

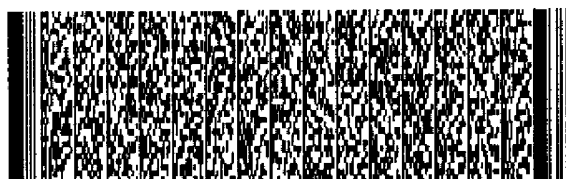
申請日期: 88.10.29	案號: 88115120
類別: H01L 21/00	

(以上各欄由本局填註)

公告本

發明專利說明書

一、發明名稱	中文	去除聚集空洞缺陷之理想沈澱晶圓之熱退火	434652
	英文	THERMAL ANNEAL OF IDEAL PRECIPITATING WAFER TO ELIMINATE AGGLOMERATED VACANCY DEFECTS	
二、發明人	姓名 (中文)	1. 羅柏特 J. 菲爾斯特	
	姓名 (英文)	1. ROBERT J. FALSTER	
	國籍	1. 美國	
	住、居所	1. 義大利米蘭市卡羅多索路11號	
三、申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 美商MEMC電子材料公司	
	姓名 (名稱) (英文)	1. MEMC ELECTRONIC MATERIALS, INC.	
	國籍	1. 美國	
	住、居所 (事務所)	1. 美國米蘇里州聖彼得斯市珍珠大道501號	
	代表人 姓名 (中文)	1. 哈蘭尼. 福. 哈尼里	
	代表人 姓名 (英文)	1. HELENE F. HENNELLY	



本案已向

國(地區)申請專利

美國 US

申請日期

1998/09/02 60/098, 921

案號

主張優先權

有

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無



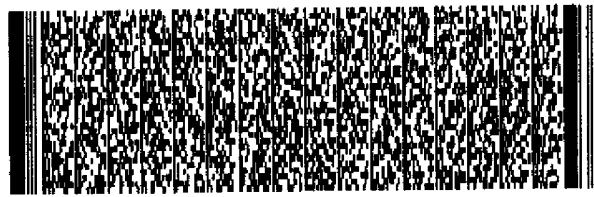
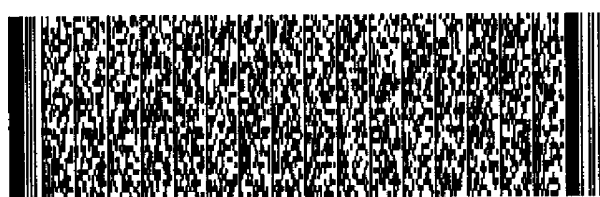
五、發明說明 (1)

發明背景

本發明大致有關於半導體材料基底之製造，尤其是使用於製造電子元件之矽晶圓。本發明尤其有關於一種方法，用以熱處理矽晶圓以消除聚集空洞缺陷，並改進內部收氣容量，使這樣的晶圓，可在基本上任何電子裝置製程中熱處理循環期間，沈澱氧氣而形成理想，不一致的深度分布。

單晶矽是大部分半導體電子元件製程中之開始材料，一般以所謂的切克勞斯基法製備，其中將單籽晶浸入熔化的矽中，再藉由緩慢的提煉長出。由於熔化的矽是裝在石英坩堝中，會沾染到許多雜質，其中最主要是氧氣。在矽熔塊溫度下，氧氣進入晶格至達到一濃度為止，該濃度是在熔塊溫度時，由矽中氧氣的可溶度，與固態矽中氧氣的實際偏析係數所判定。電子裝置的製程中，一般所應用之溫度下，該濃度大於氧氣在固態矽中的可溶度。由於晶體從熔塊長出並冷卻，其中的氧氣可溶度快速減小，導致薄片或晶圓中出現過飽和濃度的氧氣。

在晶體形成時，除了氧氣，亦會出現如晶格空洞之類的本質點缺陷。如同氧氣，在固態矽中空洞的可溶度亦部分取決於溫度。矽晶體冷卻時，在某些點，該晶體會變成具有過飽和的空洞，而導致聚集空洞缺陷的形成。聚集空洞缺陷被視為一些可觀察之晶體缺陷的來源，如D型缺陷，流動樣態缺陷(FPDs)，開極氧化整合(GOI)缺陷，晶體來源粒子(COP)缺陷，與晶體來源光點缺陷(LPDs)，以及這



五、發明說明 (2)

類整體缺陷，這些缺陷可用紅外線散射技術觀察，如紅外掃描顯微術，及雷射掃描層面X線照相術。一般認為聚集空洞缺陷會干擾以這樣的晶圓製成之電子裝置的執行。

一般應用在電子裝置製程中的熱處理循環，會在已具有過飽和氧氣的矽晶圓中，導致氧氣的沈澱。如同空洞缺陷的聚集，氧氣的沈澱亦會妨礙裝置的執行，這取決於該晶圓發生沈澱的位置。例如，位於晶圓主動裝置區域的氧氣沈澱，會損害該裝置之操作。相反地，位於晶圓整體的氧氣沈澱反而有利，因為可以收集與該晶圓接觸之不必要的金屬雜質。使用位於整體晶圓中之氧氣沈澱來收集金屬的方式，一般稱為內部或本質收氣("IG")。

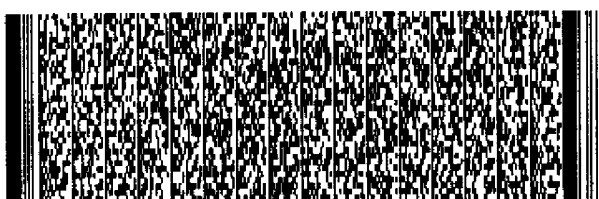
曾有人提出許多方法，以避免聚集缺陷形成，或在其形成後將之去除。例如，使用晶圓格式中矽的高溫熱處理，一般可達成溶解或消除聚集本質點缺陷。(參考如 Fusegawa 等人之歐洲專利申請案503,816 A1，與S. Nadahara 等人之"Hydrogen Annealed Silicon Wafer"，Solid State Phenomena，57-58期，頁19-26 (1997)。)

然而，這些方法雖具有溶解晶圓近表面區域聚集缺陷的效果，卻也會溶解晶圓整體中所沈澱之氧氣，而導致內部收氣容量的損失。

因此，目前仍需要一種方法，可從矽晶圓中溶解或消除聚集本質點缺陷，而仍保有晶圓內部收氣之有利特質。

發明總結

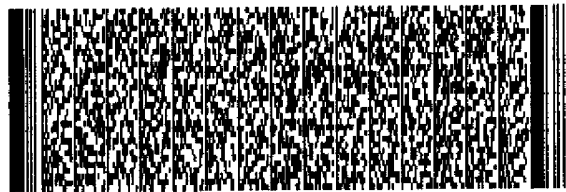
因此，本發明目的，即包括提供一單晶矽晶圓，其可在



五、發明說明 (3)

本質上任何電子裝置製程中之熱處理循環期間，形成理想，不一致的氧氣沈澱深度分布；提供一晶圓，其可在該晶圓整體中，最適宜且可複製地形成一裸露區，具有足夠深度及足夠密度的氧氣沈澱；提供一晶圓，該晶圓整體中之裸露區的形成與氧氣沈澱的形成，不受晶圓這些區域中氧氣濃度差異的影響；提供一晶圓，其中該結果裸露區之厚度，根本上獨立於詳細的IC製程序列；提供一晶圓，其中該晶圓整體中之裸露區之形成，與氧氣沈澱的形成，不受熱製程，與以切克勞斯基式生長而切片成矽晶圓之單晶矽錠之氧氣濃度影響；提供一方法，其中裸露區之形成不仰賴於氧氣的向外擴散；以及提供一種方法，實質地減少晶圓表層中之聚集空洞缺陷濃度。

簡而言之，本發明主要有關一單晶矽晶圓，具有兩個大致平行的主要表面，一為該晶圓之前表面，另一為晶圓之後表面，一中間平面介於該前後表面間，一層，包括該晶圓介於前表面與一距離 D_s 間之區域， D_s 為從前表面向中間平面所量得之距離，一表層，至少部分與該層同寬，包括該晶圓介於前表面與一距離 D_1 間之區域， D_1 為從前表面往中間平面量得約10微米的距離，以及一整體層，包括該晶圓介於中間平面與表層間之區域。該晶圓之特徵在於，該層實質上不具有聚集空洞缺陷。另外，該晶圓之晶格空洞不一致分布，該整體層中之空洞濃度，大於表層中之空洞濃度，而該空洞具有一濃度分布，其中該空洞尖峰密度位於或靠近中間平面，而在晶圓前表面的方向，濃度逐漸變

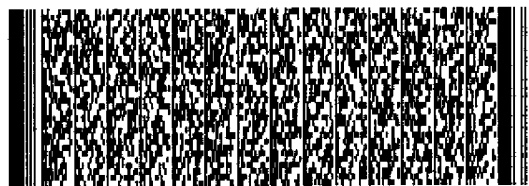
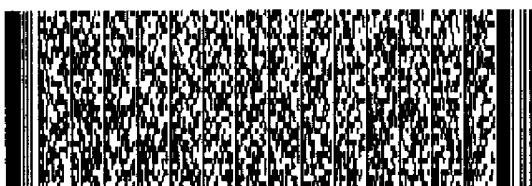


五、發明說明 (4)

小。

本發明更有關於一種方法，用以熱處理單晶矽晶圓，以消除聚集空洞缺陷，並影響其後之熱處理步驟中，晶圓內氧氣之沈澱動作。該矽晶圓具有兩個大致平行的主要表面，一為該晶圓之前表面，另一為晶圓之後表面，一中間平面介於前後表面間，一個接合前後表面之週界邊緣，一個從前表面延伸至一距離 D_s 之層， D_s 為從前表面向中間平面所量得之距離，一表層，至少部分與該層同寬，包括該晶圓介於前表面與一距離 D 間之區域， D 為從前表面往中間平面量得的距離，以及一整體層，包括該晶圓介於中間平面與表層間之區域。該方法包括在一大氣下，將晶圓做熱退火，以消除先前存在層中之聚集空洞缺陷，熱處理退火後之晶圓，而在表層與整體層中形成晶格空洞，接著控制該熱處理晶圓之冷卻速率，以製造一晶圓，其空洞濃度分布最高密度位於或靠近中間平面，而往晶圓前表面的方向，濃度逐漸變小，表層與整體層空洞濃度的差異在於，晶圓在溫度超過 750°C 下的熱處理，可在表層中形成一裸露區，而氧氣叢聚或沈澱在整體層中，該氧氣叢聚或沈澱在整體層中之濃度，主要取決於空洞之濃度。

本發明更有關於一種方法，用以熱處理一單晶矽晶圓，而消除聚集空洞缺陷，並影響其後之熱處理步驟中，晶圓內氧氣之沈澱動作，該矽晶圓具有一前表面，一後表面，一中間平面介於前後表面間，一個從前表面延伸至一距離 D_s 之層， D_s 為從前表面向中間平面所量得之距離，一表層



五、發明說明 (5)

，至少部分與該層同寬，包括該晶圓介於前表面與一距離D間之區域，D為自前表面往中間平面量得的距離，以及一整體層，包括該晶圓介於中間平面與表層間之區域。該方法包括在一大氣下，將晶圓做熱退火，以在表層與整體層中，形成晶格空洞，接著控制該熱處理晶圓之冷卻速率，以製造一晶圓，其空洞濃度分布最高密度位於或靠近中間平面，向晶圓前表面的方向，濃度逐漸變小，而該表層與整體層中之空洞濃度的差異在於，晶圓在溫度超過750℃下的熱處理，可在表層中形成一裸露區，而氧氣叢聚或沈澱在整體層中，該氧氣叢聚或沈澱在整體層中之濃度，主要取決於空洞之濃度。藉由加熱該冷卻之晶圓約1至4小時，至一溫度約650至850℃，可使冷卻的晶圓中出現之氧氣沈澱成核中心穩定，接著在一大氣下，熱退火該穩定後之晶圓，以消除自前表面延伸至少5微米深區域內之聚集空洞缺陷。

由以下說明，可明瞭本發明之其他目的及特徵。

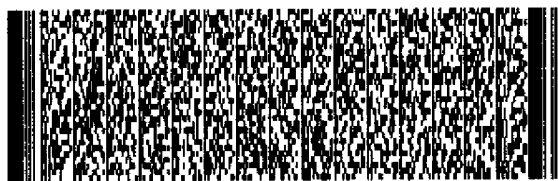
附圖簡單說明

圖1為本發明理想沈澱晶圓方法之示意說明。

圖2為一晶圓(樣本4-7)剖面圖之照片，該晶圓已如範例1中處理。

圖3為一晶圓(樣本4-8)剖面圖之照片，該晶圓已經過範例1之一連串步驟。

圖4為一晶圓(樣本3-14)剖面圖之照片，該晶圓已經過範例1之一連串步驟。



五、發明說明 (6)

圖5為鉑濃度(atoms/cm³)與距離晶圓(樣本4-7)表面深度之記錄圖表，該晶圓已經過範例1之一連串步驟。

圖6為一晶圓(樣本3-4)剖面圖之照片，該晶圓已經過範例2之一連串步驟。

圖7為一晶圓(樣本3-5)剖面圖之照片，該晶圓已經過範例2之一連串步驟。

圖8為一晶圓(樣本3-6)剖面圖之照片，該晶圓已經過範例2之一連串步驟。

圖9為一晶圓(樣本1-8)剖面圖之照片，該晶圓已經過範例3之一連串步驟。

圖10為如範例4所述，根據本發明單晶矽晶圓快速熱退火期間，在一大氣下，出現之整體微缺陷(BMD)數量密度與氧氣分壓之對數表。

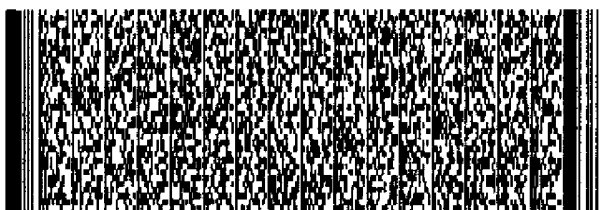
圖11為一晶圓(白色背景)剖面圖之放大照片，該晶圓已根據本發明，經由一NEC-1處理，在缺乏加強氧化層下，於一氮化氣體中熱退火。

圖12為如圖11所示晶圓剖面圖一部分更進一步放大的照片，詳細顯示本質上缺乏裸露區。

圖13為一晶圓(白色背景)剖面圖之放大照片，該晶圓已根據本發明，在缺乏加強氧化層下，於一氮化氣體中熱退火，並接著加以熱氧化處理。

圖14為如圖13所示晶圓剖面圖一部分更進一步放大的照片，詳細顯示本質上缺乏裸露區。

圖15為一晶圓(白色背景)剖面圖之放大照片，該晶圓已



五、發明說明 (7)

