例的壓電材料

組合物的方法可包含將晶種材料初次稱重的步驟 S21、製備初級晶種的步驟 S22、二次稱重的步驟 S23 及製備次級晶種的步驟 S24。

【0180】 首先，將晶種材料初次稱重的步驟 S21 可為基於莫耳比率將初級晶種材料稱重以添加適量的溶劑的步驟。

【0181】 於此，初級晶種中待合成的化合物的莫耳比率可為 $(\text{Bi}_{2.5}\text{Na}_{3.5})\text{Nb}_5\text{O}_{16}$ 。以下，因此，初級晶種可被稱為「BNN 晶種」。

【0182】 舉例來說，在將晶種材料初次稱重的步驟 S21 中，可基於待合成的化合物的莫耳比率將碳酸鈉 (Na_2CO_3)、五氧化二銻 (Nb_2O_5)、氧化鉍 (Bi_2O_3) 及氯化鈉 (NaCl) 稱重且可將其放至尼龍罐中，且然後可添加適量的溶劑。舉例來說，溶劑可為乙醇，但本發明之實施例不以此為限。

【0183】 此外，在初次稱重步驟中，可調整碳酸鈉 (Na_2CO_3)、五氧化二銻 (Nb_2O_5)、氧化鉍 (Bi_2O_3) 及氯化鈉 (NaCl) 的比例。舉例來說，比例可為重量比或莫耳比。舉例來說， NaCl 與包含 Na_2CO_3 、 Nb_2O_5 及 Bi_2O_3 的氧化物的比例可為 1:1.5，但本發明之實施例不以此為限。

【0184】 製備初級晶種的步驟 S22 可更包含將在先前的步驟中稱重的材料混合的步驟及相合成混合的初級晶種材料的步驟。

【0185】 舉例來說，混合的初級晶種材料可與溶劑一起混合且可混合並藉由使用球磨法製程碾磨 12 小時。再者，混合的步驟

可更包含在混合及碾磨步驟之後分離與溶劑混合的粉末的乾燥步驟。於此，乾燥步驟可將初次混合的基質材料放至盤中且可於 100 °C 的溫度充分地乾燥混合的基質材料，但本發明之實施例不以此為限。

【0186】 舉例來說，相合成步驟可為在混合之後以研鉢精細地研磨化合物且乾燥初級晶種材料的步，將研磨的化合物放至氧化鋁坩堝中，在電弧爐中以 5 °C/min 的溫度上升速度提高研磨的化合物的溫度，於 1100 °C 至 1175 °C 鍛燒化合物 6 小時，且在室溫下自然冷卻鍛燒的化合物。完成鍛燒的 BNN 晶種可具有板狀粒子。於此，相合成初級晶種材料的步驟可被稱為初級鍛燒。

【0187】 製備初級晶種的步驟 S22 可更包含將完成鍛燒的初級晶種洗淨的步驟。

【0188】 舉例來說，製備初級晶種的步驟 S22 可藉由使用 80 °C 的水將初級晶種洗淨且過濾五至十次以移除沾在初級晶種粉末上的 NaCl，但本發明之實施例不以此為限。

【0189】 隨後，二次稱重步驟 S23 可為取適量的溶劑及含鈉 (Na) 的材料代替初級晶種粉以及初級晶種粉末中的鉍 (Bi)，且基於組合物的莫耳比率將溶劑及材料稱重的步驟。

【0190】 於此，次級晶種的組合物的莫耳比率可對應於 NaNbO_3 。以下，因此，次級晶種可被稱為「NN 晶種」。

【0191】 舉例來說，在二次稱重步驟中，可基於待合成的組合

物的莫耳比率將 Na_2CO_3 及 NaC 稱重且可將其放至燒杯中，且然後可添加適量的溶劑。舉例來說，溶劑可為乙醇，但本發明之實施例不以此為限。

【0192】 隨後，製備次級晶種的步驟 S24 可包含將二次稱重的材料混合且進行拓樸化學反應的步驟。

【0193】 舉例來說，可透過攪拌製程執行將二次稱重的材料混合的步驟且可在磁力棒放於燒杯中的狀態以 80 rpm 執行 6 小時，但本發明不以此為限。

【0194】 此外，製備次級晶種的步驟可更包含將混合的二次稱重的材料乾燥的步驟。於此，乾燥步驟可將化合物放至盤中切可在 100 °C 的溫度將化合物乾燥 3 小時。

【0195】 舉例來說，進行拓樸化學反應的步驟可將乾燥的次級晶種材料放至坩堝中且可在 975 °C 執行 6 小時，但本發明之實施例不以此為限。藉由進行拓樸化學反應，包含於初級晶種中的 Bi 可被替換成 Na。以下將參考圖 21 詳細描述拓樸化學反應。

【0196】 於此，執行拓樸化學反應的步驟可被稱為次級鍛燒。

【0197】 製備次級晶種的步驟 S2 可更包含將完成拓樸化學反應的次級晶種洗淨的步驟。

【0198】 舉例來說，將次級晶種洗淨的步驟可藉由使用 80 °C 或更高溫度的水將次級晶種洗淨及過濾五至十次以移除沾在 NN 晶種上的 NaCl ，但本發明之實施例不以此為限。

【0199】 此外，儘管在洗淨及過濾之後，可以硝酸執行酸處理數次以移除殘留在 NN 晶種中的 Bi，且然後可以水執行中合洗淨。舉例來說，可將硝酸放至燒杯中，放入 NN 晶種，可 10 分鐘執行振盪。可重複執行此處理 1 小時至 2 小時，但本發明之實施例不以此為限。

【0200】 圖 21 繪示在製備次級晶種的步驟中發生的晶粒變化。繪示於圖 21 的左邊區域中的具有 $\text{Bi}_2\text{O}_2[(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{3.5})\text{Nb}_5\text{O}_{16}]$ 的組合物的晶格結構表現初級晶種且可被稱為 BNN 晶種。隨後，繪示於圖 21 的右邊區域的具有 NaNbO_3 的組合物的晶格結構表現次級晶種且可被稱為 NN 晶種。

【0201】 請參考圖 21，具有 $\text{Bi}_2\text{O}_2[(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{3.5})\text{Nb}_5\text{O}_{16}]$ 的組合物的初級晶種的晶格結構可為具有 NbO_6 八面體(octahedron)、從頂部設置於 NbO_6 八面體之間的 Na 與 Bi、 $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$ 層、偽鈣鈦礦層(pseudo-perovskite layer)及 $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$ 層的層體結構，且其中 NbO_6 八面體(octahedron)及設置於 NbO_6 八面體之間的 Na 與 Bi 重複。隨後，具有 NaNbO_3 的組合物的次級晶種的晶格結構可具有被 Na 及其之間的 NbO_6 八面體環繞的結構。

【0202】 初級晶種可藉由圖 21 中的製備次級晶種的步驟 S24 中的拓樸化學反應改變成次級晶種。於此，拓樸化學反應可表示在固相化學反應中母晶粒的定向及產物的晶向具有不同的定向關係但維持結晶粒子的形狀的化學反應。

【0203】 因此，如圖 21 中所繪示，在將初級晶種的 Bi 元素取代成 Na 元素的過程中，包含 NbO_6 八面體(octahedron)及設置於 NbO_6 八面體之間的 Na 與 Bi 的層體、 $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$ 層及偽鈣鈦礦層的所有層體且 $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$ 層可改變(或轉換)成具有 NaNbO_3 的組合物的單一結構。

【0204】 圖 22 為根據本發明之實施例的顯示設備的透視圖。圖 23 為沿圖 22 中的線 I-I'擷取的剖面。

【0205】 請參考圖 22 及圖 23，根據本發明之實施例的設備(或顯示設備)可包含用以顯示影像的振動件或顯示面板 100，及設置於振動件或顯示面板 100 的後表面(或背面)的壓電裝置(或振動裝置)200。

【0206】 根據本發明之實施例的設備(或顯示設備)可包含振動件或顯示面板 100，及設置於振動件或顯示面板 100 的後表面(或背面)的壓電裝置(或振動裝置)200。舉例來說振動件或顯示面板 100 可根據振動裝置 200 的振動輸出聲。舉例來說，振動件或顯示面板 100 可為振動體、顯示面板、振動板或前構件，但本發明之實施例不以此為限。

【0207】 舉例來說，振動件或顯示面板 100 或振動體可包含一或更多個包含於顯示面板中用以顯示影像的多個像素，從顯示設備、照明面板、標誌牌面板、車輛內部材料、車輛玻璃窗、車輛外部材料、建築物天花板材料、建築物內部材料、建築玻璃窗、

飛機內部材料、飛機玻璃窗、木材、塑膠、玻璃、金屬、布、纖維、紙、橡膠、皮革、碳及鏡子投影影像的螢幕面板，但本發明之實施例不以此為限。

【0208】 以下，描述顯示面板 100 為顯示面板的示例。

【0209】 顯示面板 100 可顯示電子影像或數位影像。舉例來說，顯示面板 100 可輸出光以顯示影像。顯示面板 100 可為彎曲的顯示面板，或可為任何型態的顯示面板，例如液晶顯示面板、有機發光顯示面板、量子點發光顯示面板、微發光二極體顯示面板及電泳(electrophoresis)顯示面板。顯示面板 100 可為可撓性顯示面板。舉例來說，顯示面板 100 可為可撓性發光顯示面板、可撓性電泳顯示面板、可撓性電濕潤(electro-wetting)顯示面板、可撓性微發光二極體顯示面板或可撓性量子點發光顯示面板，但本發明之實施例不以此為限。

【0210】 根據本發明之一些實施例的顯示面板 100 可包含根據像素的驅動用以顯示影像的顯示區 AA。顯示面板 100 可包含圍繞顯示區 AA 的非顯示區 IA，但本發明之實施例不以此為限。

【0211】 壓電裝置 200 可在顯示面板 100 的背面使顯示面板 100 振動，藉此基於顯示面板 100 的振動向使用者提供聲音及/或觸覺反饋(haptic feedback)。舉例來說，壓電裝置 200 可實施於顯示面板 100 的背面以直接使顯示面板 100 振動，但本發明之實施例不以此為限。

【0212】 根據本發明之一些實施例，壓電裝置 200 可根據與在顯示面板上顯示的影像同步的聲音訊號使顯示面板 100 振動顯示面板。如本發明之另一實施例，壓電裝置 200 可根據與使用者施加於設置於或嵌入顯示面板 100 的觸控面板(或觸控感測器層)的觸摸同步的觸覺反饋訊號(或 tactile feedback signal)振動且可使顯示面板 100 振動。因此，顯示面板 100 基於壓電裝置 200 的振動而振動以提供使用者(或觀眾)至少一或更多的聲音及觸覺反饋。

【0213】 根據本發明之一些實施例的壓電裝置 200 可實施為具有對應於振動件或顯示面板 100 或顯示面板 100 的顯示區 AA 的尺寸。壓電裝置 200 的尺寸可為顯示區 AA 的尺寸的 0.9 至 1.1 倍，但本發明之實施例不以此為限。舉例來說，壓電裝置 200 的尺寸可與顯示區 AA 的尺寸相同或實質上相同或小於顯示區 AA 的尺寸。舉例來說，壓電裝置 200 的尺寸可與顯示區 AA 的尺寸相同或大約相同，且因此壓電裝置 200 可覆蓋顯示面板 100 的大部分區域且由壓電裝置 200 產生的振動可使顯示面板 100 的整個部分振動，且因此聲音的局部化(localization of a sound)可為高的，且可提高使用者的滿意度。再者，可增加顯示面板 100 及壓電裝置 200 之間的接觸面積(或面板覆蓋率)，且因此顯示面板 100 的振動區可增加，藉此改善基於顯示面板 100 的振動產生的中低音高的音頻帶的聲音。再者，施加於大尺寸的設備(或大尺寸的顯

示設備)的壓電裝置 200 可使具有大尺寸(或大面積)的顯示面板 100 振動，且因此可進一步提高基於顯示面板 100 的振動的聲音的局部化，藉此實現改善的聲音效果。因此，根據本發明之一些實施例的壓電裝置 200 可設置於顯示面板 100 的背面以使顯示面板 100 在垂直方向(或前後方向)充分地振動，藉此將理想的聲音輸出至設備前的區域。

【0214】 根據本發明之一些實施例的壓電裝置 200 可實施為薄膜型。由於壓電裝置 200 可實施為薄膜型，其可具有較顯示面板 100 的厚度更薄的厚度，且因此可因為壓電裝置 200 的佈置而降低或最小化設備(或顯示設備)的厚度的增加。舉例來說，壓電裝置 200 可被稱為振動產生設備、位移裝置、聲音裝置、發聲模組、發聲設備、薄膜致動器、薄膜型壓電複合致動器、薄膜揚聲器、薄膜型壓電揚聲器、薄膜型壓電複合揚聲器等，但本發明之實施例不以此為限。如本發明之另一實施例，壓電裝置 200 可不設置於顯示面板 100 的背面且可施加於振動體代替顯示面板 100。舉例來說，振動體可包含木材、塑膠、玻璃、金屬、布、纖維、橡膠、紙、皮革、車輛內飾材料、建築物室內天花板、飛機內飾材料等之一或更多者，但本發明之實施例不以此為限。舉例來說，非顯示面板可包含發光二極體照明面板(或裝置)、有機發光照明面板(或裝置)或無機發光照明面板(或裝置)等，但本發明之實施例不以此為限。在此情況中，振動體可應用為振動板，且壓電裝置

200 可使振動體振動以輸出聲。

【0215】 根據本發明之一些實施例的壓電裝置 200 可更包含振動結構 230 及介於顯示面板 100 與振動結構 230 之間的連接件 210。

【0216】 根據本發明之一些實施例的連接件 210 可包含至少一基板，且可包含附接於基板的一或兩個表面的黏合層，或可配置為單一黏合層。

【0217】 舉例來說，連接件 210 可包含泡沫墊、雙面膠、黏合劑等，但本發明之實施例不以此為限。舉例來說，連接件 210 的黏合層可包含環氧樹脂、丙烯酸樹脂、矽樹脂或胺甲酸酯，但本發明之實施例不以此為限。

【0218】 根據本發明之一些實施例的設備(或顯示設備)可更包含設置於顯示面板 100 的背面的支撐件 300。

【0219】 支撐件 300 可覆蓋顯示面板 100 的背面。舉例來說，支撐件 300 可覆蓋整個顯示面板 100 的背面且在其之間有間隙空間 GS。舉例來說，支撐件 300 可包含玻璃材料、金屬材料及塑膠材料之至少一或更多者。舉例來說，支撐件 300 可為後表面結構或集合結構(set structure)。舉例來說，支撐件 300 可被稱為其他名詞，例如底蓋、底板、背蓋、底框、金屬邊框、金屬底座、框架底座、m 型底座等。舉例來說支撐件 300 可實施為設置於顯示面板的背面的任意類型的框架或板型結構，但本發明之實施例不

以此為限。

【0220】 根據本發明之一些實施例的設備(或顯示設備)可更包含中框 400。

【0221】 中框 400 可設置於顯示面板 100 的後緣及支撐件 300 的前緣之間。中框 400 可支撐顯示面板 100 的後緣與支撐件 300 的前緣之一或更多，且可圍繞各個顯示面板及支撐件 300 的一或更多個側面。中框 400 可在顯示面板及支撐件 300 之間提供間隙空間 GS。中框 400 可被稱為中間櫃、中間蓋或中間底座等，但本發明之實施例不以此為限。

【0222】 根據本發明之一些實施例的中框 400 可包含第一支撐部 410 及第二支撐部 430。

【0223】 第一支撐部 410 可設置於顯示面板 100 的後緣及支撐件 300 的前緣之間，且因此可在顯示面板 100 及支撐件 300 之間提供間隙空間 GS。第一支撐部 410 的前表面可藉由第一框連接件 401 偶合或連接於振動件或顯示面板 100 或顯示面板的後緣。第一支撐部 410 的背面可藉由第二框連接件 403 偶合或連接於支撐件 300 的前緣。舉例來說，第一支撐部 410 可具有正方形的單一畫框(picture frame)結構或具有多個分隔棒狀的框架結構，但本發明之實施例不以此為限。

【0224】 第二支撐部 430 可以平行於設備(或顯示設備)的厚度方向 Z 垂直地耦接至第一支撐部 410 的外表面。第二支撐部

430 可圍繞顯示面板 100 及支撐構件 300 的外表面之一或更多者，從而保護顯示面板 100 及支撐構件 300 中的每一個的外表面。第一支撐部 410 可從第二支撐部 430 的內表面朝顯示面板 100 與支撐構件 300 之間間隙空間 GS 突出。

【0225】 圖 24 繪示圖 23 的壓電裝置。

【0226】 請參考圖 24，根據本發明之實施例的壓電裝置 200 可包含振動結構 230，且振動結構 230 可包含壓電裝置層 231、設置於壓電裝置層 231 的第一表面的第一電極部 233 及設置於相對於第一表面的壓電裝置層 231 的第二表面上的第二電極部 235。

【0227】 壓電裝置層 231 可包含第一材料層 231a 及被第一材料層 231a 環繞的第二材料層 231b。根據本發明之一些實施例，一第一材料層 231a 及一第二材料層 231b 可構成一具有相同或實質上相同的晶向的晶粒，且晶界(GB)可形成於與另一第一材料層 231a 及另一第二材料層 231b 構成的鄰近的另一晶粒彼此接觸之部分。在一些實施例中，晶向為圖式中定義的+Z 軸方向。然而，晶向亦可適用於各種方向。

