

90 年 11 月 19 日 修正

申請日期：89.11.28 案號：89125260

類別：HOLL 21/306

(以上各欄由本局填註)

公告本

發明專利說明書

511179

一、 發明名稱	中文	以電漿處理改善氧化層電性的方法
	英文	
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 王永和 2. 洪茂峰 3. 張耀鈞
	姓名 (英文)	1. 2. 3.
	國籍	1. 中華民國 2. 中華民國 3. 中華民國
	住、居所	1. 台南市北門路一段45-1號 2. 台南市開南街275巷7弄16號 3. 彰化縣花壇鄉橋頭村中正路267號
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 行政院國家科學委員會
	姓名 (名稱) (英文)	1. National Science Council
	國籍	1. 中華民國
	住、居所 (事務所)	1. 台北市和平東路二段106號18樓
	代表人 姓名 (中文)	1. 魏哲和
	代表人 姓名 (英文)	1.



本案已向

國(地區)申請專利

申請日期

案號

主張優先權

無

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無

五、發明說明 (1)

發明領域

本案係有關於一種以電漿處理改善氧化層電性的方法，尤指一種以電漿處理改善砷化鎵氧化層品質的方法。

發明背景

由於砷化鎵材料在高溫下($>650^{\circ}\text{C}$)的不穩定性，使其不能如矽半導體材料一樣地經由高溫爐管，製作出高品質的氧化層，故限制了砷化鎵(GaAs)材料在金氧半結構的元件應用，而如何獲得高品質、高可靠度的氧化層一直是探索研究的目標。如以液相化學輔助氧化(中華民國專利第096624號及美國專利5958519號曾提及以液相化學輔助氧化(LPCEO)方法成長高品質之砷化鎵氧化層)方法氧化成長之砷化鎵(GaAs)氧化層，已達成了砷化鎵(GaAs)材料之空乏型、增強型金氧半場效電晶體製作的要求，但仍有相當大的改善空間，尤其對如何降低漏電流及增加崩潰電壓，以提升氧化層品質。一般改善氧化層品質的方法，有經由氫氣、氮氣電漿處理砷化鎵(GaAs)與砷化鎵鎵(AlGaAs)表面，來移去表面之氧化砷(As_2O_3)，或是使用液體硫化處理，使表面鈍化，以改善成長的表面，有助後續沉積氧化層品質的提升，但其所執行的標的物及方法並非藉由液相化學輔助氧化方法，在砷化鎵晶圓上氧化而獲得之砷化鎵氧化層為進一步改善砷化鎵氧化層的品質，提升元件的特性，即以液相化學輔助氧化(LPCEO)成長之砷化鎵(GaAs)氧化層，置於電漿蝕刻(REACTIVE IONETCH, RIE)系統之



五、發明說明 (2)

電漿環境下，於室溫操作，控制其儀器參數(如：氣壓、氣體流率、無線電波波頻(Radio Frequency, RF)功率及電壓等)，可減少氧化層中的氧化砷(As_2O_3)，大幅改善氧化層的漏電流與崩潰電壓，而達成高品質砷化鎵(GaAs)氧化層之實現，進而可將方法運用於砷化鎵(GaAs)材料之元件製作，改善元件的特性。

發明簡述

本案之主要目的為提供一種可改善砷化鎵氧化層品質的方法，其氧化層是以氧化鎵(Ga_2O_3)和氧化砷(As_2O_3)為主要成份，以液相化學輔助氧化(LPCEO)方法成長於砷化鎵(GaAs)半導體材料上之氧化層為例，該方法係將液相化學輔助氧化(LPCEO)成長的砷化鎵氧化層，置於氮氣電漿環境中，於室溫下操作，經由電漿處理可減少氧化砷(As_2O_3)，大幅改善氧化層的漏電流與崩潰電壓，進而可運用於砷化鎵材料的金氧半場效電晶體閘極製程上，改善元件之特性。

本案之次要目地為提供一種以電漿處理改善氧化層電性的方法，應用於以III-V族系列材料為基礎的半導體元件、積體電路及光電元件等製作上，該方法係包括下列步驟：

- (a) 提供一以III-V族系列材料為基礎之晶片；
- (b) 於該晶片上成長一氧化層；
- (c) 將該氧化層置於一電漿系統中；以及



五、發明說明 (3)

