



(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 I716986 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 01 月 21 日

(21)申請案號：108131064

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 08 月 29 日

(51)Int. Cl.：

*H01L29/207 (2006.01)**H01L21/20 (2006.01)**H01L21/205 (2006.01)**H01L21/338 (2006.01)**C30B25/16 (2006.01)**C30B29/38 (2006.01)*

(30)優先權：2018/09/03 日本

2018-164868

2019/02/22 日本

2019-029938

(71)申請人：國立大學法人大阪大學 (日本) OSAKA UNIVERSITY (JP)

日本

(72)發明人：市川修平 ICHIKAWA, SHUHEI (JP)；藤原康文 FUJIWARA, YASUFUMI (JP)；館

林潤 TATEBAYASHI, JUN (JP)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

(56)參考文獻：

TW I597861

TW 200409382A

TW 200802961A

TW 201415669A

審查人員：游瀚霆

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：13 共 39 頁

(54)名稱

氮化物半導體裝置與其基板及添加稀土類元素之氮化物層的形成方法，以及紅色發光裝置

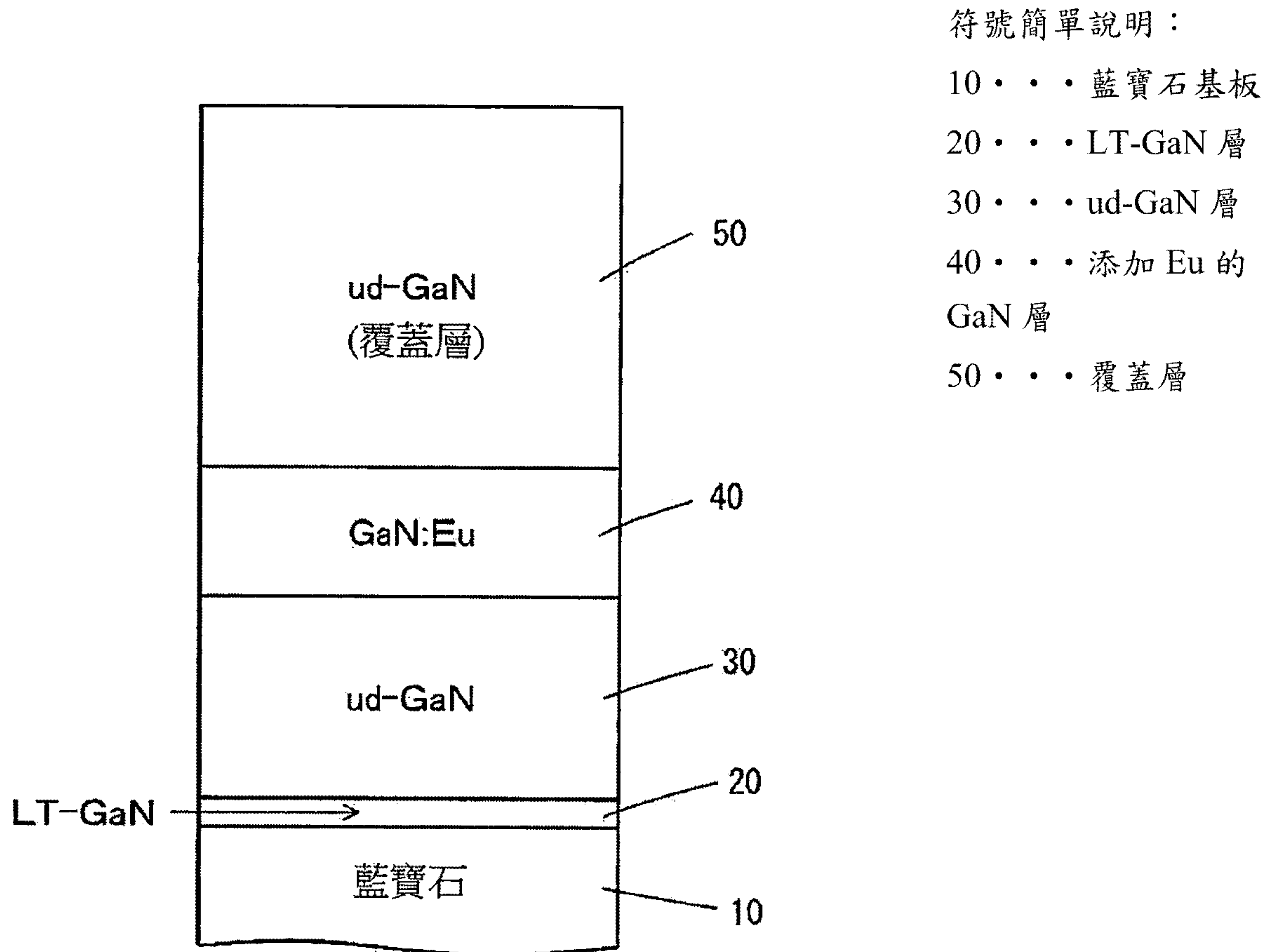
(57)摘要

本發明之課題係提供一種氮化物半導體層的製造技術，其在使氮化物半導體層形成在斜角傾斜基板上而製造半導體裝置時，沒有與 GaN 混晶化而引起晶格變形和結晶缺陷的產生之虞，而且由於使用毋須繼續添加的材料而防止產生巨型階梯，故可穩定地供給高品質的半導體裝置。本發明之解決手段係提供一種氮化物半導體裝置，其係將氮化物半導體層設置在基板上而構成者，該基板為斜角傾斜基板且在基板上設置有添加有稀土類元素之添加稀土類元素的氮化物層作為基底處理層，而且在添加稀土類元素的氮化物層上設置有氮化物半導體層。

An objective of the present invention is to provide a technique for manufacturing nitride semiconductor layer, which eliminates the risk of lattice distortion and crystal defects due to crystal-mixing with GaN when a semiconductor device is manufactured by forming a nitride semiconductor layer on an off-angle tilted substrate,, and by which it is possible to stably supply high-quality semiconductor devices by using materials that do not require continuous addition and therefore preventing occurrence of macrosteps.

As a solution, the present invention provides a nitride semiconductor device, which is constituted by providing a nitride semiconductor layer on a substrate, wherein the substrate is an off-angle tilted substrate, a rare earth element-added nitride layer to which a rare earth element is added is provided on the substrate as a base treatment layer, and a nitride semiconductor layer is provided on the rare earth element-added nitride layer.

指定代表圖：



【第1圖】

I716986

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】 氮化物半導體裝置與其基板及添加稀土類元素之氮化物層的形成方法，以及紅色發光裝置

【英文發明名稱】 NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE AND SUBSTRATE THEREOF, METHOD FOR FORMING RARE EARTH ELEMENT-ADDED NITRIDE LAYER, AND RED LIGHT EMITTING DEVICE

### 【中文】

本發明之課題係提供一種氮化物半導體層的製造技術，其在使氮化物半導體層形成在斜角傾斜基板上而製造半導體裝置時，沒有與 GaN 混晶化而引起晶格變形和結晶缺陷的產生之虞，而且由於使用毋須繼續添加的材料而防止產生巨型階梯，故可穩定地供給高品質的半導體裝置。

本發明之解決手段係提供一種氮化物半導體裝置，其係將氮化物半導體層設置在基板上而構成者，該基板為斜角傾斜基板且在基板上設置有添加有稀土類元素之添加稀土類元素的氮化物層作為基底處理層，而且在添加稀土類元素的氮化物層上設置有氮化物半導體層。

### 【英文】

An objective of the present invention is to provide a technique for manufacturing nitride semiconductor layer, which eliminates the risk of lattice distortion and crystal

defects due to crystal-mixing with GaN when a semiconductor device is manufactured by forming a nitride semiconductor layer on an off-angle tilted substrate, , and by which it is possible to stably supply high-quality semiconductor devices by using materials that do not require continuous addition and therefore preventing occurrence of macrosteps.

As a solution, the present invention provides a nitride semiconductor device, which is constituted by providing a nitride semiconductor layer on a substrate, wherein the substrate is an off-angle tilted substrate, a rare earth element-added nitride layer to which a rare earth element is added is provided on the substrate as a base treatment layer, and a nitride semiconductor layer is provided on the rare earth element-added nitride layer.

【指定代表圖】 第1圖

【代表圖之符號簡單說明】

- |    |               |
|----|---------------|
| 10 | 藍寶石基板         |
| 20 | LT-GaN 層      |
| 30 | ud-GaN 層      |
| 40 | 添加 Eu 的 GaN 層 |
| 50 | 覆蓋層           |

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 氮化物半導體裝置與其基板及添加稀土類元素之氮化物層的形成方法，以及紅色發光裝置

【英文發明名稱】 NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE AND SUBSTRATE THEREOF, METHOD FOR FORMING RARE EARTH ELEMENT-ADDED NITRIDE LAYER, AND RED LIGHT EMITTING DEVICE

### 【技術領域】

【0001】 本發明係有關於一種氮化物半導體裝置與其基板及添加稀土類元素之氮化物層的形成方法，以及紅色發光裝置與其製造方法。

### 【先前技術】

【0002】 近年來，係廣泛地使用發光二極體(LED：Light Emitting Diode)、雷射二極體(LD：Laser Diode)等的發光裝置。例如 LED 係被使用在以各種顯示裝置、行動電話為首之液晶顯示器的背光板、白色照明等，另一方面，LD 係作為藍光光碟用光源被使用在高畫質(high vision)映像的錄影再現、光通信、CD、DVD 等。

【0003】 又，最近，行動電話用 MMIC(monolithic microwave integrated circuit：單晶微波積體電路)、HEMT(High Electron Mobility Transistor：高電子移動性電晶體)等的高頻裝置、用於汽車相關應用的反向器(inverter，又稱反用換

流器)用功率電晶體、肖特基障壁二極體(Schottky-Barrier Diode; SBD)等的高輸出功率裝置的用途係擴大中。

【0004】 構成該等裝置之半導體元件，係通常藉由使氮化鎵(GaN)、氮化鋁(AlN)、氮化銦(InN)等的氮化物半導體層形成在藍寶石等的基板上而製造。

【0005】 以往，作為使氮化物半導體層形成在基板上之方法，係通常採用使氮化物半導體層基板的(0001)(c 面)上結晶成長之方法，但是在該方法中，由於成膜中造成的變形而產生壓電(piezo)分極，且有產生無法得到如當初所期待的裝置特性的問題之情形。亦即，由於伴隨著壓電分極的產生而在氮化物半導體層產生內部電場且電子與電洞的波動函數分離，致使在氮化物半導體層之輻射再結合機率低落且有無法顯現期待的裝置特性之情形。

【0006】 因此，已研討使用對 c 面具有微傾斜的面之基板(斜角(off angle)傾斜基板)而將其微傾斜面作為成膜面，使其沿著結晶軸為從[0001]方向微傾斜數度的方位成長，來發揮氮化物半導體層之結晶缺陷密度的減低、發光效率的提升等複數種優越性，而且謀求裝置特性的提升(例如專利文獻 1)。

【0007】 第 8 圖係說明使用該斜角傾斜基板之結晶成長之圖，Ga 係如在第 8 圖的下段右側之大圓圈表示，以分離距離 c 而沿著相鄰 c 面的中央部之形式吸附且 GaN 結晶成長。而且，如第 8 圖的下段中央表示，使 c 面傾斜角度  $\theta$ 。該結果，如第 8 圖的上段表示，在斜角傾斜基板中之階梯高度(Ga-N 單分子層的厚度)為(c/2)，而平台(terrace)寬度(Ga 原子能夠擴散的寬度)為(c/2tan $\theta$ )。

【0008】 但是在這種方法的情況下，顯然存在一個新問題，即當為了謀求結晶缺陷密度的減低和飛躍地提升發光效率等而將斜角過度增大時，則因為平台寬度急遽地變為狹窄，從而伴隨著階褶(step bunching)機構而出現巨大的巨型

階梯(macrostep)，並在氮化物半導體發光裝置和電子裝置製造時無法得到如設計的裝置特性。

【0009】 第 9 圖係具體地顯示該斜角與平台寬度的關係之圖，縱軸為平台寬度，橫軸為斜角  $\theta$ 。從第 9 圖可知，平台寬度與斜角的大小為逆相關之關係，僅使斜角  $\theta$  從  $0.15^\circ$  起變化至  $1^\circ$ ，則平台寬度就從 99.0nm 起急遽地變為狹窄至 14.9nm。而且該平台寬度太狹窄時，則產生階褶且引起階梯高度較大之巨型階梯的出現。

【0010】 出現此種巨型階梯時，依照在階梯附近的原子種(例如 Ga)之引進效率的差異，在混晶(例如 AlGaN)製造時在結晶內產生較強的組成分布，且在量子井構造等被要求以數 nm 等級進行控制之奈米結構製造時對裝置特性造成重大的影響。特別是在發光裝置的領域，在實用化中具有發光波長的嚴密控制變為困難等的許多課題。

【0011】 又，因為即便藉由研磨和蝕刻使基板表面平滑化後，當在其上形成氮化物半導體層時該巨型階梯亦再次出現，所以仍然無法得到如設計的裝置特性。

【0012】 因此，為了如設計地製造高品質高性能的氮化物半導體發光裝置和電子裝置，認為維持無巨型階梯的平坦表面之結晶成長技術係不可缺少的，例如有提出在氮化物添加銦(In)之技術(非專利文獻 1)。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0013】

[專利文獻 1] 日本特開 2004-335635 號公報

[非專利文獻]

**【0014】**

[非專利文獻 1]C.K.Shu 及其他 4 名 「Isoelectronic In-doping effect in GaN films grown by metalorganic chemical vapor deposition(等電子的 In 摻雜對採用金屬有機化學氣相沈積的 GaN 薄膜成長之影響)」、Appl.Phys.Lett.(應用物理通訊)73,641(1998 年)

**【發明內容】**

[發明欲解決之課題]

**【0015】** 但是得知在上述 In 的添加中係存在有各種問題點。例如 In 的添加係有與 GaN 混晶化而形成 InGaN 之虞，因為 InGaN 的形成有引起產生晶格變形和結晶缺陷之虞，故嚴密的流量控制為必要者。而且在巨型階梯的除去時必須繼續添加 In。

**【0016】** 因此，本發明之課題係提供一種氮化物半導體層的製造技術，其在使氮化物半導體層形成在斜角傾斜基板上而製造半導體裝置時，沒有如 In 與 GaN 混晶化而引起晶格變形和結晶缺陷的產生之虞，而且由於使用毋須繼續添加的材料而防止產生巨型階梯 (macrostep)，故可穩定地供給高品質的半導體裝置。

[用以解決課題之手段]

**【0017】** 本發明者係在世界領先成功地將添加有稀土類元素之一的 Eu(鎔)之 GaN 層(添加 Eu 的 GaN 層)作為發光層以製造紅色發光二極體，有關於以原子等級控制之添加 Eu 的 GaN 層有機金屬氣相磊晶成長(epitaxial)(OMVPE 法)



係到達別人無法仿效的水準。

【0018】本發明者係在其過程，得知添加 Eu 的 GaN 層的表面為平坦化且發現 Eu 具有界面活性劑效果。因此，使氮化物半導體薄膜形成在斜角傾斜基板上而製造半導體裝置時，將添加 Eu 的 GaN 層設置在斜角傾斜基板上作為基底處理層時，能夠發揮 Eu 的界面活性劑(surfactant)效果，且思考在氮化物半導體層的成长是否能夠防止產生巨型階梯而進行了各種實驗和研討。

【0019】其結果，得知即便 Eu 為 1at%以下之較低的添加濃度，在斜角傾斜基板表面之巨型階梯係在添加 Eu 的 GaN 層成長時顯著地減低，同時即便在添加 Eu 的 GaN 層上使大於 5 $\mu$ m 的厚度之無添加 Eu 的 GaN 層成長亦不產生巨型階梯且能夠以原子等級形成平坦的表面，藉由添加 Eu 而能夠得到維持表面平坦化的效果，係在學術上亦能夠得到非常有趣的結果。

【0020】目前仍正在設法瞭解此種藉由添加 Eu 而能夠防止產生巨型階梯之現象背後的機制，惟經推測為，In 的添加係藉由促進 Ga 原子的擴散而謀求平滑化，相對於此，Eu 係藉由阻礙 Ga 的擴散而防止產生巨型階梯，而發揮優異的界面活性劑效果，使添加 Eu 的 GaN 層及在其上所形成之無添加 Eu 的 GaN 層表面平滑化。

【0021】而且，上述 1at%以下之以較低的添加濃度添加 Eu，係與 In 的添加不同，毋須繼續添加。又，較低的添加濃度之 Eu，不會如 In 與 GaN 進行混晶化而形成 InGaN，因為是以局部取代 GaN 的 Ga 之方式添加，所以沒有引起結晶缺陷的產生之虞且毋須嚴密的流量控制。

【0022】如此，毋須嚴密的流量控制和繼續添加，在實際上氮化物半導體裝置的製造中，其意義可說是非常重大。

【0023】而且在本發明中，因為藉由設置添加 Eu 的 GaN 層作為基底處理層，可防止巨型階梯的產生，所以不僅是發光裝置，對高頻裝置和高輸出功率裝置亦能夠穩定地供給適合的氮化物半導體裝置。

【0024】而且，針對 Eu 的較佳添加濃度、及較佳添加 Eu 的 GaN 層的厚度，進一步進行實驗及研討時，得知在添加 Eu 的 GaN 層中之 Eu 的較佳添加濃度為 0.001 至 10at%，較佳添加 Eu 的 GaN 層的厚度為 0.1nm 以上。又，作為該添加 Eu 的 GaN 層的厚度之上限係沒有特別規定，惟考慮伴隨著 Eu 的界面活性劑效果之表面平滑化的飽和時，認為 2 $\mu$ m 左右的厚度時能夠得到充分的效果。