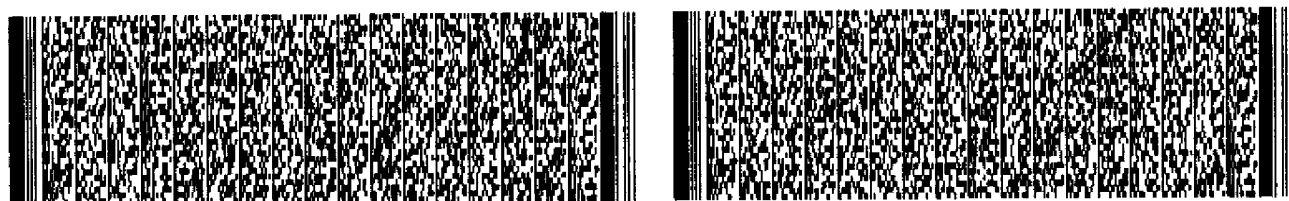
根據本發明，在缺乏加強氧化層下，於一氮化氣體中熱退火，並接著只在該晶圓一側加以熱氧化處理。

圖16為如圖15所示晶圓剖面圖一部分更進一步放大的照片，詳細顯示在該晶圓屏蔽側之實質缺乏裸露區。

最佳實施例詳細說明

藉由本發明之方法，可獲得一單晶矽晶圓，與最初之聚集空洞缺陷濃度相比，在其表層，具有較低濃度之此類缺陷。另外，本發明方法產生一「理想沈澱」晶圓；即，在任何本質上電子裝置之製程中，晶圓會形成具有足夠深度之裸露區，以及一晶圓整體，包括為IG目的之足夠氧氣沈澱密度。本發明之方法，係用以消除在表層中已存在之聚集空洞缺陷，同時在矽中做出一「模板」，而用以判定或「列印」在電子裝置製程中，氧氣沈澱的方式。

根據本發明第一實施例，先熱退火一單晶矽晶圓，退火溫度及持續時間，以及該晶圓退火時之氣壓，為可有效地消除晶圓表層或層中之聚集空洞缺陷。一般而言，此熱退火之條件，為業界習用以消除這類缺陷者。(參考如 Fusegawa 等人所著，歐洲專利申請案503,816 A1號；S. Nadahara 等人所著，"Hydrogen Annealed Silicon Wafer"，Solid State Phenomena，57-58期，頁19-26 (1997)；以及D. Graf 等人所著，"High Temperature Annealed Silicon Wafers"，Electrochemical Society Proceedings，97-22期，頁18-25 (1997)。)例如，該晶圓可在氫或氫氣，或其混合之氣體中熱退火，以消除出現



五、發明說明 (8)

在一層中之聚集空洞缺陷，該層從一表面向晶圓中心延伸。

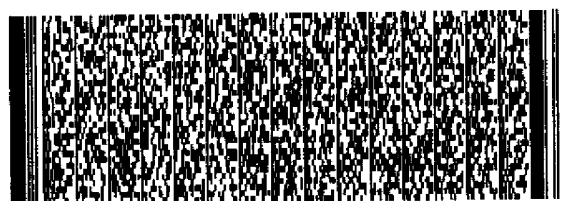
一般，加熱該晶圓一段時間，至足夠消除出現在一層之聚集空洞缺陷，該層從表面延伸，從表面向該晶圓中心測量，約數微米(即至少約1, 2, 3, 5, 或甚至10微米)，數十微米(即約20, 40, 80或更多)，數百微米(即約100, 300, 500微米)，延伸約至該晶圓中心。依所要消除或減

小其大小之聚集空洞缺陷的深度，其實際條件不同。例如，該晶圓可從約1100℃加熱至約1300℃，持續約1小時至4小時，或從約1200℃至約1250℃，持續約2至3小時。

因此，要注意除了熱退火之溫度，持續時間，氣壓以及斜坡條件(即達到目標退火溫度之速率)，要消除之聚集缺陷的大小，是在移除這類缺陷時，有效退火之一項因素。因此，要達成該目標結果所需之條件，可藉由改變許多樣本之處理溫度，時間以及氣壓之組合，而加以判定。所以，在不悖離本發明之範圍，可不同於在此所述之條件。

將一晶圓做此消除缺陷處理，導致在靠近晶圓表面形成一層，與開始材料相比，其聚集空洞缺陷濃度減少。然而，此表層最好實質地不具有聚集空洞缺陷。因此，要注意在此所使用之「實質地不具有聚集空洞缺陷」一詞，應指該層中之聚集缺陷濃度，少於這些缺陷之探測極限，其目前約為 10^4 缺陷/cm³。

若該晶圓未先經過一穩定化熱處理，應用於消除聚集缺陷處理之條件，亦會導致溶解出現於晶圓中之氧氣沈澱成

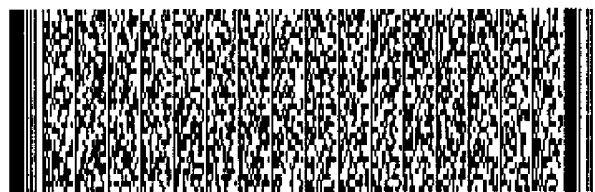


五、發明說明 (9)

核中心。為重建這些成核中心，並因此使該晶圓能增加為IG目的之氧氣沈澱密度，將該晶圓經過一串步驟，形成一空洞濃度分布。本方法此部分有效地用以判定或「列印」在電子裝置製程中，氧氣在晶圓中最終沈澱的方式。現在參考圖1，晶圓1具有一前表面3，一後表面5，以及介於前後表面間之一想像中間平面7，在本方法此部分之步驟 S_1 中，於一含氧大氣中，熱處理該晶圓1，以生長一表層氧化物層9，包圍該晶圓1。通常，該氧化物層之厚度，大於形成在矽上之原有氧化物層(約15埃)；該氧化物之厚度最好至少約20埃，在某些實施例中，至少約25埃，或甚至最少約30埃。然而，以往的實驗證明顯示，厚度超過30埃之氧化物層，在不影響所需效果時，只有很少或根本沒有額外的效益。

要注意本文中之「前」「後」等詞，是用以區分晶圓之兩個主要，大致為平面之表面；在此所使用之晶圓前表面一詞，不一定是其後在其上製造電子裝置之表面，而晶圓之後表面，在此亦不一定是指相對於在其上製造電子裝置之表面的主要表面。另外，由於矽晶圓通常具有一些總厚度變化(TTV)，扭曲與彎曲，在前表面上每一點與後表面上每一點間之中間點，可能並不準確地落在同一平面；然而，做為一種實用的方法，TTV，扭曲與彎曲通常十分細微，而可以說該中間點十分接近落於一想像的中間平面，該平面與前後表面近似等距。

本方法沈澱部分之步驟 S_2 中，將該晶圓1施以一熱處理

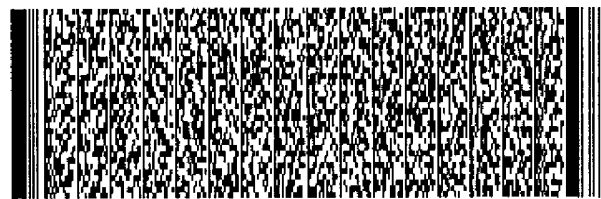
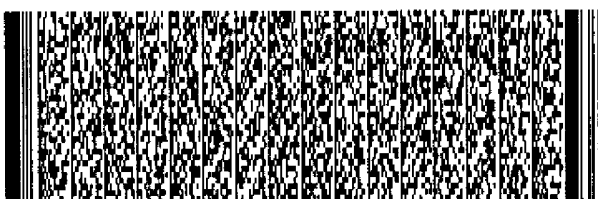


五、發明說明 (10)

步驟，其中，加熱該晶圓以提高溫度，而形成並增加晶圓中晶格空洞13之數量密度。此熱處理步驟最好以快速熱退火器實行，其中快速加熱晶圓至目標溫度，並在該溫度時，退火相當短的時間。通常，晶圓加熱至約超過1150℃，最好至少約1175℃，至少約1200℃更好，介於約1200℃至1275℃之間則最佳。

本方法沈澱部分之第一實施例中，在具有氮化氣壓下執行該快速熱退火；也就是說，該退火的執行，是在一含氮(N_2)氣體之氣壓，或如氮之類之含氮化合氣體下，可氮化暴露的矽表面。因此該大氣可完全由氮或氮化合氣體組成，或另外包括一非氮化氣體，如氫。在達到退火溫度時，亦接近或直接達成增加整個晶圓之空洞濃度。一般晶圓會保持此溫度約一秒，通常約數秒(如至少3秒)，最好是數十秒(如20，30，40，或50秒)，以及根據晶圓所需特徵，可保持至60秒(接近市售之快速熱處理器之極限)。所得之晶圓在其中具有相當一致之空洞濃度(數量密度)分布。

根據以往所得之實驗證明，執行快速熱處理步驟時之大氣中，只具有相當小部分之氧氣，置蒸氣及其他氧化氣體壓力，該大氣完全不具氧化氣體，或只有這類氣體分壓，不足以注入足量可抑制空洞濃度建立之矽自間隙原子。氧化氣體濃度之下限尚未明確判定，但已證明氧氣分壓0.01大氣壓(atm.)，或每百萬原子10,000粒子(ppma)下，未觀察到空洞濃度之增加或任何效應。因此，該大氣最好具有低於0.01 atm. (10,000 ppma)之氧氣或其他氧化氣體之



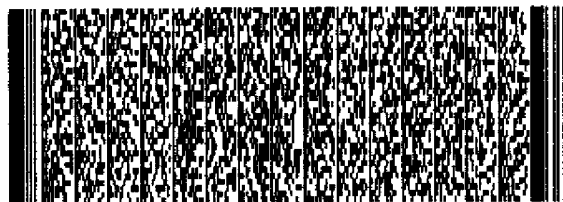
五、發明說明 (11)

分壓；該大氣中這類氣體之分壓最好不超過約0.005 atm. (5,000 ppma)，最好不超過約0.002 atm. (2,000 ppma)，而不超過約0.001 atm. (1,000 ppma)則最佳。

除了導致晶格空洞的形成，該快速熱處理步驟亦導致矽開始材料中，任一不穩定之氧氣沈澱成核中心之溶解。這些成核中心的形成，是在例如可切片成晶圓之單晶矽錠生成期間，或為先前晶圓之熱製程中一些其他事件的結果，或由可切片成晶圓之錠所形成。因此，在開始材料中，出現或缺少這些成核中心並沒有影響，除了在快速熱退火步驟期間，可消除這些成核中心。

該快速熱退火可在許多市售之快速熱退火("RTA")爐中實行，其中藉由數排高功率之燈管，個別加熱晶圓。RTA爐可快速加熱矽晶圓，例如，它們可在數秒內，將一晶圓由室溫加熱至1200°C。AG協會(加州，山景)之610型爐，即為此類市售之RTA爐之一。

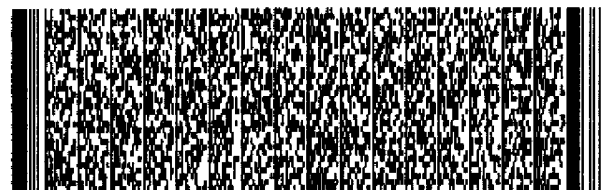
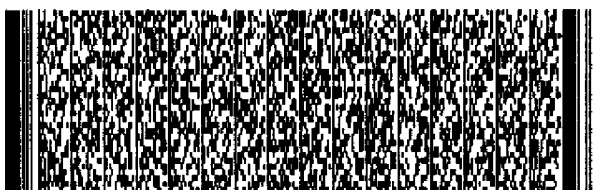
本質的點缺陷(空洞與矽自間隙)可擴散過單晶矽，其擴散速率取決於溫度。因此，本質點缺陷之濃度分布為該本質點缺陷擴散度之函數，而還原速率為溫度之函數。例如，接近晶圓於快速熱退火步驟中退火時之溫度時，該本質點缺陷相當可移動，而在任何實際實行時間內，高至700°C的溫度下，其本質地固定。以往實驗例證顯示，在低於約700°C，或者高至800°C，900°C，或1,000°C時，有效的擴散速率大幅慢下來，在任何實際實行時間內，該空洞可視為固定。



五、發明說明 (12)

完成步驟 S_2 時，經由在單晶矽中晶格空洞仍相當可移動的溫度範圍，在步驟 S_3 快速冷卻晶圓。由於經由此溫度範圍降低晶圓溫度，將空洞擴散至氧化物層9並消除，而改變空洞濃度分布，其改變程度乃依據晶圓保持在此溫度範圍之時間長短。如果晶圓以無限長的時間保持在此溫度範圍，整個晶圓整體11之空洞濃度，會再次變成實質一致，其濃度為一平衡值，實質低於剛完成熱處理步驟之晶格空洞的濃度。然而，藉由快速冷卻晶圓，會造成晶格空洞分布不一致，最大空洞濃度位於或接近於中間平面7，而空洞濃度往晶圓之前表面3與後表面5的方向減少。通常，在此溫度範圍內之平均冷卻速率，為每秒至少約 5°C ，最好是每秒至少約 20°C 。根據所需之裸露區深度，平均冷卻速率最好至少每秒約 50°C 更好是至少每秒 100°C ，某些申請案之冷卻速率最好在每秒約 100°C 至 200°C 的範圍內。一旦晶圓冷卻至低於該溫度範圍，單晶矽中晶格空洞相當可移動時，該冷卻速率並未大幅影響晶圓之沈澱特徵，而因此並不十分重要。依習用方法，該冷卻步驟可在相同於實行加熱步驟之氣壓下實行。

本方法沈澱部分之步驟 S_4 中，將該晶圓做一氧氣沈澱熱處理。例如，可在溫度 800°C 時，將晶圓退火四小時，接著以 1000°C 退火十六小時。另外且最好如電子裝置製程之第一個步驟，將該晶圓裝入溫度約 800°C 的爐中。裝入具有此溫度之爐中時，已先快速熱退火之晶圓具有分離的區域，基於氧氣沈澱而有不同作用。在高空洞區域(晶圓整



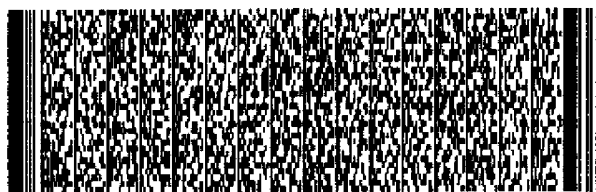
五、發明說明 (13)