(d) 調整該電漿系統之參數以電漿處理該氧化層，俾改善該氧化層之電性。

根據上述構想，以電漿處理改善氧化層電性的方法中該III-V族系列材料係選自以IIIA族金屬如鋁、鎵、銦等和VA族金屬如砷之化合物或多元素化合物。

根據上述構想，以電漿處理改善氧化層電性的方法中該III-V族系列材料以砷化鎵為佳。

根據上述構想，以電漿處理改善氧化層電性的方法中係以液相化學輔助氧化方法成長該氧化層。

根據上述構想，以電漿處理改善氧化層電性的方法中該氧化法所使用之化學溶液為由液相化學輔助硝酸溶液與氨水所配製成之一薄膜成長溶液。

根據上述構想，以電漿處理改善氧化層電性的方法中該薄膜成長溶液係以10%之稀釋硝酸溶液與10%之稀釋氨水溶液混合為最佳。

根據上述構想，以電漿處理改善氧化層電性的方法中該電漿系統可為一反應離子蝕刻機與一濺鍍機等能產生電漿之設備。

根據上述構想，以電漿處理改善氧化層電性的方法中該電漿系統之反應氣體可為氮氣、氫氣等能移去該氧化物鍵結之氣體或其混合之氣體。

根據上述構想，以電漿處理改善氧化層電性的方法中該電漿系統之參數為系統真空度、電漿產生之氣壓、氣體流率、無線電波波頻功率或電壓等。



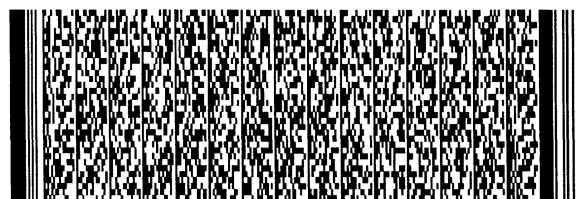
五、發明說明 (4)

較佳實施例說明

本案所使用之砷化鎵(GaAs)晶圓結構為三層結構，最底下的一層為 N^+ 砷化鎵(GaAs)基板，中間則為砷化(GaAs)摻雜矽的N型半導體，其濃度為 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ，厚度約3000埃，最上層則為砷化鎵(GaAs)摻雜矽的N型半導體，其濃度為 $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ，厚度約為8000埃。

清洗晶圓的過程係把砷化鎵(GaAs)晶圓先用丙酮浸泡並以一超音波震盪器洗滌，再置於加熱平台加熱清洗，最後以甲醇浸泡且加熱清洗。

接著以液相化學輔助氧化(LPCEO)方法成長砷化鎵(GaAs)氧化層，其方法係先調泡好10%稀釋硝酸溶液，再混以10%稀釋氨水溶液，適當的控制硝酸與氨水溶液的濃度，使其PH值穩定在約5.5而為成長溶液。先利用溫控電熱器使成長液溫度控制住(50°C 或 60°C)，再於所控制的PH值(約4.88)時，放入砷化鎵(GaAs)晶圓。故可在砷化鎵(GaAs)晶圓最上層成長砷化鎵(GaAs)氧化層，並在其砷化鎵(GaAs)氧化層成長時，可加以攪拌，增加其成長速率。緊接著把以液相化學輔助氧化(LPCEO)方法成長砷化鎵(GaAs)氧化層的晶圓置於電漿蝕刻(RIE)系統中。啟動電漿蝕刻(RIE)時，先使真空度維持在 10^{-6} Torr，再通以氮氣並控制其氣體流量，同時使連續壓力控制器控制其氣壓在20~100mTorr間，等系統穩定在設定的氣壓、氣體流量後的一段時間，再施以設定的無線電波波頻(Radio Frequency, RF)功率，如30 W、50 W、70 W，而使系統中



五、發明說明 (5)

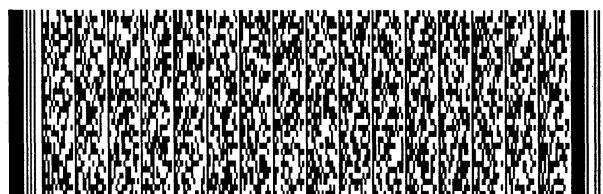
的砷化鎵(GaAs)氧化層在氮氣(N_2)電漿的環境下約10~20分鐘。

由於砷化鎵(GaAs)晶圓最下層基板儘管置於容器底部，與成長溶液的接觸可能性較小，但還是將光阻披覆最上層成長的氧化層，用以形成保護層，再浸入以去離子水1:10稀釋後的氫氟酸溶液，除去最下層砷化鎵(GaAs) N^+ 基板上可能成長的氧化層，以確保 N^+ 基板上歐姆接觸的形成，事後再以丙酮移去上層保護光阻膜。

由於最下層砷化鎵(GaAs) N^+ 基板為高濃度的摻雜，故在砷化鎵(GaAs) N^+ 的基板上鍍以金-鍍-鎳(Au-Ge-Ni)後，置於加熱平台，以 $400^\circ C$ 的溫度，經25秒的時間，在氮氣(N_2)中施以熱處理，來形成歐姆接觸。最後在最上層濃度為 $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 之N型砷化鎵(GaAs)半導體上一層光阻，烤乾20分鐘後，經一道曝光顯影的步驟後，鍍以金屬鋁之高導電率薄膜，取出(LIFT-OFF)後，完成了金屬-絕緣層-半導體(MIS)結構二極體的元件構造。