【0025】又，在上述，係舉出 GaN 作為氮化物，Eu 作為添加元素而說明，惟本發明者進一步進行實驗及研討時，得知即便 GaN 以外的 AlN、InN 等所謂 GaN 系的氮化物(包含 InGaN、AlGaIn 等的混晶)作為氮化物，因為亦具有與 GaN 大致同等的化學特性而能夠同樣地處理。而且得知作為添加元素，係不限於 Eu，只要係具有大致同等的化學特性之從 Sc、Y、及 La 起至 Lu 為止之總稱為鐳系元素(Lanthanoid)之稀土類元素，則在與 Eu 相同程度的條件下亦能夠發揮同等優異的界面活性劑效果。

【0026】而且針對基板亦進行研討時，得知除了藍寶石以外，亦能夠使用 SiC 和 Si 作為基板，藉由設置添加 Eu 氮化物層等添加稀土類元素的氮化物層，亦能夠得到同樣的界面活性劑效果。因為 SiC 係熱傳導度較高且具有優異的散熱性從而適合製造高功率裝置。而且，因為 Si 為廉價且能夠容易地取得較大的尺寸，所以適合以低價格製造氮化物半導體裝置。又，使用由 GaN、InN、AlN、或此等之任二者以上的混晶所構成之氮化物半導體亦為佳。

【0027】申請專利範圍第 1 至 7 項所述之發明，係基於上述的見解之發明，

申請專利範圍第 1 項所述之發明係，

一種氮化物半導體裝置，係將氮化物半導體層設置在基板上而構成者，其特徵在於：

前述基板為斜角傾斜基板，

在前述基板上設置有添加稀土類元素的氮化物層作為基底處理層，前述添加稀土類元素的氮化物層為添加有稀土類元素者，

在前述添加稀土類元素的氮化物層上設置有氮化物半導體層。

【0028】而且，申請專利範圍第 2 項所述之發明係，

如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體裝置，其中前述添加稀土類元素的氮化物層係將前述稀土類元素添加在 GaN、InN、AlN、或此等之任二者以上的混晶而成之層。

【0029】又，申請專利範圍第 3 項所述之發明係，

如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之氮化物半導體裝置，其中在前述添加稀土類元素的氮化物層中之前述稀土類元素的添加濃度為 0.001 至 10at%。

【0030】而且，申請專利範圍第 4 項所述之發明係，

如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述之氮化物半導體裝置，其中前述添加稀土類元素的氮化物層的厚度為 0.1nm 以上。

【0031】又，申請專利範圍第 5 項所述之發明係，

如申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項所述之氮化物半導體裝置，其中前述稀土類元素為 Eu。

【0032】而且，申請專利範圍第 6 項所述之發明係，

如申請專利範圍第 1 至 5 項中任一項所述之氮化物半導體裝置，其中前述

基板為藍寶石、SiC、Si的任一者、或由 GaN、InN、AlN、或是此等之任二者以上的混晶所構成之氮化物半導體。

【0033】 又，申請專利範圍第 7 項所述之發明係，

如申請專利範圍第 1 至 6 項中任一項所述之氮化物半導體裝置，其係發光裝置、高頻裝置、高輸出功率裝置的任一者。

【0034】 在上述中，係將添加稀土類元素的氮化物層設置在斜角傾斜基板上作為基底處理層之後，藉由設置無添加稀土類元素的氮化物半導體層而製造氮化物半導體裝置。但是預先製造將添加稀土類元素的氮化物層形成在斜角傾斜基板上而成之物作為基板且提供給第三者，隨後，由接受提供之第三者使無添加稀土類元素的氮化物半導體層成長在該設置有添加稀土類元素的氮化物層之基板上而製造氮化物半導體裝置，亦可得到同樣的效果。

【0035】 亦即，申請專利範圍第 8 項所述之發明係，

一種基板，係在製造氮化物半導體裝置時所使用者，其特徵在於：

該基板為將添加稀土類元素的氮化物層設置在斜角傾斜基板上而構成者，前述添加稀土類元素的氮化物層為添加有稀土類元素者。

【0036】 而且，申請專利範圍第 9 項所述之發明係，

如申請專利範圍第 8 項所述之基板，其中前述添加稀土類元素的氮化物層係將前述稀土類元素添加在 GaN、InN、AlN、或此等之任二者以上的混晶而成之層。

【0037】 又，申請專利範圍第 10 項所述之發明係，

如申請專利範圍第 8 或 9 項所述之基板，其中在前述添加稀土類元素的氮化物層中之前述稀土類元素的添加濃度為 0.001 至 10at%。

【0038】而且，申請專利範圍第 11 項所述之發明係，

如申請專利範圍第 8 至 10 項中任一項所述之基板，其中前述添加稀土類元素的氮化物層的厚度為 0.1nm 以上。

【0039】又，申請專利範圍第 12 項所述之發明係，

如申請專利範圍第 8 至 11 項中任一項所述之基板，其中前述稀土類元素為 Eu。

【0040】而且，申請專利範圍第 13 項所述之發明係，

如申請專利範圍第 8 至 12 項中任一項所述之基板，其中前述斜角傾斜基板為藍寶石、SiC、Si 的任一者、或由 GaN、InN、AlN、或是此等之任二者以上的混晶所構成之氮化物半導體。

【0041】在上述本發明之氮化物半導體裝置和基板中之添加有稀土類元素的氮化物層，係可藉由使用有機金屬氣相磊晶成長法(OMVPE 法)，邊使溫度條件變化邊在途中不從反應容器取出之一系列的步驟將無添加稀土類元素的氮化物層及添加稀土類元素的氮化物層形成在斜角傾斜基板上而製造。

【0042】在此，在形成添加稀土類元素的氮化物層之前，形成無添加稀土類元素的氮化物層，係因為如藍寶石與 GaN，斜角傾斜基板與氮化物層之晶格常數為不同，而且考慮在斜角傾斜基板中之結晶缺陷的傳播等時，以將無添加稀土類元素的氮化物層設置在斜角傾斜基板與添加稀土類元素的氮化物層之間為佳之緣故。具體而言，係以設置使其低溫成長而成之無添加稀土類元素的 LT(Low Temperature；低溫)-氮化物層、及使其高溫成長而成之無添加稀土類元素的 ud(Undoped；未摻雜)-氮化物層之 2 種類的無添加稀土類元素的氮化物層為佳。

【0043】藉由設置 LT-氮化物層，可使在斜角傾斜基板與氮化物層之晶格

常數適合且防止產生龜裂。而且藉由設置 ud-氮化物層，可抑制結晶缺陷之差排 (dislocation) 而得到高品質的氮化物的結晶。

【0044】 具體而言，首先係與以往同樣地進行，將 LT-氮化物層、及 ud-氮化物層形成在斜角傾斜基板上作為無添加稀土類元素的氮化物層。隨後，將溫度在 900 至 1100°C 變更而將添加稀土類元素的氮化物層形成在無添加稀土類元素的氮化物層上。

【0045】 此時，藉由所添加的稀土類元素的界面活性劑效果，添加稀土類元素的氮化物層的表面係被平坦化。因此，即便將氮化物半導體層設置在作為基底處理層之添加稀土類元素的氮化物層上而製造氮化物半導體裝置，亦不產生巨型階梯而可穩定地供給發揮優異的裝置特性之氮化物半導體裝置。

【0046】 而且，形成無添加稀土類元素的氮化物層(LT-氮化物層、ud-氮化物層)、及添加稀土類元素的氮化物層，進而形成氮化物半導體層，因為在各氮化物層的成長時，可藉由僅設定溫度條件的變更與是否進行添加稀土類元素而進行，所以可在不從反應容器取出之一系列的步驟進行。

【0047】 又，在上述中，預先進行至形成添加稀土類元素的氮化物層為止，藉由將其作為基板且形成氮化物半導體層，而可製造氮化物半導體裝置。

【0048】 申請專利範圍第 14 至 17 項所述之發明係基於上述的見解而發明，申請專利範圍第 14 項所述之發明係，

一種添加稀土類元素的氮化物層的形成方法，係將添加稀土類元素的氮化物層形成在斜角傾斜基板上者，前述形成方法係具備下列步驟：

將無添加稀土類元素的氮化物層形成在前述斜角傾斜基板上之步驟；及

將添加稀土類元素的氮化物層形成在前述無添加稀土類元素的氮化物層上

之步驟；

藉由使用有機金屬氣相磊晶成長法且不從反應容器取出之一系列的形成步驟而進行前述各步驟，並且，

在 900 至 1100°C 的溫度下形成前述添加稀土類元素的氮化物層。

【0049】 而且，申請專利範圍第 15 項所述之發明係，

一種基板，其特徵在於：

在斜角傾斜基板上形成有依序層積而形成無添加稀土類元素的氮化物層、及添加稀土類元素的氮化物層者。

【0050】 又，申請專利範圍第 16 項所述之發明係，

一種氮化物半導體裝置的製造方法，係使氮化物半導體層形成在使用如申請專利範圍 14 所述之添加稀土類元素的氮化物層的形成方法所形成之添加稀土類元素的氮化物層上，而製造氮化物半導體裝置。

【0051】 又，申請專利範圍第 17 項所述之發明係，

一種氮化物半導體裝置，其係在斜角傾斜基板上依序層積而形成有無添加稀土類元素的氮化物層、添加稀土類元素的氮化物層、及氮化物半導體層者。

【0052】 如前述，本發明者係在世界領先成功地將添加 Eu 的 GaN 層作為活性層(發光層)以製造紅色發光二極體，但是對於進一步提升其發光強度之要求日益增加。

【0053】 本發明者係針對在此種紅色發光二極體之發光強度的進一步提升進行研討之中，如將添加 Eu 的 GaN 層作為活性層之紅色發光二極體，在利用稀土類離子的發光之發光裝置中，因為稀土類元素的高濃度摻雜係直接有助於發光強度的增大，所以認為能夠高濃度地添加稀土類元素之結晶成長技術為不

可缺少且已進行了具體的研討。

【0054】其結果，得知在氮化物半導體的薄膜成長中，從[0001]方向沿著結晶軸微傾斜數度之方位，亦即使用斜角傾斜基板而進行活性層之添加 Eu 的 GaN 層的結晶成長時，因為能夠得到較強的階梯流動(step flow)成長機構，所以 Eu 能夠高濃度摻雜。

【0055】具體而言，得知使添加 Eu 的 GaN 層在斜角傾斜基板的微傾斜表面上成長時，能夠誘發較強的階梯流動成長機構且在全面範圍促進階梯流動成長之緣故，即便大於在正軸(on-axis)基板上之添加 Eu 的 GaN 層的成長被認為最佳成長條件之 Eu/Ga 的流量比(Eu/Ga 比)2.4%之 Eu/Ga 比，Eu 亦有效率地被收納在活性層且添加 Eu 的 GaN 層係邊保持 GaN 膜的品質(較高的結晶性)邊逐漸成長且能夠得到非常優異的發光強度。

【0056】亦即，以往在正軸基板上之添加 Eu 的 GaN 層的成長，係伴隨著 Eu 的添加濃度變高而在表面產生特有的凸起(hillock)構造且容易變成粗糙的成長表面，其結果引起結晶品質的低落且阻礙發光強度的提升。而且，在高電流注入亦即高激發狀態下，發光強度飽和且引起所謂效率下降現象的產生。因此，以往在添加 Eu 的 GaN 層的形成中，係認為 Eu/Ga 比為 2.4%是最佳成長條件，但是在本發明中，係如上述藉由使 Eu/Ga 比增加且使添加 Eu 的 GaN 層成長在斜角傾斜基板上，因抑制伴隨著添加 Eu 而形成的凸起構造，且形成高濃度地收納有 Eu 之添加 Eu 的 GaN 層，所以可得到非常優異的發光強度。

【0057】該發光強度係與 Eu 一起共添加 O 時，因為使在活性層的 Eu 周邊中之局部構造搖擺激減且發光光譜(PL 光譜)銳利化，而且引起發光強度的提升，所以添加 Eu 的 GaN 層係以設為共添加 Eu、O 的 GaN 層為佳。



【0058】而且，此種紅色發光裝置亦可使用預先施行上述的基底處理之斜角傾斜基板而製造，但是鑒於基底處理層亦為添加 Eu 的 GaN 層，以使添加 Eu 的 GaN 層直接形成在斜角傾斜基板上為佳。亦即，因為在初期形成之添加 Eu 的 GaN 層係作為斜角傾斜基板的基底處理層之功能，而且在其上形成之添加 Eu 的 GaN 層係作為活性層之功能，所以可在進行基底處理之環境的狀態下，以一系列步驟的方式進行基底處理及活性層的形成，而且可進行更有效率的活性層之形成。又，因為能夠謀求 Eu 的有效利用，所以可得到較高的材料增益。

【0059】又，即使係使用 Pr(鐳)代替 Eu 作為添加稀土類元素時，亦同樣地可得到此種發光強度的顯著提升。此時，亦可使添加 Pr 的 GaN 層直接形成在斜角傾斜基板上，但是以將添加 Pr 的 GaN 層形成在預先經施行基底處理之斜角傾斜基板上作為活性層為佳。

【0060】申請專利範圍第 18 至 22 項所述之發明係基於上述的見解之發明，申請專利範圍第 18 項所述之發明係，

一種紅色發光裝置，其特徵在於：

將 Eu 或 Pr 作為稀土類元素添加到 GaN、InN、AlN 或此等之任二者以上的混晶之添加稀土類元素的氮化物層係形成作為活性層，

前述活性層係形成在如申請專利範圍第 8 至 13 項中任一項所述之基板上。

【0061】而且，申請專利範圍第 19 項所述之發明係，

一種紅色發光裝置，其特徵在於：在斜角傾斜基板上形成有將 Eu 作為稀土類元素添加到 GaN、InN、AlN 或此等之任二者以上的混晶而成之添加稀土類元素的氮化物層。

【0062】又，申請專利範圍第 20 項所述之發明係，

如申請專利範圍第 18 或 19 項所述之紅色發光裝置，其中前述添加稀土類元素的氮化物層係共添加有氮之添加稀土類元素的氮化物層。

**【0063】** 又，申請專利範圍第 21 項所述之發明係，

一種紅色發光裝置的製造方法，係製造如申請專利範圍第 19 項所述之紅色發光裝置的方法，其特徵在於：使用有機金屬氣相磊晶成長法將添加有 Eu 之添加稀土類元素的氮化物層形成在斜角傾斜基板上。

[發明效果]

**【0064】** 依據本發明，在使氮化物半導體層形成在斜角傾斜基板上而製造半導體裝置時，沒有如 In 與 GaN 混晶化而引起晶格變形和結晶缺陷的產生之虞，而且由於使用毋須繼續添加的材料而防止產生巨型階梯，故可提供可穩定地供給高品質的半導體裝置之氮化物半導體層的製造技術。

**【圖式簡單說明】**

**【0065】**

第 1 圖係顯示本發明的一實施形態之氮化物半導體裝置的構成之示意圖。

第 2 圖係顯示在本發明的一實施形態中之氮化物半導體裝置的形成概況之圖。

第 3 圖係顯示在本發明的一實施形態中，當場觀察來自對成長中的 GaN 層照射的雷射為相對表面的反射強度的結果之圖，(a)為在斜角傾斜基板，(b)為在正軸基板之觀察結果。

第 4 圖係顯示在本發明的一實施形態中，使用光學顯微鏡(上段)及 AFM 顯微鏡(下段)觀察成長後之各無添加 Eu 的 GaN 層表面的結果之圖，(a)為在正軸基

板，(b)為在斜角傾斜基板之觀察結果。

第 5 圖係顯示在本發明的一實施形態中，當場觀察對成長中的 GaN 層照射的雷射之反射強度的結果之圖，(a)為在斜角傾斜基板、(b)為在正軸基板之觀察結果。

第 6 圖係顯示在本發明的一實施形態中，使用 AFM 顯微鏡觀察覆蓋層表面的結果之圖，(a)為在正軸基板、(b)為在斜角傾斜基板之觀察結果。

第 7 圖係顯示在本發明的一實施形態中，使用(a)光學顯微鏡、(b)AFM 顯微鏡觀察將添加 Eu 的 GaN 層設置在斜角傾斜基板上之試料表面的結果之圖。

第 8 圖係說明使用斜角傾斜基板之結晶成長之圖。

第 9 圖係顯示斜角與平台寬度的關係之圖。

第 10 圖係顯示形成有添加 Eu 的 GaN 層之紅色發光裝置的構成之示意圖。

第 11 圖係使用正軸基板而形成之共添加 Eu、O 的 GaN 層表面的光學顯微鏡影像。

第 12 圖係說明使用斜角傾斜基板及正軸基板而形成之共添加 Eu、O 的 GaN 層的表面狀態的差異之圖。

第 13 圖係顯示於室溫測定在正軸基板、及斜角傾斜基板上形成有添加 Eu 的 GaN 層之紅色發光裝置的 PL 光譜的結果之圖，(a)係顯示 PL 光譜強度(a.u.)與波長(nm)之關係，(He-Cd 雷射、5mW 激發時)，(b)係顯示激發功率(mW)與在波長 610 至 650nm 之 PL 積分強度(a.u.)之關係。