【0228】 根據本發明之一些實施例，第一材料層 231a 的晶粒可基於第二材料層 231b 的晶向成長，且因此多個第一材料層 231a 可具有相同或實質上相同的晶向，且舉例來說，可具有(001)晶向，但本發明之實施例不以此為限。

【0229】 第一電極部 233 及第二電極部 235 可使用金屬電極，

且舉例來說，可使用銀電極，但本發明之實施例不以此為限。

【0230】 此外，在圖 19 中，振動結構 230 繪示為單一層體，但可基於壓電裝置的理想表現配置為額外堆疊。

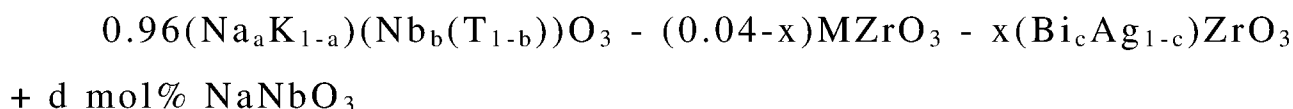
【0231】 應理解，振動結構的前述實施例為示例性及說明性的。根據發明之示例性實施例的振動結構不限於特定的結構或構成，例如材料層的數量及/或位置。

【0232】 根據本發明之一些實施例的振動設備可施加於設置於設備中的振動設備。根據本發明之一些實施例的設備可施加於行動設備、視訊電話、智慧型手錶、手錶電話、可穿戴設備、可折疊設備、可捲曲設備、可彎折設備、可撓性設備、彎曲設備、滑動設備、可變設備、電子記事本、電子書、攜帶式多媒體播放器(PMP)、個人數位助理(PDA)、MP3 播放器、行動醫療裝置、桌上型個人電腦(PCs)、膝上型電腦、輕省筆電、工作站、導航設備、汽車導航設備、汽車顯示設備、車載設備、劇院設備、戲院顯示設備、電視機、壁紙顯示設備、標誌設備、遊戲機、筆記型電腦、顯示器、照相機、攝影機、家用電器等。此外，根據本發明之一些實施例的振動設備可施加於有機發光照明裝置或無機發光照明裝置。當本發明之實施例的振動設備應用於照明設備時，振動設備可作為照明及揚聲器。此外，當本發明之一些實施例的振動設備施加於行動裝置等時，振動設備可作為揚聲器、接收器及觸覺裝置中之一或更多者，但本發明之實施例不以此為限。

【0233】 以下將描述壓電材料組合物、製造其的方法、壓電裝置及包含根據本發明之一些實施例的壓電裝置的設備。

【0234】 根據本發明之一些實施例，壓電材料組合物由式 1 表示。

【0235】 式 1

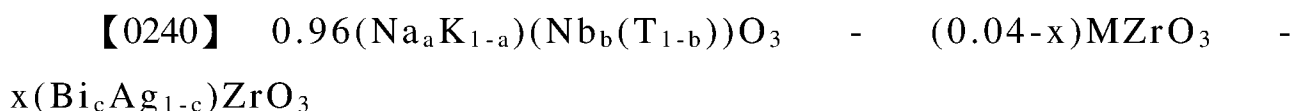


【0236】 其中，T 為銻或鉭，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 \leq d \leq 5.0$ ，且 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0237】 根據本發明之一或更多個實施例，壓電材料組合物可包含第一材料及被第一材料環繞的第二材料。

【0238】 根據本發明之一或更多個實施例，第一材料可由式 2 表示：

【0239】 式 2



【0241】 其中，T 為銻或鉭，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ，且 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0242】 根據本發明之一或更多個實施例，第一材料的長寬比可為 5 至 20。

【0243】 根據本發明之一或更多個實施例，第二材料可包含 NaNbO_3 。

【0244】 根據本發明之一或更多個實施例，式壓電材料組合物可包含 0 mol%至 5 mol%的第二材料。

【0245】 根據本發明之一或更多個實施例，壓電材料組合物可包含 3 mol%的第二材料。

【0246】 根據本發明之一或更多個實施例，第一材料可包含沿單一方向(001)排列的晶體之多個晶界，且第二材料可設置於這些晶界中，且這些晶界可透過來自第二材料的反應成長。

【0247】 根據本發明之一或更多個實施例，第二材料可設置於各晶界的中心部。

【0248】 根據本發明之一或更多個實施例，壓電材料組合物的羅特格林因子可為 94%或更高。

【0249】 根據本發明之一或更多個實施例，在室溫下，四方(T)晶相、斜方(O)晶相，或菱面(R)晶相之至少兩相可共存在於壓電材料組合物中。

【0250】 根據本發明之一或更多個實施例，壓電材料組合物可包含奈米。

【0251】 根據本發明之一或更多個實施例，壓電材料組合物可包含極性奈米區。

【0252】 本發明之另一態樣為製造壓電材料組合物的方法，可包含：混合基質材料與晶種材料，以製備漿料；成型該漿料，以製備一成型元件；以及燒結成型元件，以製備燒結材料。基質

材料及晶種材料可由式 1 表示。

【0253】 式 1

【0254】 $0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3 + d \text{ mol\% NaNbO}_3$

【0255】 在式 1 中，T 為銻或鉭，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 \leq d \leq 5.0$ ，且 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0256】 根據本發明之一或更多個實施例，基質材料可由式 2 表示。

【0257】 式 2

【0258】 $0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3$

【0259】 在化學 2 中，T 可為銻或鉭，M 可為鋇、鋇或鈣，a 可為 $0.4 \leq a \leq 0.6$ ，b 可為 $0.90 \leq b \leq 0.98$ ，c 可為 $0.4 \leq c \leq 0.6$ ，且 x 可為 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0260】 根據本發明之一或更多個實施例，晶種材料可包含 NaNbO_3 單晶。

【0261】 根據本發明之一或更多個實施例，可由式 1 表示的壓電材料的組合可包含 0 mol% 至 5 mol% 的晶種材料。

【0262】 根據本發明之一或更多個實施例，壓電材料組合物可包含 3 mol% 的晶種材料。

【0263】 根據本發明之一或更多個實施例，在燒結材料中，成型元件可在 1070°C 至 1110°C 持續 3 小時至 6 小時。

【0264】 根據本發明之一或更多個實施例，基質材料可藉由實施以下步驟製備，此步驟包含：將用以製造基質材料的原料進行混合及合成；以及將合成的基質材料進行碾磨。

【0265】 根據本發明之一或更多個實施例，晶種材料可藉由實施以下步驟製備，此步驟包含：將晶種材料進行初次稱重；製備初級晶種；將初級晶種進行二次稱重；以及製備次級晶種，並且初級晶種可包含 $(\text{Bi}_{2.5}\text{Na}_{3.5})\text{Nb}_5\text{O}_{16}$ ，且次級晶種可包含 NaNbO_3 。

【0266】 根據本發明之一或更多個實施例，製備次級晶種可包含於化合物實施拓樸化學反應實施，其中初級晶種、碳酸鈉 (Na_2CO_3) 及氯化鈉 (NaCl) 可被稱重。

【0267】 根據本發明之一或更多個實施例，基質材料包含氧化鐵 (Fe_2O_3)，壓電材料組合物可包含 5 mol% 的 NaNbO_3 晶種。

【0268】 在本發明之另一態樣中，壓電裝置可包含壓電材料層，壓電材料層可包含多個晶粒，所述晶粒各自包含具有第一材料及第二材料的壓電材料組合。壓電材料由式 1 表示：

【0269】 式 1

【0270】 $0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3 + d \text{ mol\% } \text{NaNbO}_3$

【0271】 其中，T 為銻或鉭，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 \leq d \leq 5.0$ ，且 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0272】 根據本發明之一或更多個實施例，這些晶粒可被晶

F22-0327TW001 (2022TWP4530)

界劃分，晶界可為這些晶粒中的第一材料之間的邊界，且第二材料可設置於晶界。

【0273】 根據本發明之一或更多個實施例，這些晶粒中的第一材料可具有相同的晶向。

【0274】 根據本發明之一或更多個實施例，第二材料可設置於各晶界中的中心部。

【0275】 在本發明之另一態樣中，壓電裝置可包含：壓電裝置層，包含含有第一材料及被第一材料環繞的第二材料的壓電材料組合物；第一電極部，設置於壓電裝置層的第一表面；以及第二電極部，設置於相對於第一表面的壓電裝置層的第二表面。壓電材料組合物可由式 1 表示：

【0276】 式 1

【0277】 $0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3 + d \text{ mol\% NaNbO}_3$

【0278】 在式 1 中，T 為銻或鉍，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 \leq d \leq 5.0$ ，且 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0279】 根據本發明之一或更多個實施例，第一材料為 $0.96(\text{Na}_a\text{K}_{1-a})(\text{Nb}_b(\text{T}_{1-b}))\text{O}_3 - (0.04-x)\text{MZrO}_3 - x(\text{Bi}_c\text{Ag}_{1-c})\text{ZrO}_3$ ，其中 T 為銻或鉍，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 \leq d \leq 5.0$ ，且 $0 \leq x \leq 0.04$ 。

【0280】 根據本發明之一或更多個實施例，第二材料可包含 NaNbO_3 。

F22-0327TW001 (2022TWP4530)

第 51 頁，共 54 頁（發明說明書）

【0281】 根據本發明之一或更多個實施例，式壓電材料組合物可包含 0 mol%至 5 mol%的第二材料。

【0282】 根據本發明之一或更多個實施例，第一材料可包含沿單一方向(001)排列的晶體之多個晶界，且第二材料可設置於這些晶界中，並且這些晶界可透過來自第二材料的反應成長。

【0283】 根據本發明之一或更多個實施例，壓電材料組合物的羅特格林因子可為 94%或更高。

【0284】 在本發明之另一態樣中，顯示設備可包含振動件及位於振動件的後表面的壓電裝壓電裝置。壓電裝置可包含：壓電裝置層，包含第一材料及被第一材料環繞的第二材料；第一電極部，設置於壓電裝置層的第一表面；以及第二電極部，設置於相對於第一表面的壓電裝置層的第二表面。壓電裝置層可包含由式 1 表示的壓電材料組合物。

【0285】 對本發明所屬技術領域中具有通常知識者來說顯而易見的是，在不脫離本發明的範圍的情況下，可對本發明進行各種修改及變化。因此，本發明旨在覆蓋本發明的修改及變化，只要它們落入所附申請專利範圍及其均等物的範圍中。

【符號說明】

【0286】

AA:顯示區

GB:晶界

GS:間隙空間

F22-0327TW001 (2022TWP4530)

IA:非顯示區

S11,S12,S13,S14,S15,S16,S17,S21,S22,S23,S24,S101,S102,S103,S104,S105:步驟

S10,S20:方法

10:壓電材料

11:第一材料

12:第二材料

13:電極部

100:顯示面板

200:壓電裝置

210:連接件

230:振動結構

231:壓電裝置層

231a:第一材料層

231b:第二材料層

233:第一電極部

235:第二電極部

300:支撐件

400:中框

410:第一支撐部

430:第二支撐部

401:第一框連接件

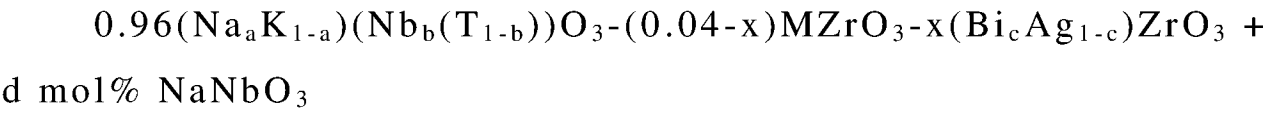
F22-0327TW001 (2022TWP4530)

403:第二框連接件

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種壓電材料組合物，由式 1 表示，

式 1



其中，T 為銻(Sb)或鉭(Ta)，M 為鋇(Sr)、鋇(Ba)或鈣(Ca)，
 $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 < d \leq 5.0$ ，且 $0 < x \leq 0.04$

其中該壓電材料組合物包含：

一第一材料；以及

一第二材料，被該第一材料環繞，

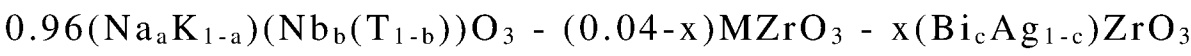
其中該第一材料包含沿單一方向(001)排列的晶體之多個晶界，且該第二材料設置於該些晶界中，

其中該些晶界透過來自該第二材料的一反應成長，並且

其中在室溫下，四方晶相(tetragonal phase，T-phase)、斜方晶相(orthorhombic phase，O-phase)及菱面晶相(rhombohedral phase，R-phase)共存在於該壓電材料組合物中。

【請求項2】 如請求項 1 所述之壓電材料組合物，其中該第一材料式 2 表示：

式 2



其中， T 為銻或鉍， M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ，且 $0 < x \leq 0.04$ 。

【請求項3】 如請求項 1 所述之壓電材料組合物，其中該第一材料的長寬比為 5 至 20。

【請求項4】 如請求項 1 所述之壓電材料組合物，其中該第二材料為 NaNbO_3 。

【請求項5】 如請求項 1 所述之壓電材料組合物，其中該壓電材料組合物包含 0 mol% 至 5 mol% 的第二材料。

【請求項6】 如請求項 5 所述之壓電材料組合物，其中該壓電材料組合物包含 3 mol% 的第二材料。

【請求項7】 如請求項 1 所述之壓電材料組合物，其中該第二材料設置於各該些晶界的中心部。

【請求項8】 如請求項 1 所述之壓電材料組合物，其中該壓電材料組合物的羅特格林因子 (lotgering factor) 為 94% 或更高。

【請求項9】 如請求項 1 所述之壓電材料組合物，其中該壓電材料組合物包含一奈米域 (nano domain)。

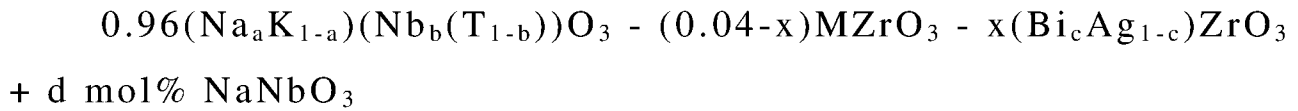
【請求項10】 如請求項 1 所述之壓電材料組合物，其中該壓電材料組合物包含一極性奈米區 (polar nano region)。

【請求項11】 一種製造壓電材料組合物的方法，包含：
混合一基質材料與一晶種材料，以製備一漿料；
成型該漿料，以製備一成型元件；以及

燒結該成型元件，以製備一燒結材料，

其中該基質材料及該晶種材料由式 1 表示：

式 1



其中，T 為銻或鉭，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 < d \leq 5.0$ ，且 $0 < x \leq 0.04$ ，

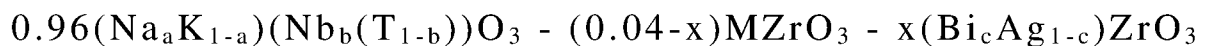
其中該基質材料包含沿單一方向(001)排列的晶體之多個晶界，且該晶種材料設置於該些晶界中，

其中該些晶界透過來自該晶種材料的一反應成長，

其中在室溫下，四方晶相(tetragonal phase, T-phase)、斜方晶相(orthorhombic phase, O-phase)及菱面晶相(rhombohedral phase, R-phase)共存在於該壓電材料組合物中。

【請求項12】 如請求項 11 所述之製造壓電材料組合物的方法，其中該基質材料由式 2 表示：

式 2



其中，T 為銻或鉭，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ，且 $0 < x \leq 0.04$ 。

【請求項13】 如請求項 11 所述之製造壓電材料組合物的方法，其中該晶種材料包含一 NaNbO_3 單晶。

【請求項14】 如請求項 11 所述之製造壓電材料組合物的方法，其中該壓電材料組合物包含 0 mol%至 5 mol%的該晶種材料。

【請求項15】 如請求項 14 所述之製造壓電材料組合物的方法，其中該壓電材料組合物包含 3 mol%的該晶種材料。

【請求項16】 如請求項 11 所述之製造壓電材料組合物的方法，其中，在燒結該成型元件中，該成型元件在 1070 °C至 1110 °C持續 3 小時至 6 小時。

【請求項17】 如請求項 11 所述之製造壓電材料組合物的方法，其中，該基質材料藉由以下步驟製備：

將用以製造該基質材料的該原料進行混合及合成；以及
將合成的該基質材料進行碾磨。

【請求項18】 如請求項 11 所述之製造壓電材料組合物的方法，其中，該晶種材料藉由以下步驟製備：

將該晶種材料進行初次稱重；
製備一初級晶種；
將該初級晶種進行二次稱重；以及
製備一次級晶種，並且

其中該初級晶種為 $(\text{Bi}_{2.5}\text{Na}_{3.5})\text{Nb}_5\text{O}_{16}$ ，且該次級晶種包含 NaNbO_3 。

【請求項19】 如請求項 11 所述之製造壓電材料組合物的方法，其中製備該次級晶種包含於一化合物實施一拓樸化學反應實施，其中該初級晶種、碳酸鈉(Na₂CO₃)及氯化鈉(NaCl)被稱重。