為了讓本發明之上述和其他目的、特徵和優點能更明確了解，所附圖式，作詳細說明如下：

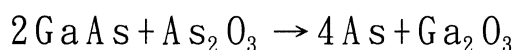
經HP4156A量測金屬-絕緣層-半導體(MIS)二極體結構元件之漏電流與崩潰電壓後，發現經過氮氣電漿處理後的元件比未經氮氣電漿處理過的同一批製程元件，大幅改善了其漏電流與崩潰電壓。如第一圖所示，在氧化層厚度為800 埃(壓力為80 Mtorr且在20min之流率10sccm)為的情況下，經80W氮氣電漿處理後的金屬-絕緣層-半導體(MIS)



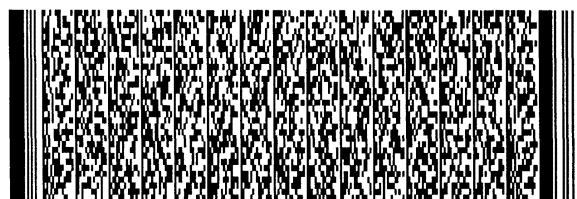
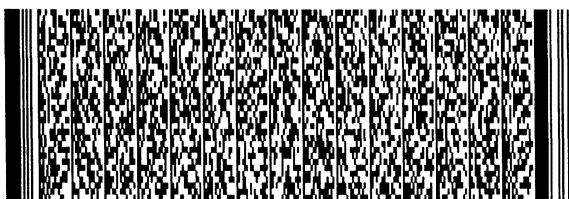
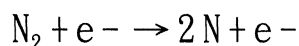
五、發明說明 (6)

元件，其漏電流密度降低了100倍，崩潰電場遠大於5 MV/cm。而第二圖中，在氧化層厚度為500埃(壓力為50 Mtorr且在10min之流率10sccm)的情況下在加正偏壓的情形下，其崩潰電場從3.3 MV/cm改善到遠大於4 MV/cm，若加的偏壓為負時，在-20伏特時其漏電流密度從 8×10^{-4} A/cm²降低到 1×10^{-4} A/cm²。因為晶圓為N型基板，其主要載子為電子，若加正偏壓，易吸引多數載子電子，故其漏電流密度一般皆大於加負偏壓的情形。

為探討砷化鎵(GaAs)氧化層內的機制，經由SIMS、X光-發射光譜(XPS)分析之結果，如第三圖(a)、第三圖(b)、第四圖所示，第三圖(a)、第三圖(b)中經SIMS分析之砷的含量，經氮氣電漿處理後氧化層內砷含量明顯小於未經處理過的，其含量約小2倍，而SIMS資料砷化鎵(GaAs)本體處的砷含量則相當接近。另圖(四)經X光-發射光譜(XPS)分析砷之鍵結，所示的氧化砷(As₂O₃)鍵結，經氮氣電漿處理後，氧化砷(As₂O₃)的訊號變小，此結果與SIMS的結果相符。之前砷化鎵(GaAs)MOS元件研究，已有人指出砷化鎵(GaAs)元件電性的不佳，可能是由於此式：

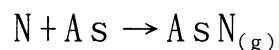


這是熱動力學上的不穩定所造成的。而本案所做氮氣(N₂)電漿處理，經SIMS、X光-發射光譜(XPS)分析，發現可減少氧化砷(As₂O₃)這不穩定的因子，這可能是由於氮氣電漿中



五、發明說明 (7)

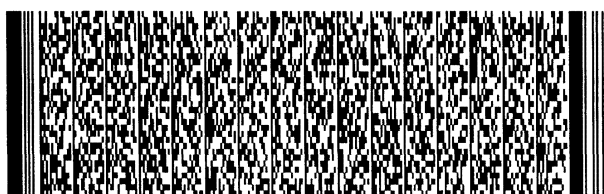
而此反應



可能發生，氧化砷(As_2O_3)因此被反應成砷與氮鍵結揮發了，而獲得了電性的改善，如降低漏電流，提高崩潰電壓。

綜上所述，本案於上述較佳實施例中所提供之一種以電漿處理改善氧化層電性的方法，可大幅改善氧化層的漏電流與崩潰電壓，進而可運用於砷化鎵材料的金氧半場效電晶體閘極製程上，改善元件之特性，因此本發明實具產業發展之價值。