## 【實施方式】

【0066】 以下舉出具體的實施形態，邊使用圖式邊說明本發明。又，在以

下中，係舉出藍寶石基板作為斜角傾斜基板、GaN 作為氮化物、Eu 作為稀土類元素為例子而進行說明，但是如前述，不被該等例子限定。

#### 【0067】 1.氮化物半導體裝置

第 1 圖係顯示本發明的一實施形態之氮化物半導體裝置的構成之示意圖。在第 1 圖中，10 係藍寶石基板，40 係添加 Eu 的 GaN 層(GaN:Eu)，添加 Eu 的 GaN 層 40 之上形成有覆蓋層 50。又，該覆蓋層 50 係當作氮化物半導體層之無添加 Eu 的 GaN 層(ud-GaN)。

【0068】 在本實施形態中，因為作為使覆蓋層 50 形成時的基底處理層，係設置有發揮優異的界面活性劑效果之添加有 Eu 之添加 Eu 的 GaN 層 40，所以即便使覆蓋層 50 成長在能夠防止產生巨型階梯之添加 Eu 的 GaN 層 40 之上，且即便大於  $5\mu\text{m}$  之厚度，亦可以原子等級邊形成平坦的表面邊使其成長。而且，藉由使用原本被期待的斜角傾斜基板而使結晶成長的效果充分地發揮，則可謀求裝置特性的提升。

【0069】 如此，在本實施形態中，因為在設置有作為基底處理層之添加 Eu 的氮化物層之表面平坦化的效果，即便形成在上層之覆蓋層(氮化物半導體層)中亦能夠維持，所以可穩定地供給適合的氮化物半導體裝置，不僅是作為發光裝置，而且作為高頻裝置和高輸出功率裝置。

【0070】 又，在本實施形態，係如第 1 圖顯示，在藍寶石基板 10 與添加 Eu 的 GaN 層 40 之間，係設置有使其在  $475^{\circ}\text{C}$  左右低溫成長而成之 LT-GaN 層 20、及使其在  $1180^{\circ}\text{C}$  左右高溫成長而成之無添加 Eu 的 GaN 層(ud-GaN)30 之 2 種類之無添加 Eu 的 GaN 層。如前述，藉由設置 LT-GaN 層 20，可使在藍寶石結晶與 GaN 結晶中之晶格常數適合且防止龜裂的產生。而且，藉由設置 ud-GaN 層 30，

可抑制結晶缺陷之差排所產生的影響且控制在添加 Eu 的 GaN 層之缺陷的產生。

### 【0071】 2.氮化物半導體裝置的形成方法

其次，說明上述氮化物半導體裝置的形成方法。第 2 圖係顯示在本實施形態中之氮化物半導體裝置的形成概況之圖。又，在第 2 圖中，係在上段顯示被供給作為原料之氣體及供給速度，在下段顯示成長溫度(縱軸)與時間(橫軸)之關係。

【0072】 在本實施形態中，在形成氮化物半導體裝置時，係使用 OMVPE 法。而且，使用三甲基鎵(TMGa)作為 Ga 原料、氨(NH<sub>3</sub>)作為 N 原料。又，作為 Eu 原料，係使用藉由載氣(氫氣：H<sub>2</sub>)鼓泡而成之正丙基四甲基環戊二烯基鎔(Eu[C<sub>5</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>(C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)]<sub>2</sub>：EuCp<sup>pm</sup><sub>2</sub>)。

【0073】 而且，如第 1 圖顯示，依序將 LT-GaN 層 20、ud-GaN 層 30、添加 Eu 的 GaN 層 40、覆蓋層 50，且依照第 2 圖顯示之概況而形成在藍寶石基板 10。以下係基於第 1 圖及第 2 圖而具體地說明。

#### 【0074】 (1)LT-GaN 層 20 的形成

首先，將以斜角 1°傾斜的藍寶石基板 10 載置在經調整成為壓力 104kPa 之反應容器內，隨後，將反應容器內的溫度設為 475°C，將 NH<sub>3</sub> 氣體(223mmol/min)及 TMGa 氣體(52.1μmol/min)供給至反應容器內，且以成長速度 1.3μm/h 將厚度 30nm 的 LT-GaN 層 20 形成在藍寶石基板 10 上。

#### 【0075】 (2)ud-GaN 層 30 的形成

其次，將反應容器內的溫度設為 1180°C，將 NH<sub>3</sub> 氣體(179mmol/min)及 TMGa 氣體(102μmol/min)供給至反應容器內，且以成長速度 3.2μm/h 將厚度 2μm 的 ud-GaN 層 30 形成在藍寶石基板 10 上。

#### 【0076】 (3)添加 Eu 的 GaN 層 40 的形成

其次，將反應容器內的溫度設為 960°C，將 NH<sub>3</sub> 氣體(179mmol/min)、TMGa 氣體(25.6μmol/min)、及 EuCp<sup>pm</sup><sub>2</sub> 氣體(0.586μmol/min)供給至反應容器內，且以成長速度 0.78μm/h 將厚度 40nm 之添加 Eu 的 GaN 層 40 形成在 ud-GaN 層 30 上。

#### 【0077】 (4)覆蓋層 50 的形成

其次，再次將反應容器內的溫度設為 1180°C，將 NH<sub>3</sub> 氣體(179mmol/min)及 TMGa 氣體(102μmol/min)供給至反應容器內，而且以成長速度 3.2μm/h 將厚度 5μm 的覆蓋層 50 形成在添加 Eu 的 GaN 層 40 上且作為氮化物半導體裝置。

【0078】 又，在上述，係使用蒸氣壓高 EuCp<sup>pm</sup><sub>2</sub> 作為 Eu 的原料，但是亦可使用 Eu(C<sub>11</sub>H<sub>19</sub>O<sub>2</sub>)<sub>3</sub>、Eu[C<sub>5</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>5</sub>]<sub>2</sub>、Eu[C<sub>5</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>H]<sub>2</sub> 等。

#### 【0079】 3.評估

##### (1)在斜角傾斜基板中之巨型階梯的產生的確認

作為評估試料，係使用 OMVPE 法使厚度 7.6μm 之無添加 Eu 的 GaN 層成長在以斜角 1°傾斜的藍寶石基板(斜角傾斜基板)上。另一方面，為了比較，係同樣地進行且使厚度 7.6μm 之無添加 Eu 的 GaN 層成長在不傾斜的藍寶石基板(正軸基板)上。

【0080】 而且，對成長中的各 GaN 層照射波長 633nm 的雷射且當場觀察來自表面的反射強度。將結果顯示在第 3 圖。又，在第 3 圖中，(a)為在斜角傾斜基板、(b)為在正軸基板之觀察結果，各自左側的縱軸為反射強度(arb.unit)，右側的縱軸為結晶成長溫度(°C)，橫軸為結晶成長時間(min)。

【0081】 在正軸基板之情況下，係如第 3 圖(b)顯示，全體的反射強度較高，而且即便結晶成長時間變長亦維持一定的水準。相對於此，在斜角傾斜基板之情況下，係如第 3 圖(a)顯示，得知全體的反射強度變低，而且依照結晶成長時間變

長而反射強度進一步降低。認為這是因為將氮化物層形成在斜角傾斜基板上，所以在氮化物層表面中之平坦性較低且隨著膜厚變厚而平坦性進一步降低。

【0082】 同時，使用光學顯微鏡及 AFM 顯微鏡(原子間力顯微鏡)觀察成長後之各無添加 Eu 的 GaN 層表面且進行評估其表面狀態。將結果顯示在第 4 圖。又，在第 4 圖中，上段係顯示使用光學顯微鏡之觀察結果，下段係使用 AFM 顯微鏡之觀察結果，左側為在(a)正軸基板、右側為在(b)斜角傾斜基板之觀察結果。

【0083】 如第 4 圖顯示，在正軸基板之情況下，係無法觀察到巨型階梯且表面為平坦。相對於此，在斜角傾斜基板之情況下，係能夠觀察到因階褶而產生之巨大的巨型階梯且在表面產生波狀構造且損害平坦性。

#### 【0084】 (2)無添加 Eu 的 GaN 層之平坦性的評估

其次，作為評估試料，係使厚度 30nm 的 LT-GaN 層、厚度 2 $\mu$ m 的 ud-GaN 層、厚度 40nm 之添加 Eu 的 GaN 層及厚度 5 $\mu$ m 的覆蓋層(ud-GaN 層)成長在與上述同樣的基板(斜角傾斜基板及正軸基板)上。另一方面，為了比較，係使 ud-GaN 層成長在各基板上至總厚度成為相同厚度為止。

【0085】 而且，與上述同樣地進行，當場觀察各層在成長中之反射強度，同時使用 AFM 顯微鏡及光學顯微鏡觀察成長後在最上層之各 GaN 層表面且進行評估其表面狀態。

【0086】 將反射強度的觀察結果顯示在第 5 圖。又，在第 5 圖中，上段(a)為在斜角傾斜基板之觀察結果，下段(b)為在正軸基板之觀察結果，左側為在全部步驟之觀察結果，右側為在覆蓋層的成長中之觀察結果。而且，實線係在具有添加 Eu 的 GaN 層之試料、虛線係在只有 ud-GaN 層之試料中之觀察結果。

【0087】 在正軸基板之情況下，係如第 5 圖(b)顯示，在具有添加 Eu 的 GaN

層之試料中之反射強度，係與在只有 ud-GaN 層之試料中之反射強度變化不大，且即便結晶成長時間變長亦能夠維持一定的水準。相對於此，在斜角傾斜基板之情況下，係如第 5 圖(a)顯示，藉由設置添加 Eu 的 GaN 層，相較於只有 ud-GaN 層試料，能夠急遽地改善反射強度。從該結果，得知添加 Eu 的 GaN 層之成長係在覆蓋層的形成時，對平坦性的改善有重大的影響。

【0088】 在第 6 圖，係顯示使用 AFM 顯微鏡觀察覆蓋層表面之結果。又，在此，係顯示在設置有添加 Eu 的 GaN 層之試料之觀察結果，(a)為在正軸基板、(b)為在斜角傾斜基板之觀察結果。

【0089】 從第 6 圖，得知藉由將添加 Eu 的 GaN 層設置在斜角傾斜基板上，而成為與正軸基板同程度的表面狀態。

【0090】 在第 7 圖，係顯示使用(a)光學顯微鏡、(b)AFM 顯微鏡觀察在將添加 Eu 的 GaN 層設置在斜角傾斜基板上之試料中的表面之結果。

【0091】 從第 7 圖，得知藉由設置添加 Eu 的 GaN 層，覆蓋層的表面被平滑化且其表面粗糙度 RMS 變成非常小之 0.15nm。該結果係藉由 Eu 的添加而防止巨型階梯的產生，而且顯示以原子等級形成有具有平坦的表面之 GaN 層且顯示 Eu 優異的界面活性劑效果。

【0092】 又，在上述中，係舉出使添加 Eu 的 GaN 層成長在斜角傾斜基板上且將覆蓋層設置在其上之例子，而說明其界面活性劑效果，惟亦可將添加 Eu 的 GaN 層及 ud-GaN 層以成對的方式層積複數次，藉此，可謀求表面狀態的進一步平滑化。

#### 【0093】 4.在半導體裝置的應用

如以上，在本實施形態中，藉由將添加 Eu 的 GaN 層設置在斜角傾斜基板



上，能夠提供低缺陷密度的基板。因此，相較於以往，能夠飛躍地實現高發光效率的藍色/綠色 LED。又，因為在斜角傾斜基板上實現低差排密度，所以能夠實現漏電較少的元件且能夠製造高可靠度的氮化物功率元件(power device)。

#### 【0094】 5.紅色發光裝置

其次，詳細地說明本實施形態之紅色發光裝置。

#### 【0095】 (1)先前技術的問題點

最初，說明在以往的正軸基板上之成長添加 Eu 的 GaN 層中的問題點，具體而言係說明添加 Eu 的 GaN 層的最佳成長條件為何設為 Eu/Ga 比為 2.4%。

【0096】 首先，作為評估用試料，係使 Eu/Ga 比以 2.4%、3.5%、7.1%變化且使共添加 Eu、O 的 GaN 層形成在正軸基板上而製造紅色發光裝置。

【0097】 具體而言，係最初使厚度數  $\mu\text{m}$  左右的無添加 GaN 層(LT-GaN 層及 ud-GaN 層)成長在正軸藍寶石基板上，隨後，將 TMGa 作為 Ga 原料、 $\text{NH}_3$  作為 N 原料、藉由載氣(與氧氣合在一起供給)鼓泡的  $\text{EuCp}^{\text{pm}_2}$  作為 Eu 原料，以預定 Eu/Ga 比導入且使其成長為厚度 300nm 左右之共添加 Eu、O 的 GaN 層。而且，最後使其成長為厚度 10nm 的 ud-GaN 層且完成了 3 種類的紅色發光裝置之製造(參照第 10 圖)。

【0098】 第 11 圖係在所得到的 3 種類評估用試料中，所形成之共添加 Eu、O 的 GaN 層表面的光學顯微鏡影像。從第 11 圖，得知在正軸藍寶石基板之情況下，隨著 Eu/Ga 比變大成為 2.4%、3.5%、7.1%，表面平坦性逐漸消失，特別是從 3.5%起變化成為 7.1%時，結晶成長表面為顯著地劣化。

【0099】 而且，在第 12 圖的上段，將在 Eu/Ga 比 3.5%及 7.1%的 2 種情況所得到之共添加 Eu、O 的 GaN 層的表面狀態，以比第 11 圖更高的光學顯微鏡

倍率顯示。從第 12 圖，得知將共添加 Eu、O 的 GaN 層形成在正軸基板上時，因為活性層為螺旋成長，所以隨著 Eu/Ga 比變高而形成有許多螺旋凸起且造成表面粗糙。

【0100】又，在第 13 圖，係顯示於室溫測定在正軸基板上形成之添加 Eu 的 GaN 層的 PL 光譜之結果。又，在第 13 圖中，(a)係顯示 PL 光譜強度(a.u.)與波長(nm)之關係(He-Cd 雷射、5mW 激發時)，(b)係顯示激發功率(mW)與在波長 610 至 650nm 中之 PL 積分強度(a.u.)之關係。

【0101】從第 13 圖(a)，得知在正軸基板之情況下，隨著 Eu/Ga 比增大而發光中心之  $^5D_0 \rightarrow ^7F_2$  的發光峰值上升。但是，另一方面如第 13 圖(b)顯示，在強激發下係即便增大 Eu/Ga 比，發光的飽和現象增強且 Eu/Ga 比 7.1%時，發光強度係比 3.5%時稍微減少。

【0102】因此，亦考慮到添加 Eu 的 GaN 層的表面狀態，以往使添加 Eu 的 GaN 層在正軸基板上成長時的最佳成長條件係 Eu/Ga 比為 2.4%，而其以上地提升 Eu/Ga 比則被認為有問題。

#### 【0103】(2)形成在斜角傾斜基板上之添加 Eu 的 GaN 層

其次，作為本實施形態，係說明使添加 Eu 的 GaN 層形成在斜角傾斜基板上時之表面狀態及發光強度。

【0104】本發明者係如前述，在氮化物半導體的薄膜成長中沿著從[0001]方向結晶軸微傾斜數度的方位而進行結晶成長時，係著眼於能夠得到較強的階梯流動成長機構，而使添加 Eu 的 GaN 層形成在斜角傾斜基板上。

【0105】具體而言，係在 m 軸方向具有 2°的斜角之微傾斜(0001)藍寶石基板上，與上述正軸基板上同樣地進行而製造 Eu/Ga 比為 3.5%及 7.1%之 2 種類的

紅色發光裝置。

【0106】 在第 12 圖的下段，係顯示所得到之共添加 Eu、O 的 GaN 層的表面狀態。從第 12 圖，得知在斜角傾斜基板之情況下，因為活性層的成长不是螺旋成长，而是採用階梯流動成长來進行，所以抑制了螺旋凸起的形成，而且即便 Eu/Ga 比變高，亦在保持較高的結晶性之同時使活性層成长。

【0107】 又，在第 13 圖，係將在斜角傾斜基板上以 Eu/Ga 比 3.5% 而形成之添加 Eu 的 GaN 層的 PL 光譜測定結果一併顯示。從第 13 圖(a)，得知在斜角傾斜基板之情況下，即便將 Eu/Ga 比設為 3.5%，亦得到在正軸基板中無法得到之較強的發光強度。又，從第 13 圖(b)，得知抑制了發光的飽和現象，且相對於以往的正軸基板(Eu/Ga 比 2.4%)，發光強度提升了 2.04 倍。

【0108】 此種發光強度的提升，係即便相同 Eu/Ga 比，因為對活性層引進的 Eu 提升，在添加 Eu 的 GaN 層中之 Eu 濃度變高，所以藉由將添加 Eu 的 GaN 層形成在斜角傾斜基板上，可形成高 Eu 濃度之添加 Eu 的 GaN 層，而且可確認有希望作為謀求提升發光強度之手法。

### 【0109】 (3)本實施形態之紅色發光裝置的有用性

如上述，在本實施形態之紅色發光裝置中，因為能夠使高 Eu 濃度之添加 Eu 的 GaN 層形成在斜角傾斜基板上而可直接有助於顯現較強的發光強度，所以能夠製造高效率的紅色發光裝置，並藉由應用在以 GaN 系材料作為中心而進行開發之可見光區域的半導體 LED，能夠實現高亮度的發光二極體。又，在包含近年來受到關注的紅色發光層之添加稀土類的半導體層作為活性層之雷射二極體的開發中，藉由高濃度添加 Eu 等的稀土類元素而能夠得到較高的材料增益。

