公告本

申請日期	89.6.20
案號	89112997
類別	H01L 21/205

（以上各欄由本局填註）

A4
C4

486744

發明 ~~新型~~ 專利說明書

一、發明 ~~新型~~ 名稱	中文	III-V族氮化物半導體之成長方法及氣相成長裝置
	日文	III-V族窒化物半導体の成長方法および気相成長装置
二、發明 ~~創作~~ 人	姓名	1.弘田 龍 2.龍見 雅美
	國籍	1.2.皆日本
	住、居所	1.日本國大阪府大阪市此花區島屋一丁目1番3號 住友電氣工業股份有限公司大阪製作所內 2.日本國大阪府大阪市此花區島屋一丁目1番3號 住友電氣工業股份有限公司大阪製作所內
三、申請人	姓名（名稱）	住友電氣工業股份有限公司
	國籍	日本
	住、居所（事務所）	日本國大阪府大阪市中央區北濱四丁目5番33號
	代表人姓名	岡山 紀男

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

裝 訂 線

（由本局填寫）

承辦人代碼：	A6 B6
大　　類：	
ＩＰＣ分類：	

本案已向：

國（地區）	申請專利，申請日期：	案號：	，□有　□無主張優先權
日本	1999年06月30日	特願平11-186012	☑有　□無　主張優先權

有關微生物已寄存於：　　，寄存日期：　　，寄存號碼：

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄）

裝　訂　線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

五、發明說明（1）

發明背景

發明領域

本發明係關於氮化鎵等III-V族氮化物半導體之成長方法及氣相成長裝置。

先行技藝中首度由GaN製得III-V族氮化物半導體之成長方法，習知如特開平10-215000號公報所揭示之混合氣相成長法(HVPE法)，及特開昭61-179527號公報等所揭示之有機金屬氣相成長法(OMVPE法)。

利用混合氣相成長法以成長氮化鎵(GaN)之場合，係在配置有收納鎵(Ga)之容器之反應室內，持續導入(1).供作氮(N)原料氣體之氨氣(NH_3)，(2).供生成氯化鈣(GaCl)之氯化氫(HCl)，及(3).持續導入供作承載氣體之氫氣(H_2)。然後使藉HCl和Ga反應所生成之GaCl與NH_3反應，而在種結晶上成長氮化鎵(GaN)。因爲藉此方法可持續供給多量原料氣體至反應室內，故與採用不自外部供給原料之所謂閉管法之場合相比較，可試圖提高反應速度。

藉有機金屬氣相成長法成長氮化鎵(GaN)之場合，在反應室內同時導入1.供作原料氣體之三甲基鎵(TMG)等有機金屬、2.氨氣(NH_3)，導入供作承載氣體之氫氣或氮氣。然後，使TMG及NH_3反應，而在種結晶上成長氮化鎵(GaN)。因爲藉此方法可使原料全部以氣體之形式導入反應室內，與混合 氣相成長法相比較，可實施膜厚之精密控制。

發明概要

然而，在上述先行技術之混合 氣相成長法或有機金屬氣

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（2）

相成長法中，存在下述之問題。即藉混合 氣相成長法及有機金屬氣相成長法以成長GaN等III-V族化合物半導體時，因爲非III-V族化合物半導體成份之氣氣、氫氣以HCl、NH_3、氫氣等方式滯留於反應室內，而有必要將此等物質自排出口排出反應室之外部。即在混合 氣相成長法及有機金屬氣相成長法中適用所謂開管法。因此大部份對成長無貢獻之原料予以捨棄，而呈現原料回收率太差之問題。另外，捨棄大量之HCl、NH_3、氫氣等，必須有大規模之除害設備而導致成本提高。即此等方法不適用於低成本之單結晶製作。

另外，藉所謂閉管法，因爲無法將副生成物排出至外部，原料回收率比較於混合 氣相成長法及有機金屬氣相成長法並無較低。但是，近年來在III-V族化合物半導體之製造領域中，雖然期望提高成長速度，然而因爲在無法自外部供給原料氣體之閉管法中，原料氣體之輸送料較少，而無法預期提高成長速度。

本發明之目的係有鑑於上述狀況，提供原料回收率高，成長速度快之III-V族氮化物半導體之成長方法及氣相成長裝置。

本發明係一種在反應室內使配置於種結晶上之III-V族氮化物半導體成長之III-V族氮化物半導體之成長方法，其特徵爲在反應室內將連續導入之氮氣以電漿 激發，同時使配置在反應室內之III族元素蒸發，使電漿激發之氮氣與蒸發之III族元素反應而在種結晶上成長III-V族氮化物半導體。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

五、發明說明（3）

藉本發明所相關之III-V族氮化物半導體之成長方法，將導入反應室內之氮氣(N_2)激發呈電漿狀態，另外在反應室內蒸發諸如鎵(Ga)等III族(3B族)元素。因此電漿激發之氮氣與蒸發之III族元素反應，而可在種結晶上成長諸如氮化鎵(GaN)等III-V族氮化物半導體。此處，在本發明中因爲氮氣係呈激發之電漿狀態，比氮氣呈大分子狀態時之相同原子間之鍵結力更易於與III族元素反應，另外，因爲不同於採用閉管法之方式，而可逐次將氮氣導入反應室，故可提高III-V族氮化物半導體之成長速度。另外，在本發明中供成長III-V族氮化物半導體所採用之物質僅爲III族元素及氮氣，此III族元素及氮氣完全貢獻於III-V族氮化物半導體之成長。即III-V族氮化物半導體在成長時不會發生副生成物，而無將反應室內氣體排出外部之必要性，可預期提高原料回收率。

又在本發明中，係在兩個電極之間交互施加正負之脈衝電壓，較佳爲在各電極之間以電漿激發氮氣。

在此場合，因爲係在電極之間施加正負之脈衝電壓，各脈衝間之鋸齒狀間欠信號，與施加連續正弦波高頻之場合相比較，不會產生日暈狀放電之放電現象而易於使氮氣呈電漿激發。

本發明所關聯之其它III-V族氮化物半導體之成長方法係一種在反應室內使配置於種結晶上之III-V族氮化物半導體成長之III-V族氮化物半導體之成長方法，其特徵爲在反應室內以電漿激發連續導入之氮氣而與反應室內之氫氣反應

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（4）

而生成氮之氫化物，該氮之氫化物與在反應室內蒸發之III族元素反應而在種結晶上長成爲III-V族氮化物半導體之後，在成長III-V族氮化物半導體時所生成之氫氣，與連續導入反應管內之氮氣，藉電漿激發反應而生成氮之氫化物。

藉本發明所相關之III-V族氮化物半導體之成長方法，將連續導入反應室內之氮氣激發成電漿而與反應室內之氫氣反應生成NH、NH_2、NH_3等氮之氫化物。另外在反應室內蒸發諸如鎵等III族元素。因此氮之氫化物與蒸發之III族元素反應，而在種結晶上成長氮化鎵等III-V族氮化物半導體。此處，在本發明中因爲氮氣係與擴散至供作種結晶之NH_X(X=1~3)等氫化物附近之III族元素反應，比氮氣呈大分子狀態時之相同原子間之鍵結力更易於與III族元素反應，另外，因爲不同於採用閉管法之方式，而可逐次將相等於反應量之氮氣導入反應室，故可提高III-V族氮化物半導體之成長速度。

另外，藉氮之氫化物與III族元素之反應以成長III-V族氮化物半導體時，會產生非III-V族氮化物半導體之成份。故此氫氣與導入反應室內之氮氣之電漿激發反應再度產生NH等之氮氫化物。然後，所得之氮氫化物與蒸發之III族元素反應，而可在種結晶上成長氮化鎵等III-V族氮化物半導體。即在本發明中因爲非III-V族氮化物半導體成份之氫氣在反應室內可多次循環利用，而無將反應室內氣體排出外部之必要性，可預期提高原料回收率。

又在本發明中，係在兩個電極之間交互施加正負之脈衝

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

五、發明說明（5）

電壓，較佳爲在各電極之間使氮氣與氫氣實施電漿激發反應。

在此場合，因爲係在電極之間施加正負之脈衝電壓，各脈衝間之鋸齒狀間欠信號，與施加連續正弦波高頻 之場合相比較，不會產生日暈狀放電之放電現象而易於使氮氣與氫氣藉電漿激發而反應。

另外，本發明所關聯之另一種III-V族氮化物半導體之成長方法係一種在反應室內使配置於種結晶上之III-V族氮化物半導體成長之III-V族氮化物半導體之成長方法，其特徵爲將配置在反應室內之III族元素與鹵素分子或鹵化物反應而生成III族元素鹵化物，且使該III族元素之鹵化物與以電漿激發之氮氣反應而在種結晶上長成III-V族氮化物半導體之後，使長成III-V族氮化物半導體時所生成之鹵素分子或鹵化物，與配置在反應室內之III族元素反應而生成III族元素之鹵化物。