本案得由熟悉技藝之人任施匠思而為諸般修飾，然皆不脫如附申請範圍所欲保護者。



圖式簡單說明

本案藉由下列圖示及詳細說明，俾得一更深入了解：

第一圖：其係為金屬-絕緣層-半導體(MIS)二極體結構之漏電流密度與電壓的關係圖，其氧化層厚度為800埃。

第二圖：其係為金屬-絕緣層-半導體(MIS)二極體結構之漏電流密度與電壓的關係圖，其氧化層厚度為500埃。

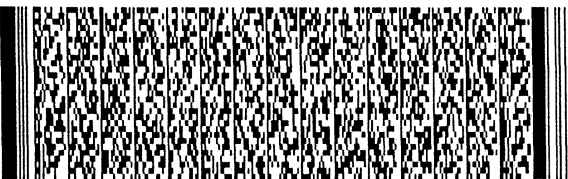
第三圖(a)：其係為經SIMS分析砷化鎵氧化層內之As含量的結果。

第三圖(b)：為第三圖(a)的局部放大圖。

第四圖：為經X光-發射光譜(XPS)分析砷化鎵氧化層表面砷之鍵結的結果。

表(一)為第四圖就氧化砷(As_2O_3)鍵結相對強度之說明。

電漿處理 氧化砷的 相對強度	成長的砷	90W	60W	110W
		10 min	20 min	10 min
	2.67	2	1.17	1



四、中文發明摘要 (發明之名稱：以電漿處理改善氧化層電性的方法)

本案為一種以電漿處理改善氧化層電性的方法，應用於以III-V族系列材料為基礎的半導體元件、積體電路及光電元件等製作上，該方法係包括下列步驟：提供一以III-V族系列材料為基礎之晶片；於該晶片上成長一氧化層；將該氧化層置於一電漿系統中；以及調整該電漿系統之參數以電漿處理該氧化層，俾改善該氧化層之電性。

英文發明摘要 (發明之名稱：)



六、申請專利範圍

1. 一種以電漿處理改善氧化層電性的方法，應用於以 III-V 族系列材料為基礎的半導體元件、積體電路及光電元件等製作上，該方法係包括下列步驟：
 - (a) 提供一以 III-V 族系列材料為基礎之晶片；
 - (b) 利用液相化學輔助氧化方法於該晶片上成長一氧化層；
 - (c) 將該氧化層置於一電漿系統中；以及
 - (d) 調整該電漿系統之參數以電漿處理該氧化層，俾改善該氧化層之電性。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該步驟(a)所提供之該 III-V 族系列材料係選自以 IIIA 族金屬如鋁、鎵、銦等和 VA 族金屬如砷之化合物或多元素化合物。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之方法，其中該 III-V 族系列材料以砷化鎵為佳。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該步驟(b)中之該氧化法所使用之化學溶液為由液相化學輔助硝酸溶液與氨水所配製成之一薄膜成長溶液。
5. 如申請專利範圍第 4 項所述之方法，其中該薄膜成長溶液係以 10 % 之稀釋硝酸溶液與 10 % 之稀釋氨水溶液混合為最佳。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該步驟(c)中之該電漿系統可為一反應離子蝕刻機與一濺鍍機等能產生電漿之設備。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該步驟(c)中之



六、申請專利範圍

該電漿系統之反應氣體可為氮氣、氬氣等能移去該氧化物鍵結之氣體或其混合之氣體。

8. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該步驟(d)中該電漿系統之參數為系統真空度、電漿產生之氣壓、氣體流率、無線電波波頻功率或電壓等。

9. 一種以電漿處理改善氧化層電性的方法，應用於以III-V族系列材料為基材的半導體元件、積體電路及光電元件等製作上，該方法係利用液相化學輔助氧化方法成長該氧化層於該基材之一特定區域上，再藉由電漿處理該氧化層以減少該氧化層中之一氧化物，俾以改善該氧化層之電性。