【0110】 以上，基於實施形態而說明本發明，但是本發明係不被上述實施

形態限定。在與本發明相同及均等的範圍內，能夠對上述的實施形態施加各種變更。

**【符號說明】**

**【0111】**

10	藍寶石基板
20	LT-GaN 層
30	ud-GaN 層
40	添加 Eu 的 GaN 層
50	覆蓋層
c	c 面之間的距離
$\theta$	斜角

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】一種氮化物半導體裝置，係將氮化物半導體層設置在基板上而構成者，其中，

前述基板為斜角傾斜基板，

在前述基板上設置有無添加稀土類元素的氮化物層，在前述無添加稀土類元素的氮化物層上設置有添加稀土類元素的氮化物層作為基底處理層，前述添加稀土類元素的氮化物層為添加有 Eu 或/及 Pr 作為稀土類元素者，

在前述添加稀土類元素的氮化物層上設置有氮化物半導體層。

【第2項】如申請專利範圍第 1 項所述之氮化物半導體裝置，其中前述添加稀土類元素的氮化物層係將前述稀土類元素添加在 GaN、InN、AlN、或此等之任二者以上的混晶而成之層。

【第3項】如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之氮化物半導體裝置，其中在前述添加稀土類元素的氮化物層中之前述稀土類元素的添加濃度為 0.001 至 10at%。

【第4項】如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之氮化物半導體裝置，其中前述添加稀土類元素的氮化物層的厚度為 0.1nm 以上。

【第5項】如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之氮化物半導體裝置，其中前述稀土類元素為 Eu。

【第6項】如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之氮化物半導體裝置，其中前述基板為藍寶石、SiC、Si 的任一者、或由 GaN、InN、AlN、或是此等之任二者以上的混晶所構成之氮化物半導體。

【第7項】如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之氮化物半導體裝置，其係發光裝置、高頻裝置、高輸出功率裝置的任一者。

【第8項】一種氮化物半導體裝置製作用基板，係在製造氮化物半導體裝置時所使用者，

該氮化物半導體裝置製作用基板為將無添加稀土類元素的氮化物層設置在斜角傾斜基板上，並將添加稀土類元素的氮化物層設置在前述無添加稀土類元素的氮化物層上而構成者，前述添加稀土類元素的氮化物層為添加有 Eu 或/及 Pr 作為稀土類元素者。

【第9項】如申請專利範圍第 8 項所述之氮化物半導體裝置製作用基板，其中前述添加稀土類元素的氮化物層係將前述稀土類元素添加在 GaN、InN、AlN、或此等之任二者以上的混晶而成之層。

【第10項】如申請專利範圍第 8 或 9 項所述之氮化物半導體裝置製作用基板，其中在前述添加稀土類元素的氮化物層中之前述稀土類元素的添加濃度為 0.001 至 10at%。

【第11項】如申請專利範圍第 8 或 9 項所述之氮化物半導體裝置製作用基板，其中前述添加稀土類元素的氮化物層的厚度為 0.1nm 以上。

【第12項】如申請專利範圍第 8 或 9 項所述之氮化物半導體裝置製作用基板，其中前述稀土類元素為 Eu。

【第13項】如申請專利範圍第 8 或 9 項所述之氮化物半導體裝置製作用基板，其中前述斜角傾斜基板為藍寶石、SiC、Si 的任一者、或由 GaN、InN、AlN、或是此等之任二者以上的混晶所構成之氮化物半導體。

【第14項】一種添加稀土類元素的氮化物層的形成方法，係將添加稀土類元素的氮化物層形成在斜角傾斜基板上者，前述形成方法具備下列步驟：

將無添加稀土類元素的氮化物層形成在前述斜角傾斜基板上之步驟；及

將添加稀土類元素的氮化物層形成在前述無添加稀土類元素的氮化物層上之步驟，其中前述添加稀土類元素的氮化物層為添加有 Eu 或/及 Pr 者；

藉由使用有機金屬氣相磊晶成長法且不從反應容器取出之一系列的形成步驟而進行前述各步驟，並且，

在 900 至 1100°C 的溫度下形成前述添加稀土類元素的氮化物層。

【第15項】一種氮化物半導體裝置製作用基板，

係在斜角傾斜基板上形成有依序層積而形成無添加稀土類元素的氮化物層、及添加稀土類元素的氮化物層者，其中前述添加稀土類元素的氮化物層為添加有 Eu 或/及 Pr 者。

【第16項】一種氮化物半導體裝置的製造方法，係使氮化物半導體層形成在使用如申請專利範圍 14 項所述之添加稀土類元素的氮化物層的形成方法所形成之添加稀土類元素的氮化物層上，而製造氮化物半導體裝置。

【第17項】一種氮化物半導體裝置，其係在斜角傾斜基板上依序層積而形成有無添加稀土類元素的氮化物層、添加稀土類元素的氮化物層、及氮化物半導體層者，其中前述添加稀土類元素的氮化物層為添加有 Eu 或/及 Pr 者。

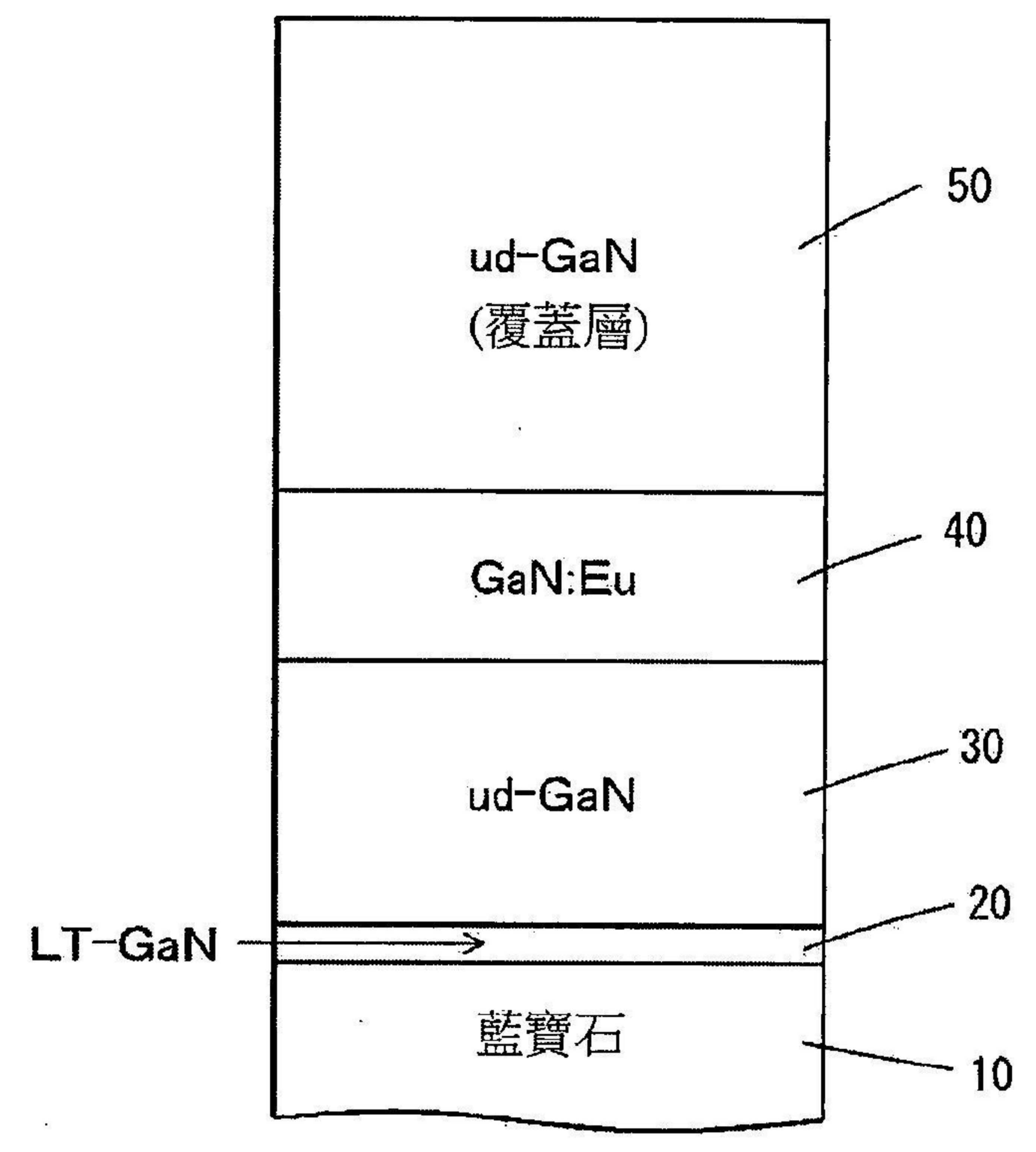
【第18項】一種紅色發光裝置，其中，

將 Eu 或 Pr 作為稀土類元素添加到 GaN、InN、AlN 或此等之任二者以上的混晶而得之添加稀土類元素的氮化物層係形成作為活性層，

前述活性層係形成在如申請專利範圍第 8 至 13 項中任一項所述之氮化物半導體裝置製作用基板上。

【第19項】如申請專利範圍第 18 項所述之紅色發光裝置，其中前述添加稀土類元素的氮化物層係共添加有氮之添加稀土類元素的氮化物層。

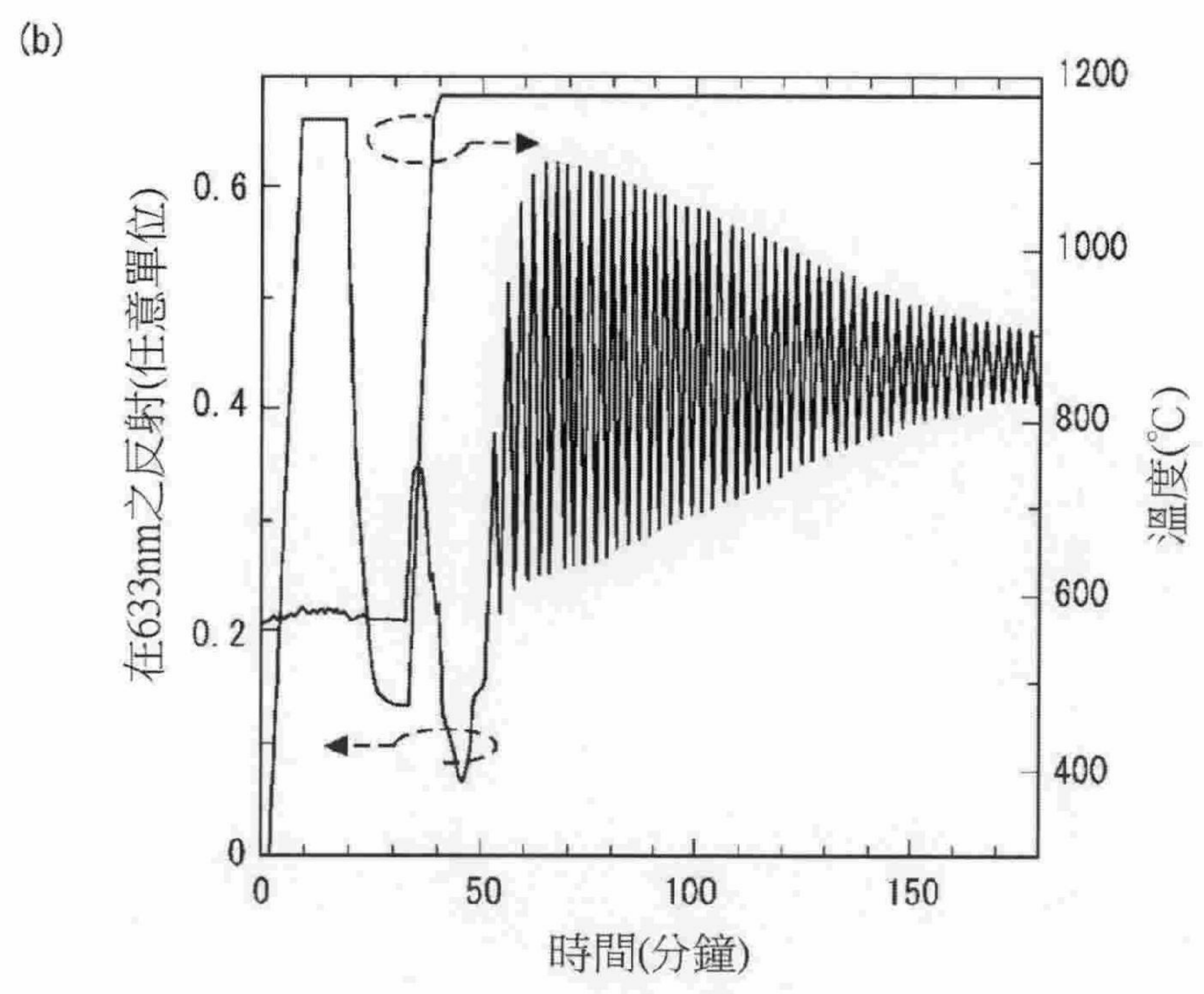
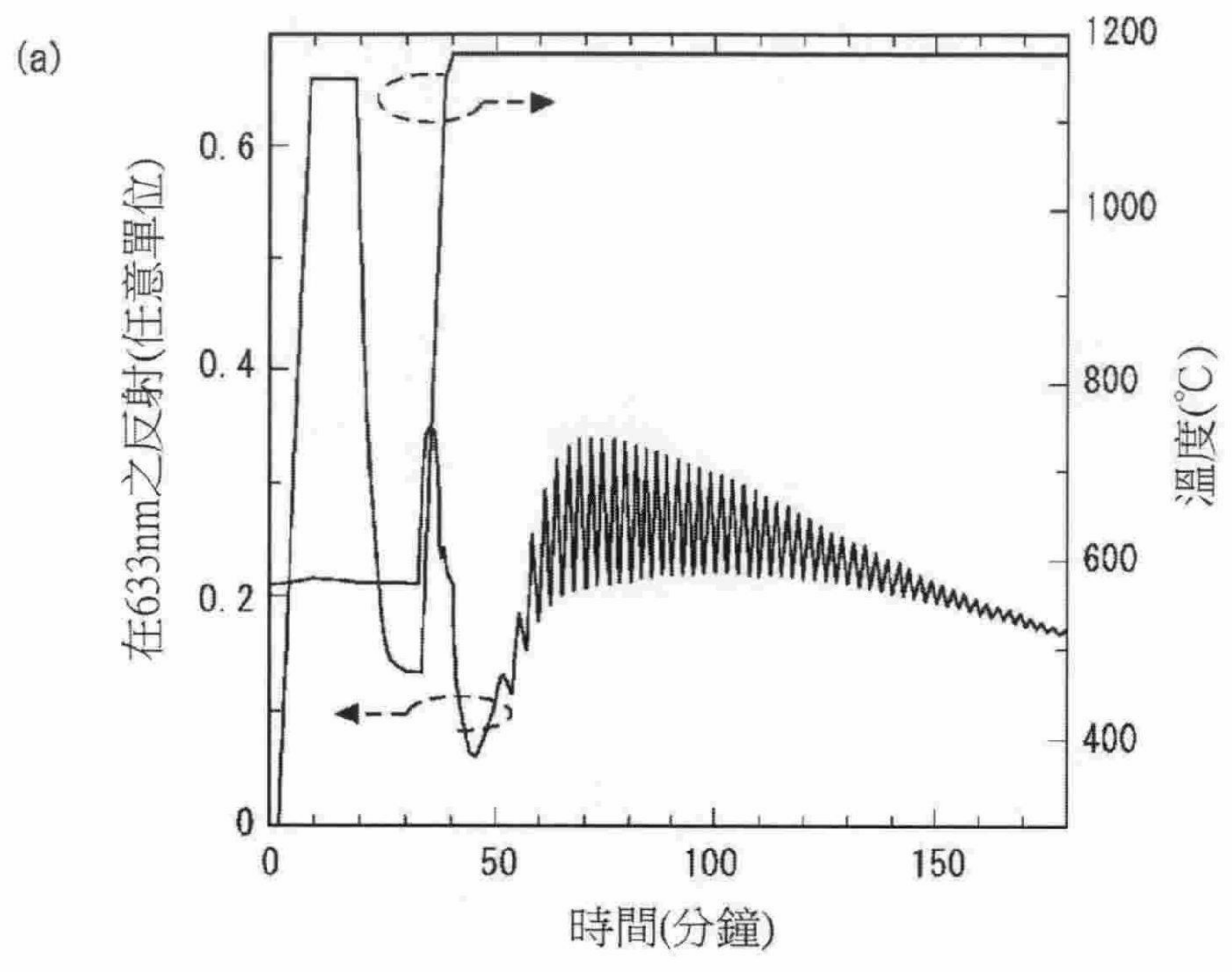
【發明圖式】