藉本發明所關聯之III-V族氮化物半導體之成長方法，將導入反應室內之氮氣激發呈電漿狀態，另外使配置在反應室內之鎵等III族元素與Cl_2等鹵素分子或鹵化物反應生成氯化鎵(GaCl)等III族元素之鹵化物。因此電漿激發之氮氣與III族元素之鹵化物反應，而可在種結晶上成長諸如氮化鎵(GaN)等III-V族氮化物半導體。此處，因爲氮氣係呈激發之電漿狀態，比氮氣呈大分子狀態時之相同原子間之鍵結力更易於與III族元素反應，另外，因爲不同於採用閉管法之方式，而可逐次將氮氣導入反應室中，故可提高III-V族氮

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（6）

化物半導體之成長速度。另外，因爲鎵等III族元素被輸送至供作種結晶之高平衡蒸氣壓GaCl等鹵化物附近，比蒸發III族元素到達種結晶附近時之輸送速度變快，可使III-V族氮化物半導體之成長速度變快。

另外，藉使電漿激發之氮氣與III族元素鹵化物之反應以成長III-V族氮化物半導體時，會產生非III-V族氮化物半導體之鹵成份之鹵素分子或鹵化物。故此鹵素分子或鹵化物與配置在反應室內之鎵等III族元素反應，再度產生III族元素之鹵化物。然後，所得之III族元素與電漿激發之氮氣反應，而可在種結晶上成長III-V族氮化物半導體。即在本發明中因爲非III-V族氮化物半導體成份之鹵素在反應室內可多次循環利用，而無將反應室內氣體排出外部之必要性，預期可提高原料回收率。

又在本發明中，係在兩個電極之間交互施加正負之脈衝電壓，較佳爲在各電極之間使氮氣呈電漿激發狀態。

在此場合，因爲係在電極之間施加正負之脈衝電壓，各脈衝間之鋸齒間欠信號，與施加連續正弦波高頻 之場合相比較，不會產生日暈狀放電之放電現象而易於使氮氣呈電漿激發。

本發明所關聯之另一種III-V族氮化物半導體之成長方法係一種在反應室內使配置於種結晶上之III-V族氮化物半導體成長之III-V族氮化物半導體之成長方法，其特徵爲將導入反應室內之氮氣及反應室內之氫氣藉電漿激發反應而生成氮氫化物，同時將配置在反應室內之III族元素與鹵素分

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

五、發明說明（7）

子或鹵化物反應而生成III族元素之鹵化物，且使氮氫化物與III族元素之鹵化物反應而在種結晶上長成III-V族氮化物半導體之後，使長成III-V族氮化物半導體時所生成之鹵素分子或鹵化物，與配置在反應室內之III族元素反應而生成III族元素之鹵化物，且使成長III族氮化物半導體時所生成之氫氣與氮氣藉電漿激發而反應生成氮氫化物。

藉本發明所相關之III-V族氮化物半導體之成長方法，將導入反應室內之氮氣與反應室內之氫氣激發成電漿而反應生成NH、NH_2、NH_3等氮氫化物。同時將配置在反應室內之III族元素與Cl_2等鹵素分子或HCl等鹵化物反應而生成GaCl等III族元素之鹵化物。然後，使氮氫化物與III族元素之鹵化物反應，而可在種結晶上長成諸如氮化鎵等之III-V族氮化物半導體。

此處，因爲氮氣係與擴散至供作種結晶之氫化物附近之III族元素反應，比氮氣呈大分子狀態時之相同原子間之鍵結力更易於與III族元素反應，另外，因爲不同於採用閉管法之方式，而可將相等於反應量之氮氣逐次導入反應室中，故可提高III-V族氮化物半導體之成長速度。另外，因爲鎵等III族元素被輸送至供作種結晶之高平衡蒸氣壓GaCl等鹵化物附近，輸送速度變快，與蒸發III族元素到達種結晶附近之場合相比可使III-V族氮化物半導體之成長速度變快。

另外，藉使氮氫化物與III族元素鹵化物反應以成長III-V族氮化物半導體時，會產生非III-V族氮化物半導體成份之氫氣，同時產生鹵成份之鹵素分子或鹵化物。然後藉此氫

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

五、發明說明（8）

氣與導入反應管內之氮氣之電漿激發反應再度產生氮氫化物，同時鹵素分子或鹵化物與配置在反應室內之鎵等III族元素反應，再度產生III族元素之鹵化物。然後，如此生成之氮氫化物與III族元素之鹵化物反應，而可在種結晶上成長III-V族氮化物半導體。即在本發明中因爲非III-V族氮化物半導體成份之氫氣與鹵素在反應室內可多次循環利用，而無將反應室內氣體排出外部之必要性，預期可提高原料回收率。

又在本發明中，係在兩個電極之間交互施加正負之脈衝電壓，較佳爲在各電極之間使氮氣與氫氣實施電漿激發反應。

在此場合，因爲係在電極之間施加正負之脈衝電壓，各脈衝間之鋸齒狀間欠信號，與施加連續正弦波高頻 之場合相比較，不會產生日暈狀放電之放電現象而易於使氮氣與氫氣藉電漿激發而反應。

另外，在上述本發明之III-V族氮化物半導體之成長方法中，較佳爲反應室內之全壓約略保持爲一定之下，將氮氣導入反應室內。

此場合中，即使伴隨III-V族氮化物半導體成長時反應室內之分壓下降，因爲此可藉將氮氣導入反應室予以彌補，可使III-V族氮化物半導體在安定之下成長。

另外，本發明係一種成長III-V族氮化物半導體之氣相成長裝置其特徵爲將收納III族元素之收納容器配置於其內部，且同時具備具有供導入氮氣之導入口之反應室，及以電

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

五、發明說明（9）

漿激發經由導入口導入之氮氣之激發方法，及對配置於反應室中之種結晶及收納容器加熱之加熱方法，在種結晶上長成III-V族氮化物半導體時，自導入口導入氮氣，而反應室內之氣體不排出反應室之外部。

藉本發明所關聯之氣相成長裝置，自導入口導入之氮氣藉激發方法激發成電漿狀態。另外，收納於收納容器之鎵等III族元素藉加熱方法予以蒸發。然後呈電漿狀態之氮氣與III族元素反應，而可在種結晶上成長諸如氮化鎵等III-V族氮化物半導體。此處，在本發明中，因為氮氣係呈激發之電漿狀態，比氮氣呈大分子狀態時之相同原子間之鍵結力更易於與III族元素反應，另外，因為不同於採用閉管法之方式，而可逐次將氮氣逐次導入反應室中，故可提高III-V族氮化物半導體之成長速度。另外，在本發明之成長方法中所採用之材料，因僅為III-V族氮化物半導體成份之III族元素及氮氣，預期可提高原料回收率。另外在本發明中，III-V族氮化物半導體成長時雖然未將反應室內氣體排出外部，因為在成長中導入反應室內之氮氣全部使用於GaN之成長，在反應室內並無滯留對GaN之成長無貢獻度之氣體。

另外，在本發明所關聯之成長裝置中III-V族氮化物半導體成長之時，自導入口僅導入選定量之氫氣及鹵素(Cl_2等鹵素分子或HCl等鹵化物)亦佳。在此場合，使自導入口導入反應室內之氮氣藉激發方法激發成電漿，然後與氫氣反應生成NH、NH_2、NH_3等氮氫化物。收納於收納容器中之III族元素與鹵素分子或鹵化物反應而生成GaCl等III族元素之

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（10）

鹵化物。然後，使氮氫化物與III族元素之鹵化物反應，而可在種結晶上長成諸如氮化鎵等之III-V族氮化物半導體。

此處，因爲氮氣係與擴散至供作種結晶之NH等氫化物附近之III族元素反應，比氮氣呈大分子狀態時之相同原子間之鍵結力更易於與III族元素反應，另外，因爲不同於採用閉管法之方式，III-V族氮化物半導體成長之時，可將相等於反應量之氮氣導入反應室中，故可提高成長速度。另外，因爲鎵等III族元素被輸送至供作種結晶之GaCl等鹵化物附近，與蒸發III族元素到達種結晶附近之場合相比可使III-V族氮化物半導體之成長速度變快。

另外，藉使氮氫化物與III族元素之鹵化物反應以成長III-V族氮化物半導體時，會產生非III-V族氮化物半導體成份之氫氣，及鹵素成份之鹵素分子或鹵化物。此等氫氣及鹵素分子或鹵化物在成長III-V族氮化物半導體之時，不必排出至反應室外部。然後氫氣與氮氣藉電漿激發反應，再度產生氮氫化物，同時鹵素分子或鹵化物與配置在反應室內之鎵等III族元素反應，再度產生III族元素之鹵化物。然後，如此生成之氮氫化物與III族元素之鹵化物反應，而可在種結晶上成長III-V族氮化物半導體。即因爲非III-V族氮化物半導體成份之氫氣與鹵素在反應室內可多次循環利用，預期可提高原料回收率。

又在本發明之氣相成長裝置中，激發方法較佳係具有兩個電極，及在該兩個電極之間交互施加正負之脈衝電壓之高頻　電源。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