10. 如申請專利範圍第9項所述之方法，其中該III-V族系列材料係選自以IIIA族金屬如鋁、鎳、銦等和VA族金屬如砷之化合物或多元素化合物。

11. 如申請專利範圍第9項所述之方法，其中該III-V族系列材料以砷化鎳為佳。

12. 如申請專利範圍第9項所述之方法，其中該氧化法所使用之化學溶液為由液相化學輔助硝酸溶液與氨水所配製成之一薄膜成長溶液。

13. 如申請專利範圍第12項所述之方法，其中該薄膜成長溶液係以10%之稀釋硝酸溶液與10%之稀釋氨水溶液混合為最佳。

14. 如申請專利範圍第9項所述之方法，其中該電漿系統可為一反應離子蝕刻機與一濺鍍機等能產生電漿之設備。

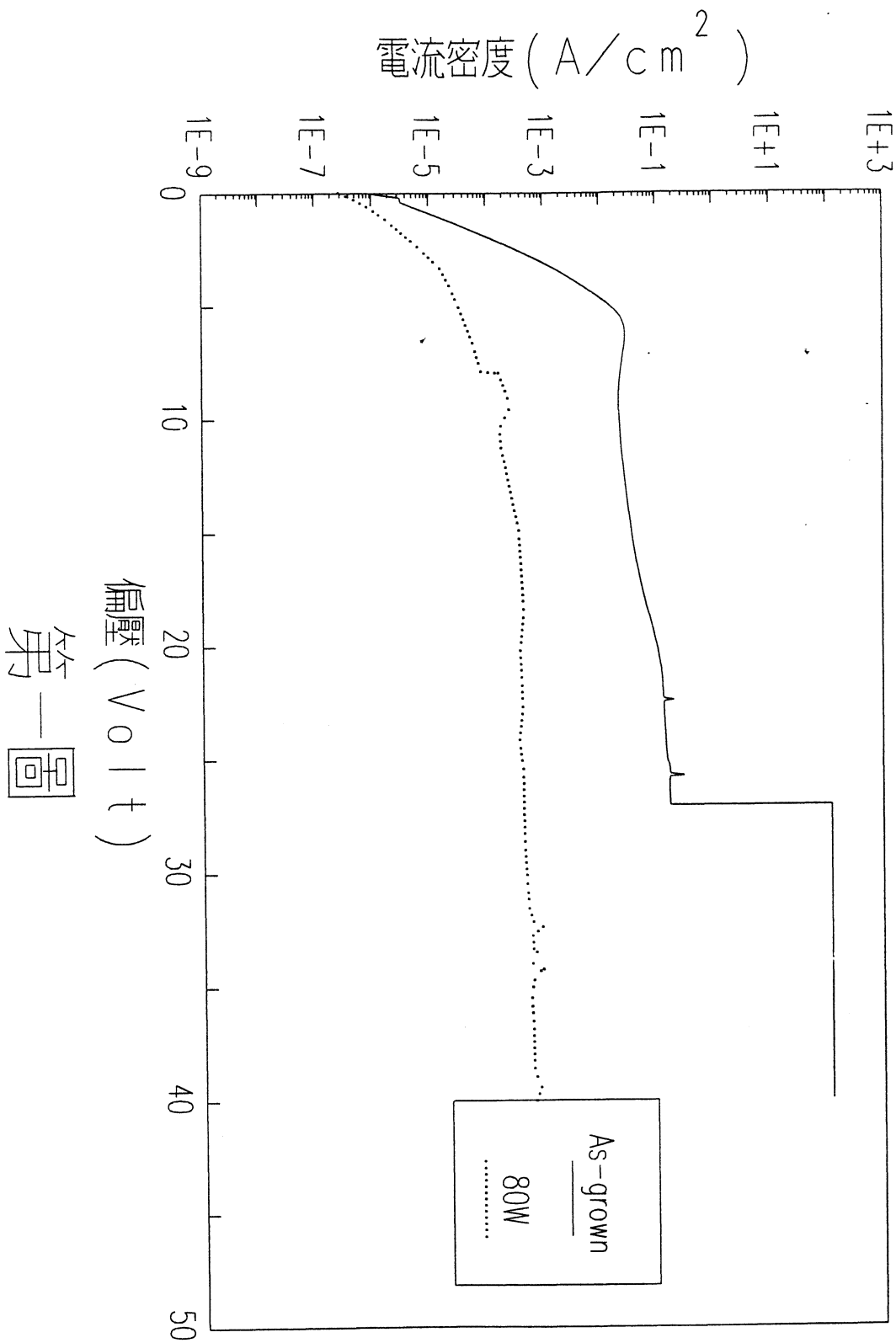
六、申請專利範圍

15. 如申請專利範圍第9項所述之方法，其中該電漿系統之反應氣體可為氮氣、氫氣等能移去該氧化物鍵結之氣體或其混合之氣體。

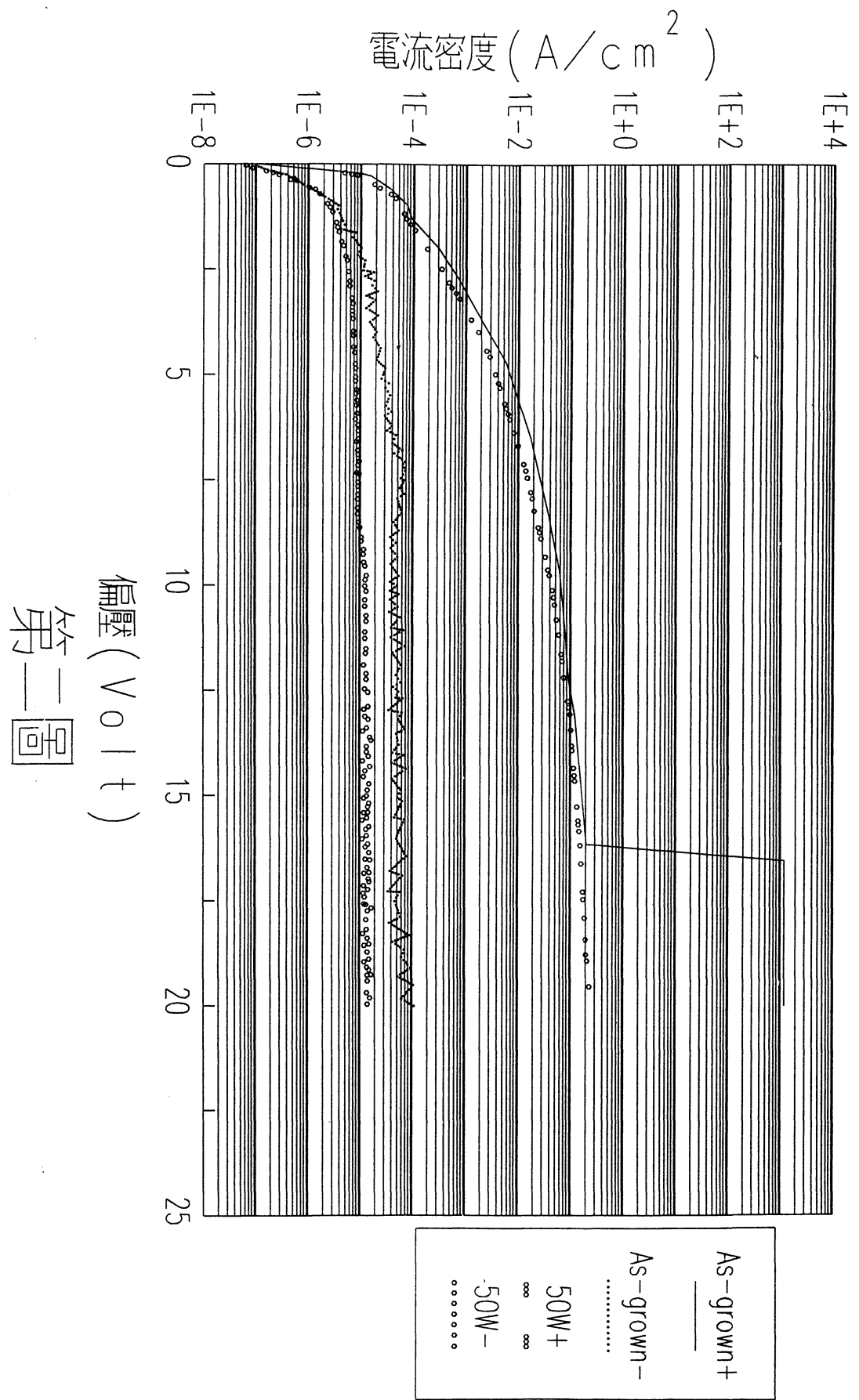
16. 如申請專利範圍第9項所述之方法，其中該電漿系統之參數為系統真空度、電漿產生之氣壓、氣體流率、無線電波波頻功率或電壓等。