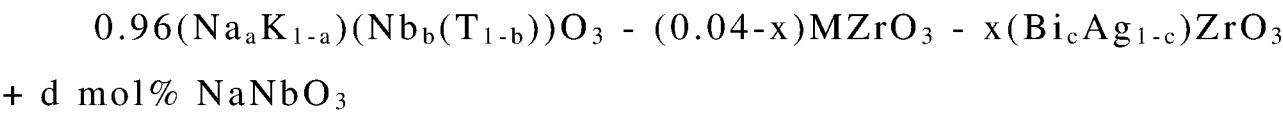
【請求項20】 如請求項 11 所述之製造壓電材料組合物的方法，其中，該基質材料包含氧化鐵(Fe₂O₃)，且該壓電材料組合物包含 5 mol%的一 NaNbO₃ 晶種。

【請求項21】 一種包含壓電材料層的壓電裝置，該壓電材料層包含：

多個晶粒，各該些晶粒包含具有第一材料及第二材料的壓電材料組合，

其中該壓電材料組合物包含壓電材料層，該壓電材料層由式 1 表示：

式 1



其中，T 為銻或鉭，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 < d \leq 5.0$ ，且 $0 < x \leq 0.04$ ，

其中該第一材料包含沿單一方向(001)排列的晶體之多個晶界，且該第二材料設置於該些晶界中，

其中該些晶界透過來自該第二材料的一反應成長，

其中在室溫下，四方晶相(tetragonal phase，T-phase)、斜方晶相(orthorhombic phase，O-phase)及菱面晶相(rhombohedral phase，

F22-0327TW001 (2022TWP4530)

R-phase)共存在於該壓電材料組合物中。

【請求項22】 如請求項 21 所述之壓電裝置，其中：

該些晶粒被一晶界劃分；

該晶界可為該些晶粒中的該第一材料之間的一邊界

該第二材料可設置於該晶界。

【請求項23】 如請求項 22 所述之壓電裝置，其中該些晶粒中的該些第一材料可具有相同的晶向。

【請求項24】 如請求項 22 所述之壓電裝置，其中該第二材料可設置於各該些晶界中的中心部。

【請求項25】 一種壓電裝置，包含：

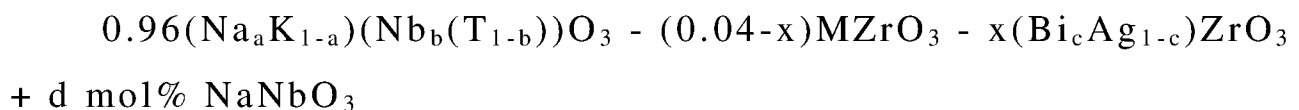
一壓電裝置層，包含含有一第一材料及被該第一材料環繞的一第二材料的一壓電材料組合物；

一第一電極部，設置於該壓電裝置層的一第一表面；以及

一第二電極部，設置於相對於該第一表面的壓電裝置層的一第二表面，

其中該壓電材料組合物由式 1 表示：

式 1



其中，T 為銻或鉭，M 為鋇、鋇或鈣， $0.4 \leq a \leq 0.6$ ， $0.90 \leq b \leq 0.98$ ， $0.4 \leq c \leq 0.6$ ， $0 < d \leq 5.0$ ，且 $0 < x \leq 0.04$ ，

其中該第一材料包含沿單一方向(001)排列的晶體之多個晶界，且該第二材料設置於該些晶界中，

其中該些晶界透過來自該第二材料的一反應成長，

其中在室溫下，四方晶相(tetragonal phase, T-phase)、斜方晶相(orthorhombic phase, O-phase)及菱面晶相(rhombohedral phase, R-phase)共存在於該壓電材料組合物中。