五、發明說明（11）

在此場合，因爲係在電極之間施加正負之脈衝電壓，各脈衝間之鋸齒狀間欠信號，與施加連續正弦波高頻 之場合相比較，不會產生日暈狀放電之放電現象而易於使氮氣被電漿激發。

圖式之簡單說明

圖1係本發明之III-V族氮化物半導體之成長方法及氣相成長裝置之第1實施模式之說明圖。

圖2係供說明本發明之III-V族氮化物半導體之成長方法之第2實施模式所採用之圖示。

圖3係供說明本發明之III-V族氮化物半導體之成長方法之第3實施模式所採用之圖示。

圖4係供說明本發明之III-V族氮化物半導體之成長方法之第4實施模式所採用之圖示。

圖5係供說明本發明之III-V族氮化物半導體之成長方法之第5實施模式所採用之圖示。

圖6係藉圖5所示之高頻 電源在電極間施加電壓之示意圖。

圖7係第5實施模式之第1變化實例之示意圖。

圖8係第5實施模式之第2變化實例之示意圖。

圖9係第5實施模式之第3變化實例之示意圖。

較佳具體例之說明

以下，參考所附之圖面，就本發明之III-V族氮化物半導體之成長方法及III-V族氮化物半導體之成長裝置之適當實施模式予以詳細說明。另外，相同之元件採用相同之符號

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

五、發明說明（12）

，故省略重複之說明。

[第1實施模式]

圖1係在本實施模式中成長III-V族氮化物半導體之氣相成長裝置1之示意圖。本實施模式之氣相成長裝置1係供使用於在石英製反應管(反應室)3內以種結晶支持台5支撐之藍寶石製得之種結晶10上，以成長氮化鎵(GaN)III-V族氮化物半導體之物件。如同一圖所示，在反應管3之上面，形成具有導入氮氣之導入口7之導入孔9，而在反應管3之內部配置有收納鎵(Ga)之III族(3B族)元素之收納容器11。另外在反應管3之周圍，配置有對收納容器11內之鎵、種結晶10之附近、及反應管3加熱之加熱器13。另外，爲了使種結晶10之直徑方向之溫度均勻性提高，反應管3製成直立爐。所以，反應管3之結構係考慮僅透過導入口7與外部之氣體相流通。

另外，在氣相成長裝置1中，具備有將流入導入孔9之氮氣激發成電漿狀態之激發裝置15。激發裝置15，係由產生2.45GHz頻率之微波之發振器17，及將源自發振器17之微波引進內部之導波管19所構成，爲了將微波導入導入孔9，導入孔9將導波管19予以貫通。

另外，在氣相成長裝置1中，在具備測定內部壓力之壓力計21下，及在省略圖示之控制裝置之控制下，對應於藉壓力計21所測定得之反應管3內壓力之氮氣流量，經由導入孔9被導入反應管3之內。

接著參考圖1說明利用氣相成長裝置1以成長GaN之方法。

自導入孔9導入氮氣之，首先啓動加熱器13，在種結晶10

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（13）

附近之溫度達約1000℃時，Ga之收納容器11之溫度達約1100℃。藉此，收納容器11內之Ga被蒸發。另外，啓動發振器17以產生2.45GHz頻率之微波，此微波在導入管19內爲長駐波。

接著自導入口7，在全壓約10Pa~約4000Pa下，開始將換算爲標準狀態氣體之流量約爲$1x10^{-3}$升/分鐘之氮氣導入反應管3之內。氮氣持續供給入反應管3之內直到GaN成長完了。另外，通過導入孔9之氮氣，在導波管19內藉行進微波予以激發成電漿狀態。呈電漿狀態之氮氣，雖然呈現原子狀、分子狀等各種狀態，在以下本文中，爲方便之計總稱彼等爲氮氣電漿。另外，僅就氮氣電漿中之N^*(氮氣自由基)予以圖示，而N_2^+、N_2^-等離子狀電漿之圖示則省略。

被蒸發之Ga及氮氣電漿係各自到達擴散之種結晶10之附近，兩者反應而可在種結晶10之上成長GaN層20。又，雖然伴隨GaN層20之成長反應管3內之氮氣之分壓呈下降，針對此之補償，因爲根據壓力計21之壓力數據於圖示中省略之控制裝置會將一定流量之氮氣導入導入孔9，而可使反應管3內之全壓維持於約略一定。因此，可使GaN層20安定的成長。另外，因爲反應管3係藉加熱器13予以加熱，GaN不會在反應管3之內壁面成長，而可在種結晶10之上成長。

此處，在本發明之實施模式中，因爲反應管3內之氮氣被激發成高反應性之電漿狀態，比氮氣呈大分子(N_2)狀態時之相同原子間之鍵結力更易於與Ga反應，另外，因爲不同於採用閉管法之方式，而可逐次將氮氣導入反應管3中，故可

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（14）

提高GaN層20之成長速度。另外，藉本發明人等之實驗，雖然在氮氣未激發成電漿狀態之場合GaN層之成長速度爲每小時1微米以下，利用本實施模式之方法，成長速度明顯達到每小時約100微米。又在本實施模式中因爲僅採用GaN層20之成份Ga及氮氣作爲GaN之材料，如同混合氣相成長法及有機金屬氣相成長法所採用之開管法，無必要將反應管3內之氣體排出至外部，預期可提高原料回收率。另外，在本發明人等之實驗中，導入反應管3內之氮氣幾乎貢獻於結晶之成長，原料之回收率達80%以上。

以如上述所成長之GaN作爲基材將AlGaN層、InGaN層予以積層，可製得藍色LED等，另外，在此藍色LED之晶粒表面塗覆YAG類螢光體，而可實現白色LED。

[第2實施模式]

接著參考圖2，係供說明本發明之III-V族氮化物半導體之成長方法之第2實施模式。

利用本實施模式之成長方法成長GaN層20時，首先經由導入孔9開始將氮氣(N_2)導入反應管3之內，接著，將定量之氫氣(H_2)導入。氮氣則持續供給入反應管3之內至GaN成長終了。然後，與第1實施模式相同，將收納容器11內之Ga蒸發，同時將經由導入口7導入之氮氣激發 成氮氣電漿。完成後，如圖2所示使氮氣電漿與氫氣反應而生成NH_X(X=1、2、3)、其離子、及此等之電漿狀態物質。以下將此等記爲NH_X。另外，因反應管3內之氫氣流入導入口中，而呈現電漿狀態之場合，在本實施模式之「氮氣電漿與氫氣反應」

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（15）

中，其意義爲包含如此所生成之氫氣電漿與氮氣電漿反應之場合。

然後到達種結晶10附近之NH_X與蒸發之Ga反應，而在種結晶10上成長GaN層20。此處，在本實施模式中，因爲氮氣與供作氫化物之種結晶10之擴散流動之Ga反應，比氮氣呈大分子(N_2)狀態時之相同原子間之鍵結力更易於與Ga反應，另外，因爲不同於採用閉管法之方式，而可逐次將氮氣導入反應管3中，故可提高GaN層20之成長速度。實際上，在實施以氫導入量爲反應管3內全部氣體之30%之實驗時，GaN層20之成長速度約爲每小時150微米。

另外，在藉NH_X與Ga之反應以成長GaN層20之時，產生非GaN成份之氫氣(H_2)。因爲在本實施模式之氣相成長裝置1中未配置排出口，故此氫氣不會排出至外部。所以，此氫氣(H_2)與經由導入孔9供給至反應管3內之新鮮氮氣電漿反應，進而生成氮之氫化物及其離子。然後，依此生成之NH_X與蒸發之Ga反應而生成GaN，進而可使種結晶10上之GaN層20變厚。即在本實施模式中，因爲在反應管3內之非GaN成份之氫氣(H_2)可重覆循環利用，反應管3內之氣體無排出至外部之必要，預期可提高原料回收率。實際上，利用本實施模式之方法，在成長GaN層時，原料之回收率達80%以上。

另外，雖然成長GaN層20時會伴隨使反應管3內之氮氣分壓低下，與第1實施模式相同者，因爲補償此之省略圖示之控制裝置根據來自壓力計21之壓力數據以決定導入導入孔9

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（16）

之氮氣之流量，故可維持反應管3內之全壓大致爲一定。因此可使GaN層20穩定地成長。

[第3實施模式]

接著參考圖3，說明本發明之III-V族氮化物半導體之成長方法之第3實施模式。在本實施模式中，採用與上述各實施模式相同之氣相成長裝置1。

首先，自導入口7導入激發氮氣所形成之氮氣電漿，同時啓動加熱器13以蒸發Ga。氮氣持續供給入反應管3之內直到GaN成長完了。接著，僅將分壓爲10Pa~500Pa之定量氯化氫(HCl)鹵化物自導入口7導入反應管3之內。然後，在分壓之影響下，流入反應管3底部之HCl與收納容器11內之Ga反應，生成III族元素之鹵化物氯化鎵(GaCl)及氫氣(H_2)。另外，GaCl及H_2藉收納容器11附近及種結晶10附近之蒸氣壓差到達種結晶10。然後，上述氮氣電漿與GaCl反應而在種結晶10上成長爲III-V族氮化物半導體之GaN層20。