體)，當晶圓進入爐中，氧氣即快速叢聚。至到達裝載溫度時，已完成該叢聚程序，且達成分布氧氣團，此僅依據空洞之最初濃度。在低空洞區域(接近晶圓表面)，該晶圓有如一正常晶圓，缺少先前存在之氧氣沈澱成核中心；即未見到氧氣團。溫度增加至高於 800°C ，或保持固定溫度時，在多空洞區域之氧氣團成長而沈澱，並因此消耗掉，而在缺乏空洞區域則未發生。藉由將晶圓分為不同空洞濃度區域，可經由晶圓裝入爐中時，所固定之氧氣沈澱樣態，有效地創造一模板。

如圖1所示，晶圓中氧氣沈澱之結果深度分布，具有空白區域的特徵，為不具氧氣沈澱的材料(裸露區)15及15'，從前表面3及後表面5個別延伸至一深度 t ， t' 。該不具氧氣沈澱區域15及15'之間，為包括氧氣沈澱實質一致密度的區域17。

區域17之氧氣沈澱濃度先為加熱步驟之函數，其次為冷卻速率之函數。通常，氧氣沈澱的濃度會隨著加熱步驟中溫度與退火時間的增加而增加，同時規律地獲得沈澱密度，約在 1×10^7 至 5×10^{10} 的範圍。

不具氧氣沈澱材料(裸露區)15及15'，自前後表面之個別深度 t ， t' ，先為冷卻速率之函數，經過晶格空洞可在矽中相當可移動的溫度範圍。通常，該深度 t ， t' 隨著冷卻速率逐漸減少而增加，裸露區深度可達到至少約10，20，30，40，50，70或甚至100微米。最重要的，該裸露區的深度本質上不屬於該電子裝置製程的細節，而且，亦不



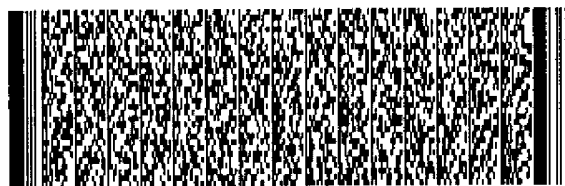
五、發明說明 (14)

像一般習用方法，仰賴氧氣向外擴散。

快速熱處理會導致少量氧氣從晶圓前後表面向外擴散，然而該向外擴散量，比用以形成裸露區之習用方法中所觀察到的，要少了許多。結果，形成一「理想沈澱的晶圓」，具有一實質一致間隙的氧氣濃度，做為從矽表面距離之函數。例如，在熱處理氧氣沈澱(S_4)前，該晶圓具有間隙氧氣實質一致的濃度，從晶圓中央至矽表面約15微米內的晶圓區域，最好是從矽中央至矽表面約10微米內的晶圓區域，更好是從矽中央至矽表面約5微米內的晶圓區域，若從矽中央至矽表面約3微米內的晶圓區域則最佳。本文中，實質一致的氧氣濃度應指，氧氣濃度的變化不高於約50%，最好不超過約20%，不超過10%則更好。

一般，氧氣沈澱熱處理不會導致氧氣從已熱處理之晶圓實質數量的外擴。因此，由於沈澱熱處理的結果，距晶圓表面數微米之裸露區中間隙的氧氣濃度，不會有太大變動。例如，如果晶圓之裸露區由晶圓介於矽表面，與一距離 D_1 (至少約10微米)間之區域組成，該距離 D_1 為從前表面向中間平面量得的，在裸露區中，從矽表面等於 D_1 一半的距離之一處，其氧氣濃度至少約為裸露區中任一處間隙氧氣濃度之尖峰濃度的75%。某些氧氣沈澱熱處理中，在此處之氧氣濃度甚至更高，即至少80%，85%，90%或甚至95%為裸露區中任一處之最高氧氣濃度。

本方法沈澱部分之第二實施例中，使用非氮化大氣，以取代第一實施例加熱(快速熱退火)及冷卻步驟中所使用之



五、發明說明 (15)

氮化大氣。適合的非氮化大氣包括氫，氮，氬，二氧化碳，及其他非氧化，非氮化成分與化合氣體，或這類氣體之混合。如同氮化大氣，非氮化大氣可包括相當小之氧氣分壓，即小於0.01 atm. (10,000 ppma) 之分壓，最好少於0.005 atm. (5,000 ppma)，更好是少於0.002 atm. (2,000 ppma)，而少於0.001 atm. (1,000 ppma) 則最佳。

本方法沈澱部分之第三實施例中，略去步驟 S_1 (熱氧化步驟)，且該開始晶圓僅具有一原始氧化物層。然而，在氮氣大氣中退火一晶圓時，與在氮氣中退火一晶圓，具有比原始氧化物層更厚的氧化物層 (加強氧化物層)，其效應不同。在氮氣大氣中退火包括一加強氧化物層之晶圓時，直接在達到或接近退火溫度時，可達成在整個晶圓中，實質一致增加空洞濃度；此外，由於在一指示退火溫度下之退火時間函數，該空洞濃度並未大幅增加。然而，如果該晶圓除了一原始氧化物層，缺少任何物件，或如果晶圓之前後表面以氮氣退火，在晶圓剖面圖中，通常結果之晶圓會具有「U形」之空洞濃度 (數量密度) 分布；也就是說，最高濃度會發生在前後表面或其數微米之內，而相當固定且較低之濃度，會發生在整個晶圓整體，最低濃度在晶圓整體，最初與由具有加強氧化物層之晶圓所得之濃度近似相等。另外，增加退火時間，會導致在除了原始氧化物層，缺少其他物件之晶圓中，增加空洞濃度。

實驗例證更顯示，只具有原始氧化物層的晶圓，與具有



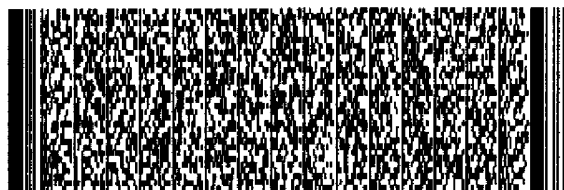
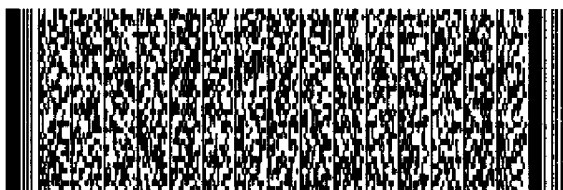
五、發明說明 (16)

一加強氧化物層的晶圓，可藉由在大氣中包括氧分子或另一氧化體，而避免其不同反應。換句話說，在含有小量氧氣分壓之氮氣大氣中，退火僅有一原始氧化物層之晶圓，該晶圓之反應與具有一加強氧化物層之晶圓相同。不受限於任一理論，比原始氧化物層厚之一表面氧化物層，似乎用來做為阻止矽氮化的屏蔽。因此可在開始晶圓上出現此加強氧化物層，或藉由在退火步驟期間長成此層，而形成在該處。

因此，根據本方法沈澱部分之第三實施例，熱退火步驟期間之大氣，最好包括一分壓，至少約0.0001 atm. (100 ppma)，分壓至少約0.0002 atm. (200 ppma)會更好。然而，由於上述原因，氧氣分壓最好不要超過0.01 atm. (10,000 ppma)，而最好是低於0.005 atm. (5,000 ppma)，低於0.002 atm. (2,000 ppma)更好，而低於0.001 atm. (1,000 ppma)則最佳。

然而，要注意另一種使用具有氧氣分壓之大氣的方法，根據步驟S₂，完成在一氮氣大氣或一中性大氣下退火後，在一氧氣大氣下，將矽晶圓做熱退火或快速熱退火處理。可在容許冷卻晶圓後，或在高溫下(即在完成最初熱退火步驟後，晶圓還熱著時)執行該氧氣退火步驟。此外，可為上述任一實施例執行此氧氣退火步驟，而藉以進一步量製或描繪矽晶圓內之空洞濃度，以及晶圓中最後之氧氣沈澱樣態。

不受限於任一特定理論，一般相信，氧氣退火會導致矽

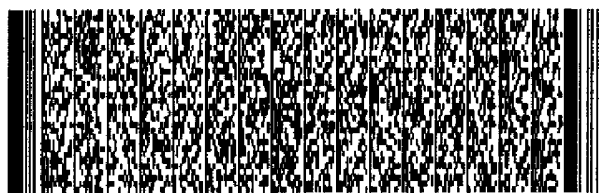
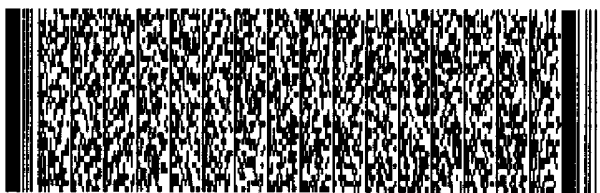


五、發明說明 (17)

表面氧化，而結果造成矽自間隙之內向流動。此自間隙之內向流動，藉由導致發生還原，具有逐漸改變空洞濃度分布之效應，從表面開始，接著向內移動。可因此造成一低空洞濃度區域，產生具有一最佳深度之裸露區，以供由此矽晶圓製成裝置之特定最終用途。

關於在矽晶圓整體17內具有最高空洞濃度的矽晶圓，可藉由控制發生表面氧化的速率，選擇性地增加個別區域15及15'之深度 t 及 t' 。該氧化速率亦仰賴許多因素，諸如大氣條件，溫度以及此氧化步驟持續的時間。例如，大氣中之氧氣濃度增加時，氧化速率即增加，而應用高溫蒸氣時，速率為最大。

要注意的是，可藉由校正溫度與退火時間，以及大氣條件（即大氣的組合物，如氧氣分壓），以實驗判定氧化處理的確切條件，以使深度 t 及/或 t' 最佳化。然而，如果在本方法中應用純氧或高溫蒸氣以外的東西，大氣中之氧氣分壓最好至少約0.0001 atm. (100 ppma)，最好至少約0.0002 atm. (200 ppma)，更好是至少約0.0004 atm. (400 ppma)，而至少約0.0008 atm. (800 ppma)則最佳。因此要注意，用於熱退火步驟 S_2 中，對於氧氣容量或分壓的限制，不適用於此沈澱方法之選擇性步驟。此外，如果實質地保持區域17之空洞最高濃度，此氧化處理之溫度最好超過約1150 °C。該溫度若能至少約相等於步驟 S_2 中，熱處理期間所使用之溫度則更好。不限於任何特定理論，一般相信，如果該溫度低於熱處理期間者，因為空洞與自間



五、發明說明 (18)

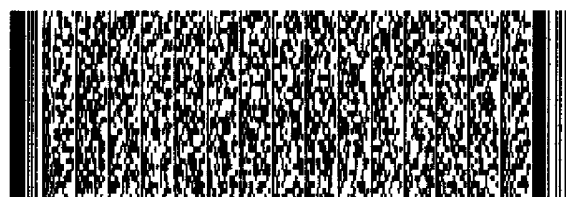
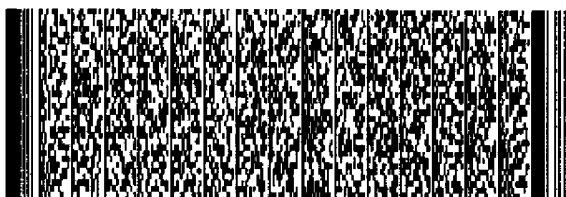
隙之直接還原，區域17中之最高空洞濃度一定會下降。

一旦完成氧化處理，可快速冷卻晶圓，如上述步驟 S_3 ，經過晶格空洞在單晶矽中相當的可移動之溫度範圍。藉由快速冷卻該晶圓，在矽矩陣中有效地「凍結」空洞濃度分布，而建立晶格空洞的不一致分布。因此最好能以此溫度範圍內之一平均速率，至少每秒約 5°C ，來加以冷卻，以避免失去或消除已建立之空洞濃度分布。然而，該冷卻速率最好為至少每秒約 20°C 。要注意的是，改變冷卻速率，可進一步修正其結果分布。因此，根據要獲得之目標分布，該平均冷卻速率至少每秒約 50°C ， 100°C ，或高到 200°C 以上。

一旦該晶圓冷卻至一溫度，低於晶格空洞在單晶矽中相當可移動的溫度範圍，冷卻速率對晶圓沈澱特徵沒有重要影響，因此不再重要。一般，該冷卻步驟可在相同於執行加熱步驟之大氣下執行。

分開的氧化處理亦為一可行方法，藉由如以上詳細敘述之調整冷卻速率的方法，而控制空洞濃度分布。因此，應用此氧化處理時，步驟 S_4 之冷卻速率可大於在此所述。另外，要注意的是，目標深度 t 或 t' 超過十幾微米，數十微米或更多時，最好用此氧化處理。

更要注意的是，氧化處理的靈活性，可成功地在一般具有「U形」空洞濃度(數量密度)的晶圓上，執行此方法。明確而言，以上所述，如果將在晶圓只有一原始氧化層之晶圓，做熱退火步驟 S_2 ，其結果晶圓一般具有「U形」之



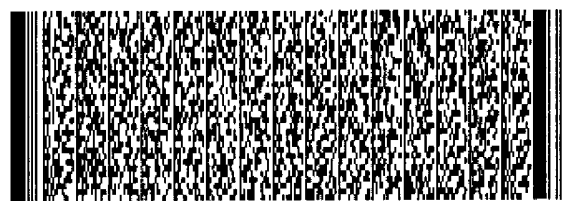
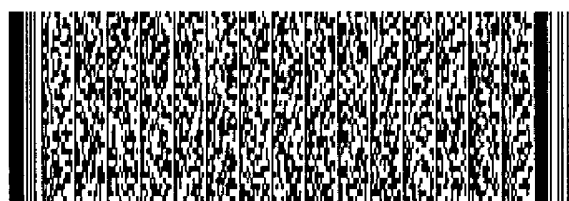
五、發明說明 (19)

空洞分布。藉由將這樣的晶圓做氧化熱處理，可改變其空洞濃度分布，選擇性地判定暴露條件，以獲得與本發明一致之目標空洞分布。

沈澱方法之其他實施例中，可將晶圓之前後表面暴露於不同大氣，各大氣可包括一種或數種氮化氣體或非氮化氣體。例如，可將晶圓後表面暴露於氮化大氣，而將前表面暴露於非氮化大氣。另外，可將多個晶圓（如2，3或更多個晶圓）面對面地堆疊而同時退火；這樣退火時，在退火期間，面對面接觸的各面，機械地屏蔽大氣。另外，依據快速熱退火步驟期間應用之大氣，與晶圓之目標氧氣沈澱分布，可僅在晶圓要有裸露區的一側，如晶圓之前表面3（見圖1），形成該氧化層。