【請求項26】 如請求項 25 所述之壓電裝置，其中該第二材料包含 NaNbO_3 。

【請求項27】 如請求項 25 所述之壓電裝置，其中該壓電材料組合物包含 0 mol%至 5 mol%的該第二材料式。

【請求項28】 如請求項 25 所述之壓電裝置，其中該壓電材料組合物的羅特格林因子為 94%或更高。

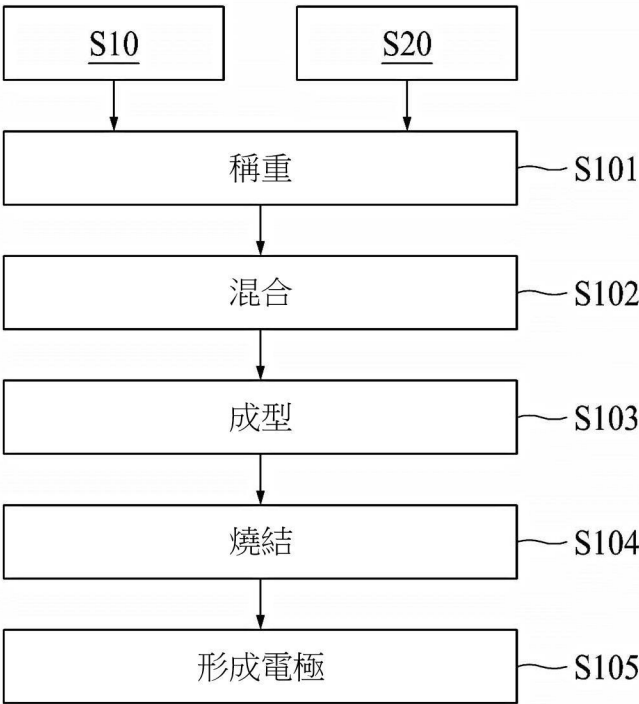
【請求項29】 一顯示設備，包含：

一振動件；以及

如請求項 21 至 28 所述之任一壓電裝置，位於該振動件的一後表面。

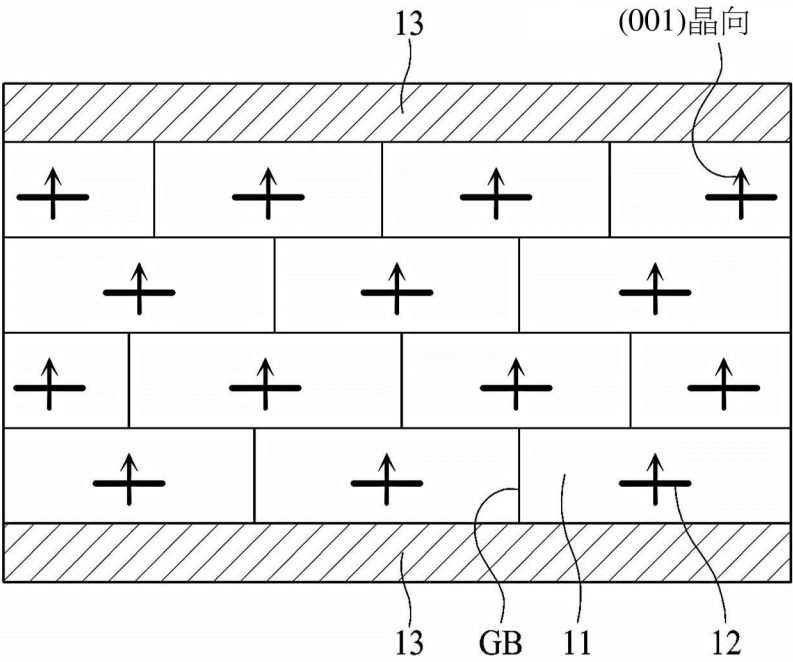
【發明圖式】

S100

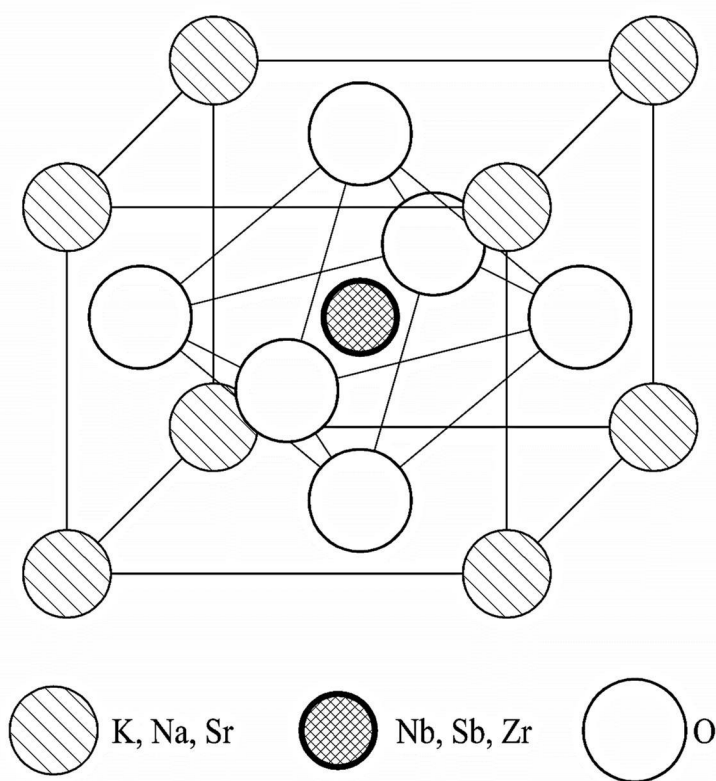


【圖1】

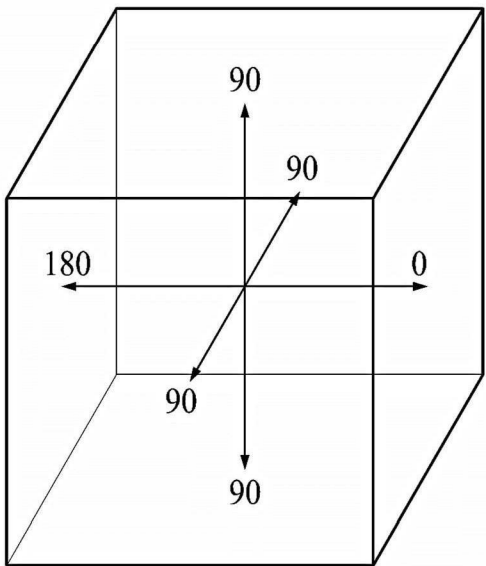
10



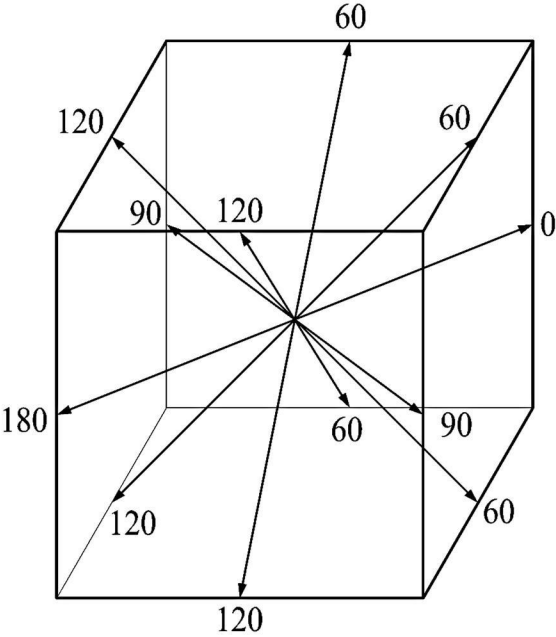
【圖2】



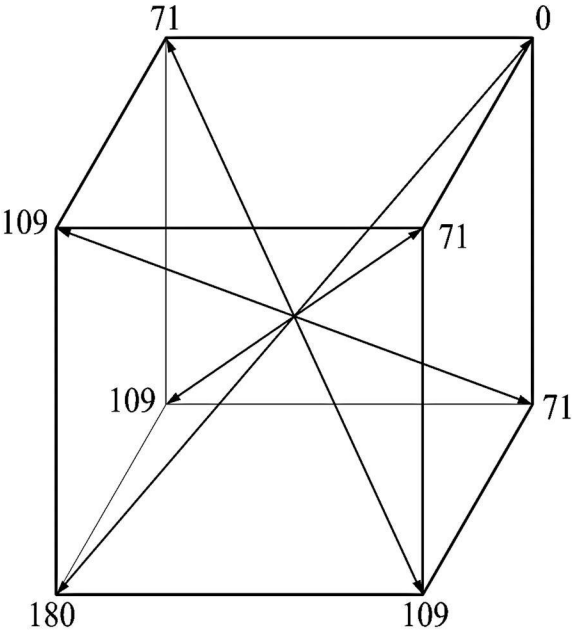
【圖3】



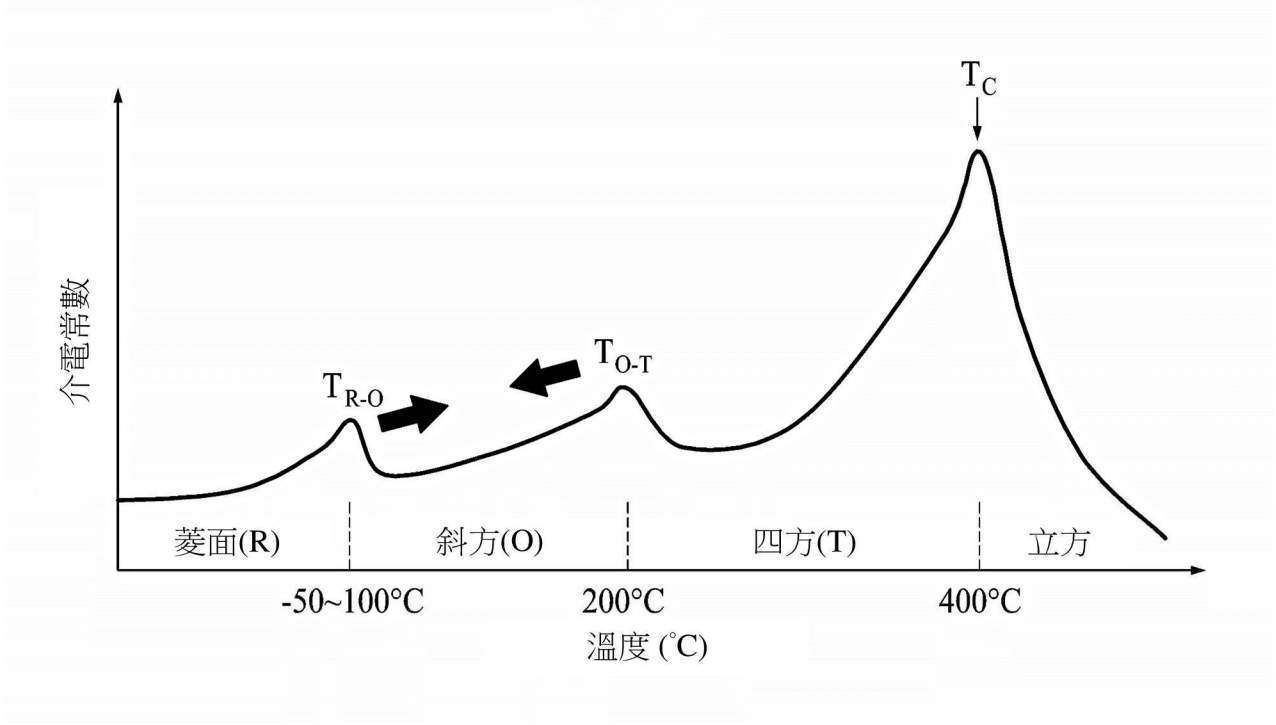
【圖4A】



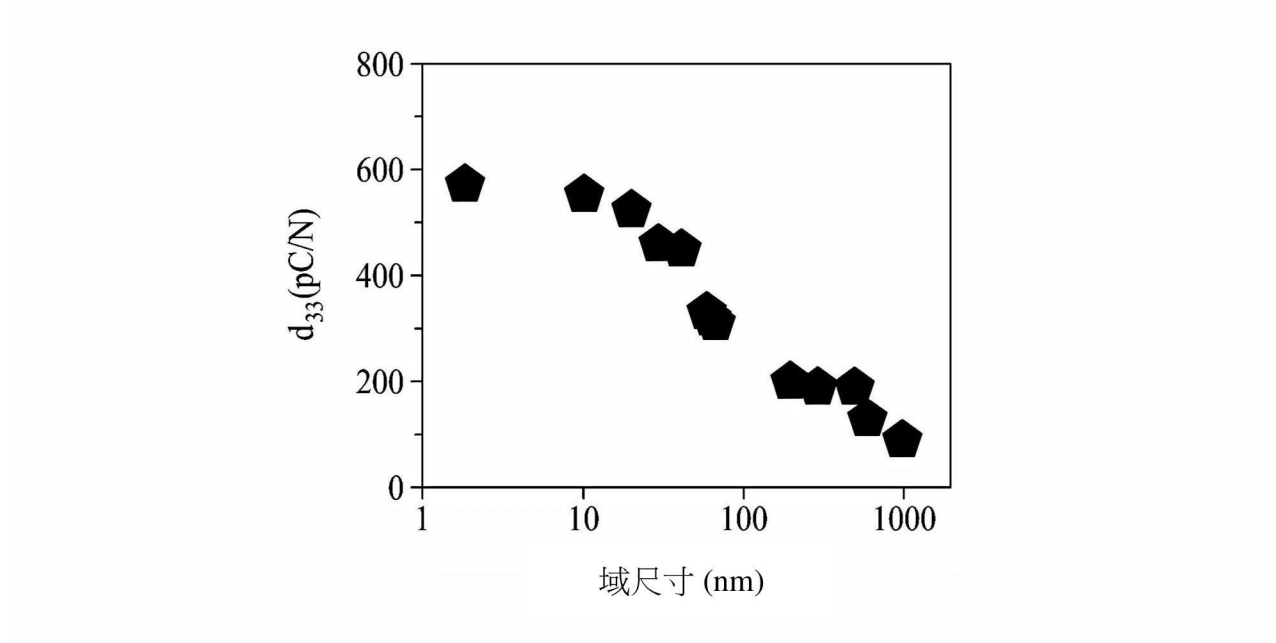
【圖4B】



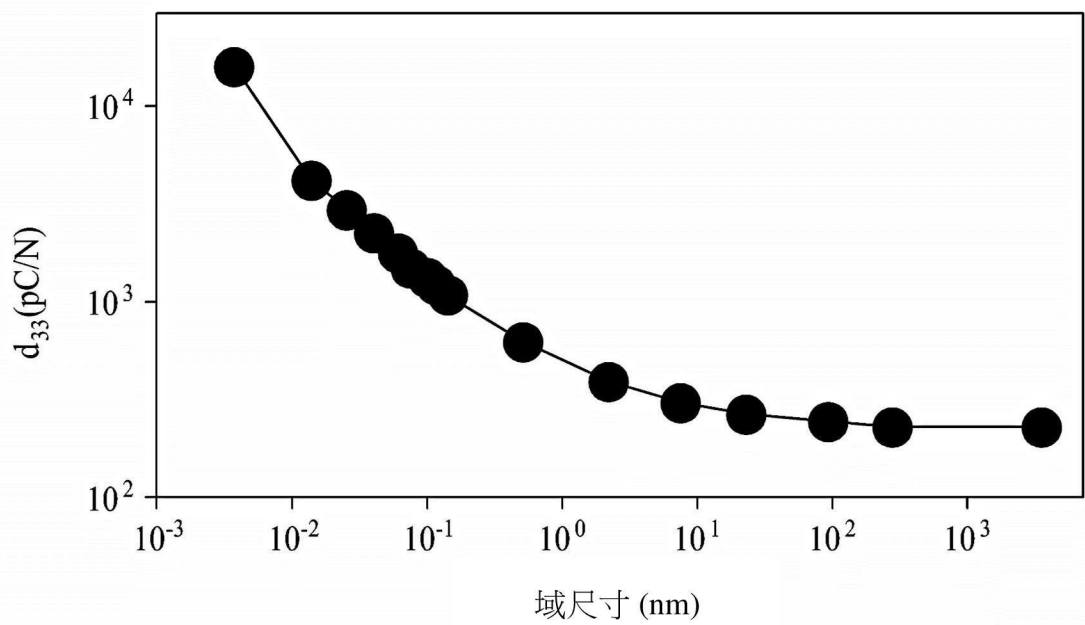
【圖4C】



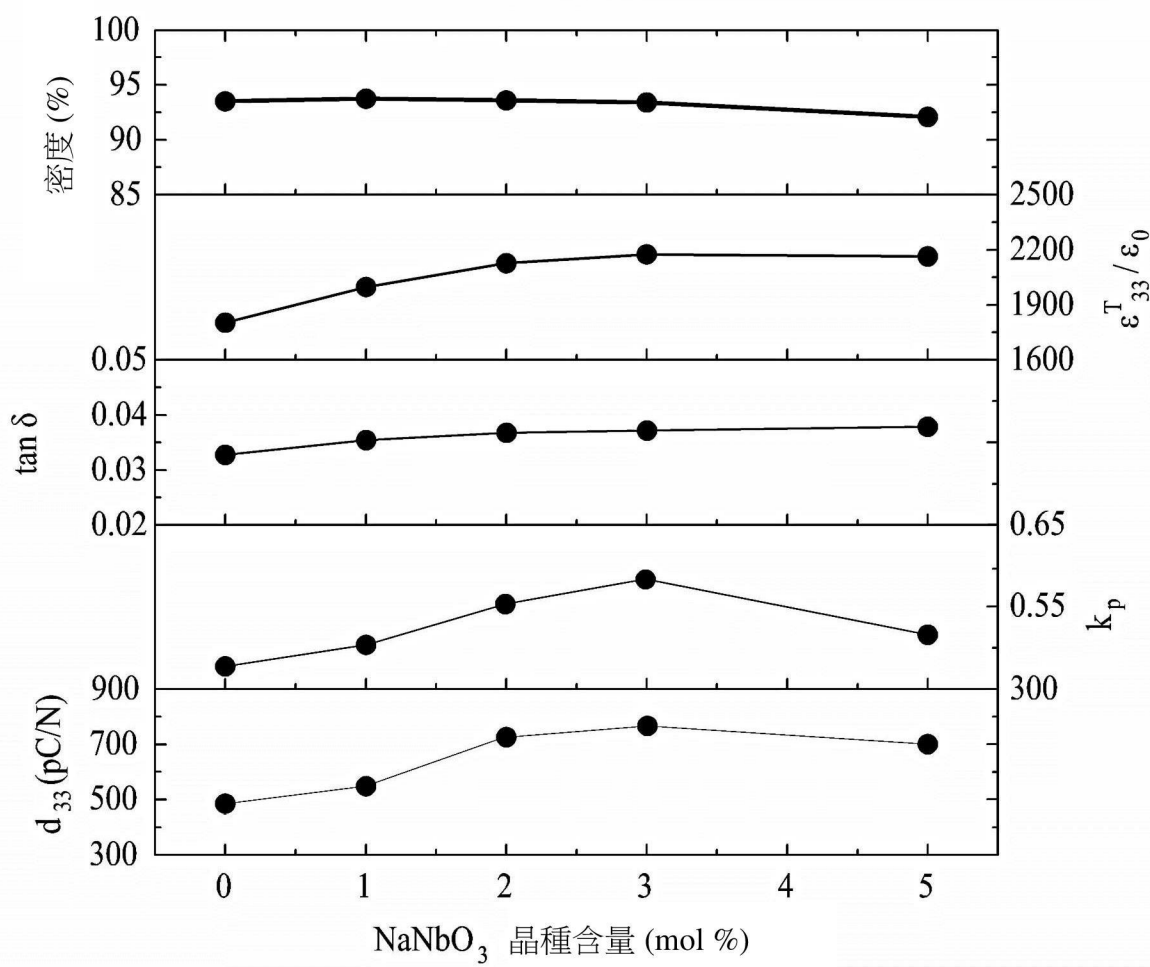
【圖5】



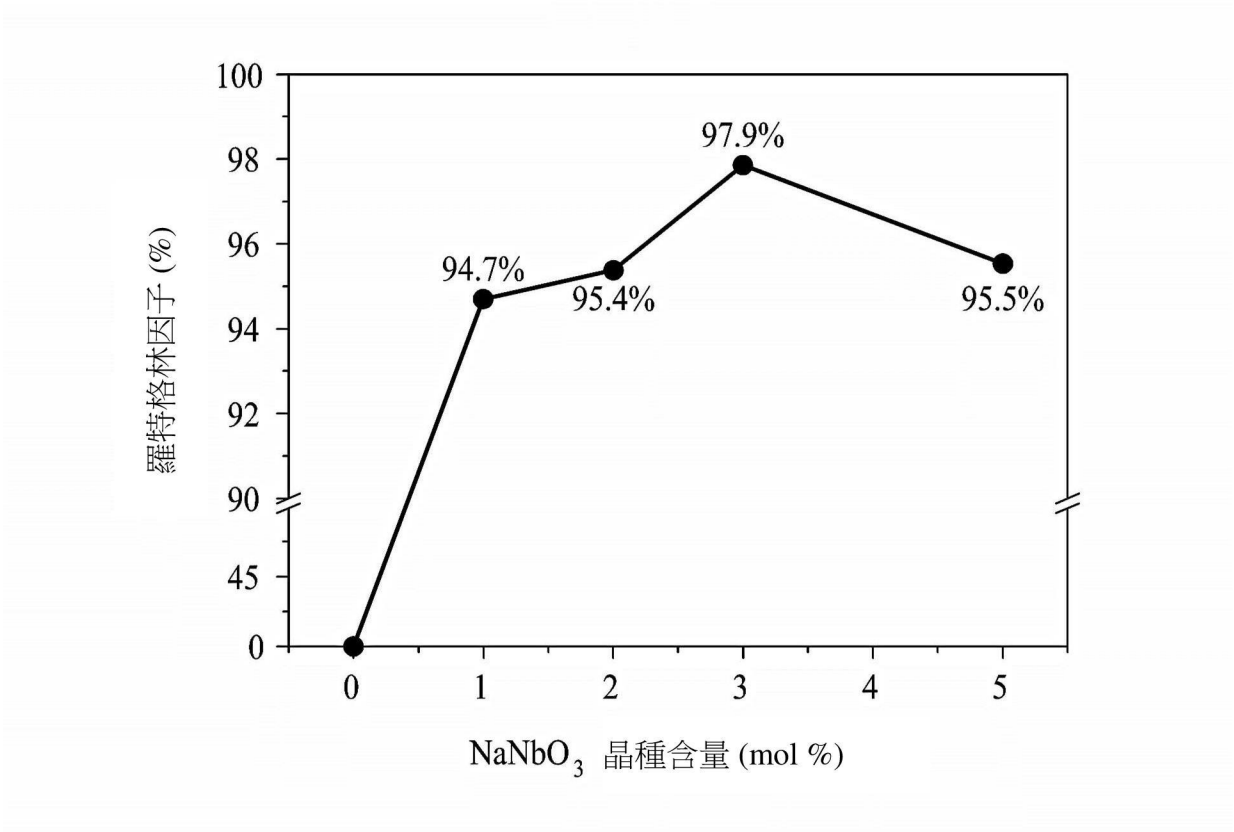
【圖6A】



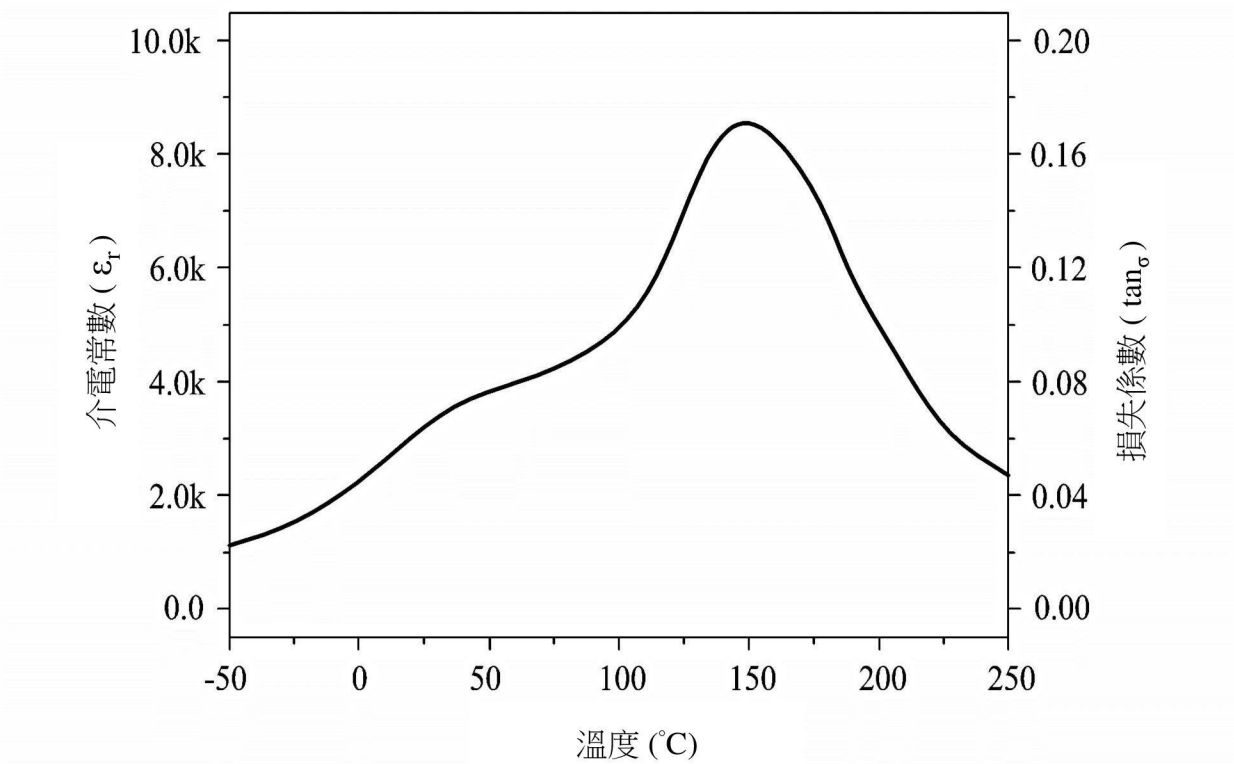
【圖6B】



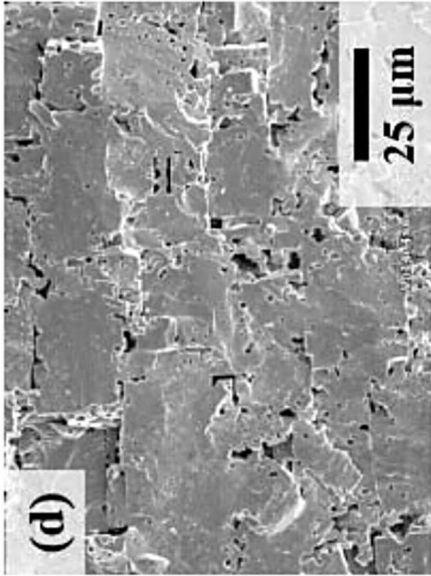
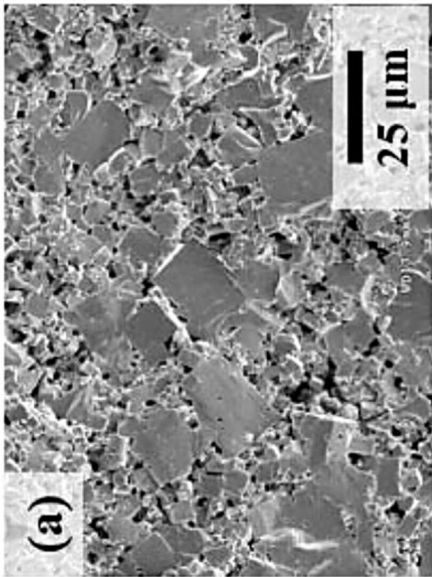
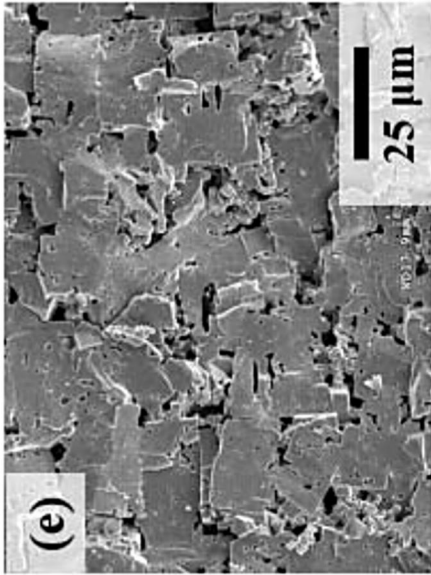
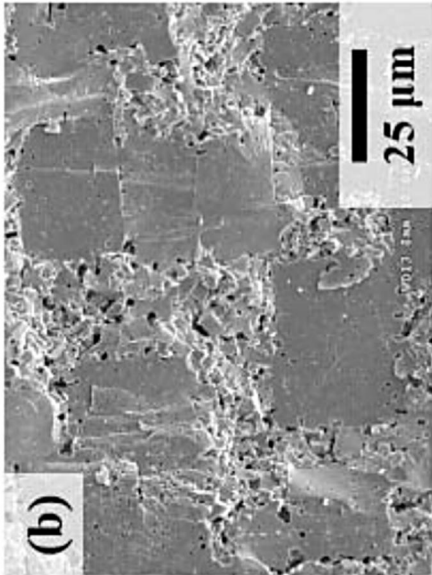
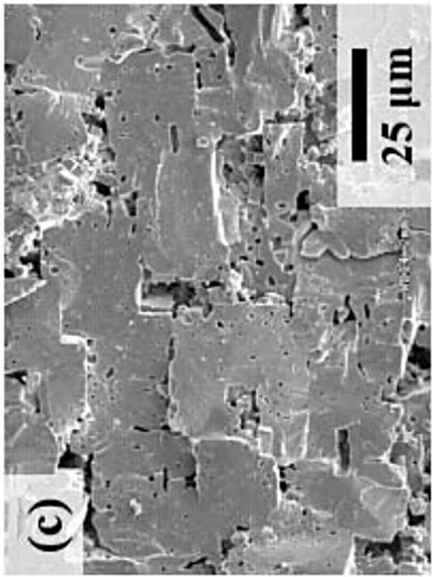
【圖7】