此處，在本實施模式中，因爲氮氣被激發成電漿狀態，比氮氣呈大分子(N_2)狀態時之相同原子間之鍵結力更易於與Ga反應，另外，因爲不同於採用閉管法之方式，而可逐次將氮氣導入反應管3中，故可提高GaN層20之成長速度。另外，因爲Ga被輸送至供作高平衡蒸氣壓鹵化物GaCl之種結晶10附近，如同第1實施模式及第2實施模式，輸送速度較將Ga蒸發至種結晶10附近之場合更快速，可加速GaN層20之成長速度。實際上，在實施以HCl導入量爲反應管3內全部氣體之10%之實驗時，GaN層20之成長速度約爲每小時

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝 訂 線

本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（17）

160微米。

另外，在藉氮氣電漿與GaCl之反應以成長GaN層20之時，所產生非GaN成份之鹵素(Cl)與自導入口7導入之氫氣(H_2)或生成GaCl時同時所產生之氫氣(H_2)反應，而生成化氫(HCl)。又氯不與氫氣反應時亦會生成鹵素分子(Cl_2)。因爲在本實施模式之氣相成長裝置1中未配置排出口，故此HCl及Cl_2不會排出至外部。所以，此氯化氫(HCl)或氯氣(Cl_2)與配置於反應管3內之Ga反應，進而生成GaCl。然後，此GaCl與氮氣電漿反應，進而可使種結晶10上之GaN層20變厚。即在本實施模式中，因爲在反應管3內之非GaN成份之鹵素(Cl)可被重覆循環利用，反應管3內之氣體無排出至外部之必要，預期可提高原料回收率。

另外，在本實施模式中，反應管3內所循環之鹵素，除Cl外，使用Br、I亦佳。又，在反應管3內取代導入氯化氫(HCl)時，以導入鹵素分子之氯氣(Cl_2)、溴氣(Br_2)、碘(I_2)亦佳。

另外，雖然成長GaN層20時會伴隨使反應管3內之氮氣分壓低下，與第1實施模式相同者，因爲補償此之省略圖示之控制裝置，根據來自壓力計21之壓力數據以決定導入導入孔9之氮氣之流量，故可維持反應管3內之全壓大致爲一定。因此可使GaN層20穩定地成長。

[第4實施模式]

接著參考圖4，說明本發明之III-V族氮化物半導體之成長方法之第4實施模式。在本實施模式中，採用與上述各實施

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（18）

模式相同之氣相成長裝置1。

藉本實施模式之成長方法，在成長GaN層20時，首先，經由導入口9開始將氮氣(N_2)導入反應管3之內，接著，如同第3實施模式將定量之氯化氫(HCl)及氫氣(H_2)導入。氮氣則持續供給入反應管3之內至GaN成長終了。然後，將收納容器11內之Ga蒸發，同時將經由導入口7導入之氮氣激發 成氮氣電漿。完成後，如圖4所示使氮氣電漿與氫氣反應而生成NH_X。另外，在分壓之影響下，流入反應管3底部之HCl與收納容器11內之Ga反應，生成III族元素鹵化物之氯化鎵(GaCl)及氫氣(H_2)(此時氫氣之流向於圖示中予以省略)。

如上述所生成之GaCl及NH_X藉收納容器11附近及種結晶10附近之蒸氣壓差到達種結晶10。然後，在GaCl與NH_X之反應下，於種結晶10上成長爲III-V族氮化物半導體之GaN層20。

此處，在本實施模式中，因爲氮氣以氫化物NH_X之方式與在種結晶10附近流動之Ga反應，而比氮氣呈大分子(N_2)狀態時之相同原子間之鍵結力更易於與鎵反應，另外，因爲不同於採用閉管法之方式，而可逐次將氮氣導入反應管3中，故可提高GaN層20之成長速度。另外，因爲Ga被輸送至供作高平衡蒸氣壓鹵化物GaCl之種結晶10附近，輸送速度較將Ga蒸發至種結晶10附近之場合更快速，可加速GaN層20之成長速度。實際上，在實施對應於反應管3內全部氣體以氫氣導入量爲50%及HCl導入量爲10%之實驗時，GaN層20之成長速度約爲每小時200微米。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（19）

另外，在藉GaCl與NH_X之反應以成長GaN層20之時，會產生非GaN成份之氫氣(H_2)及鹵化物之氯化氫(HCl)。又氯不與氫氣反應時亦會生成鹵素分子(Cl_2)。因爲在本實施模式之氣相成長裝置1中未配置排出口，故此等H_2、HCl等不會排出至外部。所以，依此所生成之氫氣(H_2)與經由導入孔9供給至反應管3內之新鮮氮氣電漿反應，進而生成NH_X。另外，氯化氫(HCl)或氯氣(Cl_2)與收納於收納容器11內之Ga反應，進而生成GaCl。

然後，此再生成之GaCl與NH_X 反應，進而可使種結晶10上之GaN層20變厚。即在本實施模式中，因爲在反應管3內之非GaN成份之氫氣(H_2)及鹵素(Cl)可被重覆循環利用，反應管3內之氣體無排出至外部之必要，預期可提高原料回收率。實際上，利用本實施模式之方法，在成長GaN層時，原料之回收率達80%以上。

另外，在本實施模式中，如同第3實施模式，反應管3內所循環之鹵素，除Cl外，使用Br、I亦佳。又，在反應管3內取代導入氯化氫(HCl)時，以導入鹵素分子之氯氣(Cl_2)、溴氣(Br_2)、碘(I_2)亦佳。

另外，雖然成長GaN層20時會伴隨使反應管3內之氮氣分壓低下，與第1實施模式相同者，因爲補償此之省略圖示之控制裝置，根據來自壓力計21之壓力數據以決定導入導入孔9之氮氣之流量，故可維持反應管3內之全壓大致爲一定。因此可使GaN層20之單結晶化合格率提升而穩定地成長。

[第5實施模式]

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（20）

接著參考圖5，說明本發明之III-V族氮化物半導體之成長方法之第5實施模式。本實施模式與第1實施模式不同者係供激發氮氣成電漿狀態之激發裝置之結構。本實施模式之氣相成長裝置1之激發裝置35係具備圍繞於反應管23呈對向配置及呈彎曲平板形狀之2片電極30、30、及供施加高頻高電壓於此電極30、30間之高頻電源40。

在本實施模式所使用之反應管23約略呈圓柱形狀，在其上面中央位置，插入供將氮氣導入內部之導入管25。另外，在反應管23之下部周圍，配置與第1實施模式相同之加熱器13。且雖然省略圖示，在反應管23之內部配置有與第1實施模式相同之種結晶10及收納Ga之收納容器11(參考圖1)。

圖6係藉高頻電源40施加電壓於電極30、30間之示意圖。如同一圖所示，在電極30、30間，利用高頻電源40交互施加正負脈衝電壓。另外各脈衝間之鋸齒狀，即形成間欠信號。另外，觸發時間t_1及衰退時間t_2均比1.25微秒短，可在頻率1 kHz~100 kHz 之範圍調整壓。又，正脈衝電壓及負脈衝電壓各自爲+8 kv，-12 kv，正負脈衝信號爲非對稱性波形。

藉此結構在種結晶10上成長GaN層，首先在如同第1實施模式之相同條件下設定加熱器13之溫度以蒸發Ga，接著自導入管25將氮氣導入反應管23之內。氮氣則持續供給入反應管23之內至GaN成長終了。另外，自導入管25導入反應管23而到達電極30、30間之氮氣，藉利用高頻電源40所施加之高頻高電壓之激發，而形成氮氣電漿。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝 訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（21）

此處，在本實施模式中，與在電極間施加連續正弦波之高頻電壓之傳統技術不同者爲，因採用施加使各脈衝間呈TEETH之正負脈衝電壓之電源，而易於形成呈日暈狀放電現象之氮氣電漿。另外，因爲脈衝信號之觸發速度快速，對應於單位面積之電場強度變強而易於激發氮氣成氮氣電漿。

另外，因爲在電極30、30間放置之反應管23係石英而形成介電體，在電極30、30間可產生均勻之電場。藉此可防止異常放電，而可產生更穩定且更佳效果之電漿。

又就電漿放電技術而言，雖然採用傳統之在低壓下之惰性氣體，若使用本實施模式之高頻電源40，亦可在常壓下產生電漿。

另外，如同第1實施模式使用微波之場合，爲不使微波自導入孔9外漏而必需使導入孔9之尺寸變小。雖然反應管23之設計、製作時間長，在本實施模式中導入管25可製成預期之尺寸，而反應管23之設計、製作即變得容易。

又雖然電漿主要產生於電極30、30之間，與RF、ECR、微波等不易改變形狀之其它產生電漿之方法相比，本實施模式之激發裝置35，因爲可自由改變電極之形狀，而具有在預期配置種結晶位置之附近產生電漿之優點。