另外要注意的是，可在熱退火晶圓以消除聚集空洞缺陷前，在矽晶圓上執行沈澱程序。然而，如果使用這種方式，最好在將晶圓做消除缺陷處理之前，先做一穩定化熱處理。例如，可加熱該晶圓至約400至850℃之溫度範圍內一段時間，足以給予其足夠的穩定性，以經得起消除缺陷處理之溫度。因此，要注意的是，增加熱處理的時間可賦予更大的穩定性。因此，根據所使用的消除缺陷處理之條件，需要20，40，60秒以上的時間，至2，3或4個小時以上。例如，一般用於穩定化的設定條件，包括加熱晶圓至約650與850℃間的溫度，持續約1至4小時。

如因應用足以穩定氧氣沈澱成核中心的熱處理，可在消除缺陷處理期間，直接選擇性地形成氧氣沈澱；即，可用



五、發明說明 (20)

消除缺陷處理取代氧氣沈澱步驟 S_4 。另外，如果要用如前述步驟 S_4 之氧氣沈澱熱處理，可在開始消除缺陷處理前先完成。

本發明方法之開始材料，為從一單晶錠切片之單晶矽晶圓，該單晶錠是以一般切克勞斯基晶體生長法長成的。這類方法，如同標準的矽切片，研磨，蝕刻，及拋光技術，揭露在例如，F. Shimura, Semiconductor Silicon Crystal Technology, Academic Press, 1989, 以及 Silicon Chemical Etching, (J. Grabmaier 編)

Springer-Verlag, 紐約, 1982(在此併供參考)。該晶圓可以是已拋光的，或是已研磨並蝕刻而未拋光的。另外，該晶圓可具有空洞或自間隙點缺陷，做為顯著的本質點缺陷。例如，該晶圓可以是從中央至邊緣佈滿空洞，從中央至邊緣佈滿自間隙，或可包括一佈滿材料之中央空洞核心，以佈滿材料之自間隙軸向對稱環包圍。

以切克勞斯基法生長之矽，其氧氣濃度一般在約 5×10^{17} 至約 9×10^{17} atoms/cm³ (ASTM標準F-121-83)範圍內。因為在本方法中，晶圓之氧氣沈澱動作，變成本質上從氧氣濃度去耦，該開始晶圓之氧氣濃度，可下降至藉由切克勞斯基法可得之範圍內，甚至低於該範圍。

根據單晶矽錠之冷卻速率，從矽熔點溫度(約 1410°C)，到約 750°C 至 350°C 的範圍，可在晶圓切片的單晶矽錠中，形成氧氣沈澱成核中心。在開始材料中，這些成核中心的有無對本發明並不重要，然而，可藉由在超過約 1300°C 的



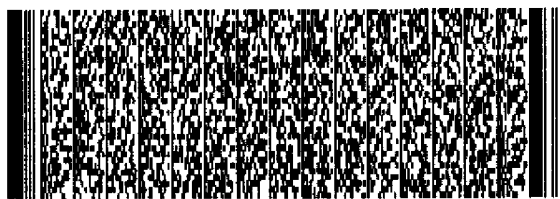
五、發明說明 (21)

溫度下，熱處理矽而消除這些成核中心。某些熱處理，如在約800℃的溫度，將矽退火約四小時，可穩定這些成核中心，使其不致於在不超過1150℃的溫度下被消除。氧氣沈澱的探測極限目前為約 5×10^6 沈澱數/cm³。以現有之技術，無法直接測得氧氣沈澱成核中心的存在(或密度)。然而，可使用其他技術，間接探測其存在。以上所述，可以穩定矽中之氧氣沈澱成核中心，且藉由將矽做氧氣沈澱熱處理，可在這些位置增加沈澱量。因此，經過氧氣沈澱熱處理後，可間接測得這些成核中心的存在，如在800℃的溫度下，將晶圓退火四小時，接著在1000℃下六個小時。

在單晶矽中為雜質時，替代碳具有催化氧氣沈澱成核中心形成的功能。因此，基於這一點與其他原因，單晶矽開始材料最好具有低碳濃度。即，單晶矽之碳濃度應低於約 5×10^{16} atoms/cm³，最好是低於 1×10^{16} atoms/cm³，若低於 5×10^{15} atoms/cm³更好。

若在根據本發明製備之晶圓上，沈積一外延層，可在外延沈積之前或之後，實行本方法。如果在之前實行，最好在本方法後及外延沈積前，穩定晶圓中之氧氣沈澱成核中心。若在之後實行，如果可達到本發明方法所需之冷卻速率，最好接著外延沈積之後，在外延反應器中實行本發明方法。

單晶矽中之晶格空洞的測量，可藉由鉑擴散分析執行。通常，在樣本上沈積鉑，並在一置平表面上擴散，最好選擇擴散時間及溫度，如用Frank-Turnbull裝置主導鉑的擴



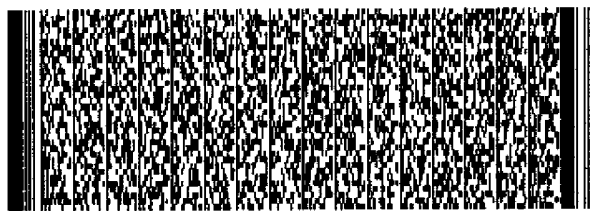
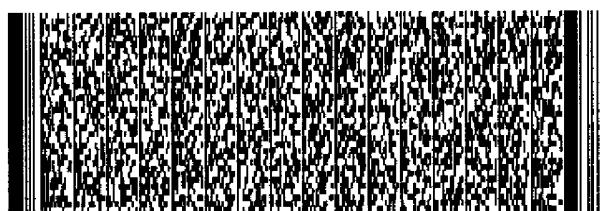
五、發明說明 (22)

散，但其藉由鉑原子，足以達到空洞配置的穩定狀態。對本發明而言，一般具有空洞濃度之晶圓，可使用20分730℃的擴散時間及溫度，雖然在較低溫度下，如約680℃，可獲得更精確的蹤跡。另外，要將矽化程序的可能影響減至最小，該鉑沈積方法最好使表面濃度低於一單層。鉑擴散之技術在他處敘述，例如，Jacob等人，J. Appl. Phys.，82期，頁182 (1997)；Zimmermann與Ryssele，"The Modeling of Platinum Diffusion In Silicon Under Non-Equilibrium Conditions"，J. Electrochemical Society，139期，頁256 (1992)；Zimmermann，Goesele，Seilenthal及Eichiner，"Vacancy Concentration Wafer Mapping In Silicon"，Journal of Crystal Growth，129期，頁582 (1993)；Zimmermann與Falster，"Investigation Of The Nucleation of Oxygen Precipitates in Czochralski Silicon At An Early Stage"，Appl. Phys. Lett.，60期，頁3250 (1992)；以及Zimmermann與Ryssele，Appl. Phys. A，55期，頁121 (1992)。

範例1至5說明本發明之沈澱部分。這些範例不應視為僅限於此用法。

範例1

將藉由切克勞斯基法抽出之矽單晶體切片並拋光，以形成矽晶圓。將這些晶圓做一表面氧化步驟(S_1)，在氮氣或氫中快速熱退火(S_2)，快速冷卻(S_3)，並在如表 I 所設定



五、發明說明 (23)

之條件下，做一氧氣穩定化與生長步驟(S_4)。表 I 中亦列出，步驟 S_1 至 S_4 之前晶圓的最初氧氣濃度(O_i)，步驟 S_4 後晶圓整體中之氧氣沈澱密度(OPD)，以及步驟 S_4 後裸露區之深度(DZ)。

表 I

樣本	4-7	4-8	3-14
S_1	在 N_2 +約 1% O_2 中， 1,000°C，15 分	在 N_2 +約 1% O_2 中， 1,000°C，15 分	無
S_2	在 N_2 中，1250°C， 35 秒	在 Ar 中，1250°C， 35 秒	在 N_2 中，1250°C， 35 秒
S_3	100°C/秒	100°C/秒	100°C/秒
S_4	在 N_2 中， 800°C 4 小時+ 1,000°C 16 小時	在 N_2 中， 800°C 4 小時+ 1,000°C 16 小時	在 N_2 中， 800°C 4 小時+ 1,000°C 16 小時
O_i (atoms/cm ³)	7×10^{17}	6.67×10^{17}	7.2×10^{17}
OPD (atoms/cm ³)	1×10^{10}	4.4×10^9	1.69×10^{10}
DZ (depth in μm)	70	95	0

圖2，3及4顯示結果晶圓的剖面圖(這些圖為放大200倍之照片)；圖2顯示樣本4-7，圖3顯示樣本4-8，而圖4顯示樣本3-14。

另外，使用一鉑擴散技術，繪製樣本4-7中晶格空洞之濃度。圖5顯示鉑濃度與距晶圓表面之深度(在晶圓前側對應深度為0微米)的圖表。



五、發明說明 (24)

範例2

為證明本發明方法之沈澱部分，不受以切克勞斯基法長成之矽晶圓氧氣濃度影響，將三個具有不同氧氣濃度之晶圓，做如範例1所述之一串步驟。在表II中列出各步驟之條件，步驟 S_1 至 S_4 之前晶圓的最初氧氣濃度(O_i)，步驟 S_4 後晶圓整體中之氧氣沈澱密度(OPD)，以及步驟 S_4 後裸露區從晶圓表面測得之深度(DZ)。圖6，7及8顯示結果晶圓的剖面圖(這些圖為放大200倍之照片)；圖6顯示樣本3-4，圖7顯示樣本3-5，而圖8顯示樣本3-6。

表 II

樣本	3-4	3-5	3-6
S_1	在 N_2 +約 1% O_2 中， 1,000°C，15 分	在 N_2 +約 1% O_2 中， 1,000°C，15 分	在 N_2 +約 1% O_2 中， 1,000°C，15 分
S_2	在 N_2 中，1250°C， 35 秒	在 N_2 中，1250°C， 35 秒	在 N_2 中，1250°C， 35 秒
S_3	125°C/秒	125°C/秒	125°C/秒
S_4	在 N_2 中， 800°C 4 小時+ 1,000°C 16 小時	在 N_2 中， 800°C 4 小時+ 1,000°C 16 小時	在 N_2 中， 800°C 4 小時+ 1,000°C 16 小時
O_i (atoms/cm ³)	6×10^{17}	7×10^{17}	8×10^{17}
OPD (atoms/cm ³)	4×10^{10}	1×10^{10}	6×10^{10}
DZ (depth in μm)	約 40	約 40	約 40



五、發明說明 (25)

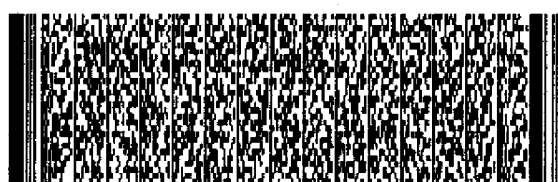
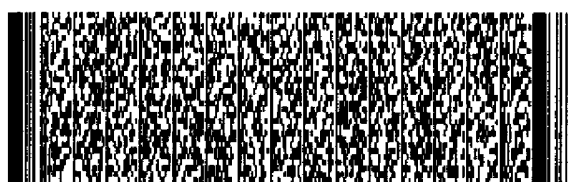
範例3

為證明本發明方法之沈澱部分，不受氧氣沈澱穩定化與生長步驟(S_4)之條件影響，將具有相同最初氧氣濃度的晶圓(樣本1-8)，做如範例2樣本3-4的步驟，只除了使用市售專賣的16 Mb DRAM方法，做為氧氣沈澱穩定化與生長步驟(S_4)。圖9顯示結果晶圓的剖面圖(此圖為放大200倍之照片)。步驟 S_4 後，樣本1-8與樣本3-4具有相當之整體氧氣沈澱密度(樣本1-8為 $7 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ ，而樣本3-4為 $4 \times 10^{10}/\text{cm}^3$)，以及相當之裸露區深度(近似40微米)。

範例4

此範例說明可觀察的整體微缺陷密度(BMD)之傾向，即在沈澱過程之熱處理步驟期間，在一大氣下氧氣濃度增加，所導致的氧氣沈澱密度，與裸露區深度(DZ)。在不同製程條件下，將三個不同組別的晶圓做快速熱退火。A組晶圓在氮氣大氣下，以 1200°C 退火30秒；B組晶圓在相同條件下退火20秒；而C組晶圓則在氬大氣下，以 1200°C 退火30秒。此例中三組晶圓皆未執行過預先氧化步驟。

如下表Ⅲ所示，各組內之各個晶圓的氧氣分壓均增加。一完成退火，藉由業界標準裝置，判定各晶圓之BMD密度及DZ深度。其結果列於下表Ⅲ。



五、發明說明 (26)

表 III

晶圓組別	氧氣分壓	BMD 密度 (缺陷量/cm ⁻³)	DZ 深度 (微米)
A	250 ppma	6.14x10 ⁹	70
A	500 ppma	6.24x10 ⁹	80
A	1000 ppma	2.97x10 ⁹	80
A	2000 ppma	7.02x10 ⁸	100
A	5000 ppma	2.99x10 ⁷	ND
A	1x10 ⁶ ppma	6.03x10 ⁶	ND
B	500 ppma	2.59x10 ⁹	80
B	1000 ppma	1.72x10 ⁹	100
B	2000 ppma	9.15x10 ⁸	100
B	5000 ppma	2.65x10 ⁷	ND
B	1x10 ⁶ ppma	2.17x10 ⁶	ND
C	250 ppma	2.65x10 ⁹	90
C	500 ppma	4.03x10 ⁹	70
C	1000 ppma	1.72x10 ⁹	140
C	5000 ppma	1.69x10 ⁸	120

ND = 未定

上述資料顯示，大氣中氧氣分壓增加時，整體微缺陷之數量密度減少。另外，氧氣分壓達到10,000 ppma時，無法分別整體微缺陷之數量密度，與根據本發明沈澱部分，已經過氧氣沈澱熱處理，而無預先快速熱退火之晶圓整體微缺陷之數量密度。

範例5



五、發明說明 (27)

氧化熱退火處理

為說明本發明沈澱部分之氧化熱退火處理，將僅具有一原始氧化層之矽晶圓，做快速熱退火步驟(S_2)，該矽晶圓取自根據切克勞斯基法長成之單晶矽錠。在各例中，在一快速熱退火器中，於含氮大氣下，以約 1180°C 退火該晶圓約3分鐘，接著快速冷卻(S_3)。現在參考圖11及12，可觀察到，在氧氣穩定化與生長步驟(S_4)，以及NEC-1處理後，這類程序條件產生一矽晶圓，本質上不具有裸露區，且其整體氧氣沈澱密度(OPD)約大於 $1 \times 10^{10} \text{ atoms/cm}^3$ 。