圖式

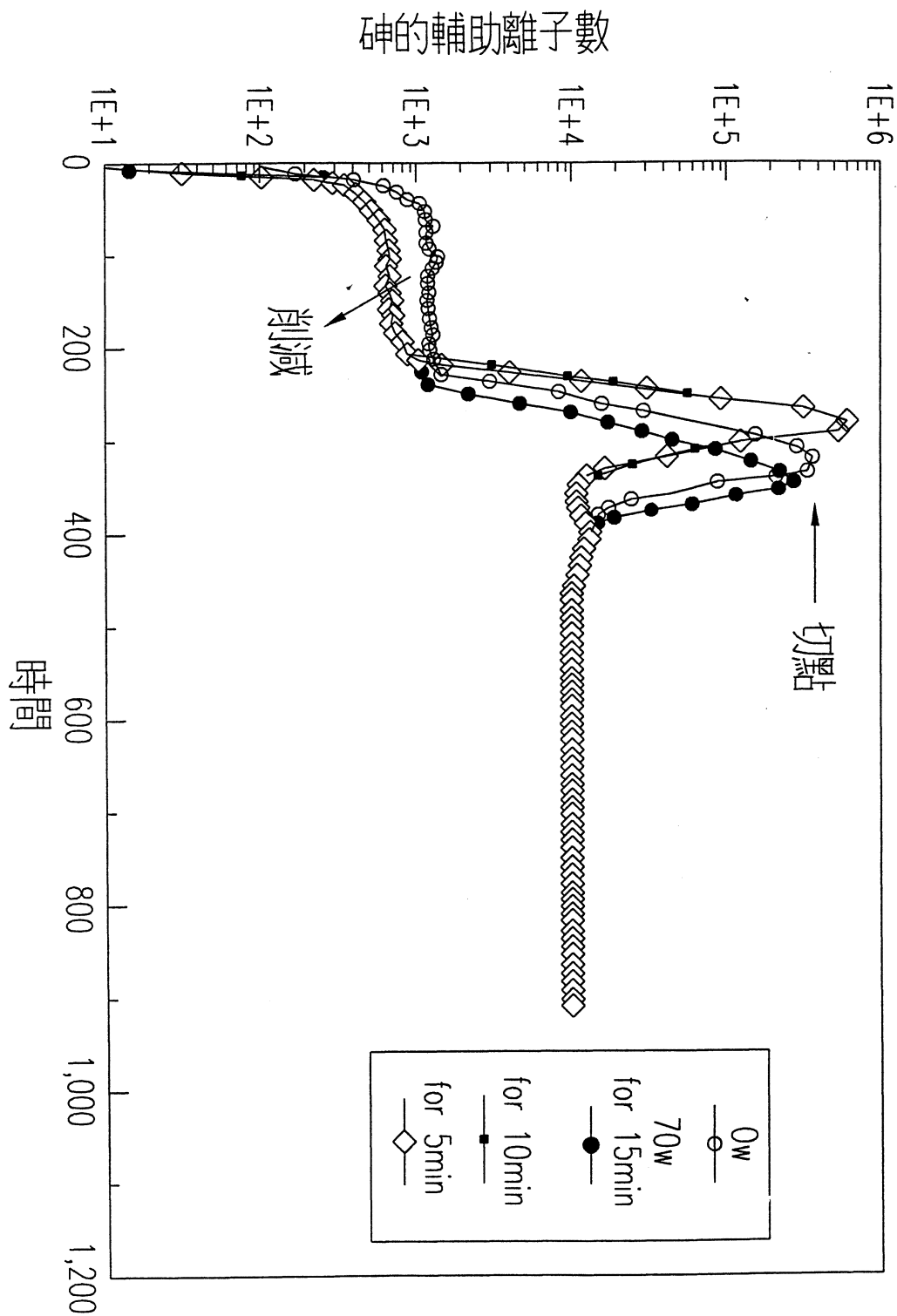


圖式



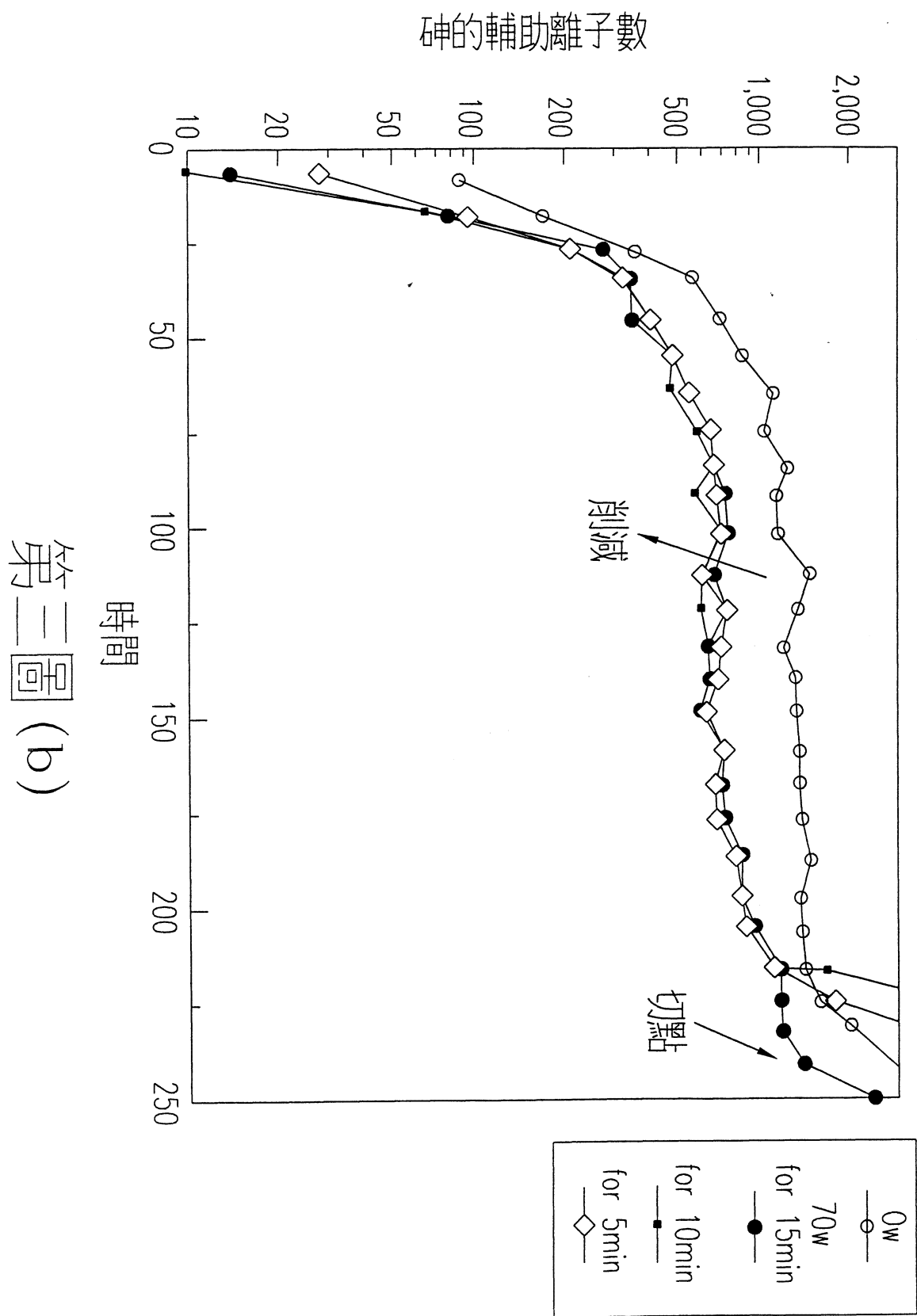