又，如以上所激發之氮氣電漿及蒸發之Ga，各自擴散到達種結晶10附近，兩者相反應後可在種結晶10上成長GaN層20。

接著，參考圖7~圖9，說明本實施模式之變化例。在圖7

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

五、發明說明（22）

所示之第1變化例中，在反應管23上面插入1支棒狀電極30a，在反應管23之上部周圍配置環狀電極30b，且棒狀電極30a及環狀電極30b以高頻電源40接續。另外，棒狀電極30a以介電材料50a予以披覆。此類結構如同第5實施模式，經由導入管25導入而到達棒狀電極30a及環狀電極30b間之氮氣可易於形成電漿。又因爲在棒狀電極30a及環狀電極30b之間配置有介電材料50a，在棒狀電極30a及環狀電極30b之間可產生均勻之電場。藉此可防止異常放電，而可產生更穩定且更佳效果之電漿。

在圖8所示之第2變化例中，自反應管23上面插入2片平行之平板電極30c、30c，各平板電極30c、30c以高頻電源40接續。另外，在各平板電極30c、30c之對向側安裝平板介電材料50b。此類結構如同第5實施模式，經由導入管25導入而到達平板電極30c、30c間之氮氣可易於形成電漿。又因爲在各平板電極30c、30c之間配置有介電材料50b，在平板電極30c、30c之間可產生均勻之電場。藉此可防止異常放電，而可產生更穩定且更佳效果之電漿。

在圖9所示之第3變化例中，自反應管23上面插入圓筒狀支撐棒27，在該支撐棒27之下端配置圓板電極30d。在此圓板電極30d之下面，配置種結晶10。另外，在本變化例中，將收納容器11之圓板電極30d予以對向配置，使圓板電極30d與收納容器內之Ga予以電氣接續至高頻電源40。即收納容器11內之Ga使用供作爲電極。此一結構亦如同第5實施模式，自導入管25導入之圓板電極30d及到達收納容器11間之

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

五、發明說明（23）

氮氣，可易於製成電漿。另外在本變形例中，在種結晶10之下方成長GaN層20。

另外，第5實施模式，除如同第1實施模式在二電極間施加高頻 電壓以產生電漿之外，其它則可適用於第2實施模式~第4實施模式。在第3實施模式中採用第5實施模式之技術時，可易於將氮氣製成電漿，在第2實施模式及第4實施模式中採用第5實施模式時，可藉電漿之激發易於使氮氣與氫氣反應。

以上雖然係根據 本發明人等提出發明之實施模式中之具體說明，本發明並非受限於上述之各實施模式。例如，利用本發明之III-V族半導體成長裝置，藉採用III族之鋁(Al)或銦(In)等可成長除GaN外之AlN、InN等III-V族氮化物。

如以上之說明，利用本發明相關之III-V族氮化物半導體之成長方法及氣相成長裝置，可提高原料之回收率，同時加速成長速度。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝 訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

A5
B5

四、中文發明摘要（發明之名稱：III-V族氮化物半導體之成長方法及氣相成長裝置）

一種成長III-V族氮化物半導體(GaN)之氣相成長裝置，係將收納III族元素之收納容器11配置於其內部，而同時具備具有供導入氣體之導入口7之反應室3，及以電漿激發經由導入口7導入之氮氣之激發方法15，及對配置於反應室3中之種結晶10及收納容器11加熱之加熱方法13，在種結晶10上成長III-V族氮化物半導體時，自導入口7導入氮氣，而將反應室3內之氣體排出反應室3之外部。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄）

裝

訂

線

日文發明摘要（發明之名稱：III-V族窒化物半導体の成長方法および気相成長装置）

III-V族窒化物半導体（ＧａＮ）を成長させる気相成長装置１であって、III族元素を収容する収容容器１１が内部に配置されるとともに、窒素が導入される導入口７を有する反応室３と、導入口７より導入された窒素をプラズマ励起する励起手段１５と、反応室３に配される種結晶１０および収容容器１１を加熱する加熱手段１３と、を備え、種結晶１０上にIII-V族窒化物半導体を成長させる際に、導入口７より窒素が導入され、反応室３内の気体は、反応室３の外部に排出されない。

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

六、申請專利範圍

1. 一種III-V族氮化物半導體之成長方法，其係在設置於反應室內之種結晶上使III-V族氮化物半導體成長者，其中

在前述反應室內使連續導入之氮氣予以電漿激發，並使配置在前述反應室內之III族元素蒸發、

使前述電漿激發之氮氣與前述蒸發之III族元素反應而在種結晶上成長III-V族氮化物半導體。

2. 如申請專利範圍第1項之III-V族氮化物半導體之成長方法，其藉由在兩電極間交互施加正負之脈衝電壓，以在前述各電極間電漿激發前述氮氣。

3. 如申請專利範圍第1項之III-V族氮化物半導體之成長方法，其係在使前述反應室內之全壓約略保持為一定之下，將前述氮氣導入前述反應室內。

4. 一種III-V族氮化物半導體之成長方法，其係在設置於反應室內之種結晶上使III-V族氮化物半導體成長者，其中

在前述反應室內使連續導入之氮氣予以電漿激發，而與前述反應室內之氫反應而生成氮之氫化物，該氮之氫化物與在前述反應室內蒸發之III族元素反應而在種結晶上成長

本紙張尺度適用中國國家標準(CNS) A4規格(210×297公釐)

六、申請專利範圍

III-V族氮化物半導體之後，

在成長前述III-V族氮化物半導體時所生成之氫，與連續導入反應管內之氮氣，藉電漿激發反應而生成氮之氫化物。

5. 如申請專利範圍第4項之III-V族氮化物半導體之成長方法，其藉由在兩電極間交互施加正負之脈衝電壓，以在前述各電極間電漿激發前述氮氣與前述氫氣而使之反應。

6. 如申請專利範圍第4項之III-V族氮化物半導體之成長方法，其係在使前述反應室內之全壓約略保持為一定之下，將前述氮氣導入前述反應室內。

7. 一種III-V族氮化物半導體之成長方法，其係在設置於反應室內之種結晶上使III-V族氮化物半導體成長者，其中

使配置在前述反應室內之III族元素與鹵素分子或鹵化物反應而生成鹵化物，且使該III族元素之鹵化物與以電漿激發之氮氣反應而在種結晶上成長III-V族氮化物半導體之後，

使成長前述III-V族氮化物半導體時所生成之鹵素分子或鹵化物，與配置在前述反應室內之III族元素反應而生成III族元素之鹵化物。

8. 如申請專利範圍第7項之III-V族氮化物半導

本紙張尺度適用中國國家標準(CNS) A4規格(210×297公釐)

六、申請專利範圍

體之成長方法，其藉由在兩電極間交互施加正負之脈衝電壓下，以在前述各電極間電漿激發前述氮氣。

9. 如申請專利範圍第7項之III-V族氮化物半導體之成長方法，其係在使前述反應室內之全壓約略保持為一定之下，將前述氮氣導入前述反應室內。

10. 一種III-V族氮化物半導體之成長方法，其係在設置於反應室內之種結晶上使III-V族氮化物半導體成長者，其中

將導入前述反應室內之氮氣及反應室內之氫氣藉電漿激發而反應生成氮之氫化物，同時將配置在前述反應室內之III族元素與鹵素分子或鹵化物反應而生成III族元素之鹵化物，且使前述氮之氫化物與前述III族元素之鹵化物反應而在前述種結晶上成長III-V族氮化物半導體之後，

使成長前述III-V族氮化物半導體時所生成之鹵素分子或鹵化物，與配置在前述反應室內之III族元素反應而生成III族元素之鹵化物，且使成長前述III族氮化物半導體時所生成氫氣與氮氣藉電漿激發而反應生成氮之氫化物。

11. 如申請專利範圍第10項之III-V族氮化物半導

本紙張尺度適用中國國家標準(CNS) A4規格(210×297公釐)

六、申請專利範圍

體之成長方法，其藉由在兩電極間交互施加正負之脈衝電壓，以在前述各電極間電漿激發前述氮氣及前述氫氣。

12. 如申請專利範圍第10項之III-V族氮化物半導體之成長方法，其係在使前述反應室內之全壓約略保持為一定之下，將前述氮氣導入前述反應室內。

13. 一種成長III-V族氮化物半導體之氣相成長裝置，其具有：

反應室，其於其內部配置收納III族元素之收納容器，且具有供導入氮氣之導入口；

激發裝置，其以電漿激發經由前述導入口導入之氮氣；

加熱裝置，其加熱配置於前述反應室中之種結晶及前述收納容器；及

控制裝置，其根據測量上述反應室內之壓力之壓力計所輸出之壓力數據，控制導入上述反應室之氮氣之流量，使上述反應室內之壓力約略保持一定，其中

在前述種結晶上長成III-V族氮化物半導體時，自前述導入口導入氮氣，而前述反應室內之氣體不排出反應室之外部。

14. 如申請專利範圍第13項之氣相成長裝置，其中前述激發裝置具有兩個電極，及在各該電

本紙張尺度適用中國國家標準(CNS) A4規格(210×297公釐)

A8
B8
C8
D8

六、申請專利範圍

極間交互施加正負之脈衝電壓之高頻電源。

本紙張尺度適用中國國家標準(CNS) A4規格(210×297公釐)