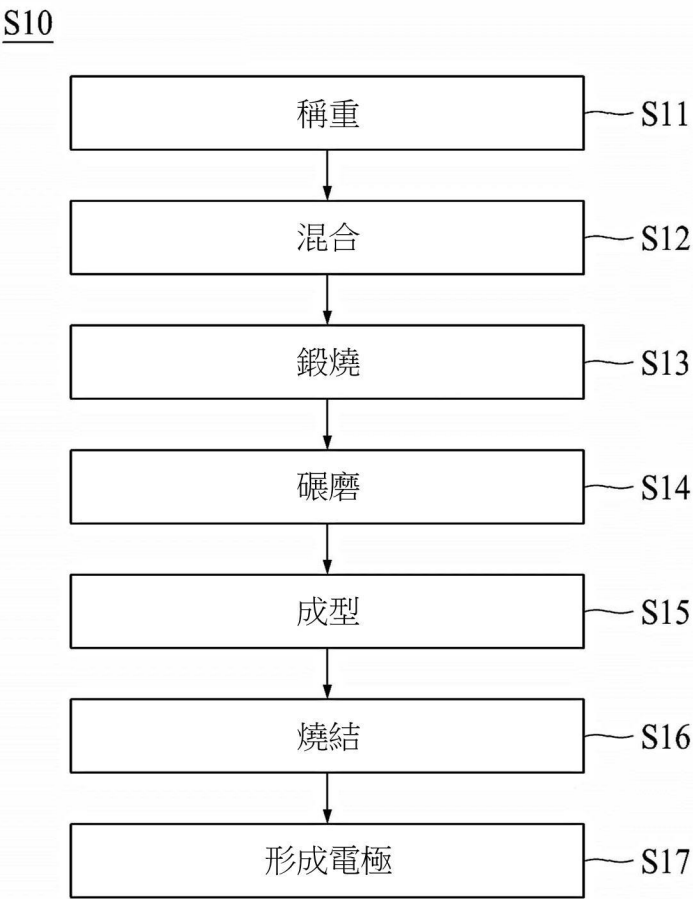
【圖8】



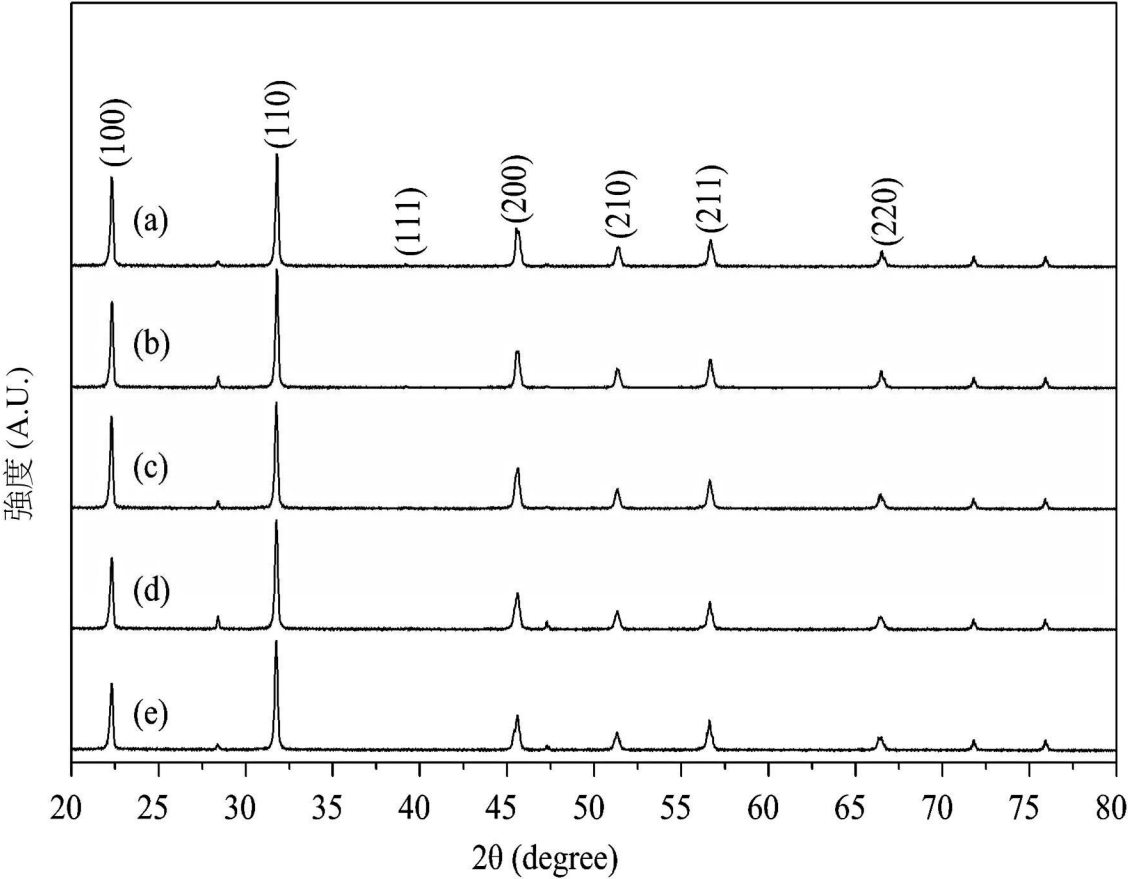
【圖9】



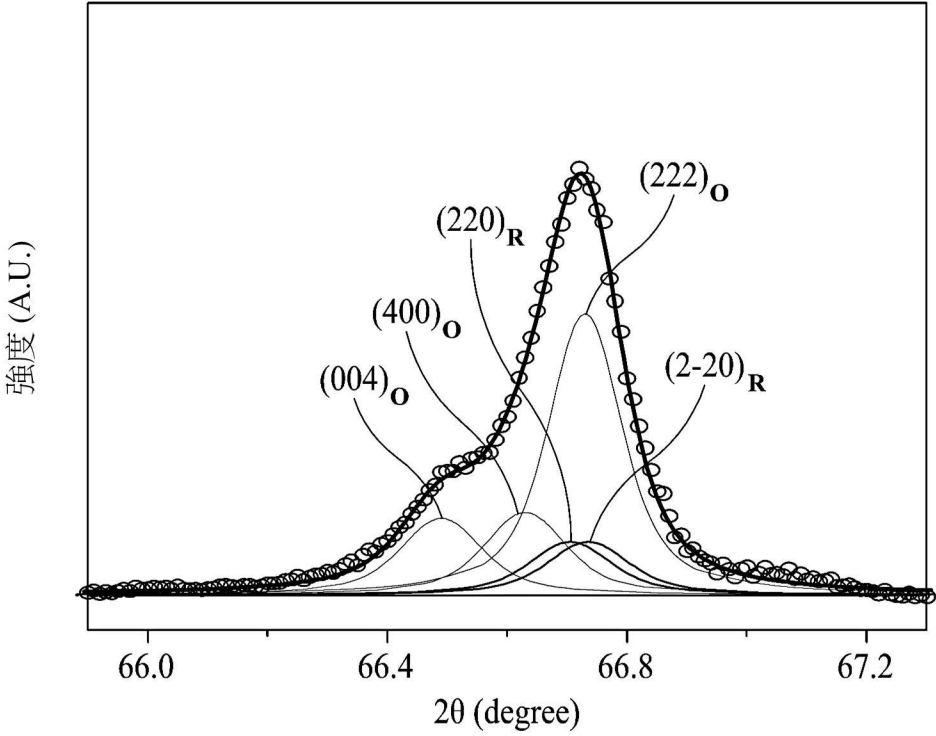
【圖10】



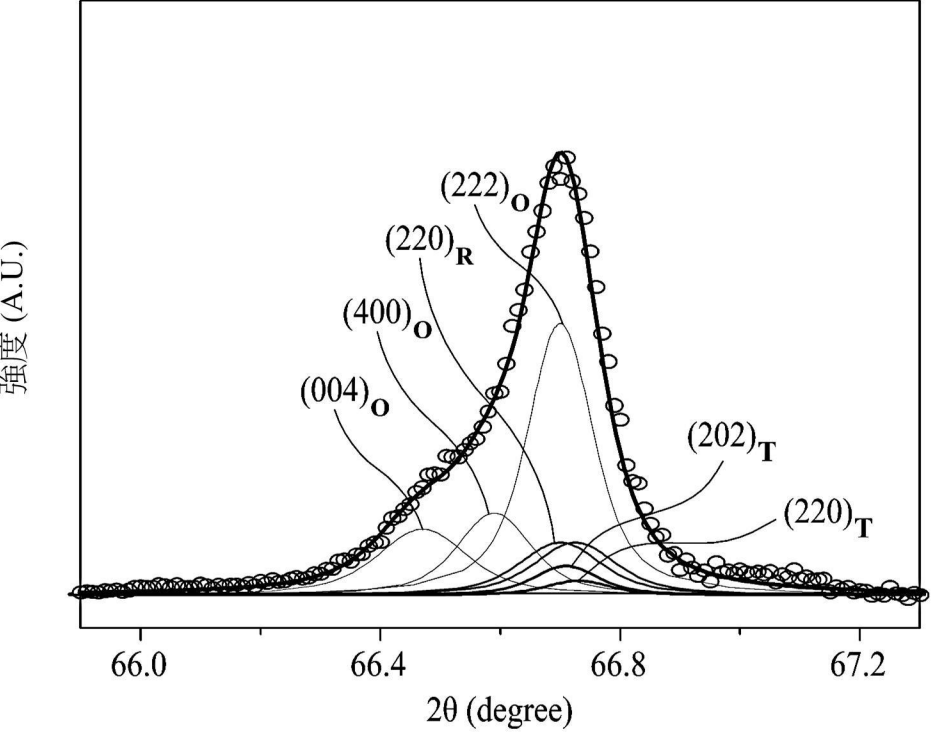
【圖11】



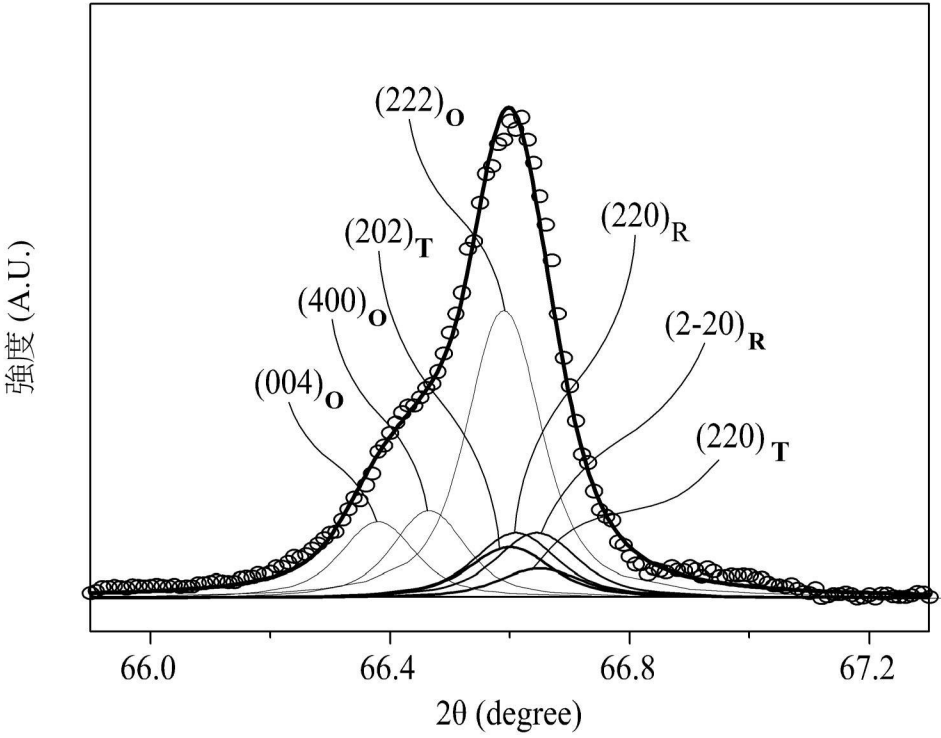
【圖12】



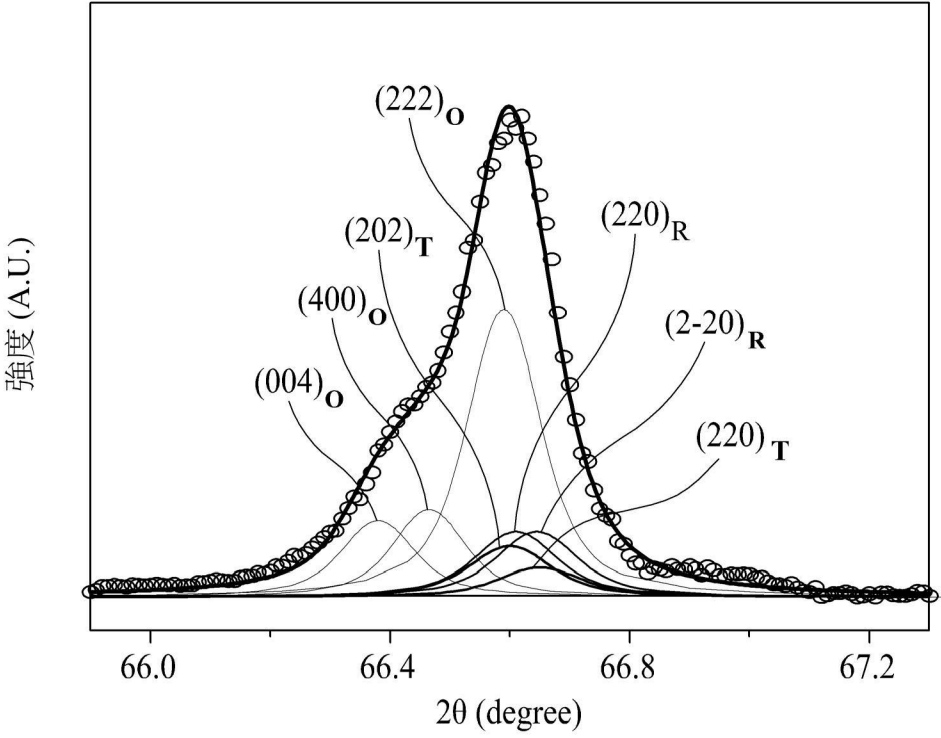
【圖13A】



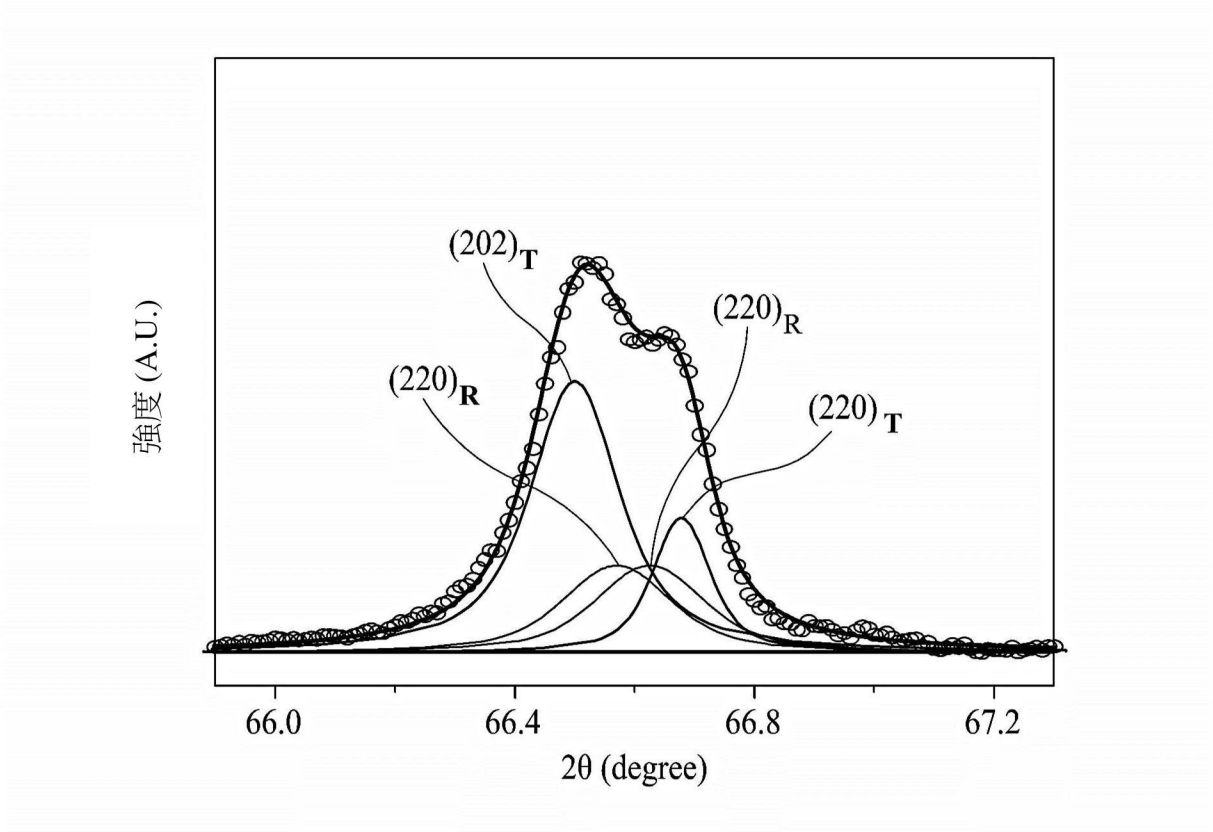
【圖13B】



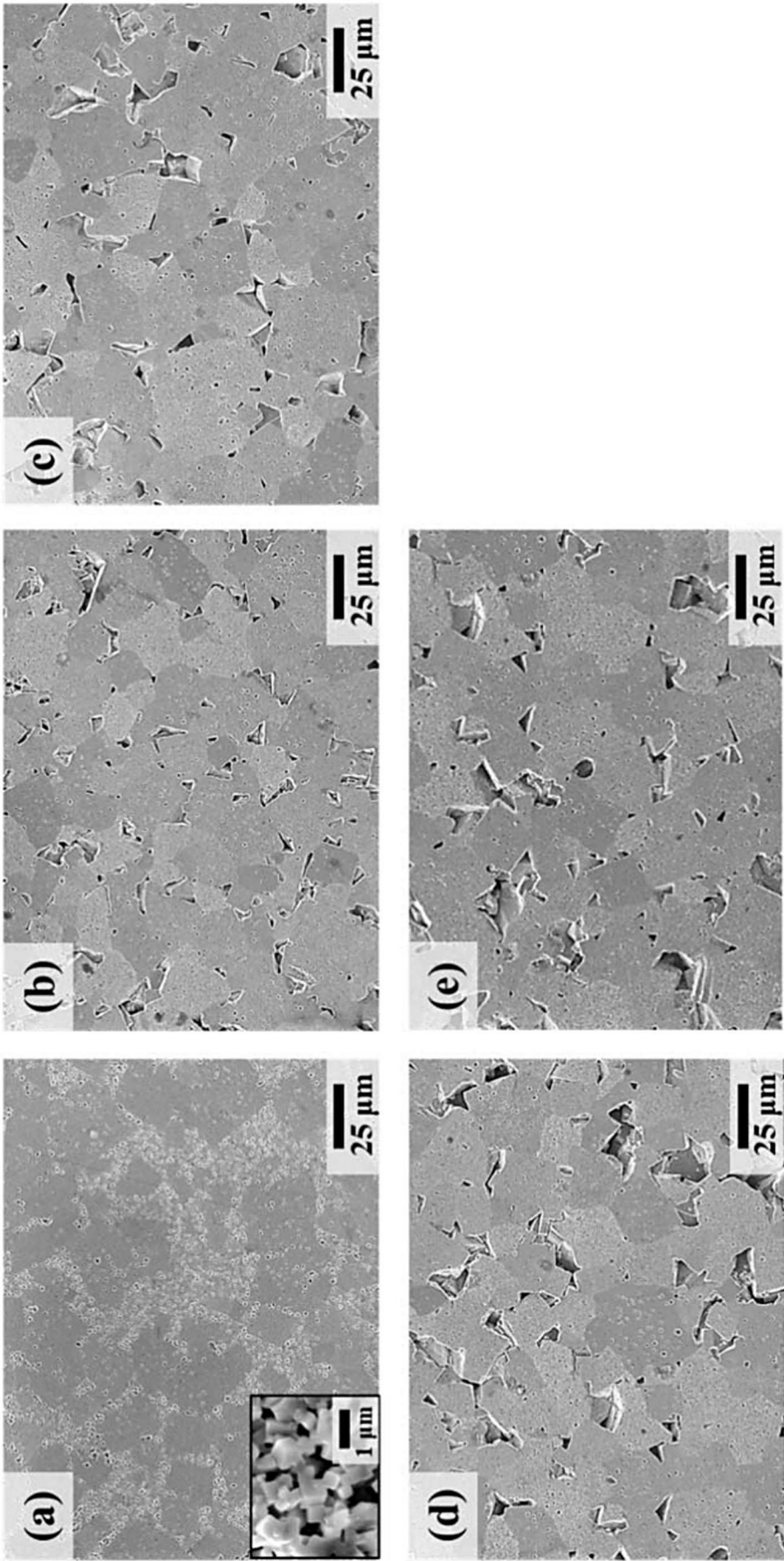