相對於圖11及12之晶圓，如果在完成冷卻(S_3)後及步驟 S_4 前，將晶圓做氧化熱退火步驟，可形成一裸露區。現在參考圖13及14，完成冷卻後，稍微蝕刻晶圓表面，以移除任何存在之氮化物層。接著在一快速熱退火器中，於本例中約具有100%氧氣濃度之含氧週圍氣體下，加熱晶圓至約 1180°C 約3分鐘。可觀察到，在氧氣穩定化與生長步驟(S_4)，以及NEC-1處理後，這類程序條件產生一矽晶圓，具有深約 $60 \mu\text{m}$ 之裸露區，且其整體氧氣沈澱密度(OPD)約大於 $1 \times 10^{10} \text{ atoms/cm}^3$ 。

現在參考圖15及16，觀察到，可僅在該矽晶圓一側執行該氧化熱退火步驟。藉由屏蔽晶圓不做處理的一側，可達成單側處理。圖15及16中之晶圓已經過與圖13及14之晶圓相同的處理，只是該晶圓已先藉由使用低溫化學氣體定相沈積(CVD)，形成一氮化矽覆毯，而屏蔽其一側。可觀察到，在氧氣穩定化與生長步驟(S_4)，以及NEC-1處理後，



五、發明說明 (28)

該結果晶圓在未屏蔽的一側(前側)上，具有深約60 μm 之裸露區，而晶圓已屏蔽的一側(後側)本質上不具有裸露區。該晶圓之整體氧氣沈澱密度(OPD)約大於 1×10^{10} atoms/cm³。

要注意的是，要達成本方法沈澱部分之結果，不一定要蝕刻晶圓表面，而移除現存之任何氮化物層。該表面蝕刻為選擇性的，而非限定之條件。

更要注意的是，由範例5來看，藉由在氧化大氣中熱退火晶圓，可有效地形成一裸露區。另外，藉由本發明沈澱部分之其他實施例所形成之裸露區，可用此熱氧化處理進一步修改。例如，可藉由在步驟S₄之氧氣沈澱熱處理前，將樣本做此熱退火處理，而增加樣本4-7及4-8(範例1)之裸露區深度。同樣地，關於樣本3-14(範例1)，可藉由將晶圓做此熱氧化處理，而形成一裸露區。

由以上看來，可見已達成本發明的幾個目的。在不悖離本發明範圍下，可對上述組合與方法做不同變化，以上所述僅做為說明之用，而並不限於此。

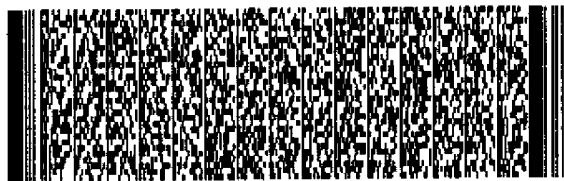


四、中文發明摘要 (發明之名稱：去除聚集空洞缺陷之理想沈澱晶圓之熱退火)

茲揭露一種方法，用以將單晶矽晶圓做熱處理，而消除聚集空洞缺陷，並影響後續熱處理步驟中，晶圓內氧氣之沈澱動作。該晶圓具有一前表面，一後表面，以及在該前後表面間之一中間平面。該方法中，將晶圓做熱退火，以消除出現在一層中之聚集空洞缺陷，該層從前表面延伸至該晶圓中央。接著熱處理退火後之晶圓，以形成晶格空洞，該空洞形成於整體矽塊中。將熱處理後之晶圓，以一速率從該熱處理時之溫度冷卻，而容許部分，但非全部之晶格空洞擴散至前表面，以製造一晶圓，其空洞濃度分布之最高密度位於或靠近中間平面，而其濃度往晶圓前表面的方向逐漸變小。

英文發明摘要 (發明之名稱：THERMAL ANNEAL OF IDEAL PRECIPITATING WAFER TO ELIMINATE AGGLOMERATED VACANCY DEFECTS)

A process for heat-treating a single crystal silicon wafer to dissolve agglomerated vacancy defects and to influence the precipitation behavior of oxygen in the wafer in a subsequent thermal processing step is disclosed. The wafer has a front surface, a back surface, and a central plane between the front and back surfaces. In the process, the wafer is subjected to a thermal anneal to dissolve agglomerated vacancy defects present in a stratum extending from the front



四、中文發明摘要 (發明之名稱：去除聚集空洞缺陷之理想沈澱晶圓之熱退火)

英文發明摘要 (發明之名稱：THERMAL ANNEAL OF IDEAL PRECIPITATING WAFER TO ELIMINATE AGGLOMERATED VACANCY DEFECTS)

surface toward the center of the wafer. The annealed wafer is then heat-treated to form crystal lattice vacancies, the vacancies being formed in the bulk of the silicon. The heat-treated wafer is cooled from the temperature of said heat treatment at a rate which allows some, but not all, of the crystal lattice vacancies to diffuse to the front surface to produce a wafer having a vacancy concentration profile in which the peak density is at or near the central plane



四、中文發明摘要 (發明之名稱：去除聚集空洞缺陷之理想沈澱晶圓之熱退火)

英文發明摘要 (發明之名稱：THERMAL ANNEAL OF IDEAL PRECIPITATING WAFER TO ELIMINATE AGGLOMERATED VACANCY DEFECTS)

with the concentration generally decreasing in the direction of the front surface of the wafer.



六、申請專利範圍

1. 一種單晶矽晶圓，具有兩個大致平行的主要表面，一為該晶圓之前表面，另一為晶圓之後表面，一中間平面介於該前後表面間，接合前後表面之週界邊緣，從前表面延伸至一距離 D_s 之一層， D_s 為從前表面向中間平面所量得之距離，一表層至少部分與該層同寬，包括該晶圓介於前表面與一距離 D_1 間之區域， D_1 為從前表面往中間平面量得之約10微米的距離，以及一整體層，包括該晶圓介於中間平面與表層間之區域。該晶圓之特徵在於，

該晶圓層實質上不具有聚集空洞缺陷；以及

該晶圓之晶格空洞不一致分布，整體層中之空洞濃度大於表層中之空洞濃度，其中空洞最高密度位於或靠近中間平面，其濃度從最高密度位置，向晶圓前表面的方向逐漸減少。

2. 如申請專利範圍第1項之晶圓，其中 D_1 至少約20微米。

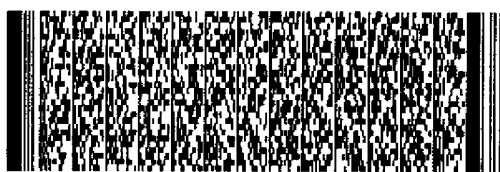
3. 如申請專利範圍第1項之晶圓，其中 D_1 至少約50微米。

4. 如申請專利範圍第1，2或3項之晶圓，其中 D_s 至少約5微米。

5. 如申請專利範圍第1，2或3項之晶圓，其中 D_s 至少約10微米。

6. 如申請專利範圍第1，2或3項之晶圓，其中 D_s 至少約20微米。

7. 如申請專利範圍第1，2或3項之晶圓，其中從距離晶



六、申請專利範圍

圓表面超過3微米處之間隙氧氣濃度，至少約為晶圓整體內間隙氧氣濃度之50%。

8. 如申請專利範圍第1，2或3項之晶圓，其中從距離晶圓表面超過10微米處之間隙氧氣濃度，至少約為晶圓整體內間隙氧氣濃度之80%。

9. 如申請專利範圍第1，2或3項之晶圓，其進一步特徵為，該晶圓在其前表面具有一外延層。

10. 如申請專利範圍第1，2或3項之晶圓，其進一步特徵為，其前表面已拋光。

11. 如申請專利範圍第1，2或3項之晶圓其進一步特徵為，該晶圓之碳濃度約為 1×10^{16} atoms/cm³。

12. 如申請專利範圍第1，2或3項之晶圓，其進一步特徵為，該晶圓之碳濃度約為 5×10^{15} atoms/cm³。

13. 如申請專利範圍第1，2或3項之晶圓，其進一步特徵為，該晶圓缺少氧氣沈澱成核中心，該成核中心無法藉由在超過約1300℃之溫度下，熱處理該晶圓而消除。

14. 一種方法，用以熱處理單晶矽晶圓，以消除聚集空洞缺陷，並影響其後之熱處理步驟中，晶圓內氧氣之沈澱動作，該矽晶圓具有兩個大致平行的主要表面，一為該晶圓之前表面，另一為晶圓之後表面，一中間平面介於前後表面間，一個接合前後表面之週界邊緣，一個從前表面延伸至一距離 D_s 之層， D_s 為從前表面向中間平面所量得之距離，一表層，至少部分與該層同寬，並包括該晶圓介於前表面與一距離 D 間之區域， D 為從前表面往中間平面量得的



六、申請專利範圍

距離，以及一整體層，包括該晶圓介於中間平面與表層間之區域，該方法包括：

在一大氣下，使晶圓經過熱退火，以消除先前存在層中之聚集空洞缺陷；

熱處理退火後之晶圓，而在表層與整體層中形成晶格空洞；以及

控制該熱處理晶圓之冷卻速率，以製造一晶圓，其空洞濃度分布最高密度位於或靠近中間平面，其濃度往晶圓前表面方向逐漸變小，表層與整體層中空洞濃度的差異在於，晶圓在溫度超過 750°C 下之熱處理，可在表層中形成一裸露區，而氧氣叢聚或沈澱在整體層中，該氧氣叢聚或沈澱在整體層中之濃度，主要取決於空洞之濃度。

15. 如申請專利範圍第14項之方法，其中在一大氣之氫，氫或其混合氣體中，熱退火該晶圓。

16. 如申請專利範圍第14項之方法，其中在約介於 1100°C 至 1300°C 之溫度下，熱退火該晶圓約1至4小時。

17. 如申請專利範圍第14項之方法，其中在非氮化大氣中熱處理該退火後之晶圓。

18. 如申請專利範圍第17項之方法，其中該熱處理之大氣，主要係氫，氮或其混合。

19. 如申請專利範圍第14項之方法，其中在一氮化大氣中熱處理該退火後之晶圓。

20. 如申請專利範圍第14項之方法，其中該退火後晶圓之熱處理，包括在一含氧大氣中，加熱該晶圓至超過約



六、申請專利範圍

1175℃之溫度不到60秒，其氧氣分壓低於5,000 ppma。

21. 如申請專利範圍第14項之方法，其中該退火後晶圓之熱處理，包括在一含氧大氣中，加熱該晶圓至超過約1200℃之溫度不到60秒，其氧氣分壓低於5,000 ppma。

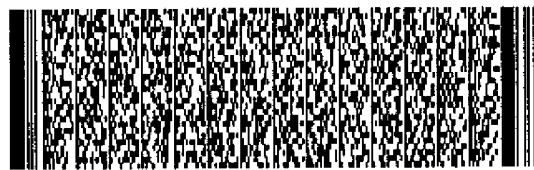
22. 如申請專利範圍第14，20或21項之方法，其中該冷卻速率，經過晶格空洞在矽中相當可移動之溫度範圍，至少每秒約50℃。

23. 如申請專利範圍第14，20或21項之方法，其中該冷卻速率，經過晶格空洞在矽中相當可移動之溫度範圍，至少每秒約100℃。

24. 如申請專利範圍第14，20或21項之方法，其中熱處理該晶圓，以消除層中先前存在之聚集空洞缺陷，至約10微米之深度。

25. 如申請專利範圍第14，20或21項之方法，其中熱處理該晶圓，以消除層中先前存在之聚集空洞缺陷，至約20微米之深度。

26. 一種~~方法~~^{25項之方法}用以熱處理單晶矽晶圓而消除聚集空洞缺陷，並影響其後之熱處理步驟中，晶圓內氧氣之沈澱動作，該矽晶圓具有一前表面，一後表面，一中間平面介於前後表面間，一個從前表面延伸至一距離 D_s 之層， D_s 為從前表面向中間平面所量得之距離，一表層，至少部分與該層同寬，並包括該晶圓介於前表面與一距離 D 間之區域， D 為自前表面往中間平面量得的距離，以及一整體層，包括該晶圓介於中間平面與表層間之區域，該方法包括下列



六、申請專利範圍

步驟：

在一大氣下，使晶圓經過熱退火，以在表層與整體層中形成晶格空洞；

控制該已熱處理晶圓之冷卻速率，以製造一晶圓，其空洞濃度分布最高密度位於或靠近中間平面，其濃度向晶圓前表面之方向逐漸變小，而該表層與整體層中之空洞濃度的差異在於，晶圓在溫度超過 750°C 下之熱處理，可在表層中形成一裸露區，而氧氣叢聚或沈澱在整體層中，該氧氣叢聚或沈澱在整體層中之濃度，主要取決於空洞之濃度；

藉由加熱該冷卻之晶圓約1至4小時，至一溫度約 650 至 850°C ，使冷卻晶圓中之氧氣沈澱成核中心穩定；以及

在一大氣下，熱退火該穩定後之晶圓，以消除自前表面延伸至少5微米深區域內之聚集空洞缺陷。

27. 如申請專利範圍第26項之方法，其中在氫，氮或其混合氣體之大氣中，熱處理已穩定化之晶圓。

28. 如申請專利範圍第26項之方法，其中在介於約 1100°C 至 1300°C 之溫度下，熱處理已穩定化之晶圓約1至4小時。

29. 如申請專利範圍第26項之方法，其中在一非氮化大氣中，熱處理該晶圓。

30. 如申請專利範圍第29項之方法，其中該熱處理之大氣主要為氫，氮或其混合。

31. 如申請專利範圍第26項之方法，其中在一氮化大氣



六、申請專利範圍

中，熱處理該晶圓。

32. 如申請專利範圍第26項之方法，其中在一含氧大氣中，熱處理該晶圓至超過約 1175°C 之溫度不到60秒，其氧氣分壓低於5,000 ppma。

33. 如申請專利範圍第26項之方法，其中在一含氧大氣中，熱處理該晶圓至超過約 1200°C 之溫度，不到60秒，其氧氣分壓低於5,000 ppma。

34. 如申請專利範圍第26，32或33項之方法，其中熱處理該已穩定化之晶圓，以消除從前表面延伸至少約10微米深區域內之聚集空洞缺陷。

35. 如申請專利範圍第26，32或33項之方法，其中熱處理該已穩定化之晶圓，以消除從前表面延伸至少約20微米深區域內之聚集空洞缺陷。

36. 如申請專利範圍第26，32或33項之方法，其中該冷卻速率，經過晶格空洞在矽中相當可移動之溫度範圍，至少每秒約 $50^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。