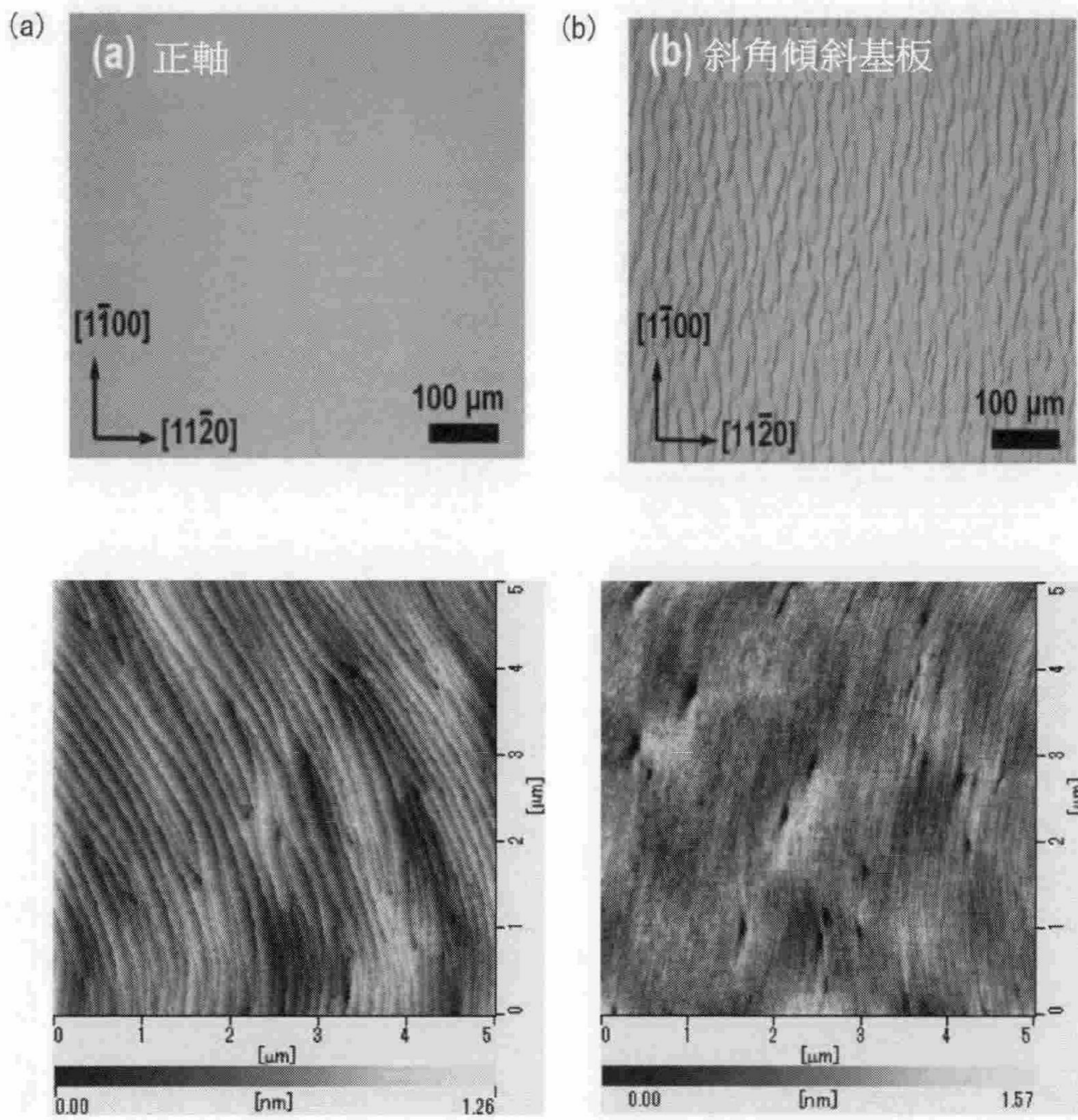
【第1圖】



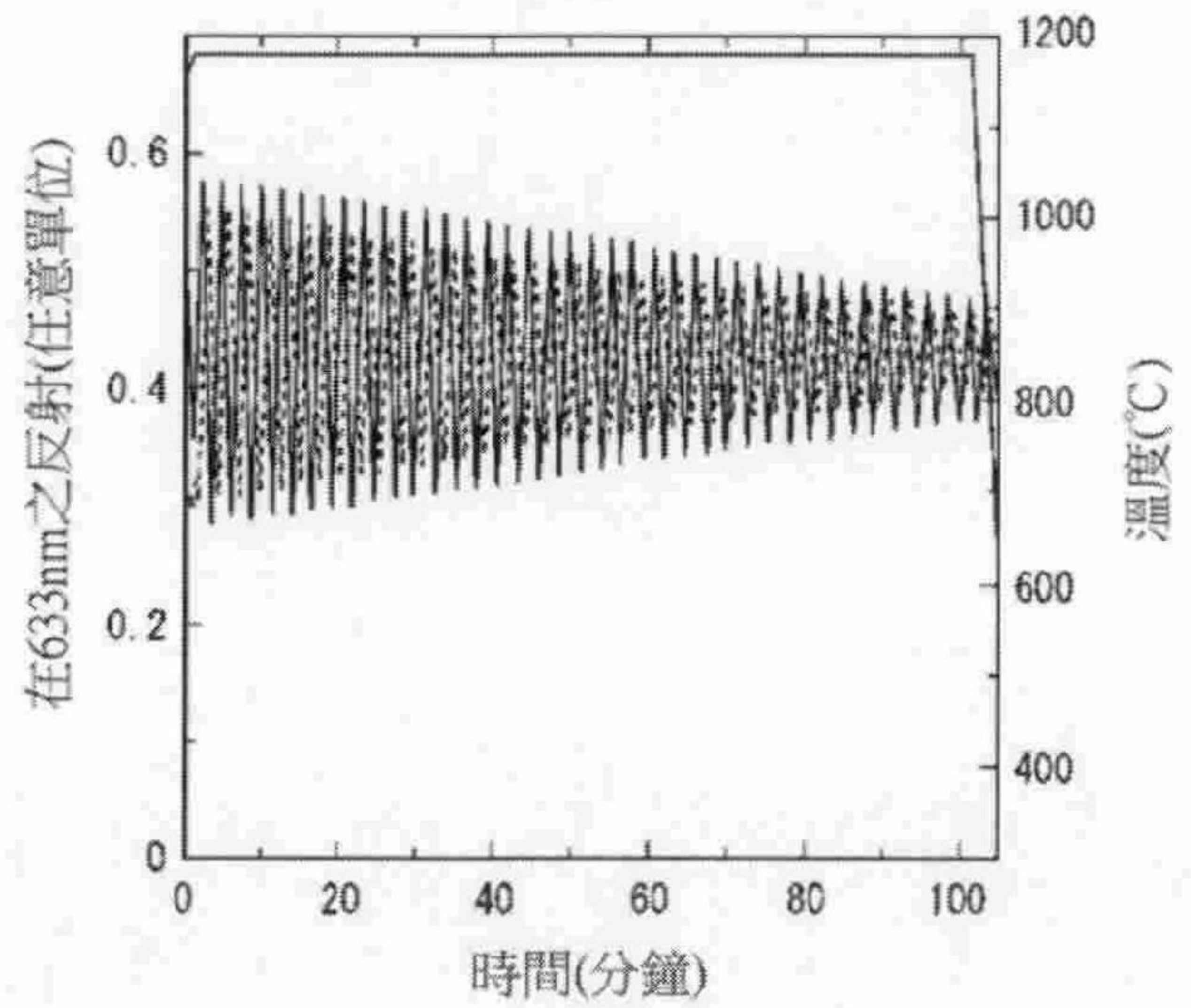
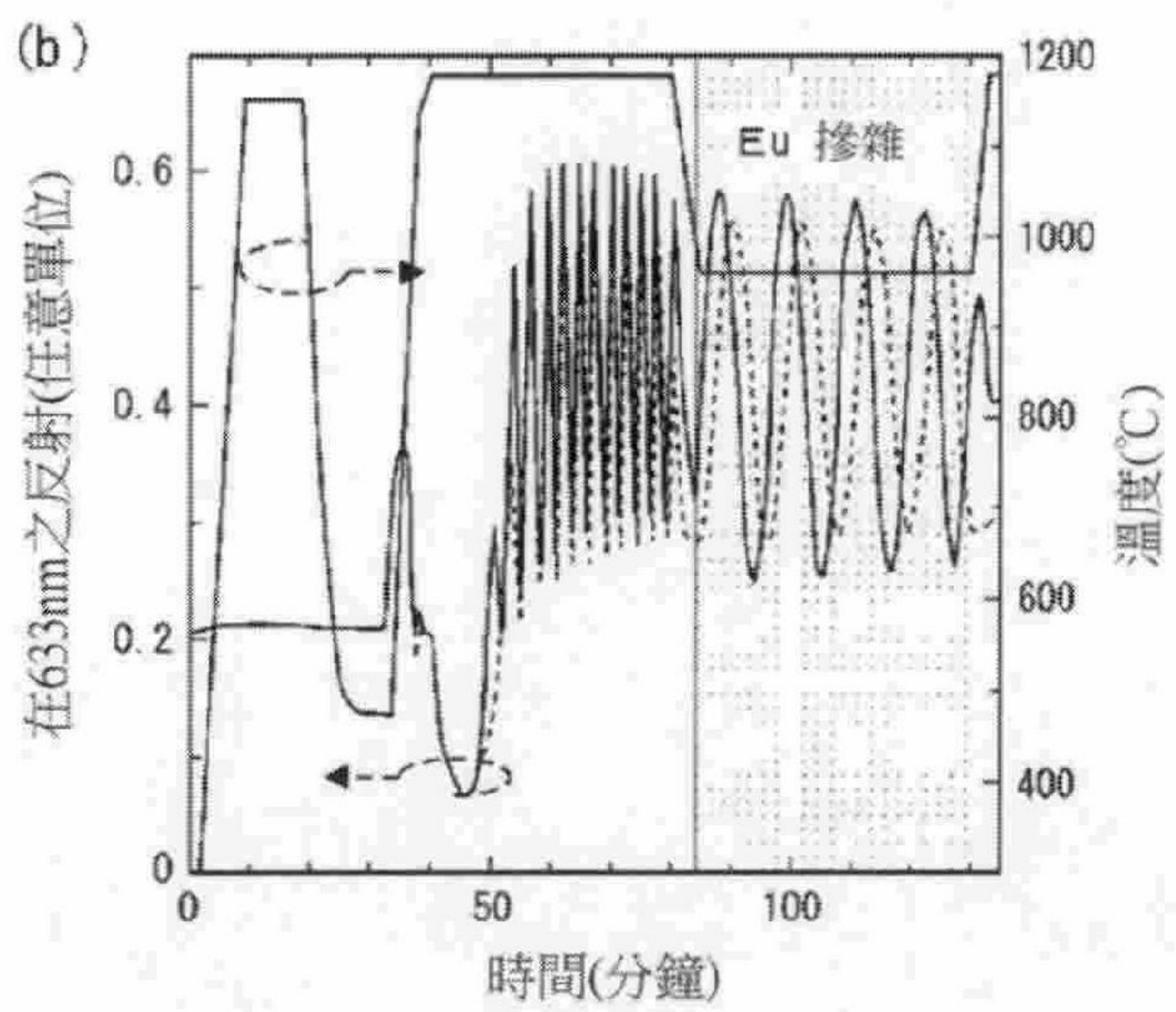
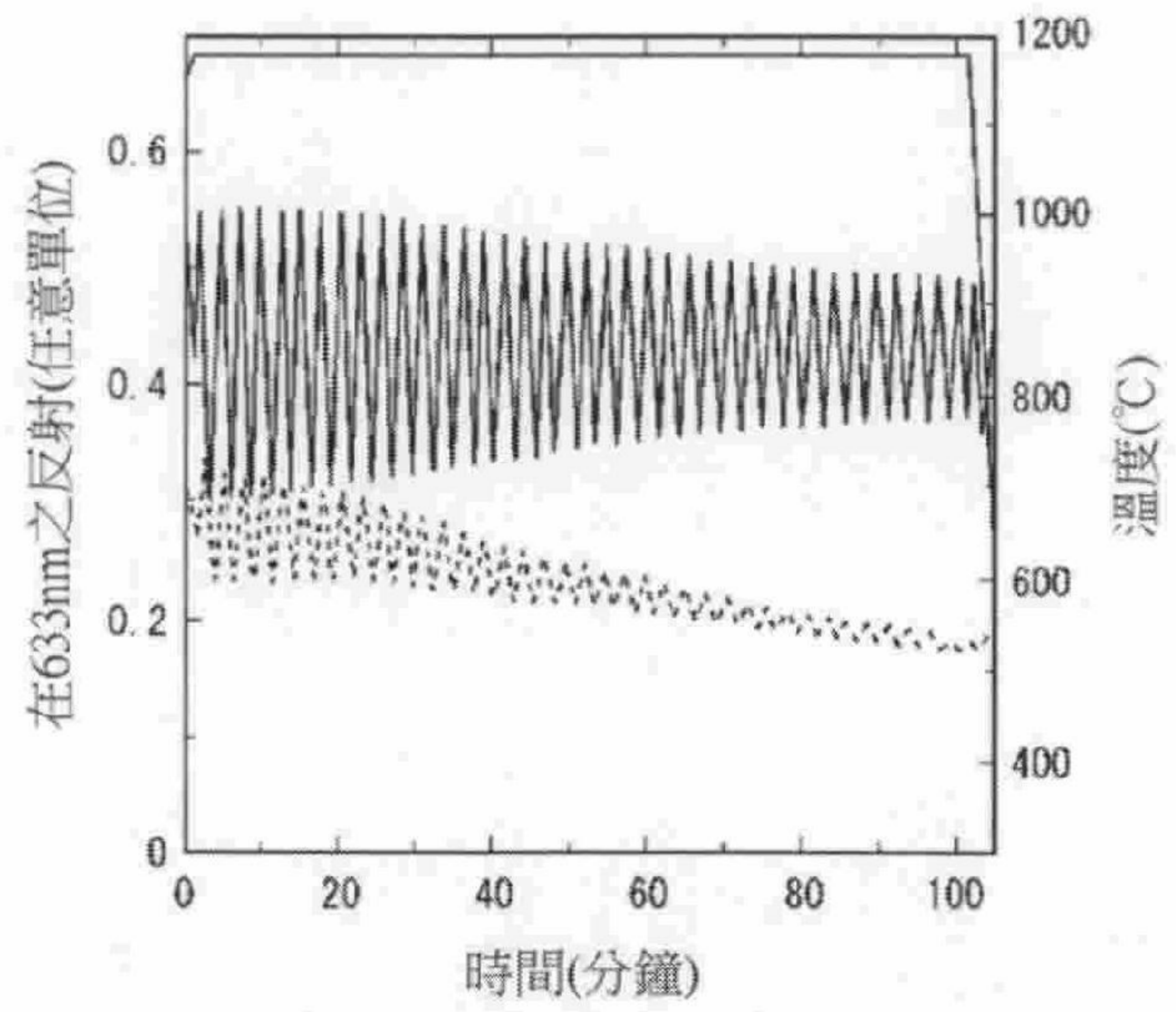
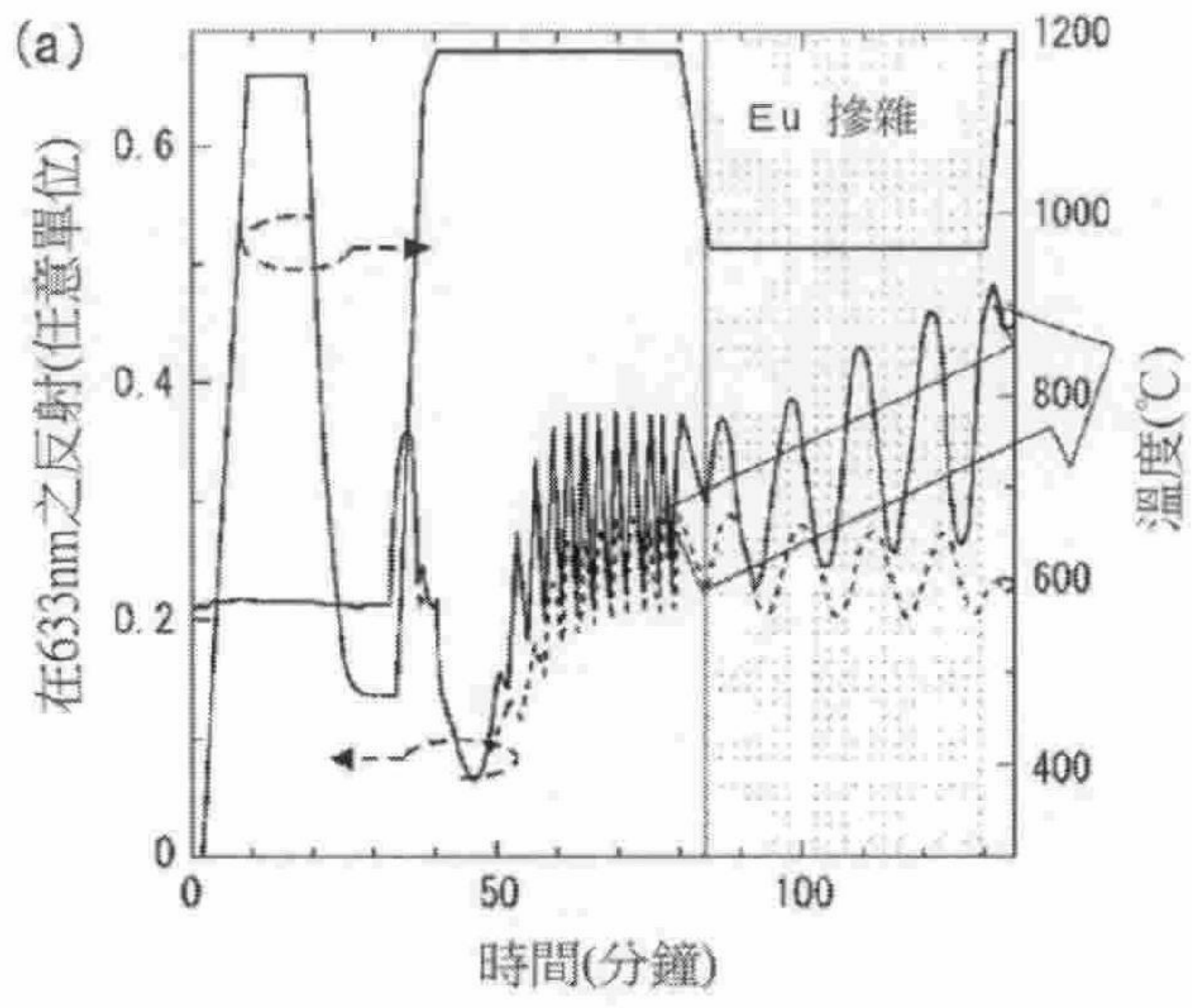