【圖13C】



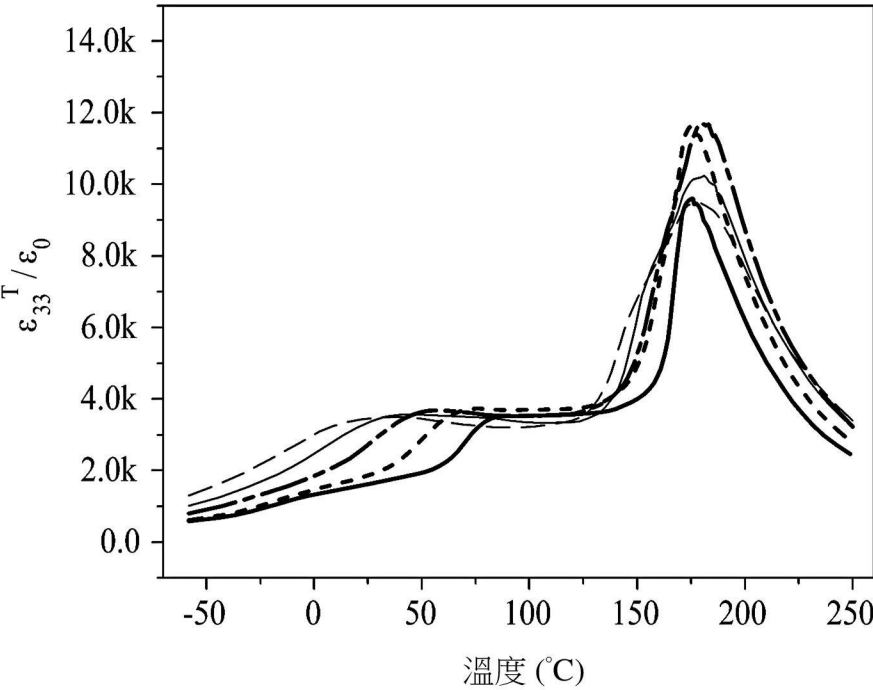
【圖13D】



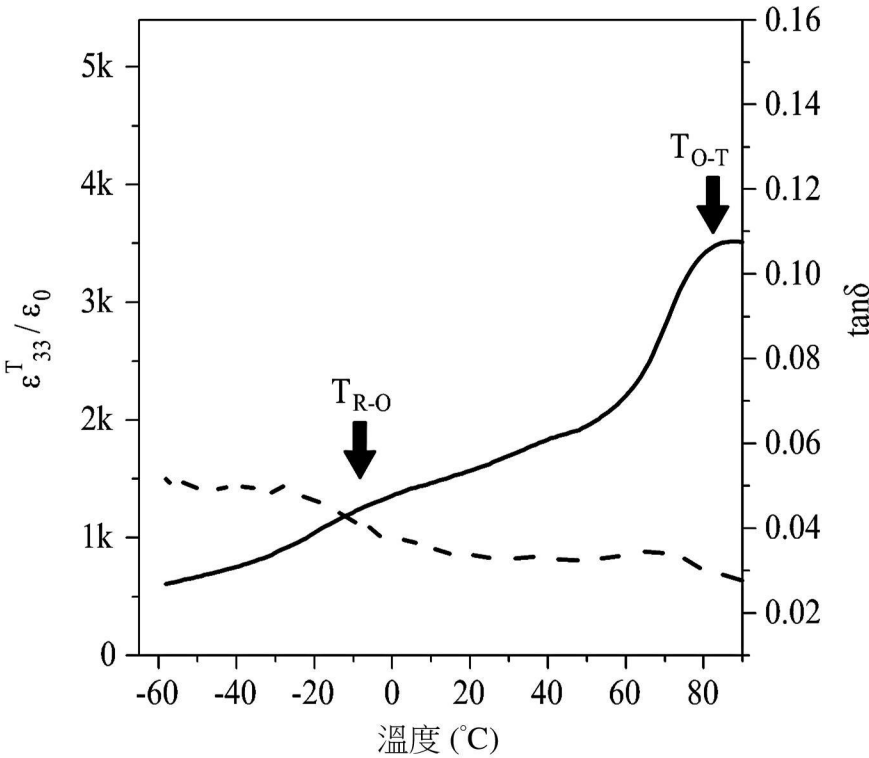
【圖13E】



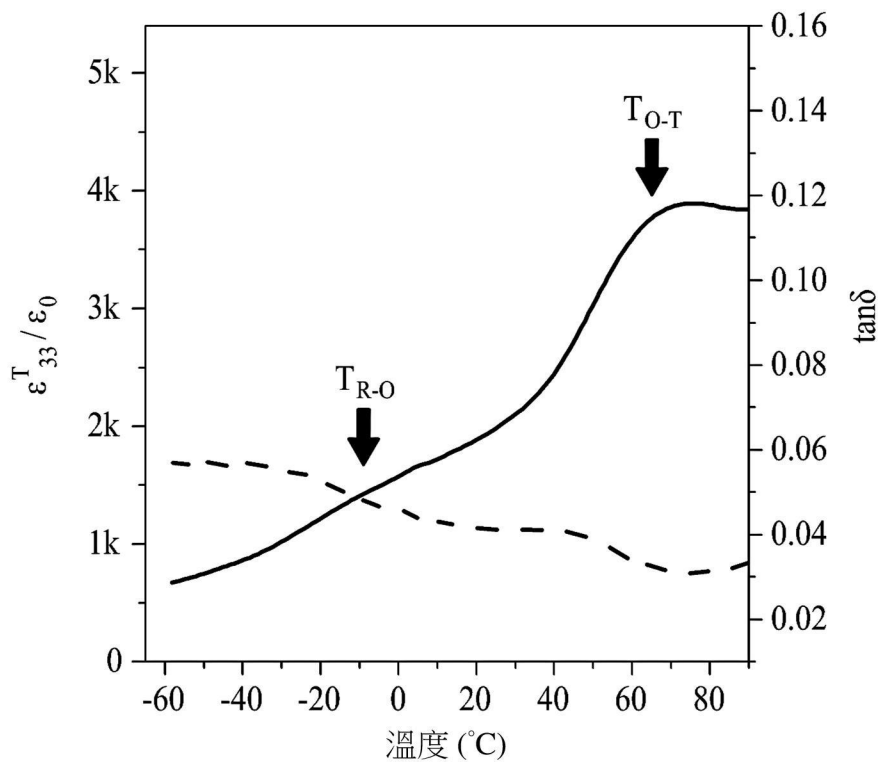
【圖14】



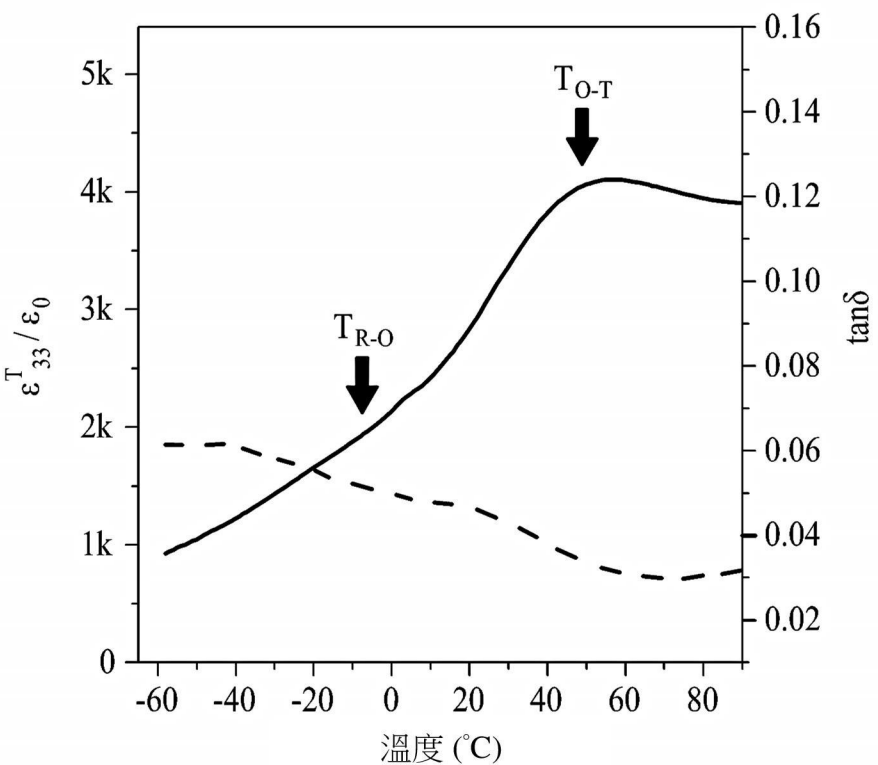
【圖15A】



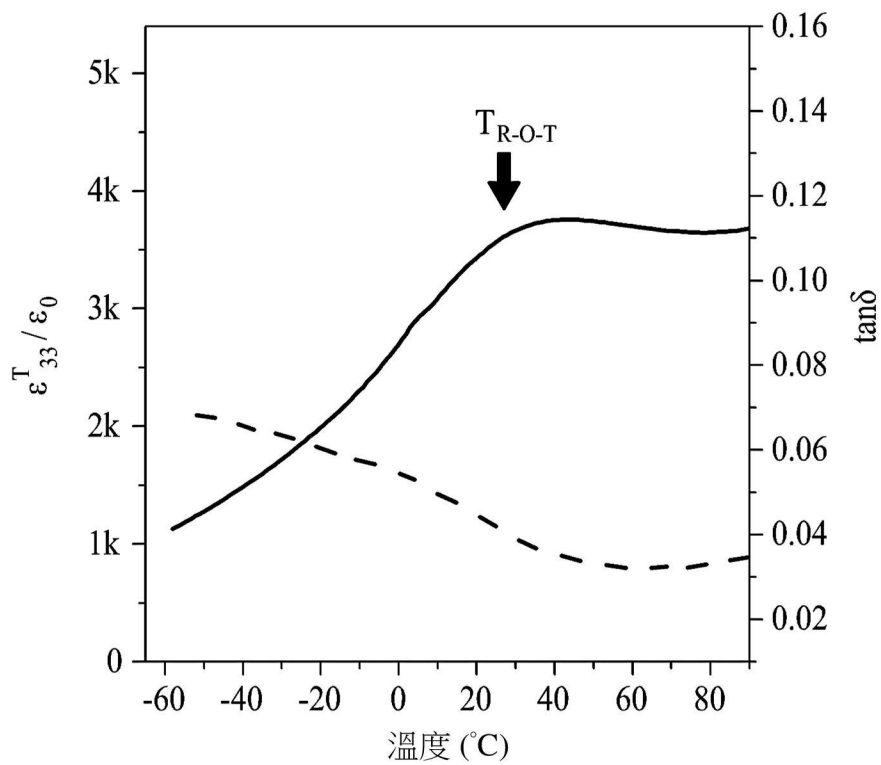
【圖15B】



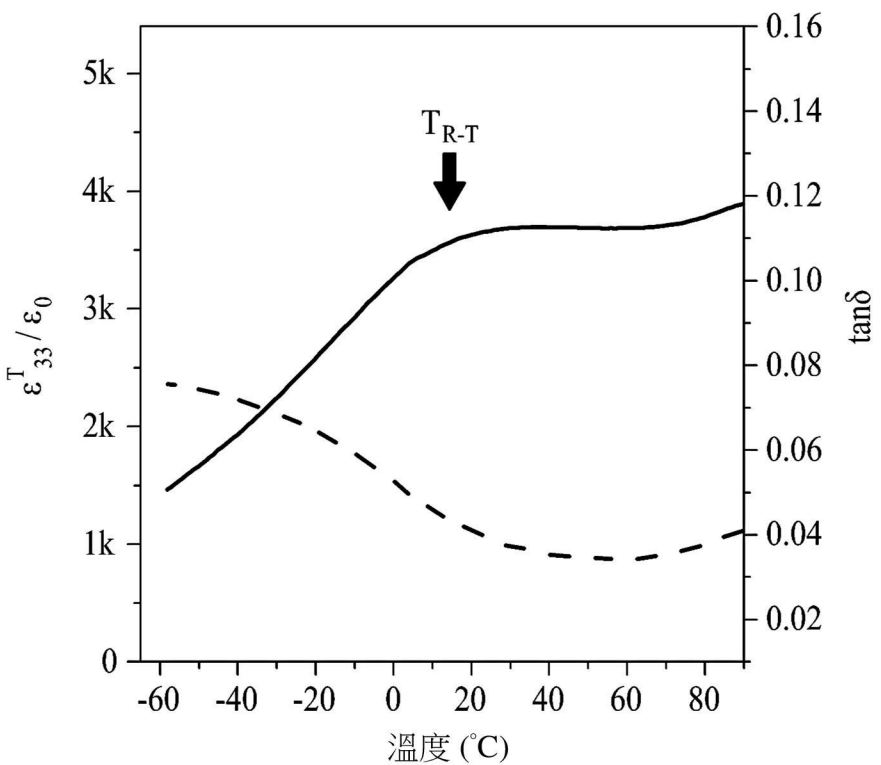
【圖15C】



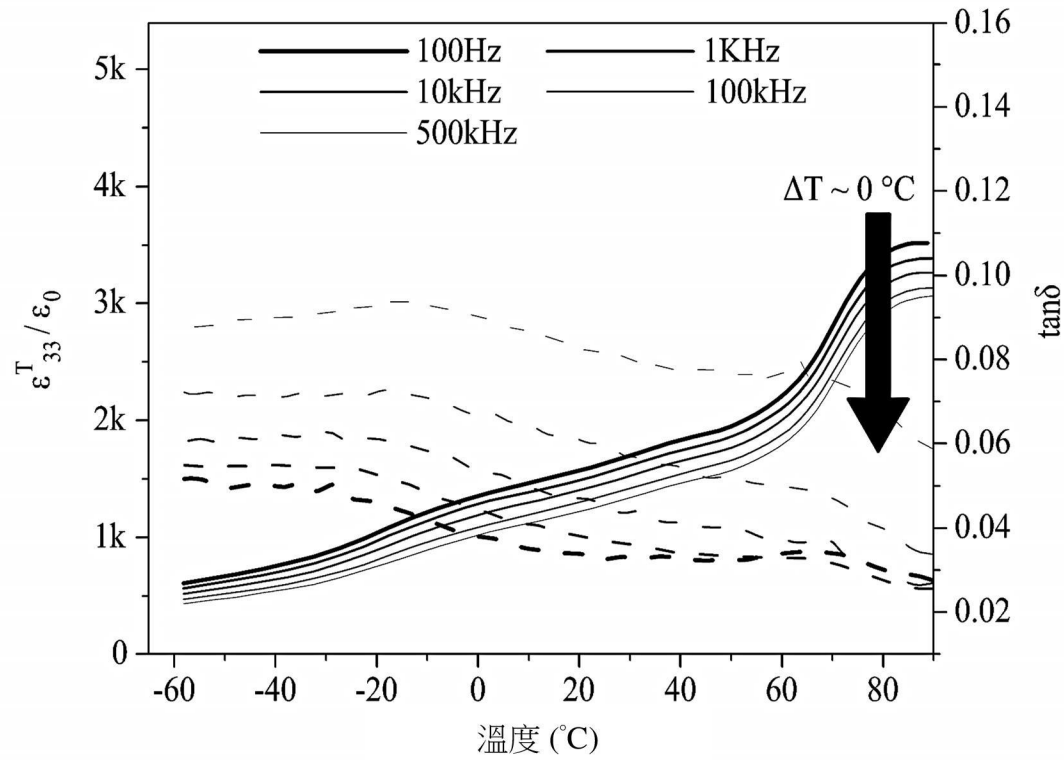
【圖15D】