37. 如申請專利範圍第26，32或33項之方法，其中該冷卻速率，經過晶格空洞在矽中相當可移動之溫度範圍，至少每秒約 100°C 。



圖式

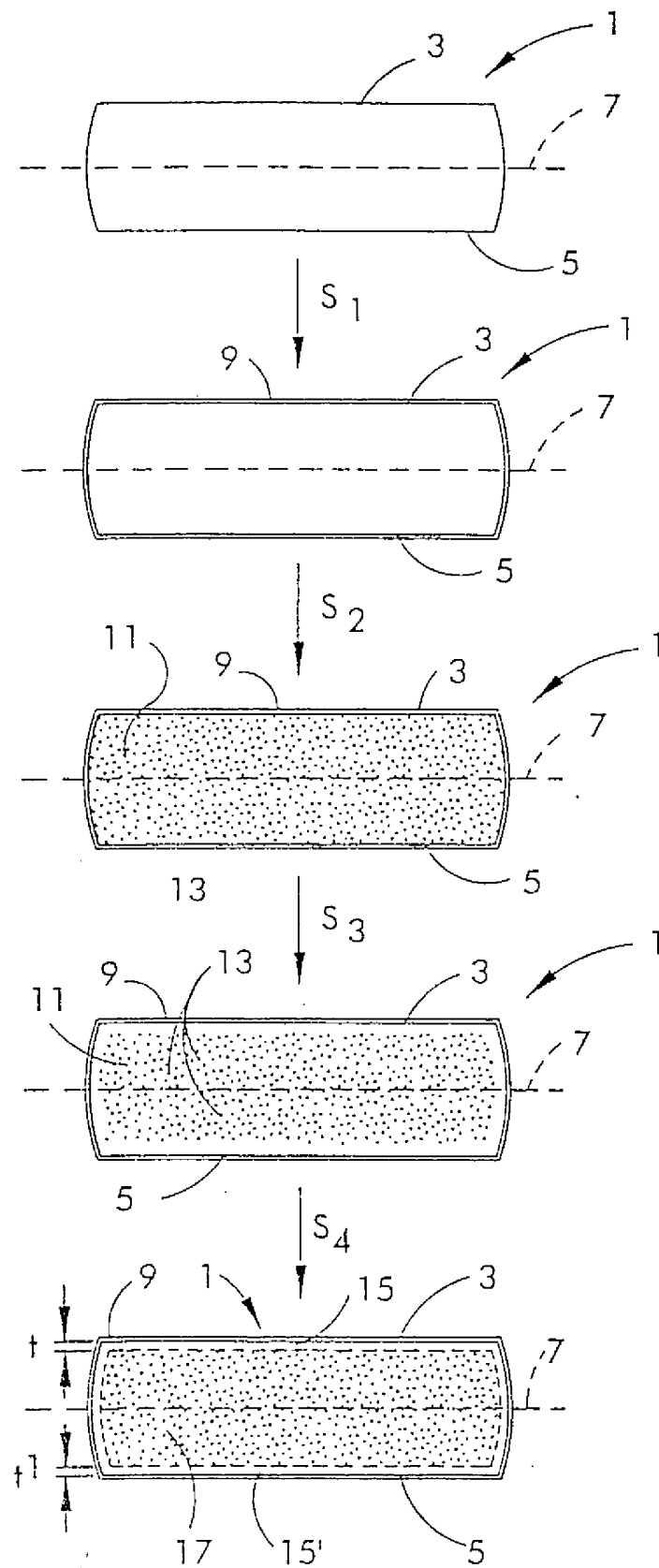


圖 1

圖式

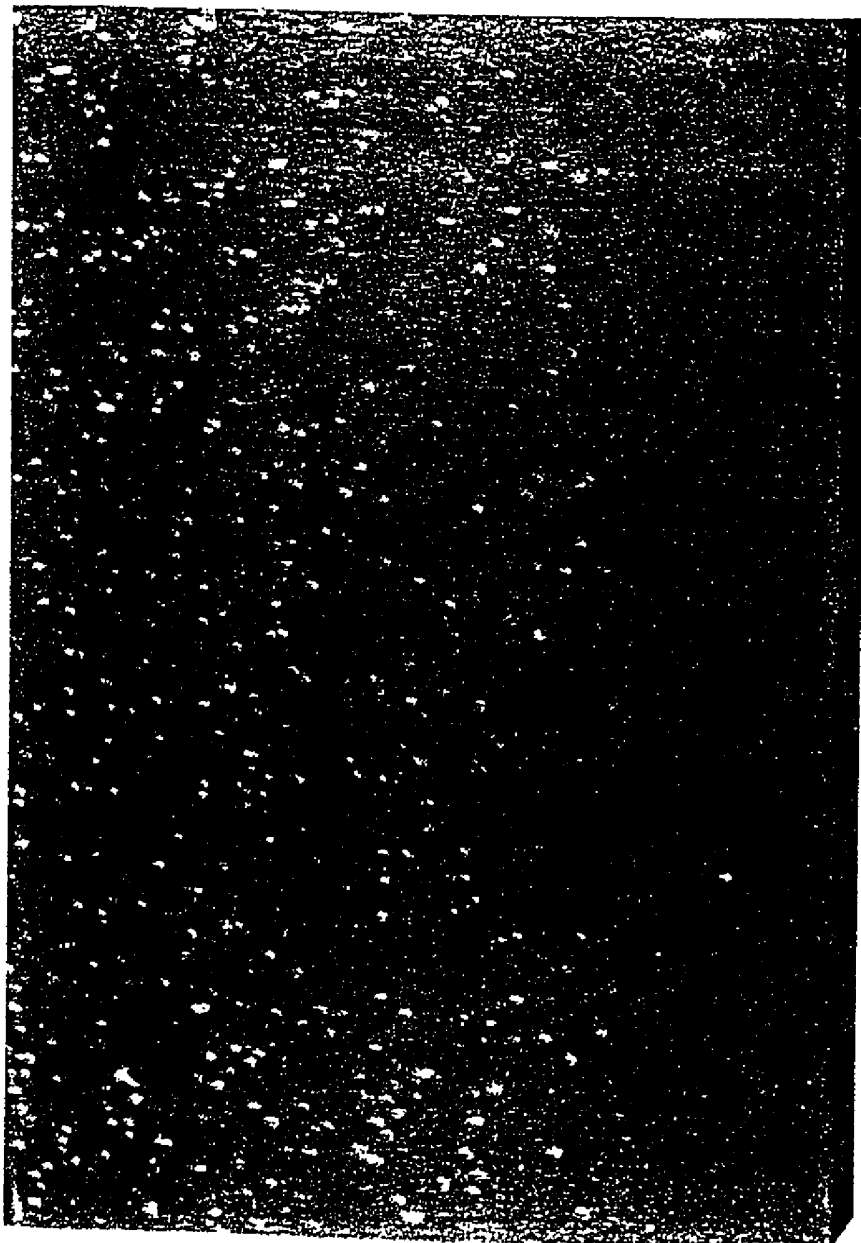
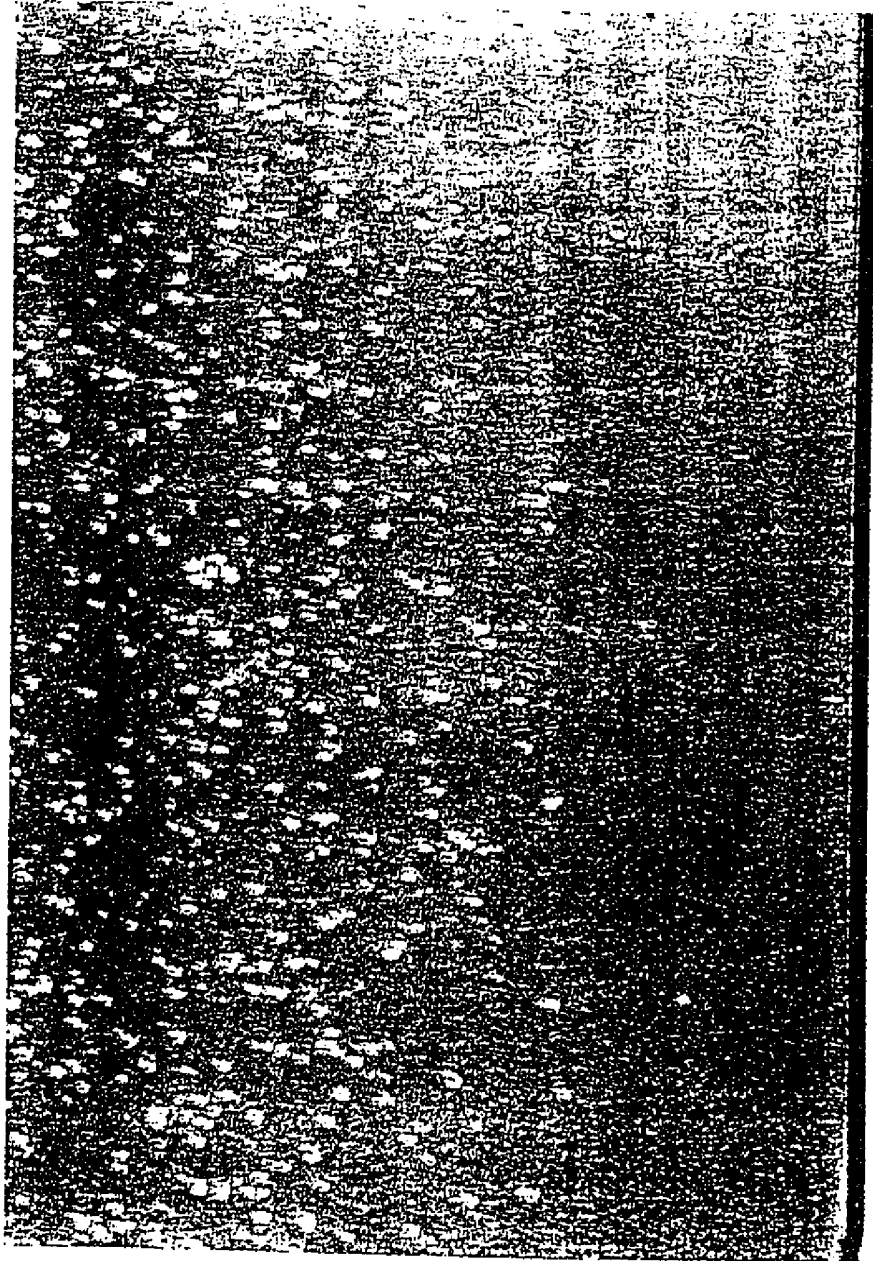


