公告本

申請日期： 89.3.6	案號： 89103934
類別：H01L 21/324	

（以上各欄由本局填註）

發明專利說明書 445545

一、發明名稱	中文	雷射熱處理方法、雷射熱處理裝置及半導體裝置
	英文	LASER HEAT TREATMENT METHOD, LASER HEAT TREATMENT APPARATUS AND SEMICONDUCTOR DEVICE
二、發明人	姓名（中文）	1. 小川哲也 2. 時岡秀忠 3. 佐藤行雄 4. 井上滿夫
	姓名（英文）	1. 2. 3. 4.
	國籍	1. 日本 2. 日本 3. 日本 4. 日本
	住、居所	1. 日本國東京都千代田區丸の內二丁目2番3號 三菱電機株式会社內 2. 同1 3. 同1 4. 同1
三、申請人	姓名（名稱）（中文）	1. 三菱電機股份有限公司 2. 精工愛普生股份有限公司
	姓名（名稱）（英文）	1. 三菱電機株式会社 2. セイコ-エプソン株式会社
	國籍	1. 日本 2. 日本
	住、居所（事務所）	1. 日本國東京都千代田區丸の內二丁目2番3號 2. 日本國東京都新宿區西新宿二丁目4番1號
	代表人姓名（中文）	1. 谷口一郎 2. 安川英昭
	代表人姓名（英文）	1. 2.

445545

申請日期：89.3.6	案號：89103934	90年7月3日 修正補充
類別：H01L 31/3[illegible]		

（以上各欄由本局填註）

發明專利說明書

一、發明名稱	中文	
	英文	
二、發明人	姓名（中文）	5. 笹川智廣 6. 宮坂光敏
	姓名（英文）	5. 笹川智広 6.
	國籍	5. 日本 6. 日本
	住、居所	5. 同1 6. 日本國長野縣諏訪市大和3丁目3番5號 セイコ-エプソン株式会社内
三、申請人	姓名（名稱）（中文）	
	姓名（名稱）（英文）	
	國籍	
	住、居所（事務所）	
	代表人姓名（中文）	
	代表人姓名（英文）	

本案已向

國(地區)申請專利	申請日期	案號	主張優先權
日本 JP	1999/03/10	11-63107	有
日本 JP	1999/03/31	11-90439	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)

[技術領域]

本發明係關於在實現高移動度之薄膜電晶體之目的下形成結晶性優異之多晶矽膜之雷射熱處理方法，雷射熱處理裝置，以及由使用該方法或裝置所製成之半導體裝置者。

[背景技術]

現時之液晶面板之像素部係利用薄膜電晶體之轉接來構成像素，該電晶體係由玻璃或合成石英之基板上之非晶或多晶矽膜所製成。若有可能在此面板上同時構成像素電晶體驅動用之驅動電路(現在主要獨立設置於外部)，則會在液晶面板之製造成本及可靠性等方面產生顯著之效益。然而，現在由於構成電晶體活動層之矽膜之結晶性不良，薄膜電晶體之性能(由移動度所代表)低，在需要高速性、高功能性之積體電路之製造上有困難。關於實現高移動度之薄膜電晶體為目的之改善矽膜之結晶性之手法，一般施行利用雷射之熱處理。

為矽膜之結晶性與薄膜電晶體之關係可說明如下：由雷射熱處理得到之矽膜通常屬於多晶。在多晶之晶體粒界局部存在有晶體缺陷，此缺陷阻礙薄膜電晶體活動層之載子移動。從而，為了提高薄膜電晶體之移動度，使移動於活動層中之載子減少其橫過晶體粒界之次數，且降低晶體缺陷密度即可。雷射熱處理之目的在於形成一種多晶矽膜，其晶體粒徑大且晶體粒界之晶體缺陷很少者。

圖11展示習知之雷射熱處理裝置一例之圖。在圖11中，脈衝雷射光源501為受激二聚物雷射[KrF(波長248nm)，

五、發明說明 (2)

XeCl(波長308nm)等]光源，係充當熱處理用之雷射發出一般所用之紫外光之波長350nm以下之代表性脈衝雷射光源者。受激二聚物雷射光502出射自一脈衝雷射光源501。光束勻合器503使受激二聚物雷射光502之強度分布均勻化。集光光學系統504施行受激二聚物雷射光502之集光。為雷射熱處理之對象配置有非晶矽膜505。非晶矽膜505形成於石英基板507上之基底氧化矽膜506上。