裝 訂 線

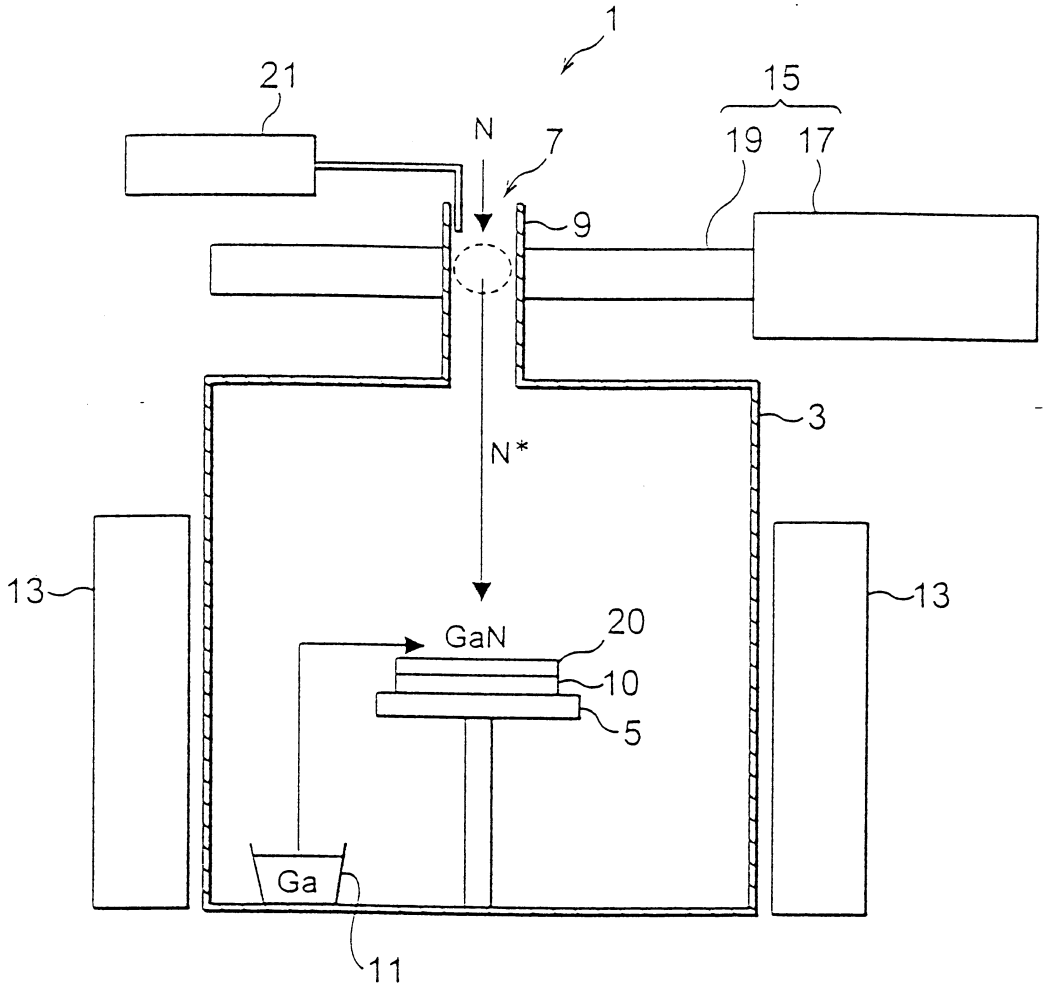


圖 1

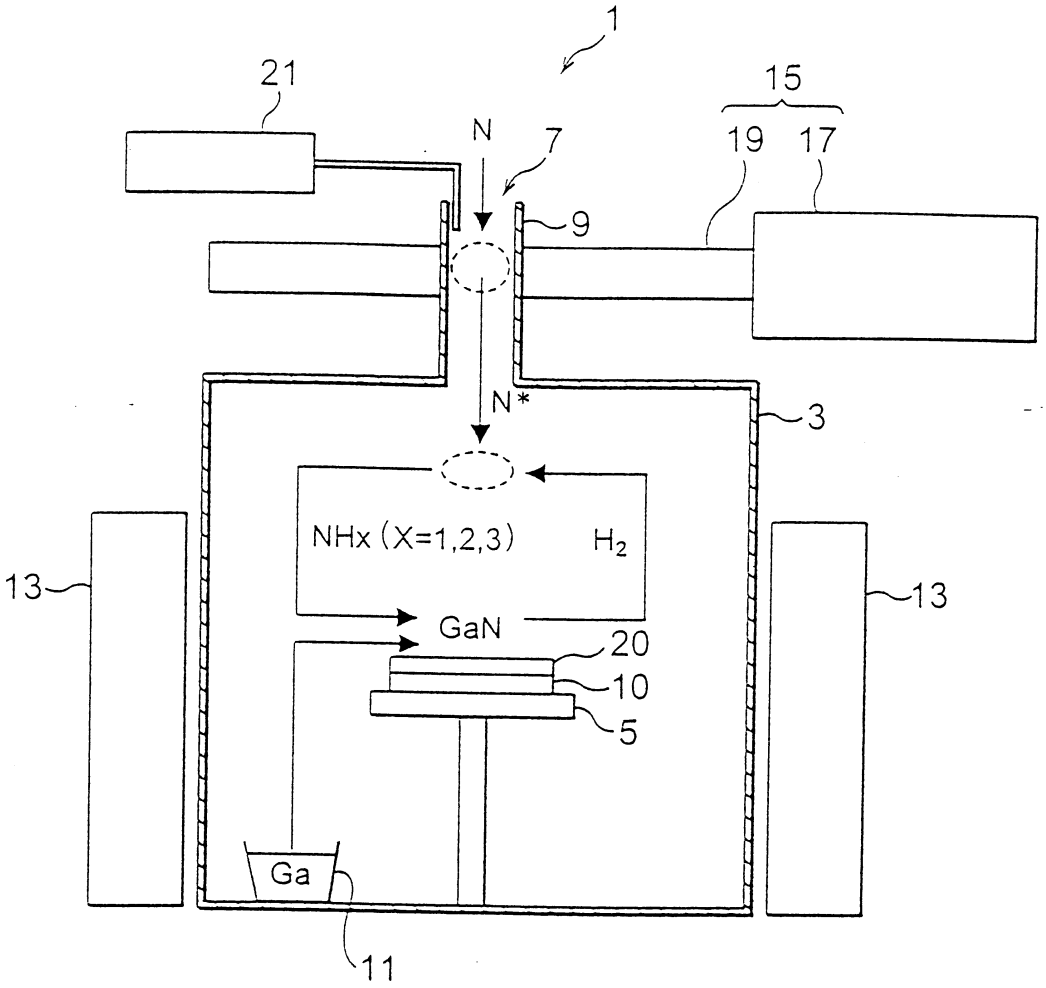


圖 2

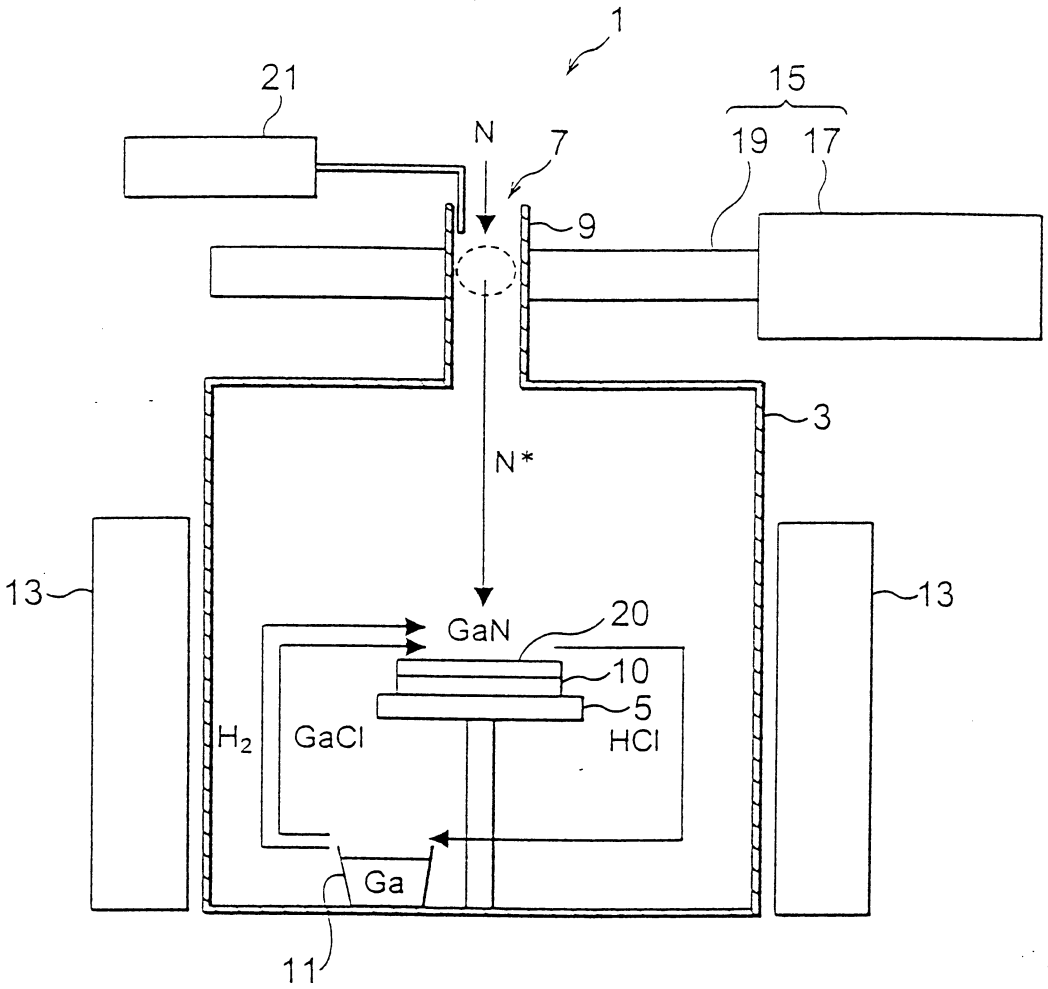