圖
2

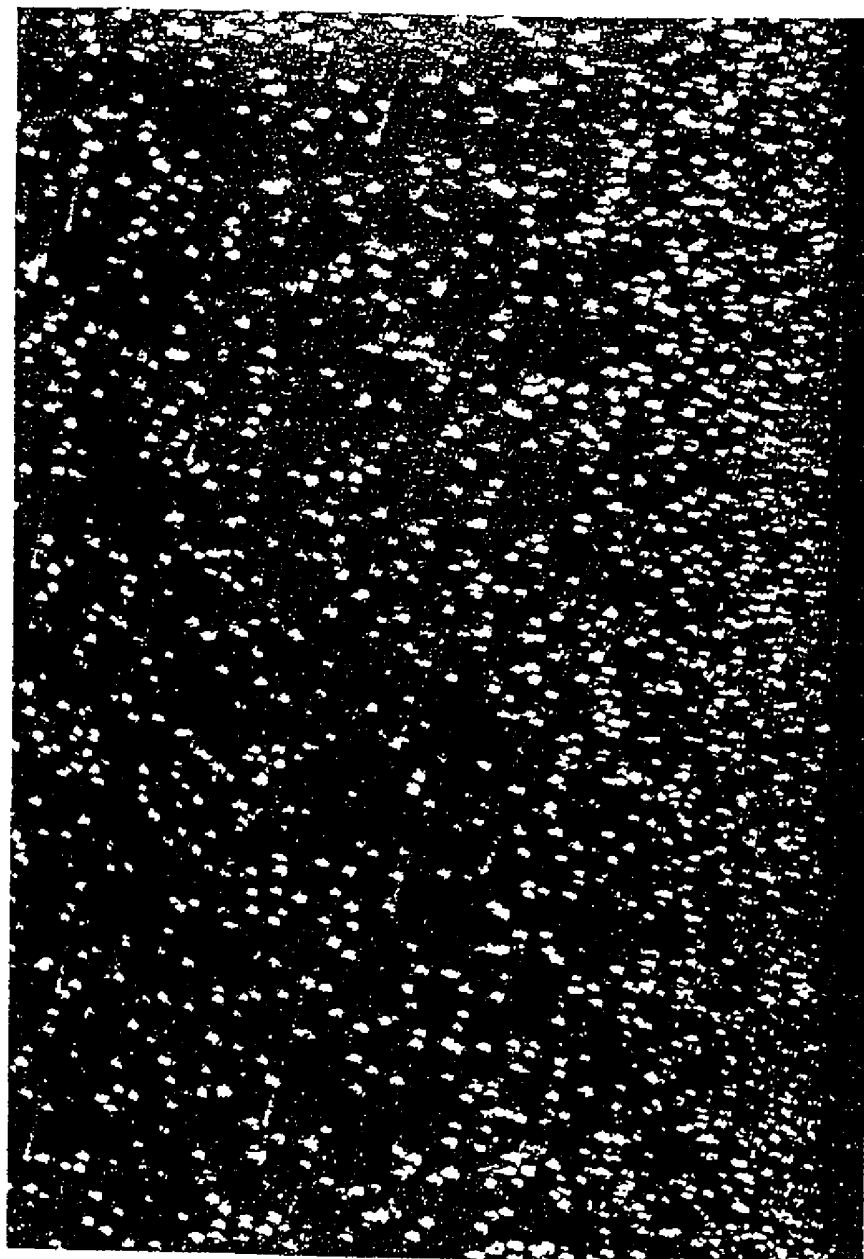
圖式

圖
3



圖式

圖 4



圖式

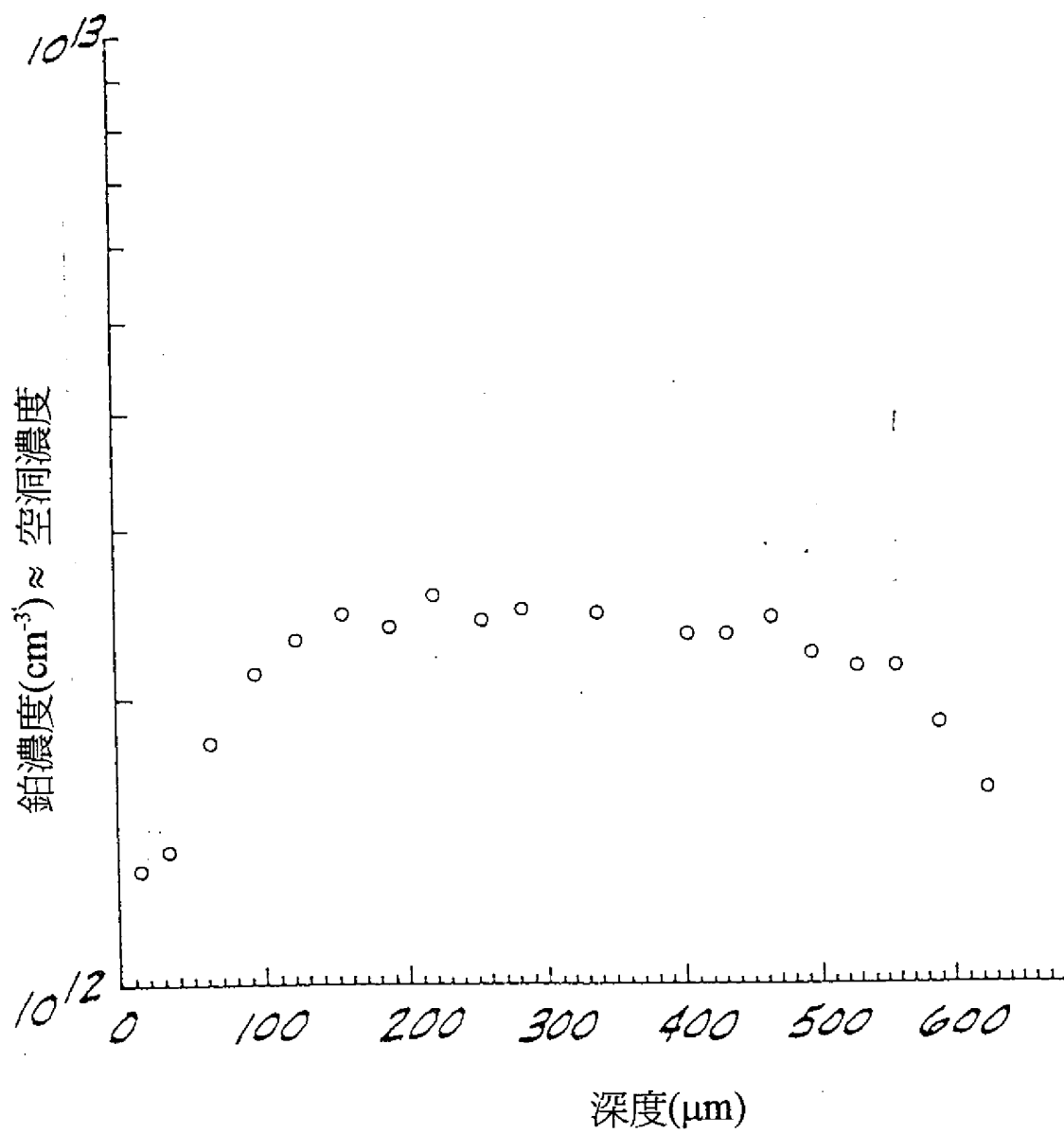
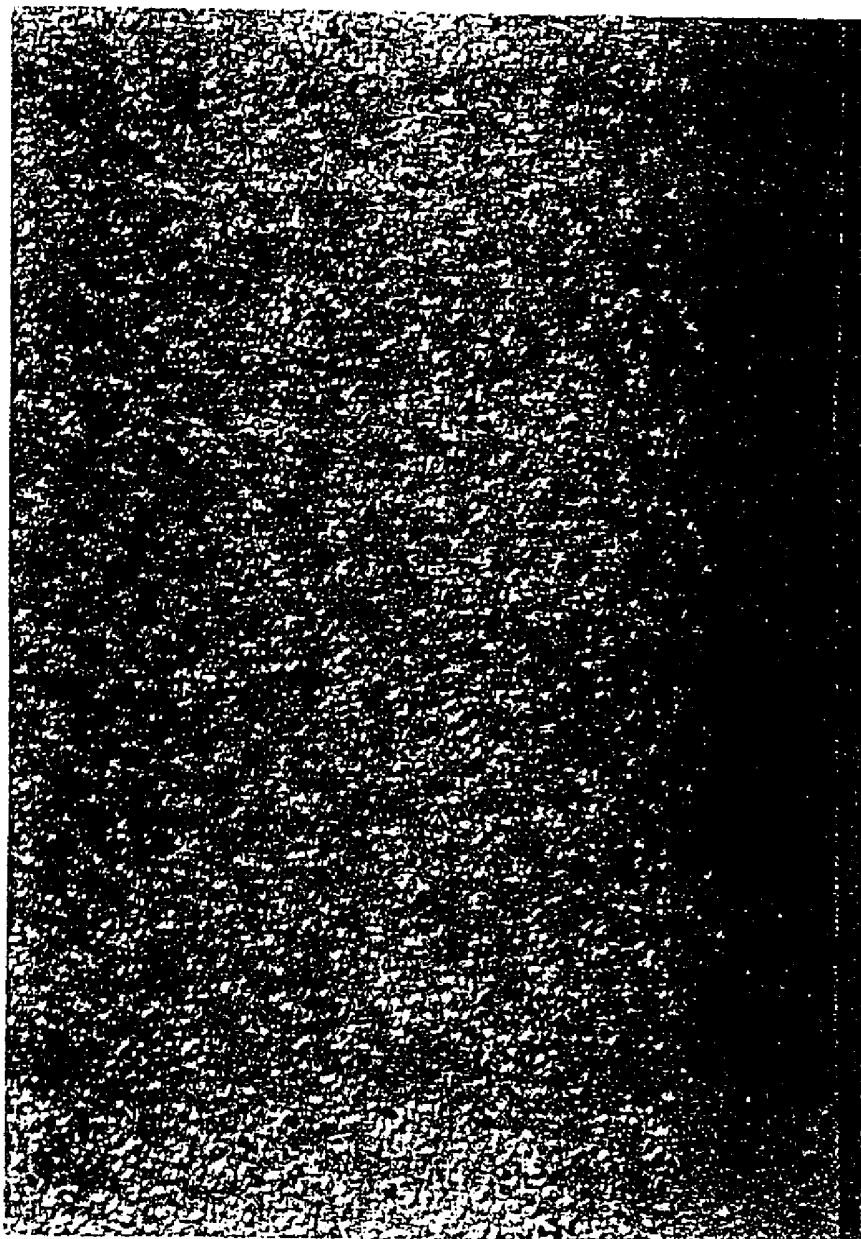