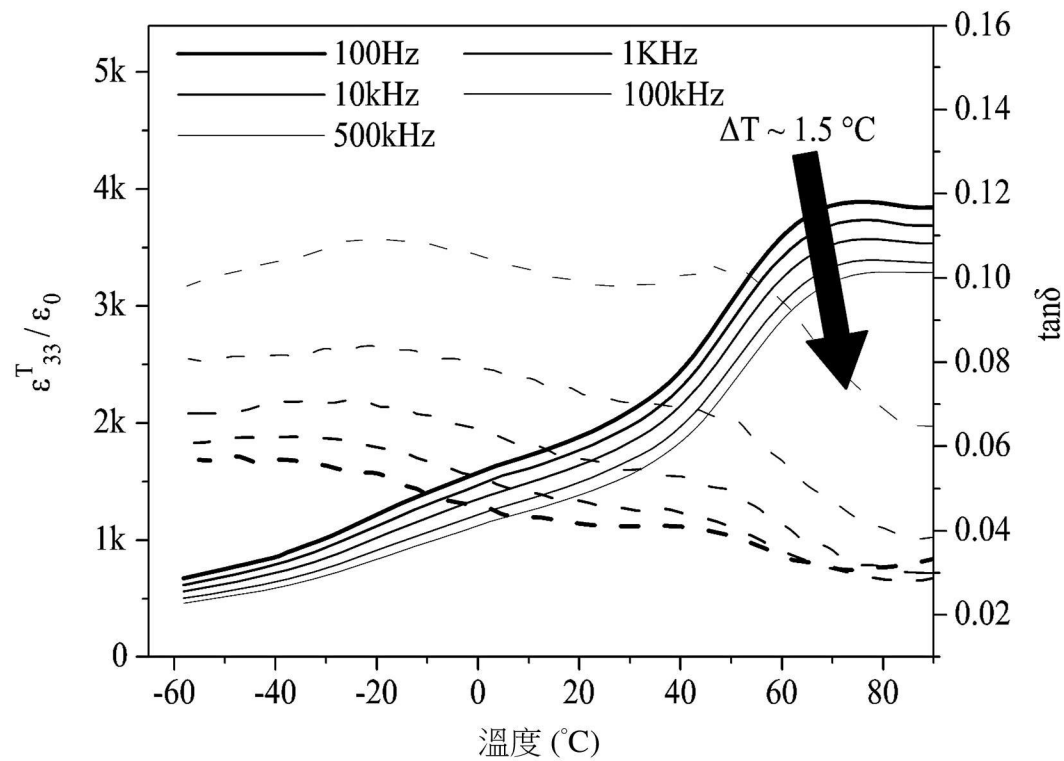
【圖15E】



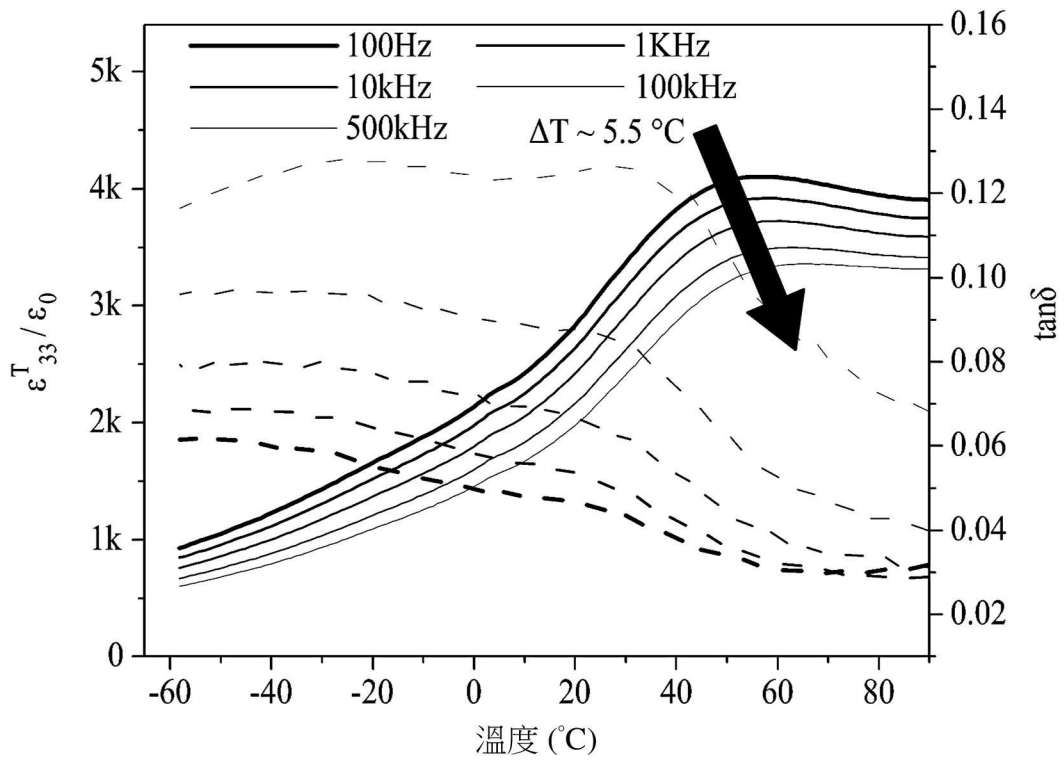
【圖15F】



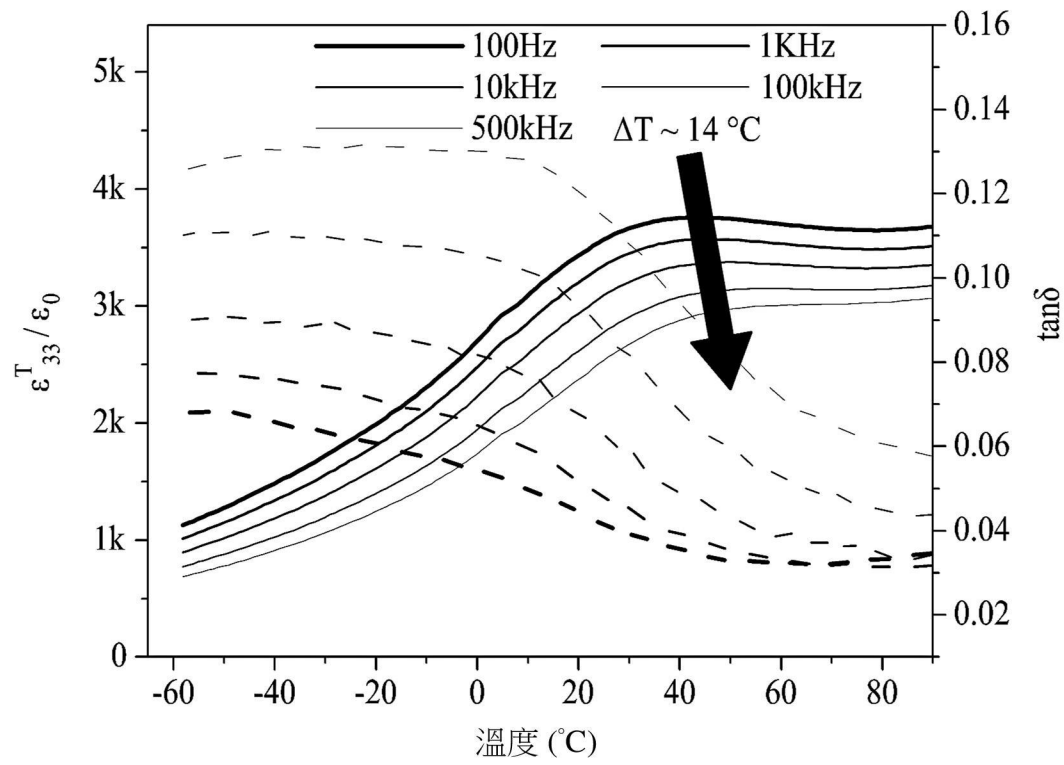
【圖16A】



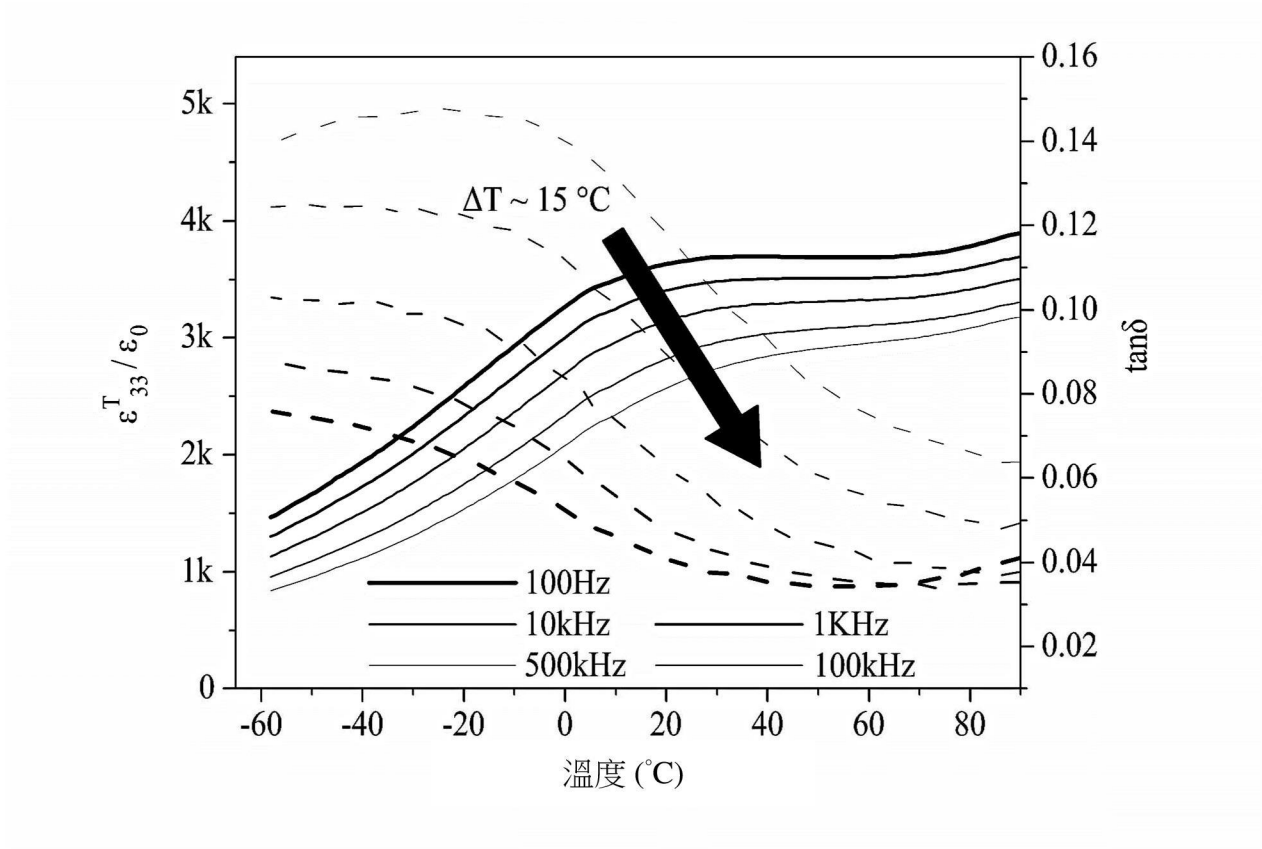
【圖16B】



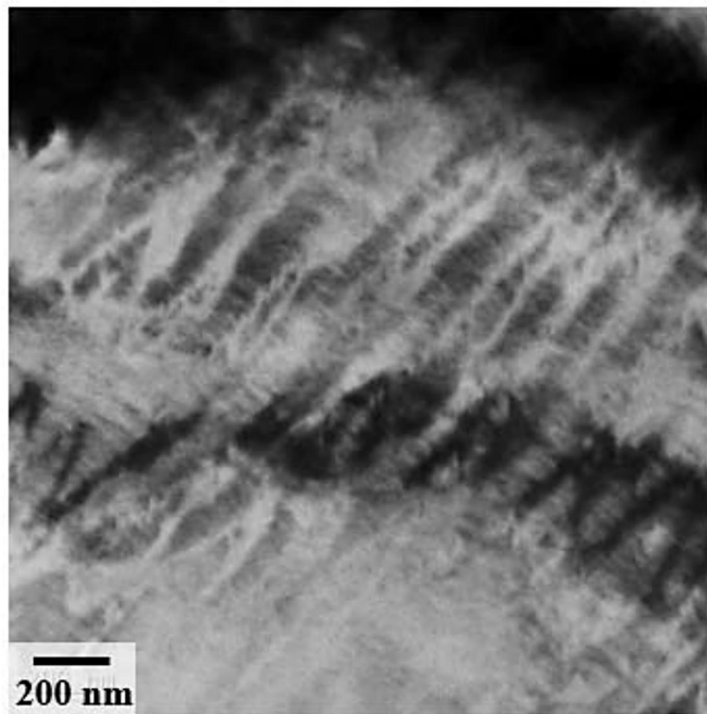
【圖16C】



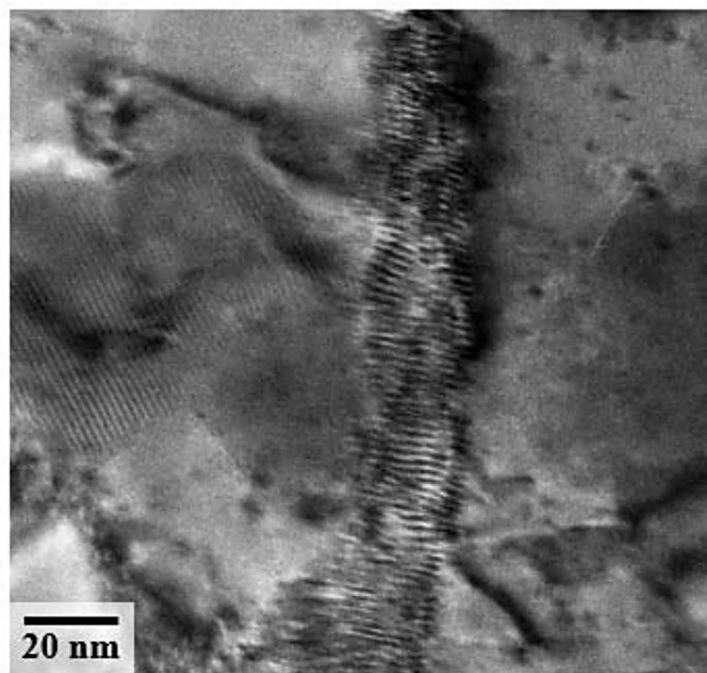
【圖16D】



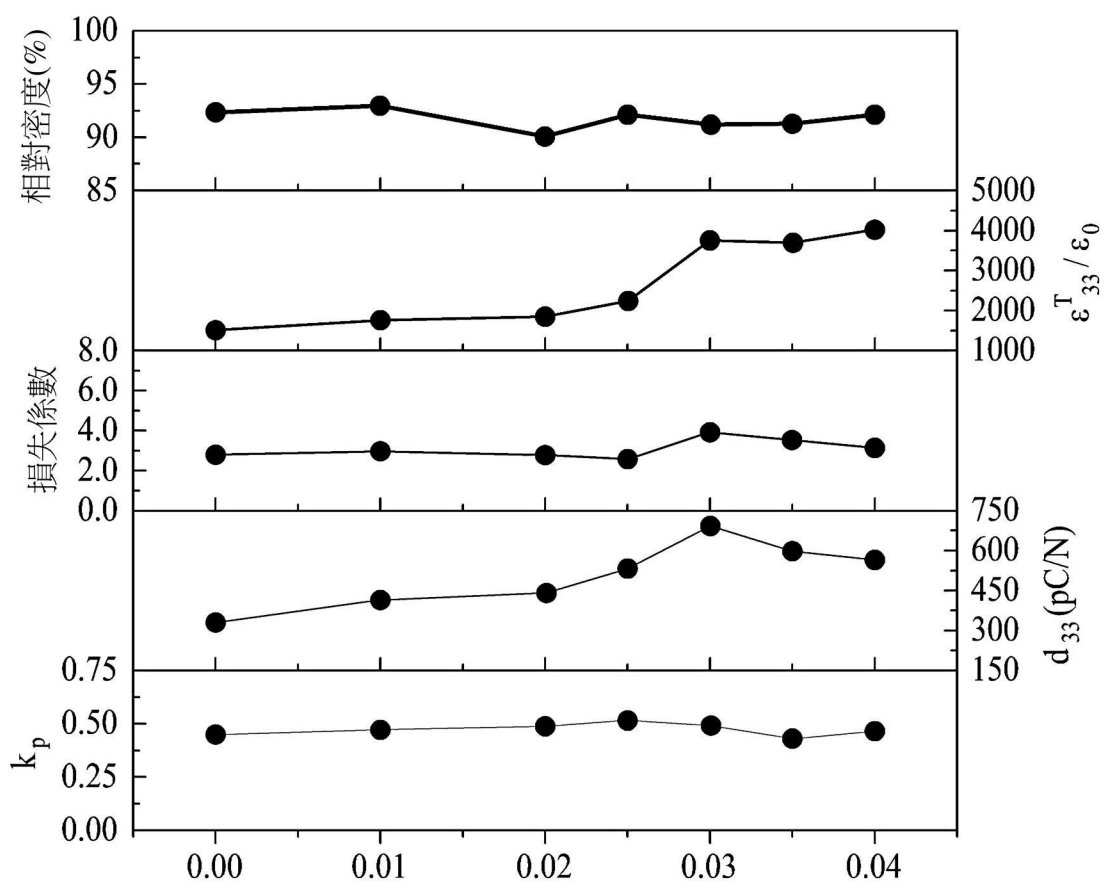
【圖16E】



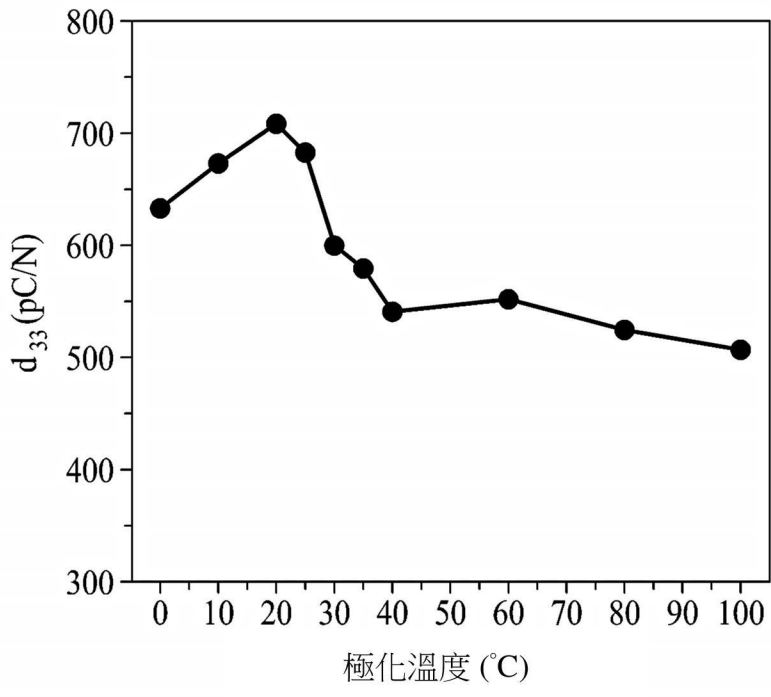
【圖17A】