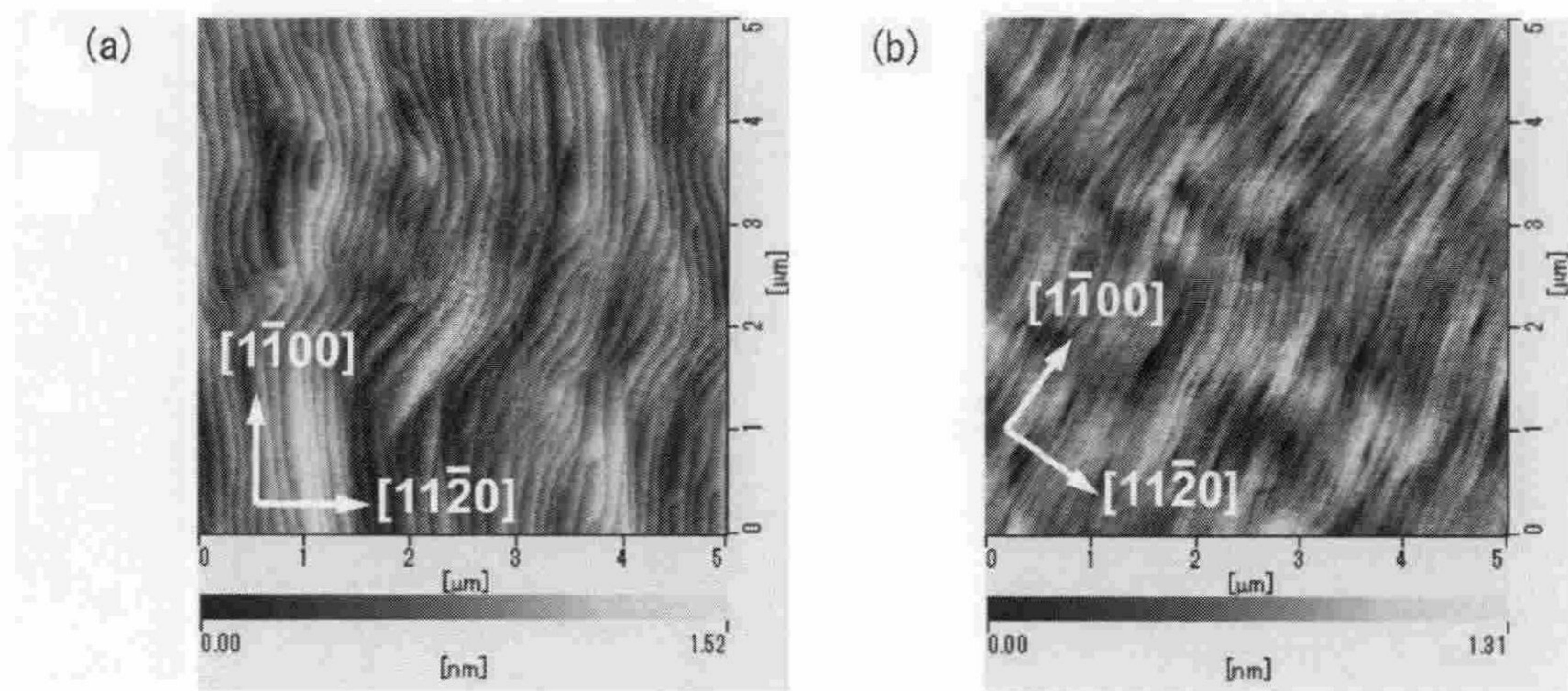
【第3圖】



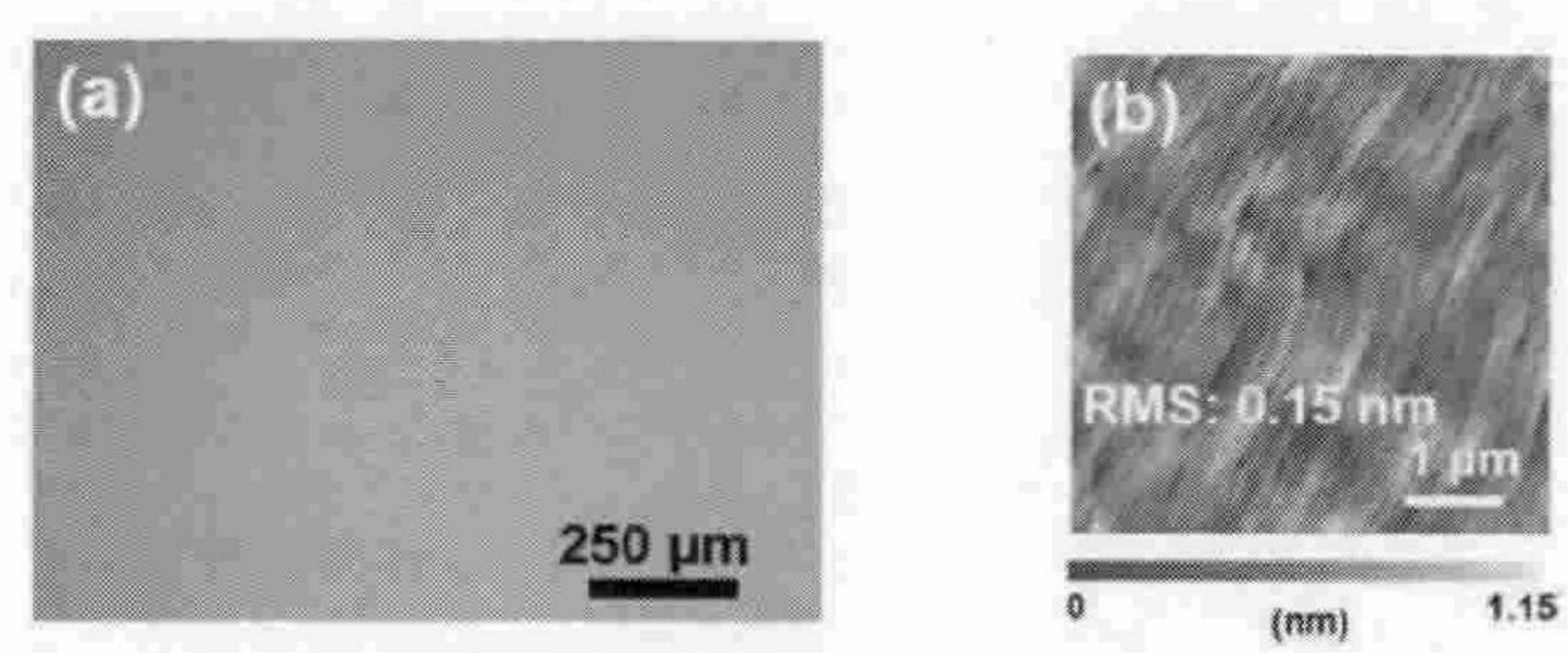
【第4圖】



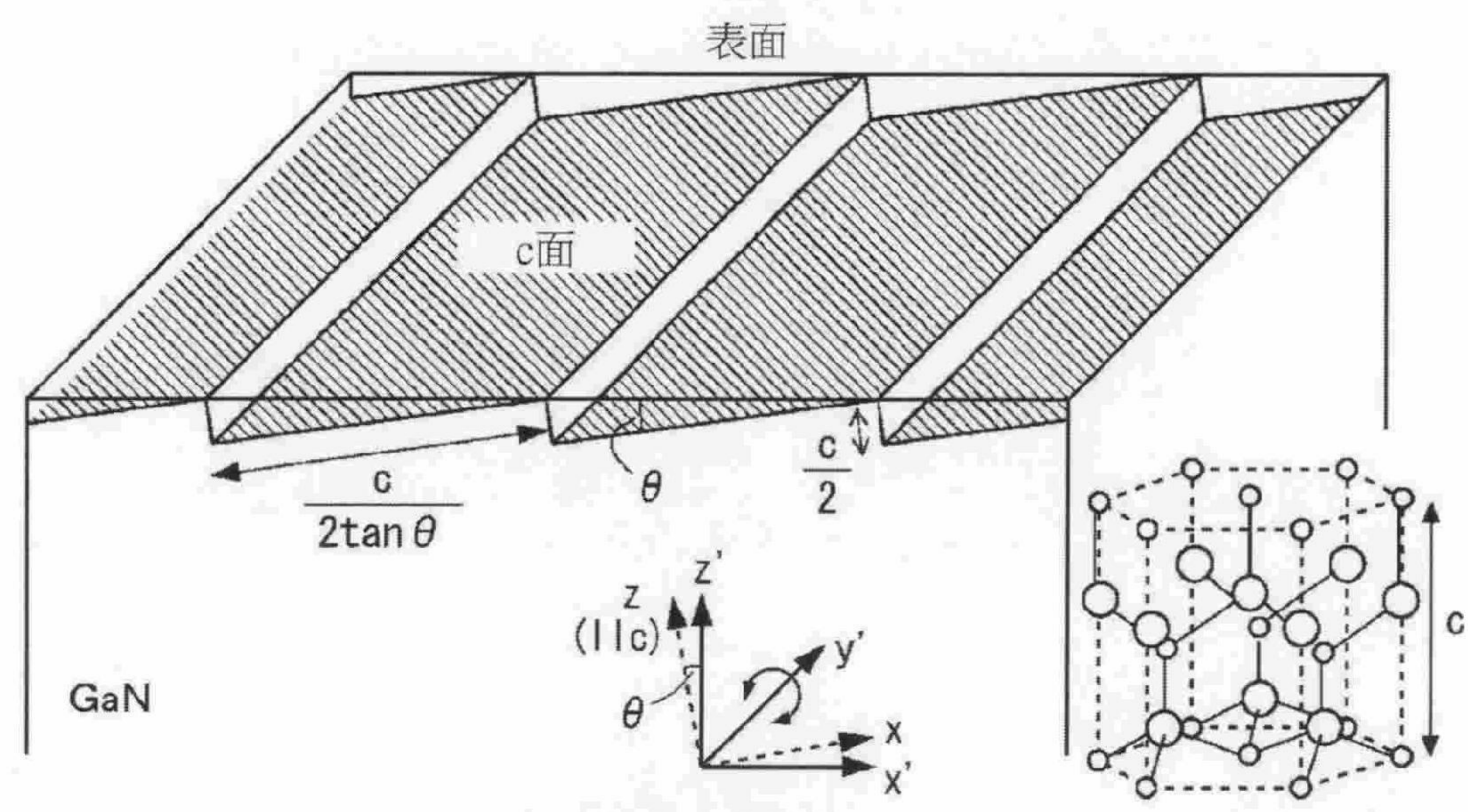
【第5圖】



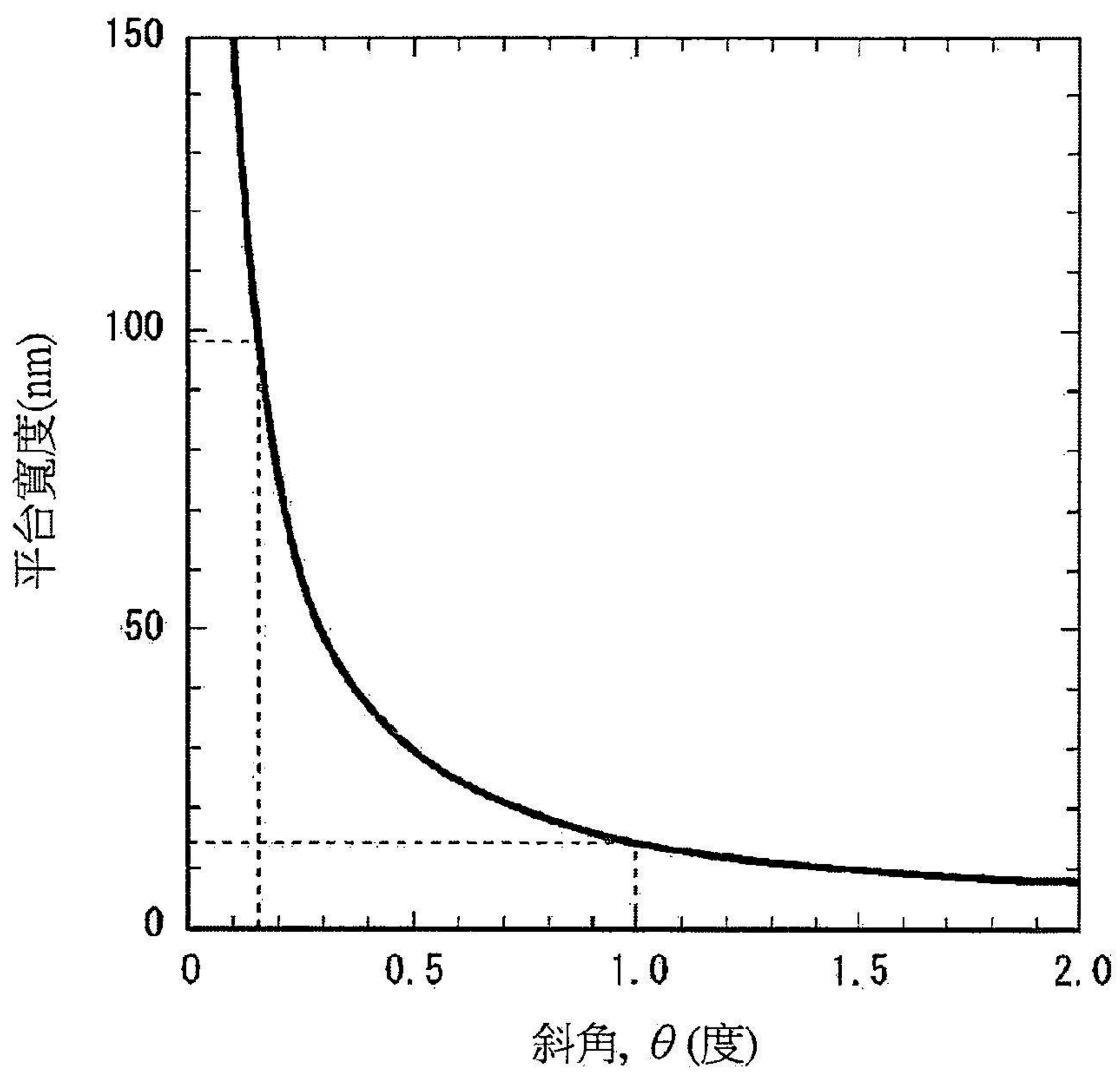