圖 5

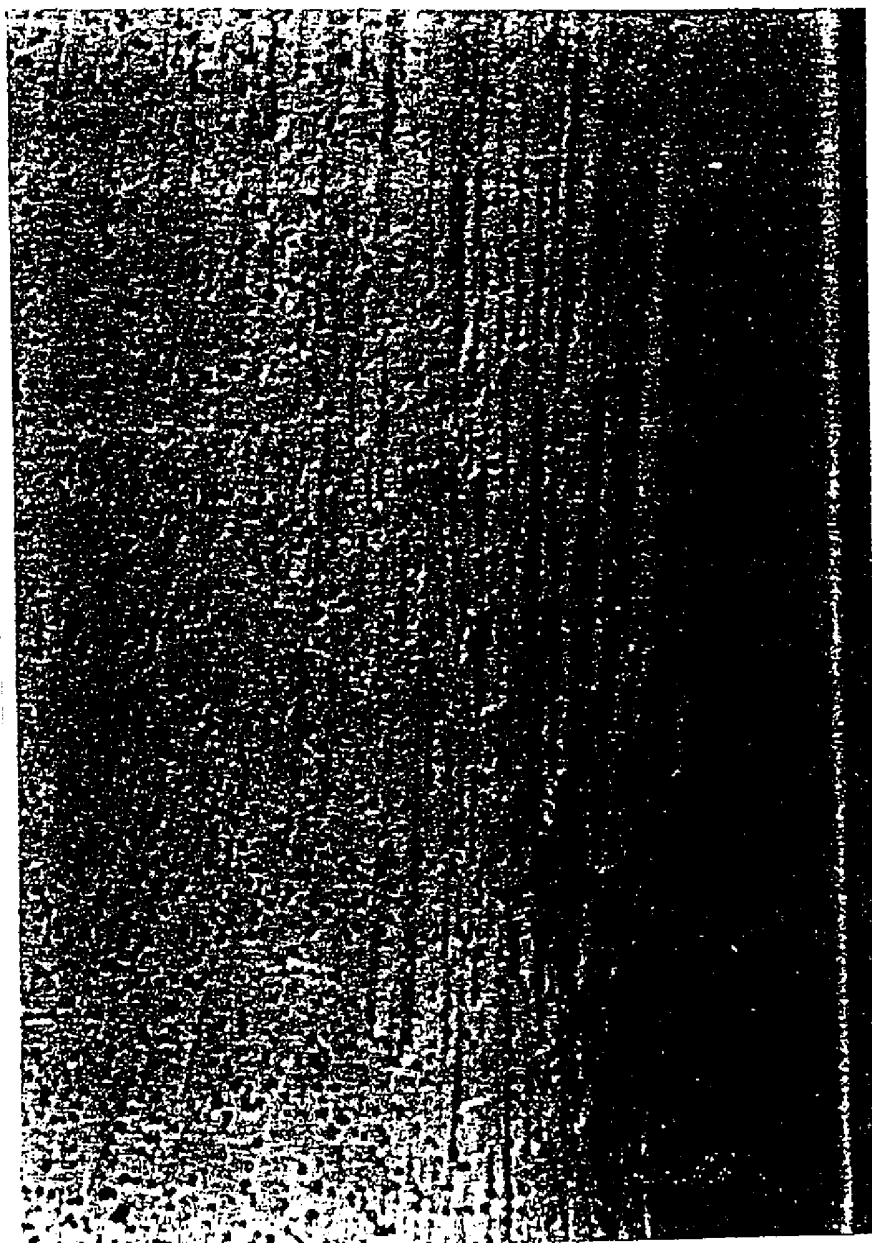
圖式

圖
9



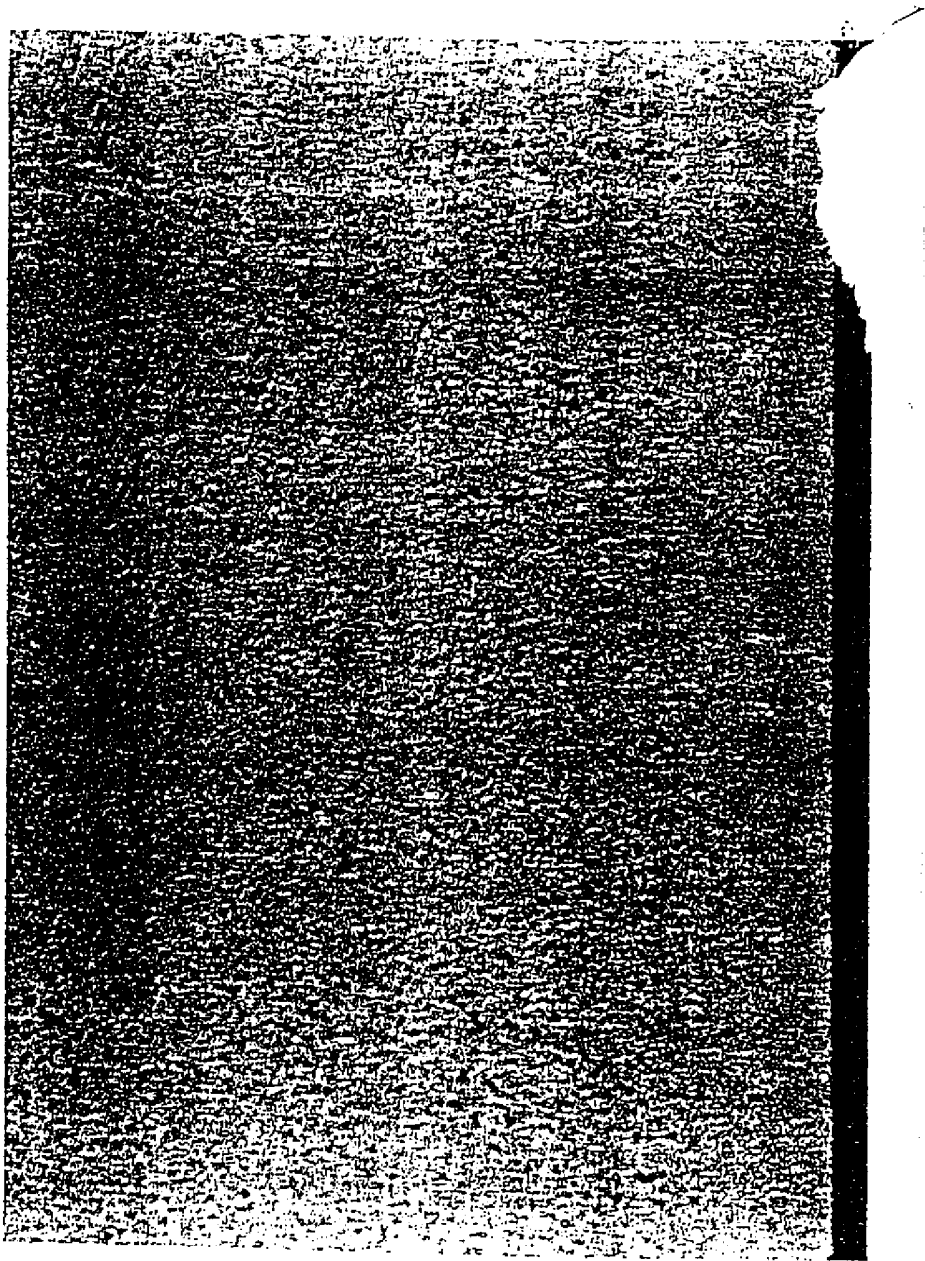
圖式

圖 7



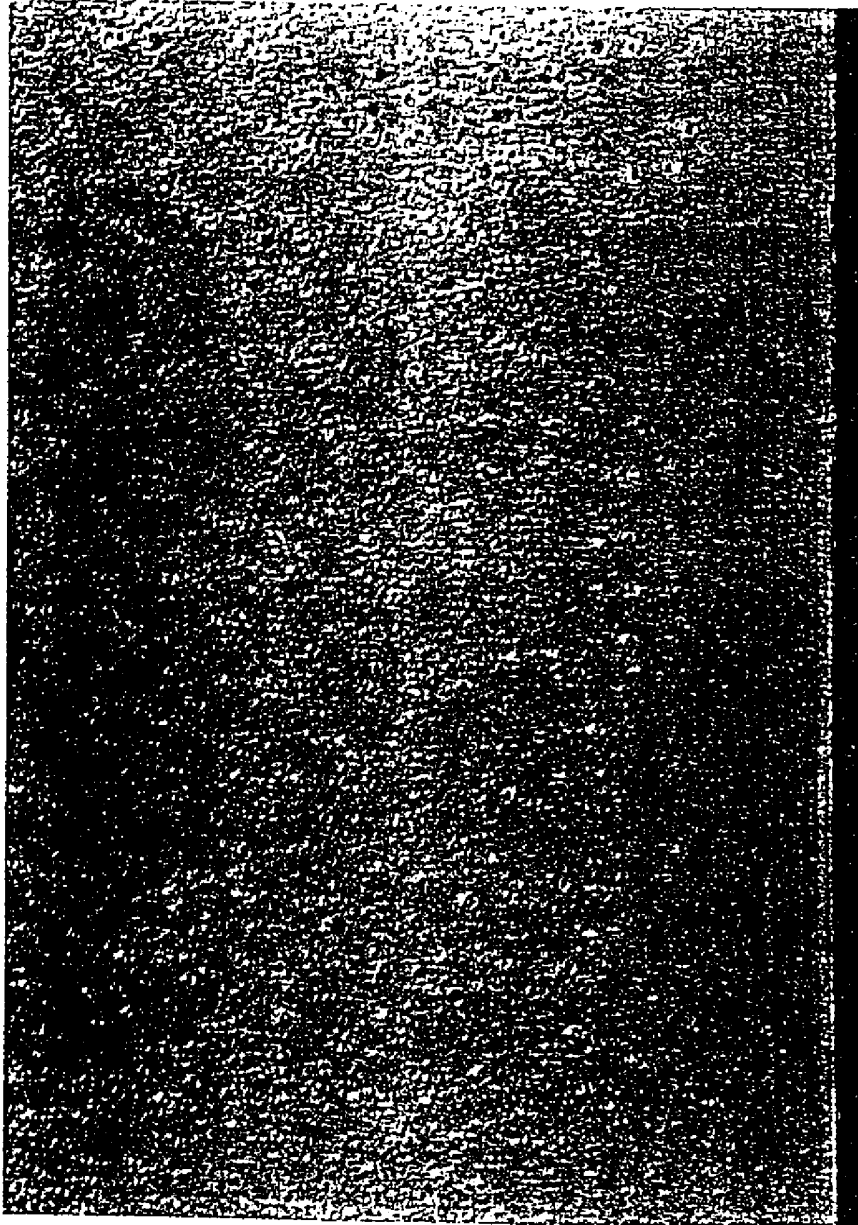
圖式

圖
8



圖式

圖
6



圖式

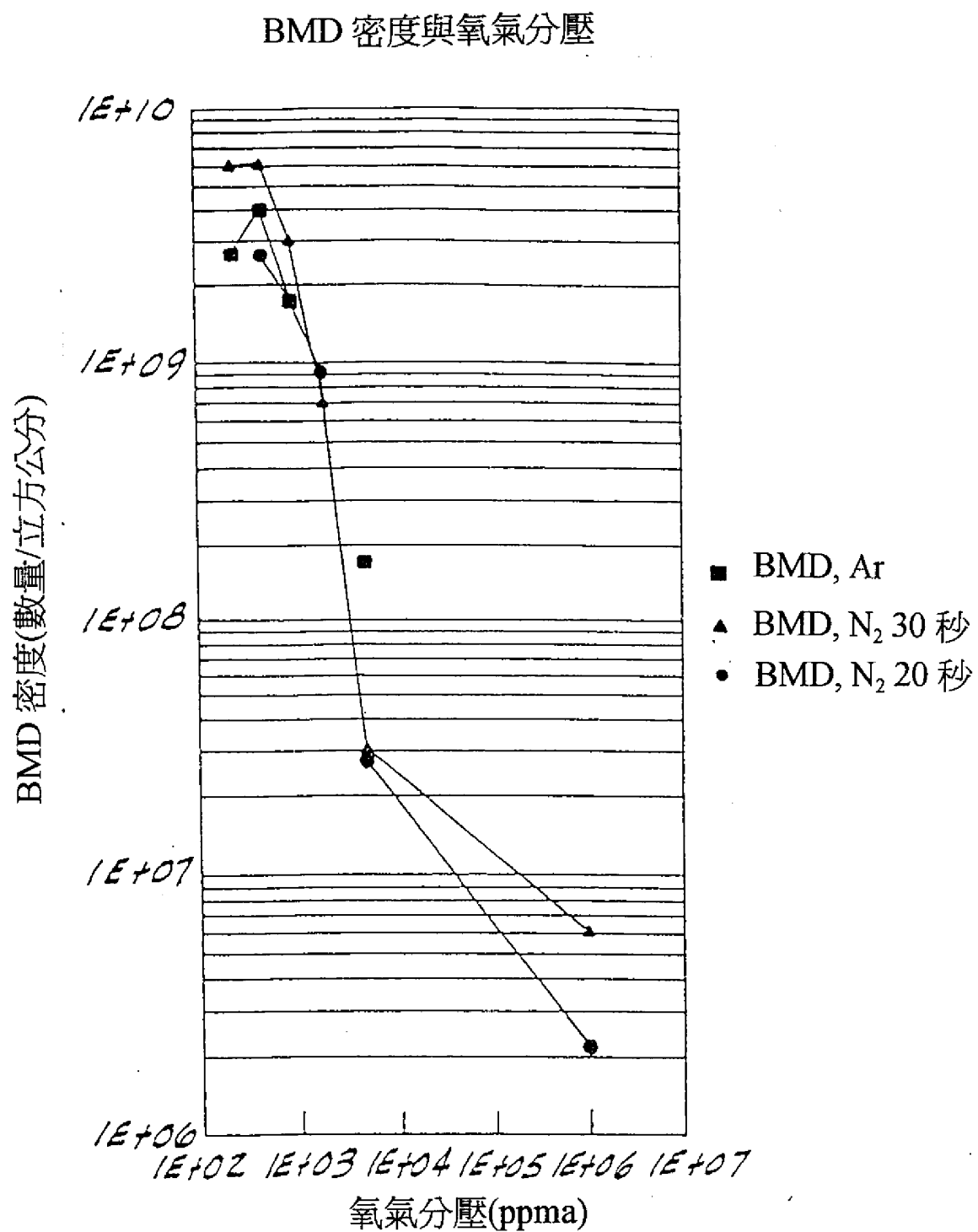


圖 10

圖式

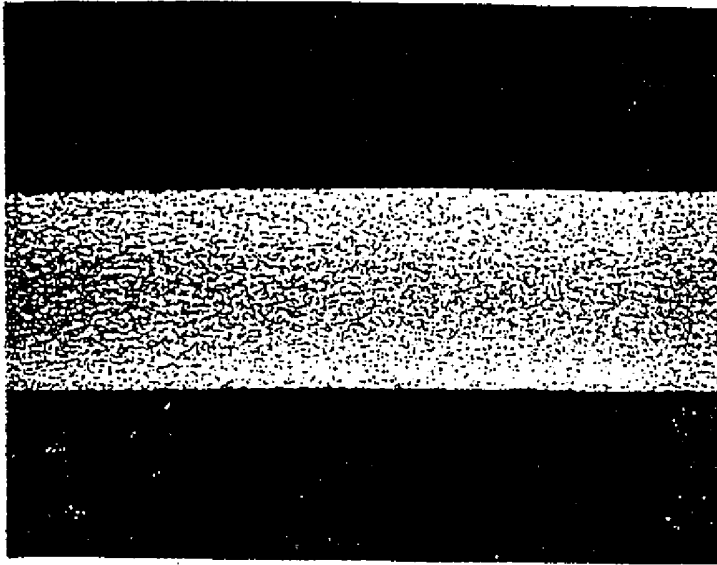


圖 11

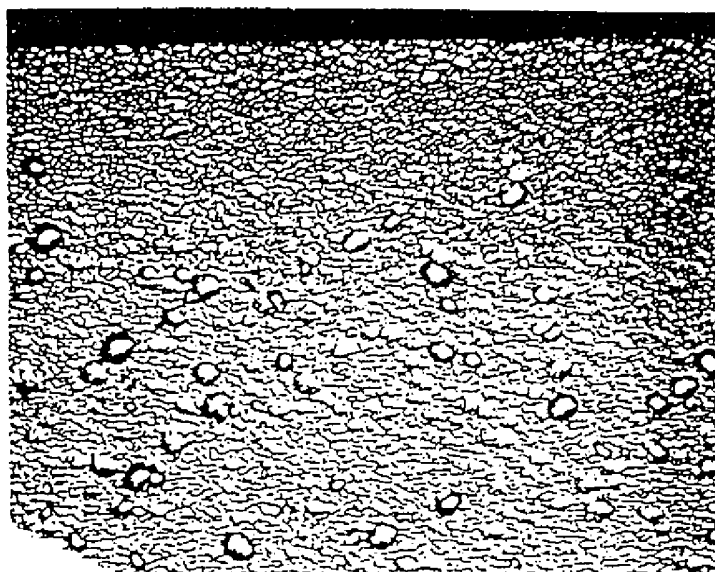


圖 12

圖式

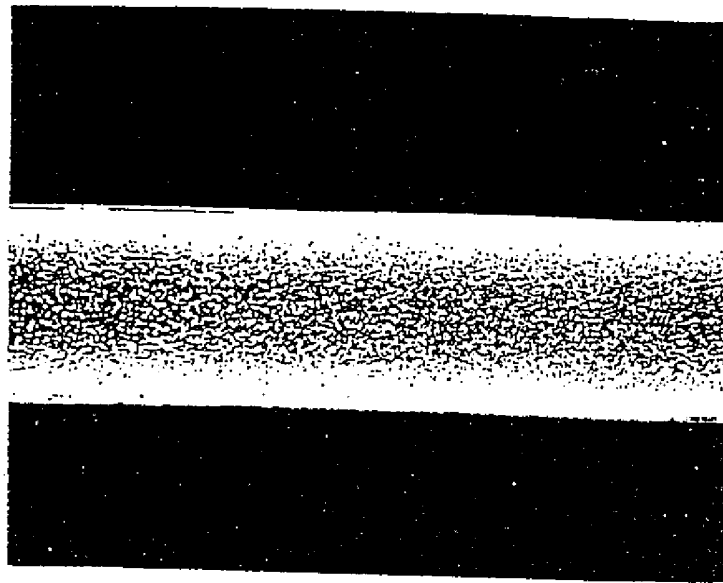


圖 13

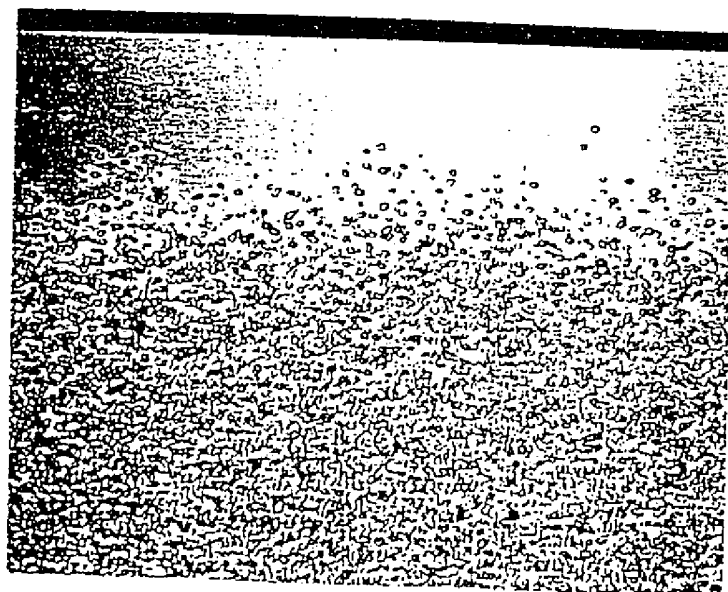


圖 14

圖式

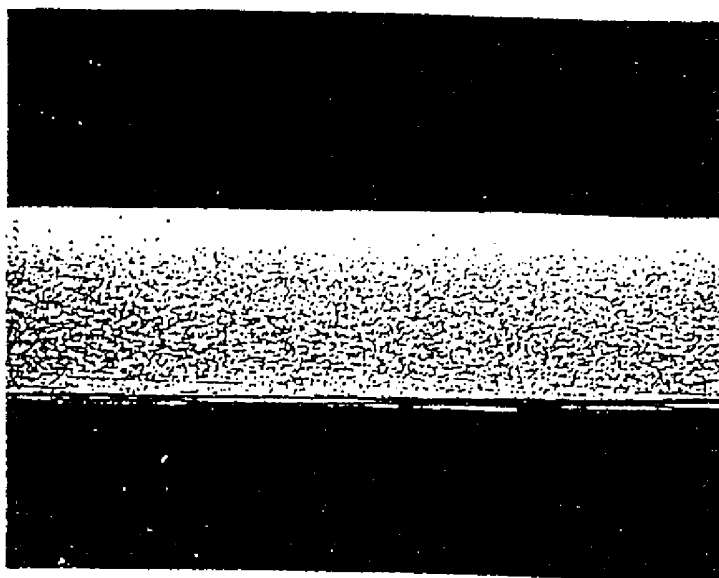


圖 15

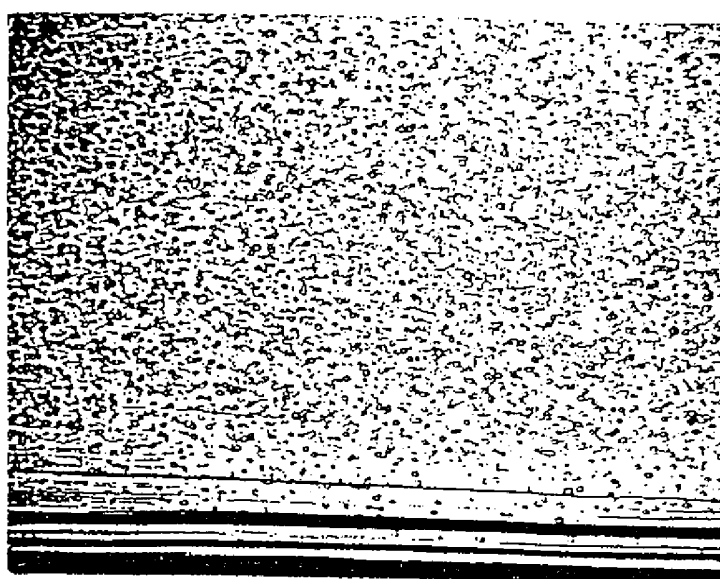


圖 16