圖 3

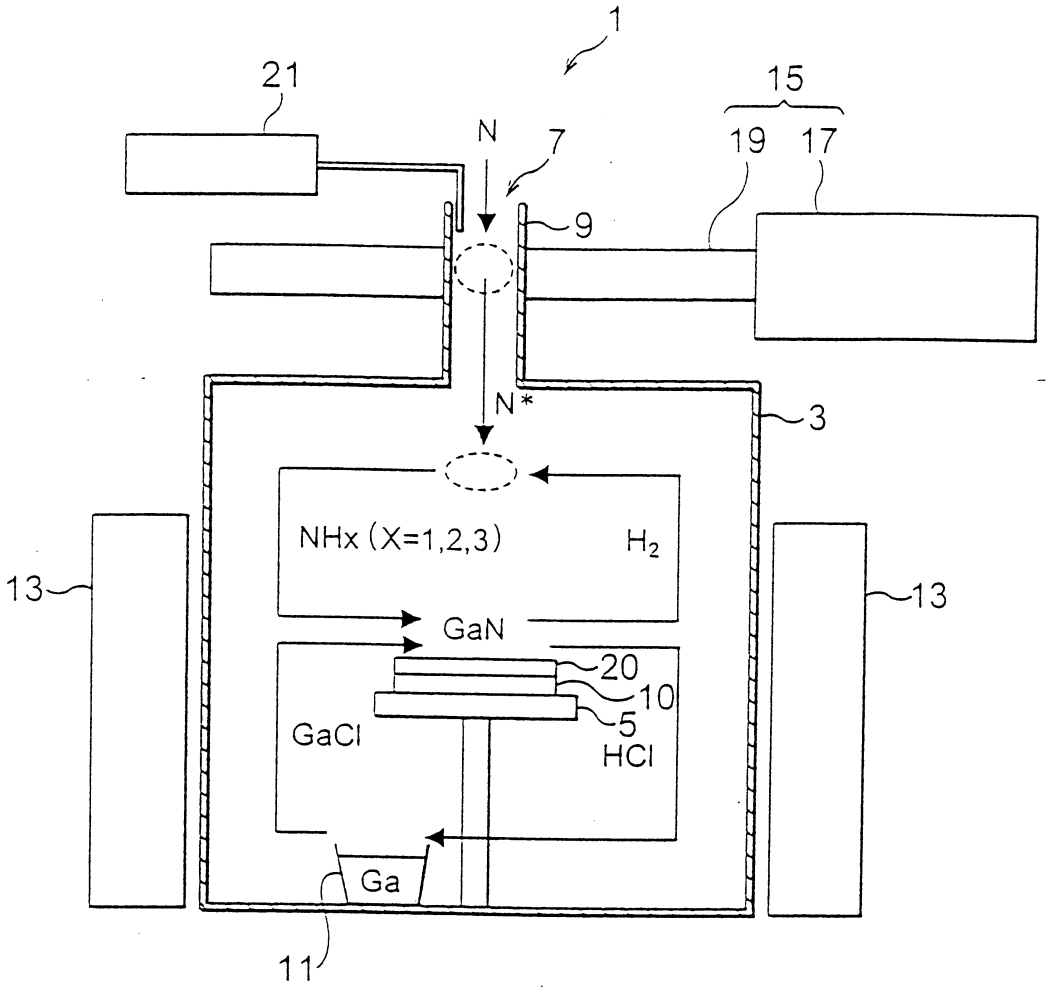


圖 4

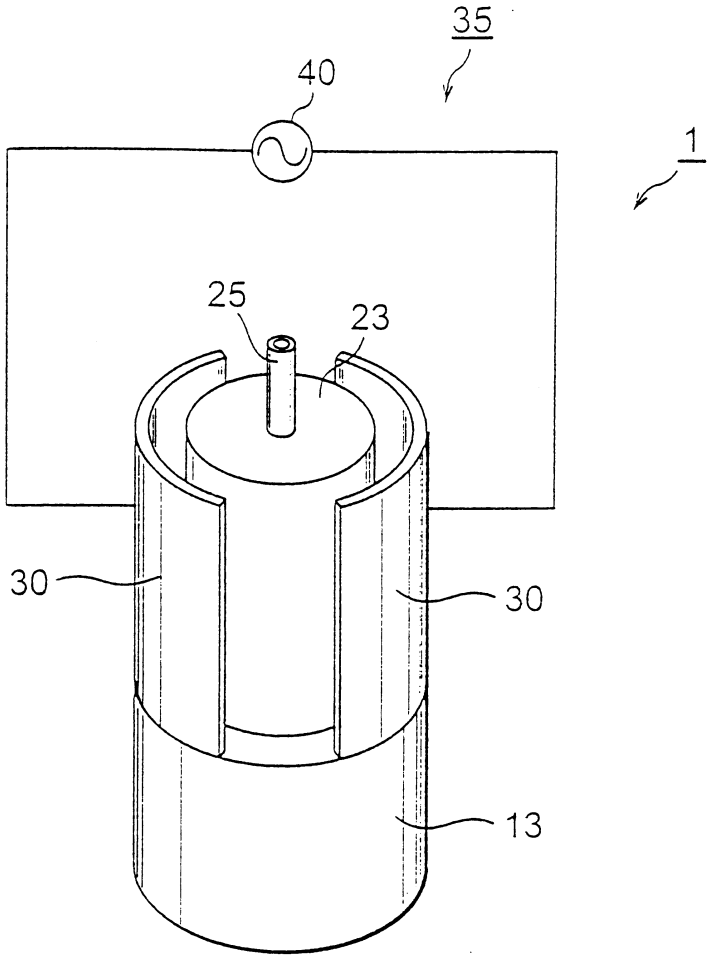


圖　5

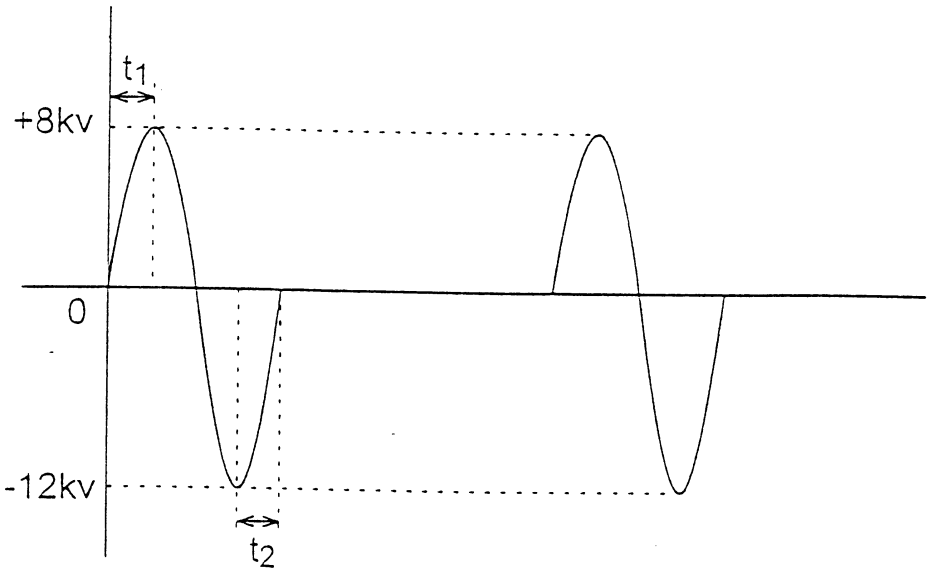