【第6圖】



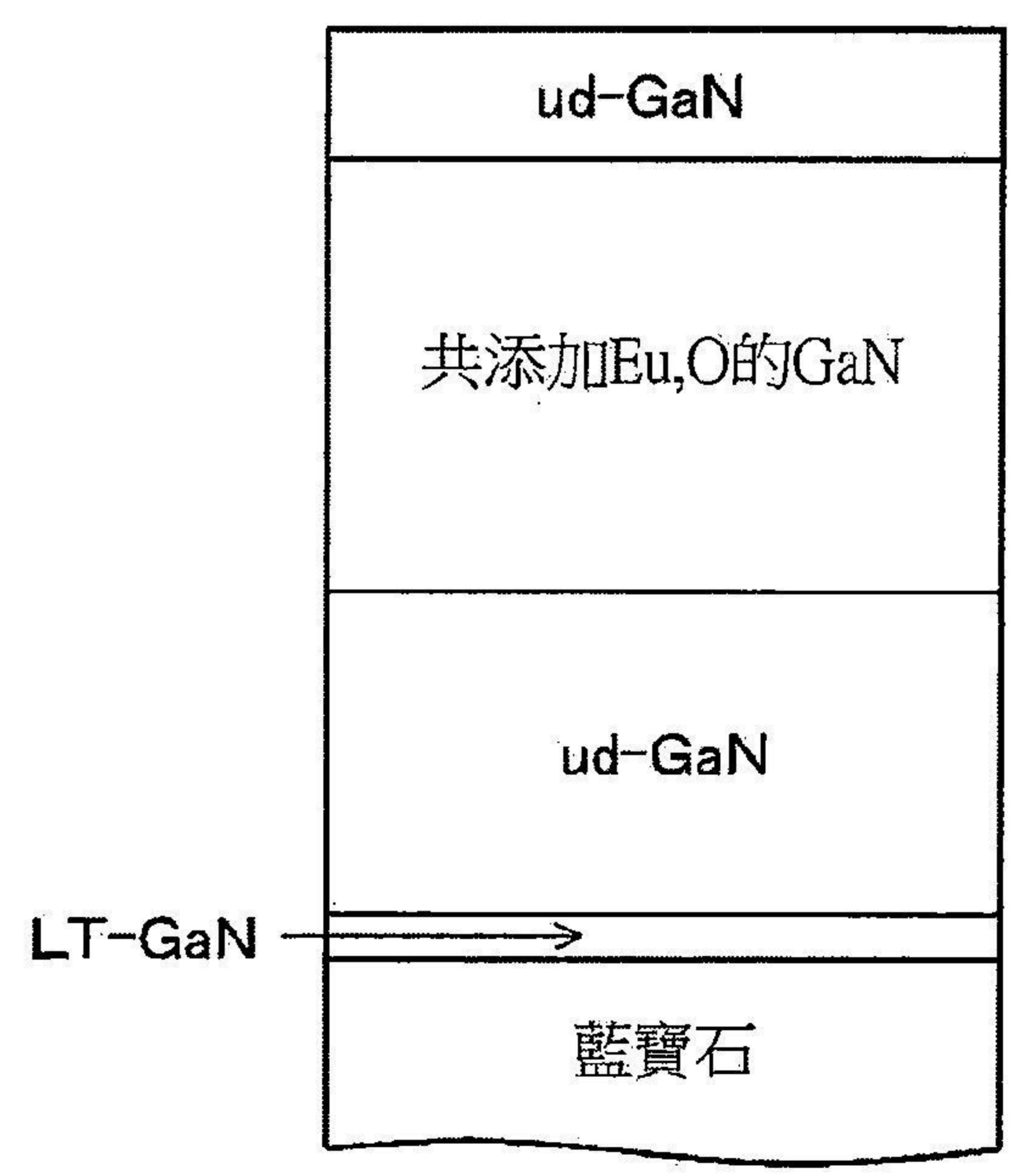
【第7圖】



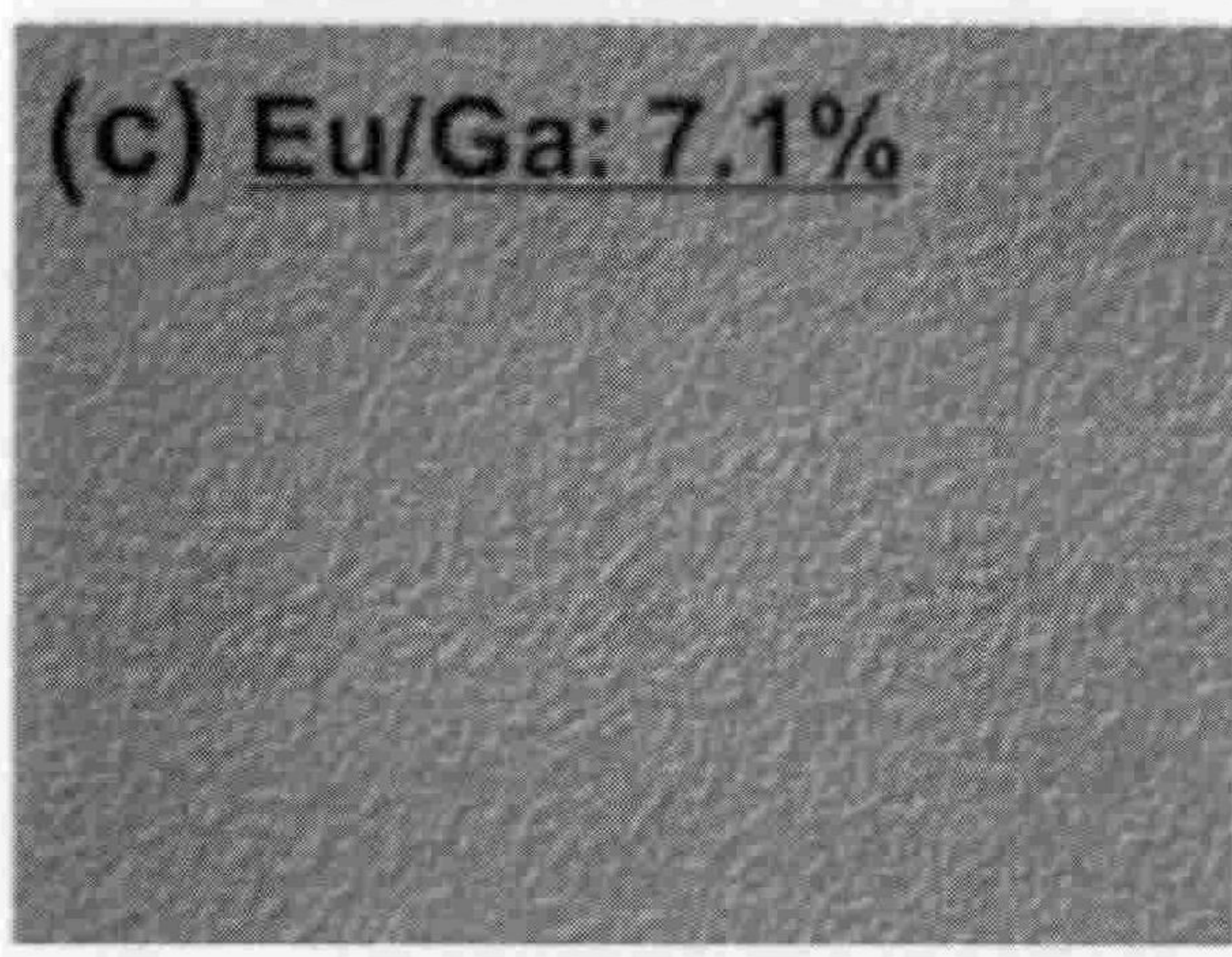
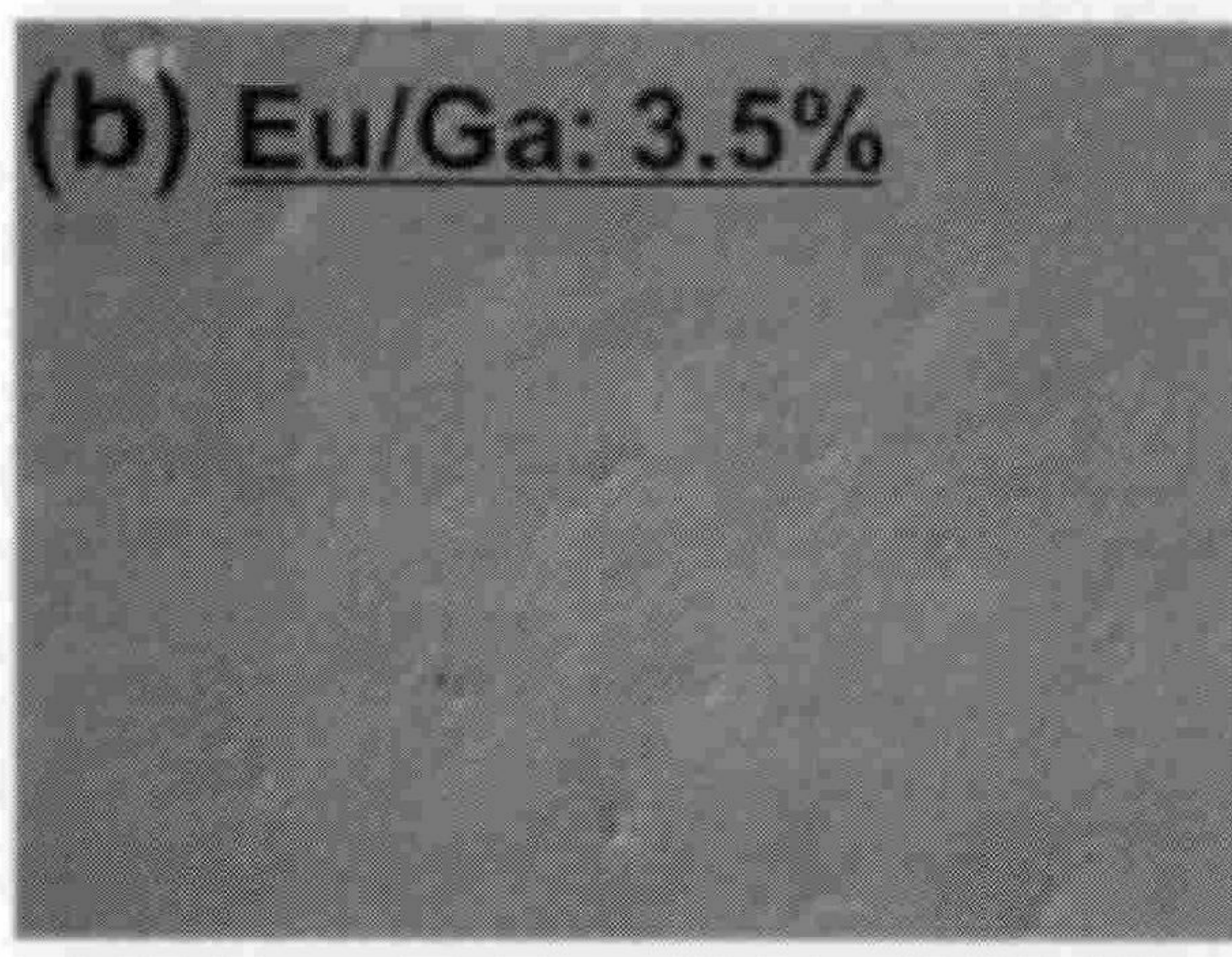
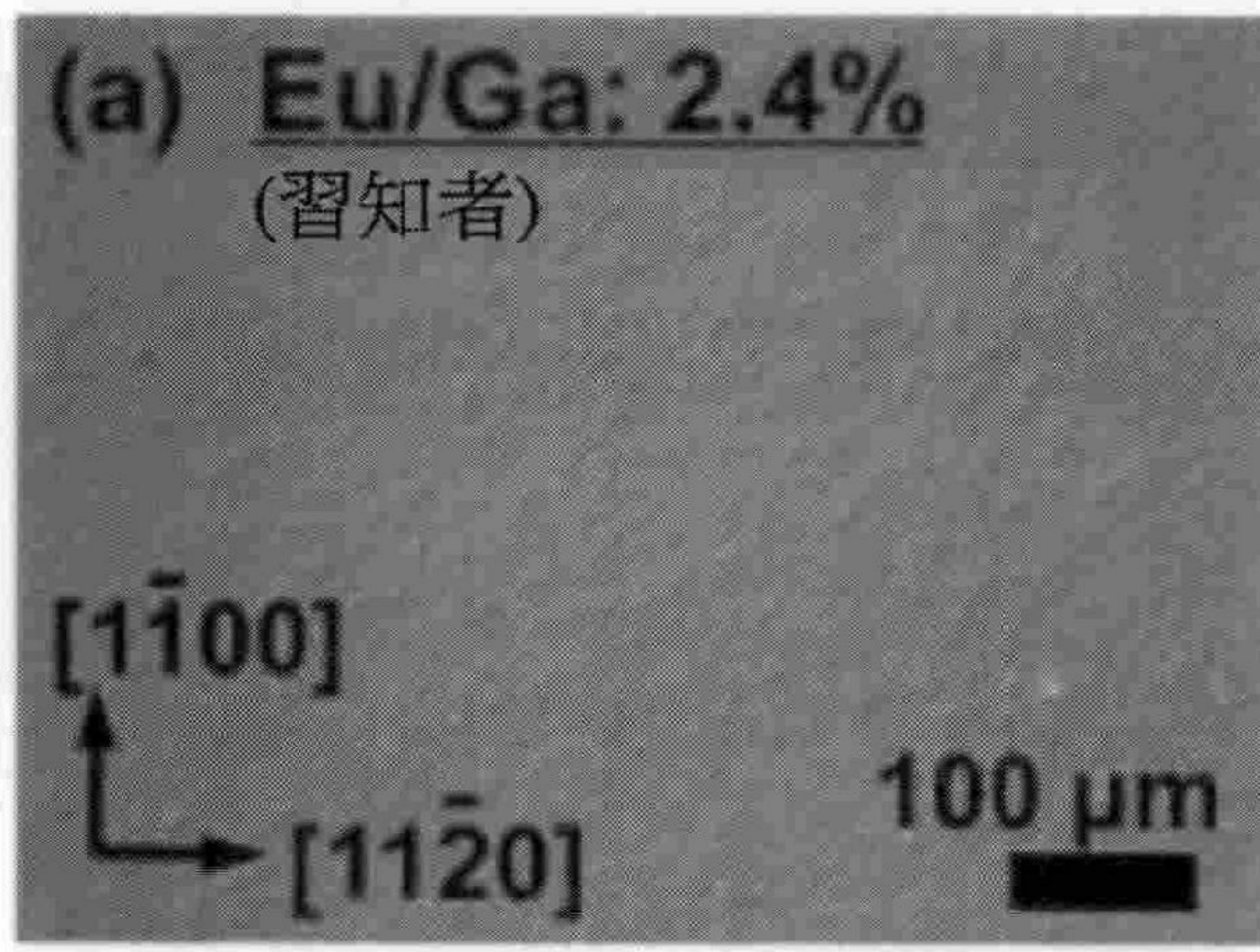
【第8圖】