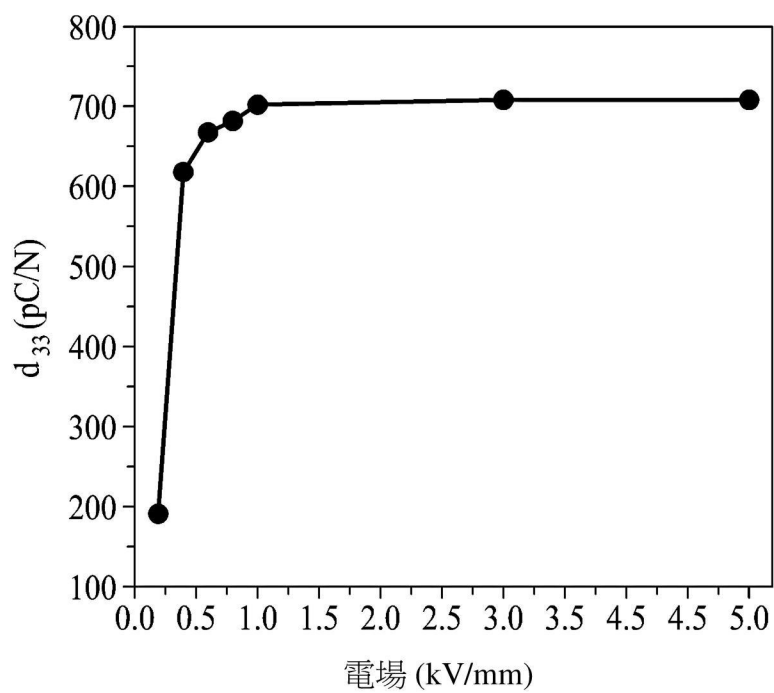
【圖17B】



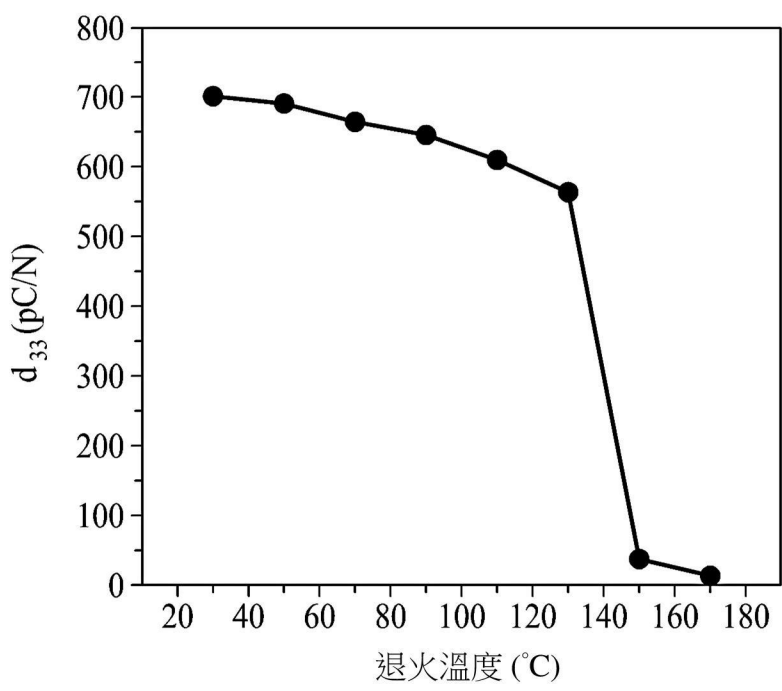
【圖18】



【圖19A】

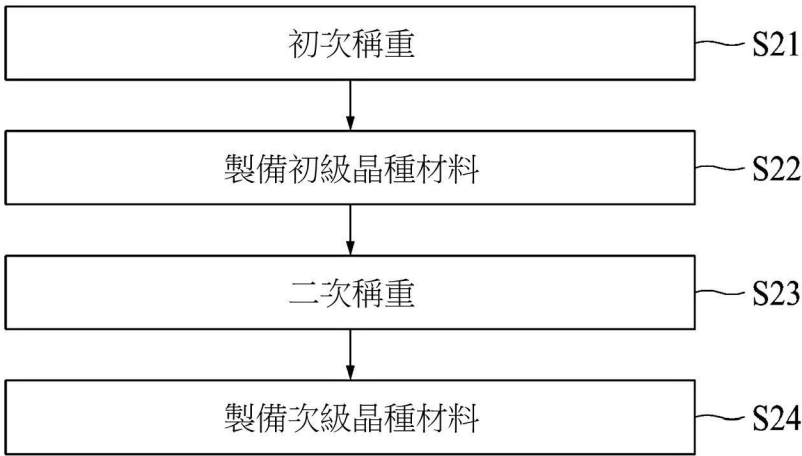


【圖19B】

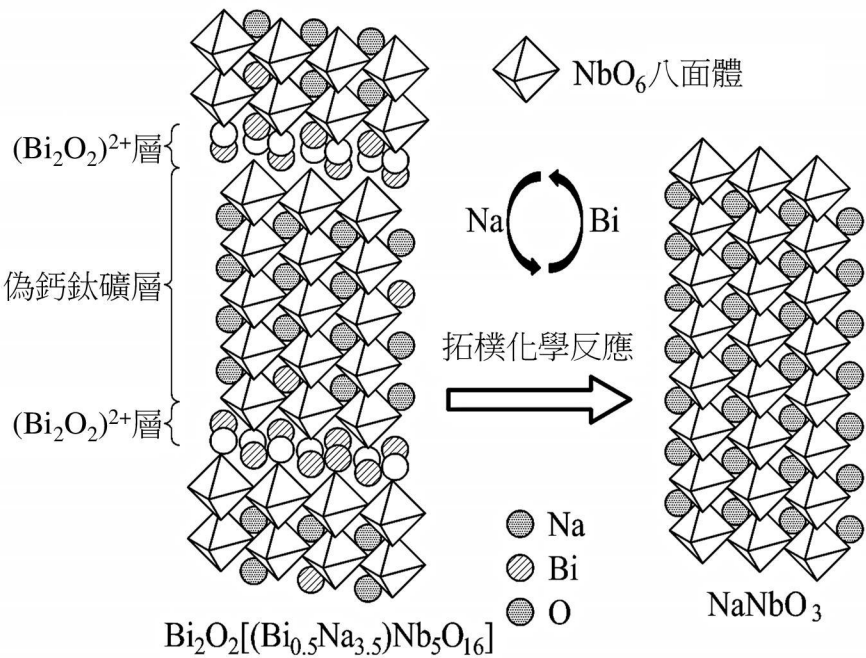


【圖19C】

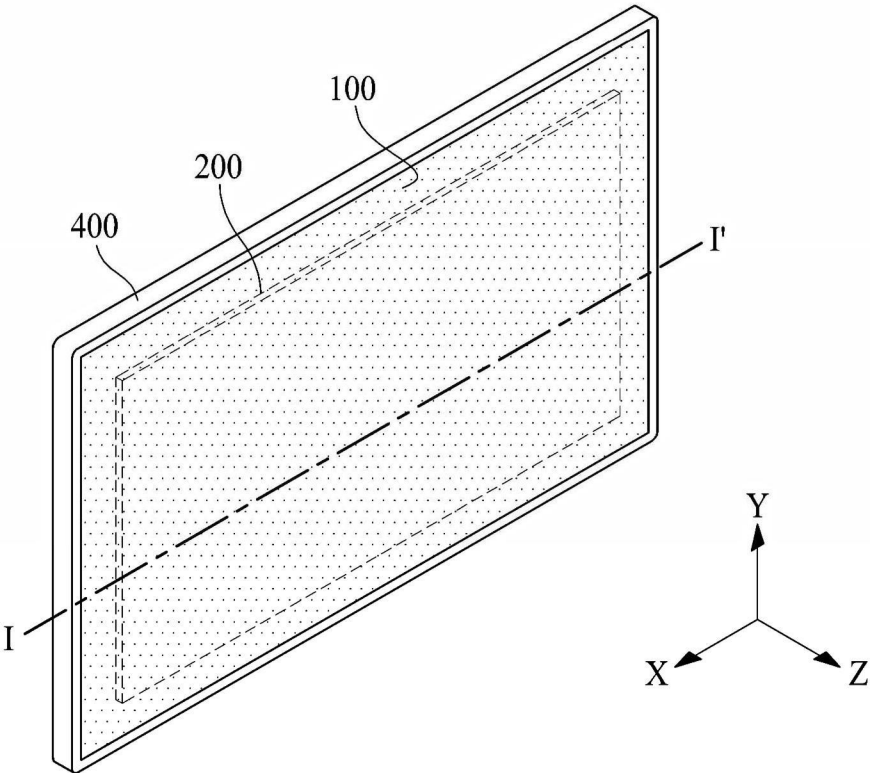
S20



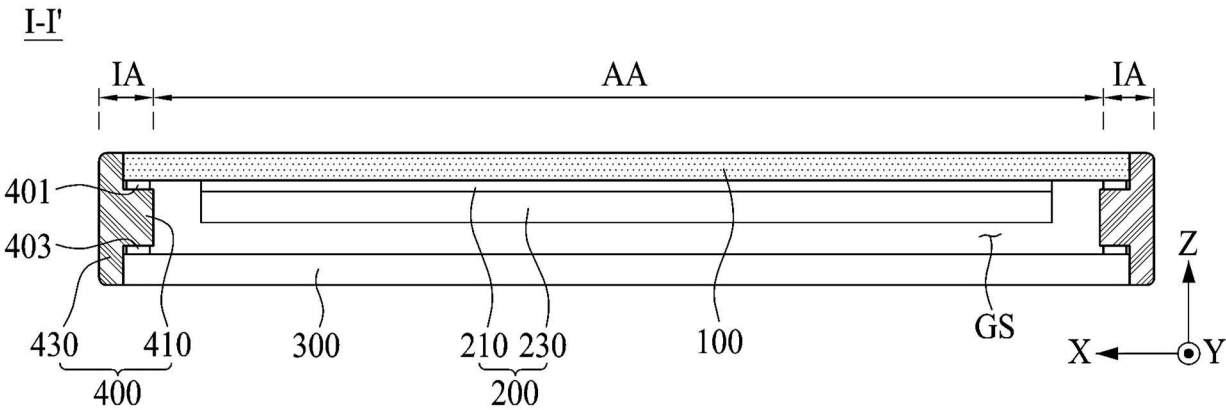
【圖20】



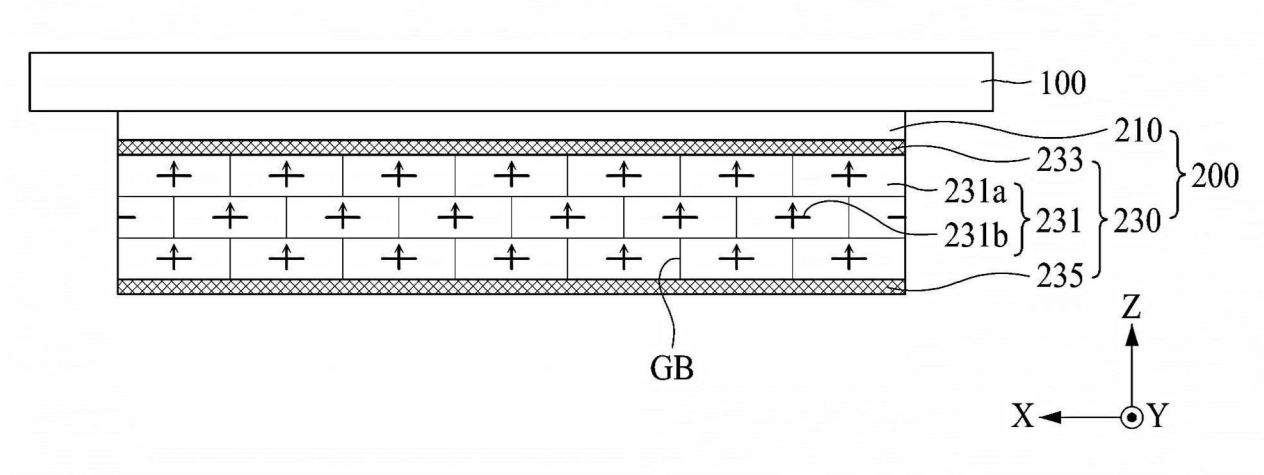
【圖21】



【圖22】



【圖23】



【圖24】