圖　6

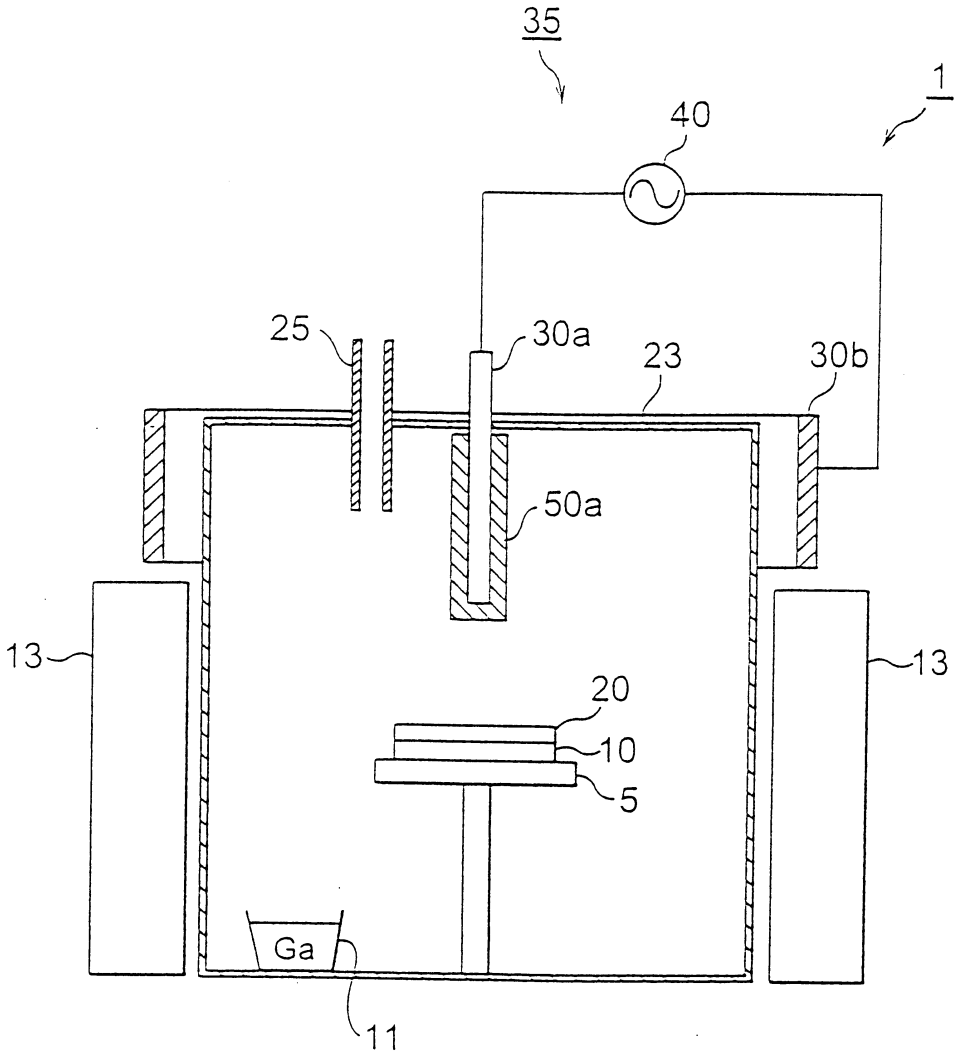


圖 7

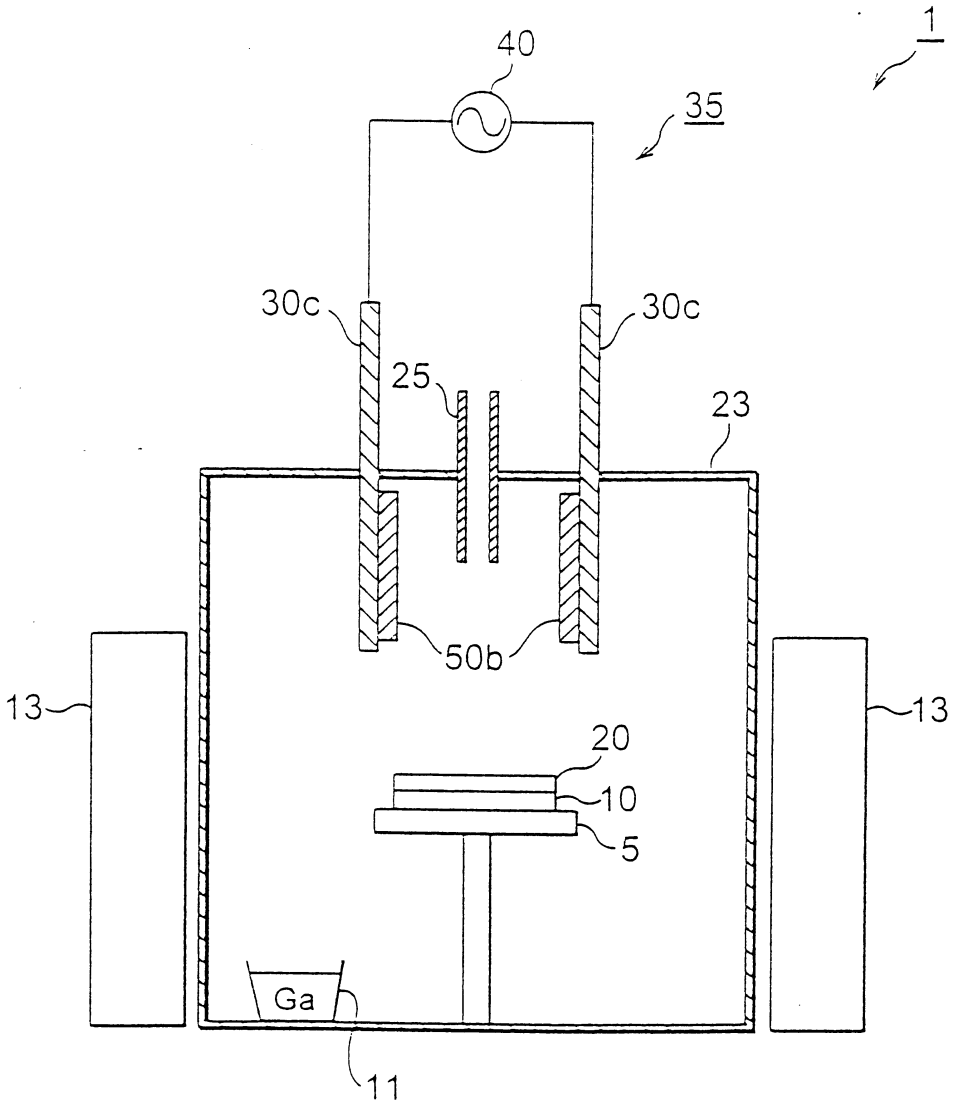


圖 8

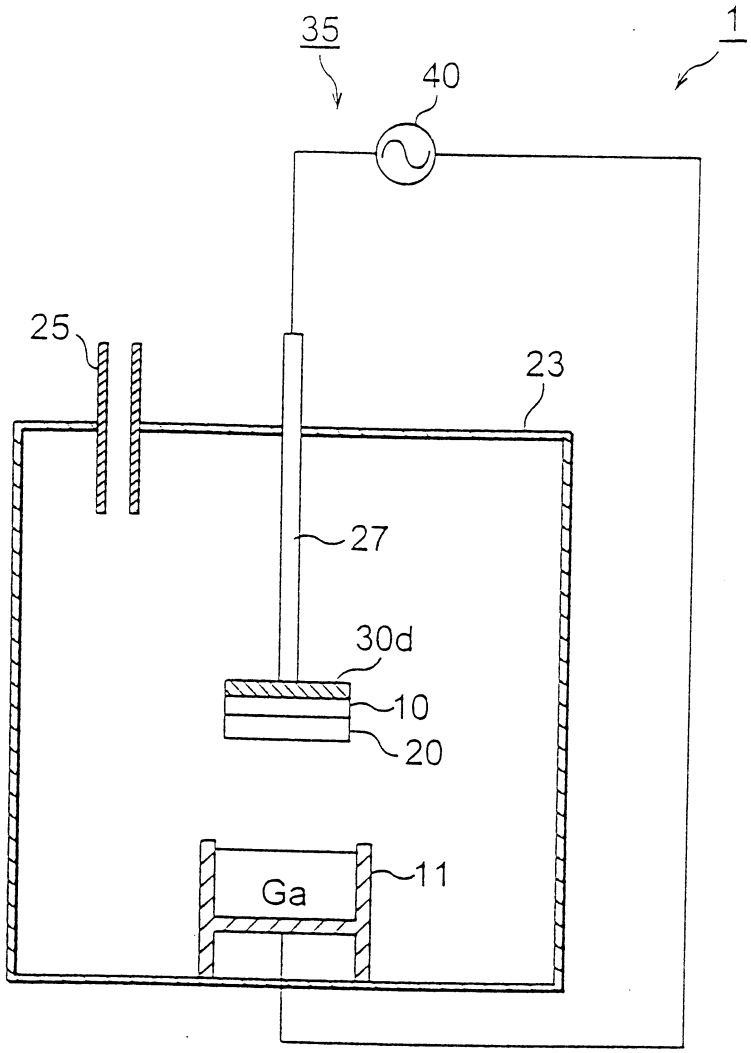


圖 9