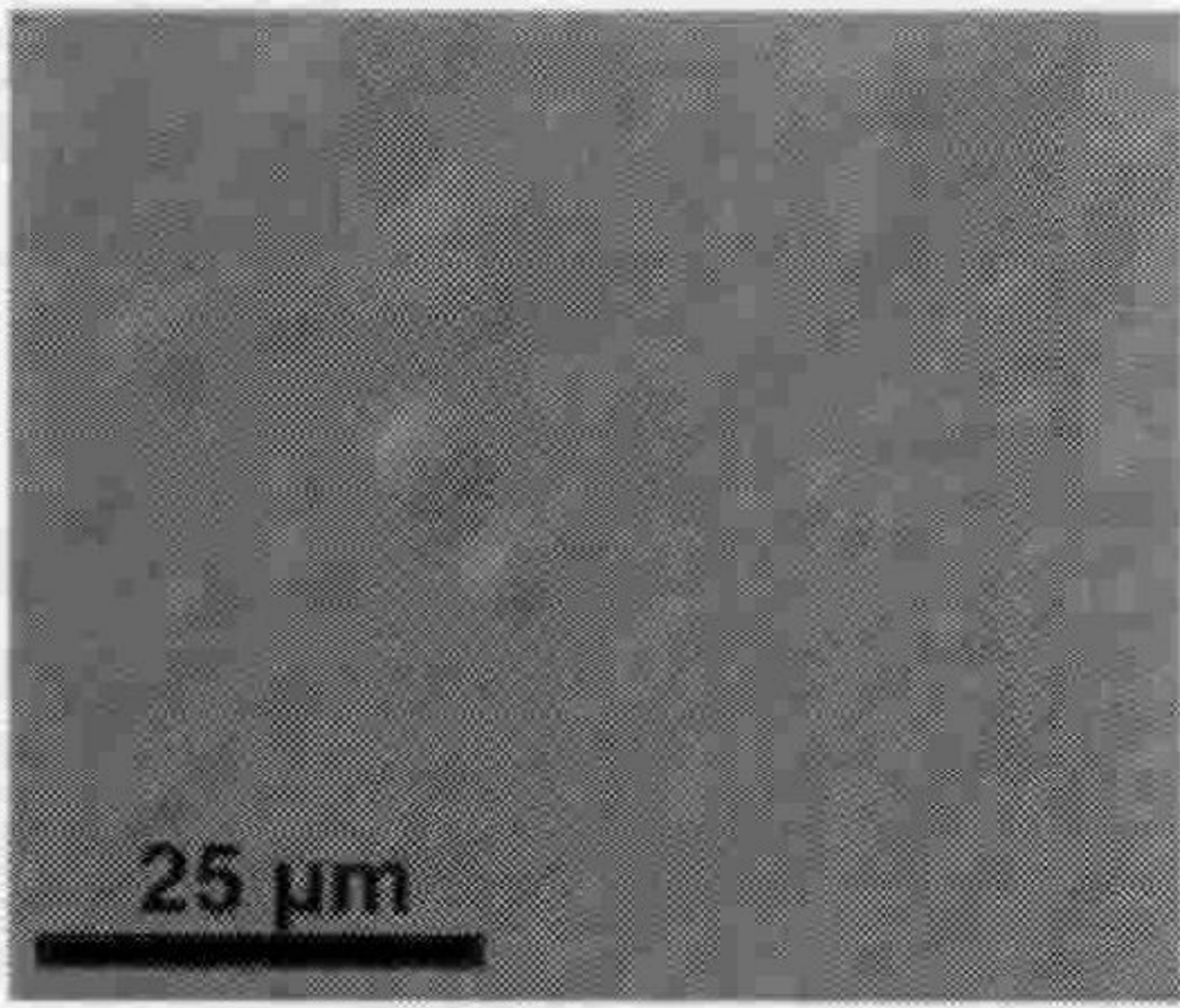
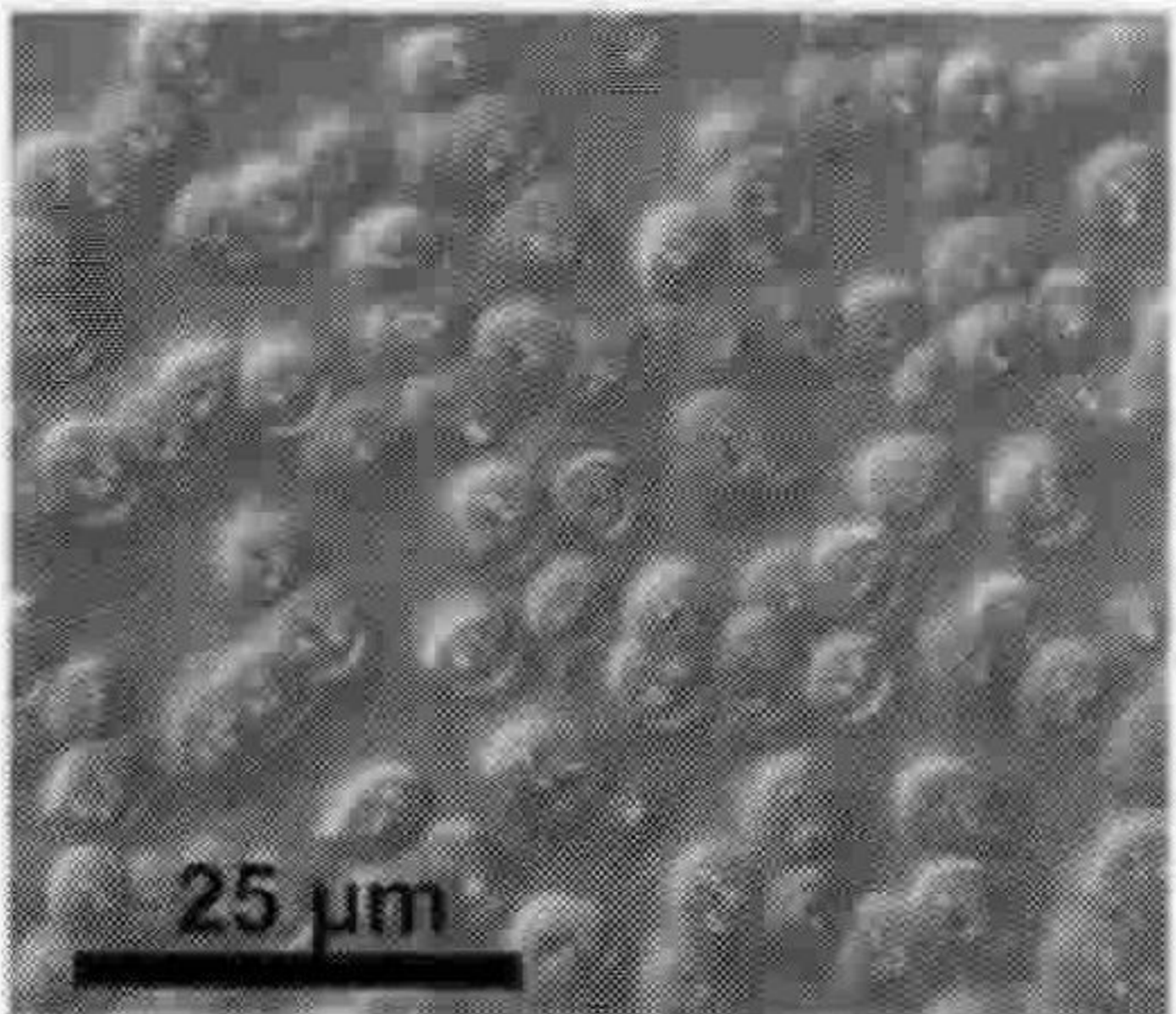
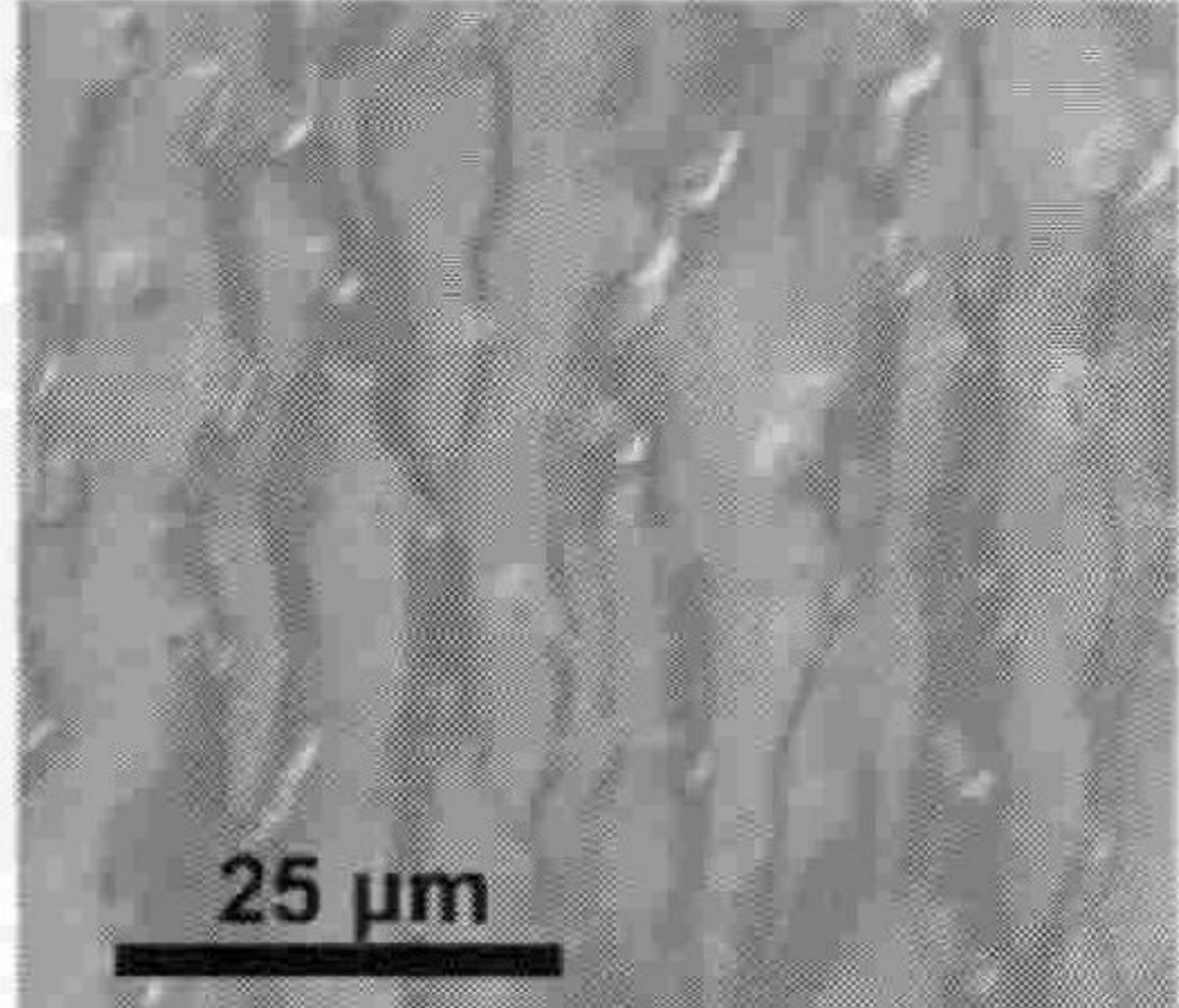
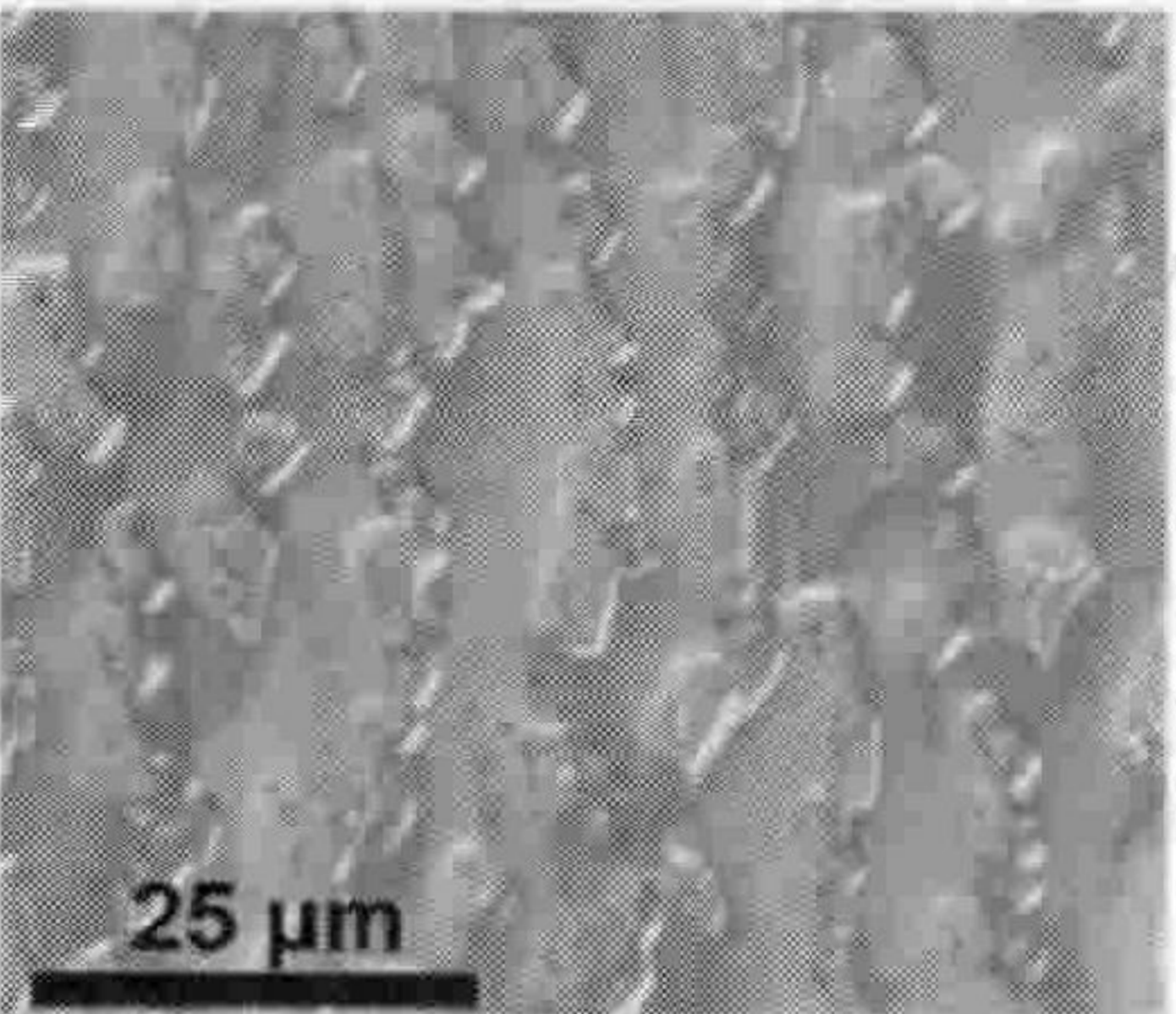
【第9圖】



【第10圖】



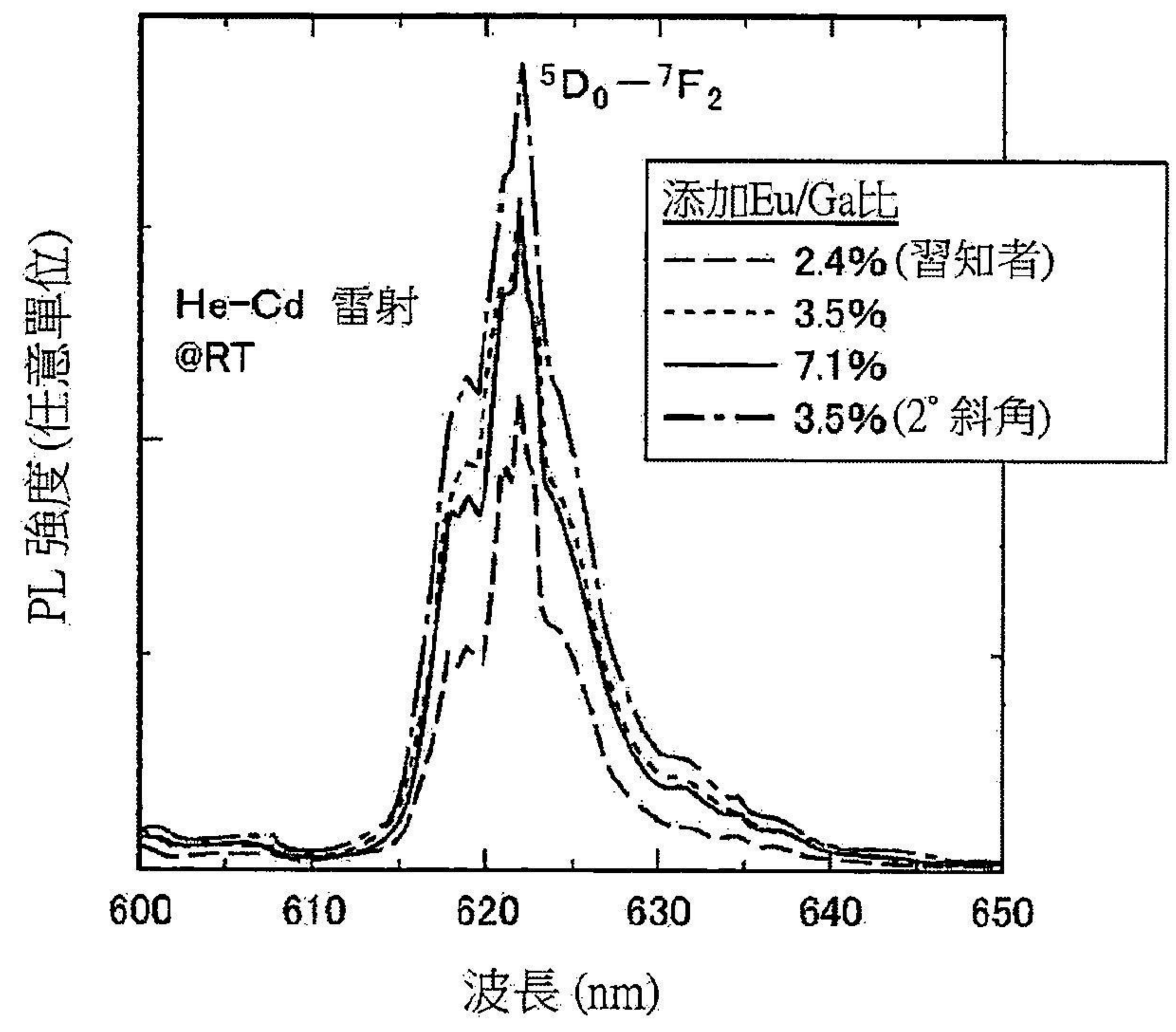
【第11圖】

	<u>Eu/Ga比 : 3.5%</u>	<u>Eu/Ga比 : 7.1%</u>
正軸基板		
斜角傾斜基板 (2°斜角)		

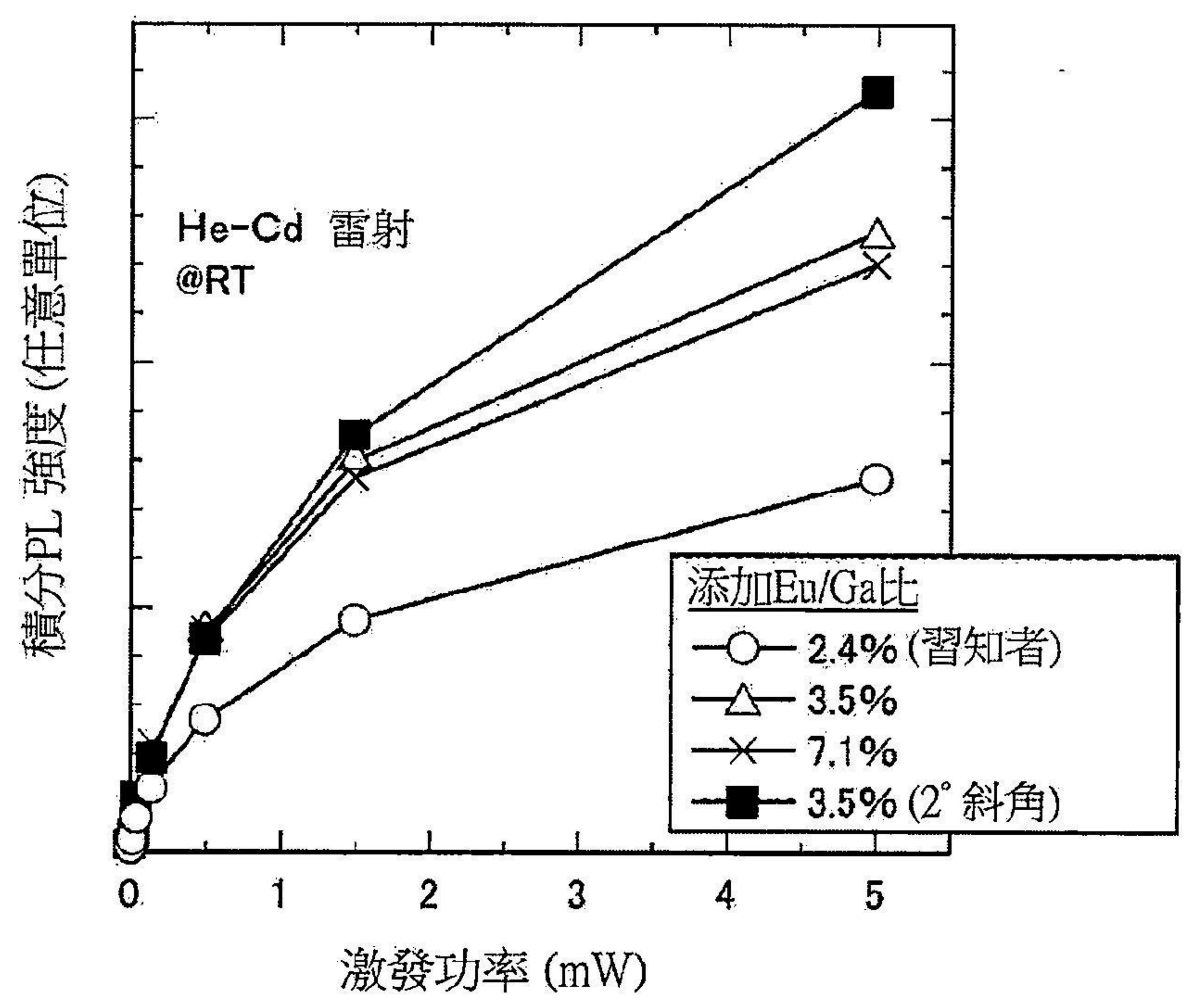
【第12圖】



(a)



(b)



【第13圖】