第二圖

圖式



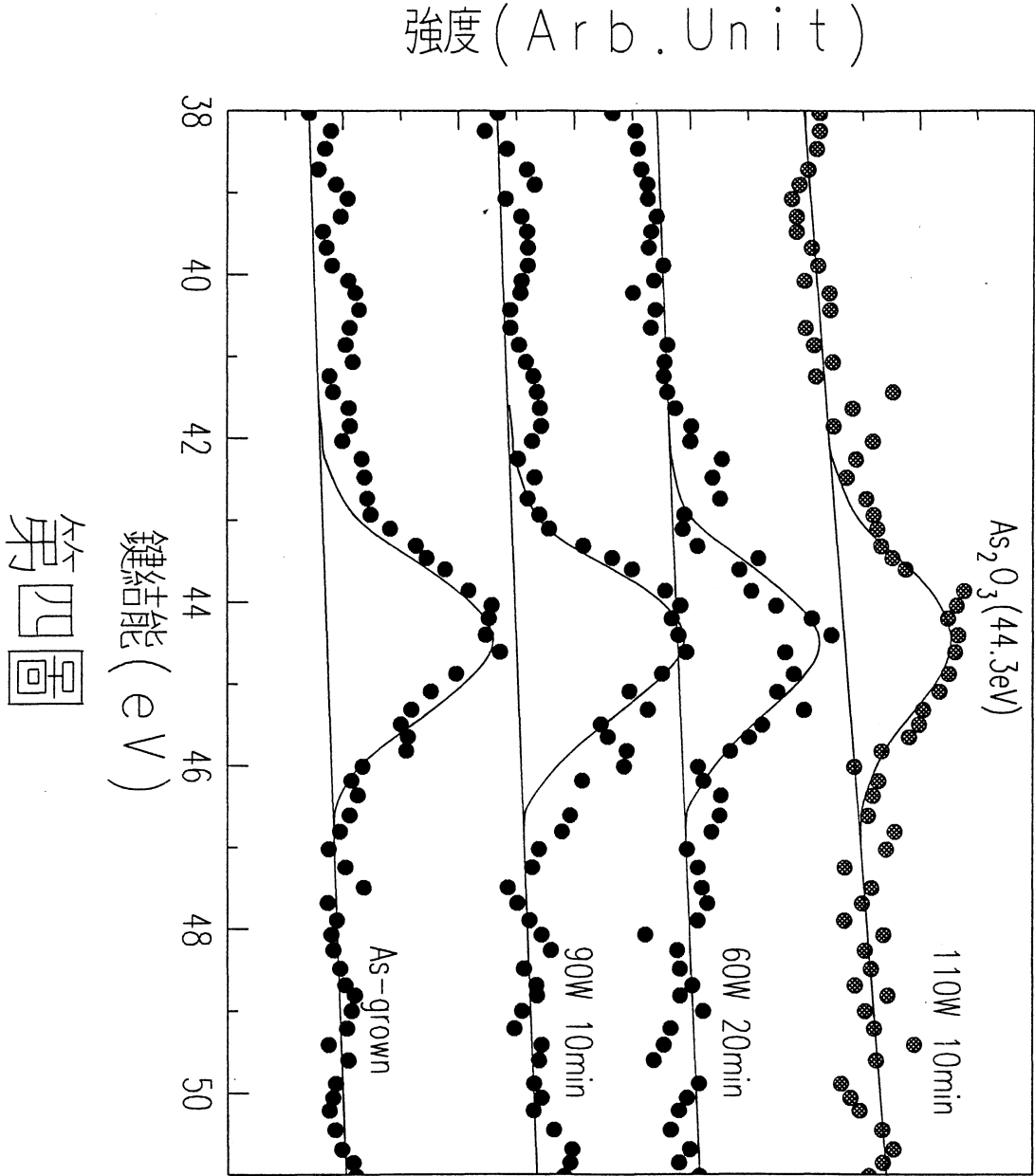
第三圖 (a)

圖式



第三圖 (b)

圖式



第四圖