其次，關於習知之雷射熱處理手法加以說明。從脈衝雷射光源501出射之受激二聚物雷射光502經過光束勻合器503後藉集光光學系統504照射於非晶矽膜505上。由於受激二聚物雷射光502之照射，引起照射領域內之非晶矽膜505之熔融。然後，隨著溫度之降低，所熔融之矽發生晶化，而形成多晶矽膜。在此，由於矽對受激二聚物雷射光具有非常高之吸收係數，可在良好之效率下施行熱處理，即使是單薄之矽膜亦然。然而，由於吸收係數太高，雷射光在表面近旁被吸收至10nm附近。非晶矽膜505之熔融過程示於圖12A～圖12D中。圖12A展示從P所示方向照射雷射光時之狀態，圖12B展示其照射經過數10ns後之狀態，圖12C展示其照射從圖12B再經過數10ns後之狀態，而圖12D展示晶體生長後之矽膜505之狀態。在雷射照射時，矽膜505具有根據高士波束外型601之熔融深度分布及溫度分布，而形成矽膜之熔融部603。由於熱在通常以某一伸展角傳導下去，隨著傳熱使熔融深度加深，如圖12B所示，其分布將會鈍化下去，最後成為如圖12C所示之均勻分

五、發明說明 (3)

布，而形成矽膜之熔融部603。從而，在橫向並無溫度分布之存在，因此其再結晶生長為縱向生長，而如圖12D所示，得到之晶粒604呈縱長狀。即，對於載子移動之面方向，晶體粒徑將會變小。

將以如此形成之多晶矽膜為活動層而製成之MOS電晶體之移動度(n道)對雷射光照射能量密度之依序性示於圖13中。圖13展示採用KrF受激二聚物雷射光源為脈波雷射光源501(圖11)之結果，其脈衝時間寬度為約15毫微秒(FWHM)。再者，氧化矽膜506及非晶矽膜505之厚度各別為200nm、50nm。在此，雷射照射之面積係規定為照射強度峰值之$1/e^2$以上之部分所佔之面積，而照射能量密度係由所照射之雷射能量算出者。由圖13可知，在上述之熱處理條件下設定受激二聚物雷射之照射能量密度為230mJ/cm^2時得到最高移動度80cm^2/Vs，再者，在±5mJ/cm^2範圍內得到最高移動度之八成以上之移動度。然而，此種程度之移動度仍不足以製造高速·高功能之積體電路。再者，如圖13所示，移動度對照射能量密度之依存性很大，在該手法引進生產線之際，若未極嚴格控制雷射輸出及光學系統之集光性，所製成之電晶體之特性則會發生變動為其問題。此可能係由於矽對受激二聚物雷射光之吸收率很高，照射能量密度稍有變化，熔融狀態則不同，使再結晶過程之發生變化所致。

基於多晶矽膜之大粒徑化之觀點，使用波長350nm以上之長雷射光來施行雷射熱處理之嘗試在論文階層[文獻

五、發明說明 (4)

1(Appl. Phys. Lett. 39, 1981,p425-p427)，文獻2(Mat.Res.Soc.Symp.Proc., Vol.4,1982,p523-528)，以及文獻3(Mat.Res.Soc.Symp.Proc.,Vol.358,1995,p915-p920)]做過。在此，為波長350nm以上之長雷射光使用Nd:YAG雷射之第二諧波(波長532nm)。在此等報告例中，照射位置之波束分布為軸對稱高士分布。根據文獻1及2，關於依照使用Nd:YAG雷射第二諧波之雷射熱處理之再結晶過程所做之說明為如下所述。茲在使用圖14A～14D之下加以說明。如圖14A所示，來自集光光學系統504之高士波束外型601集光雷射束611從P所示之方向照射於矽膜505時，矽膜505內則形成一很接近高士分布之溫度分布612，因此如圖14B所示，在熔融狀態下形成熔融部613。在圖14B中熔融深度較淺之處C由於主要對基板側發生其熱損，在縱向形成溫度分布。於是，如圖14C所示，晶體生長614係沿縱向依三次元且等方地發生，再結晶粒徑受到熔融深度上之淺度之限制，而變成小粒晶至數100nm之程度。然而，在圖14B中，熔融至基板界面之部分D在橫向有很大之溫度梯度，因此如圖14D所示，展示不同之再結晶過程615。即，以依照縱向生長之小粒徑晶體為種，往溫度高之中心進行橫向之再結晶生長。於是，對載子移動之面內形成數μm直徑之大晶粒。

然而，依照此等報告例，其高士波束外型呈軸對稱，此點成為重大問題。由於照射位置之外型呈軸對稱，晶粒616如圖15所示以放射狀生長。從而，若採用此多晶矽膜

五、發明說明 (5)

為活動層以製造MOS電晶體時，則成為如圖16所示之結構。在圖16中，電晶體具備有源極701，汲極702，被夾在源極701與汲極702之間之通道704，以橫斷該通道704上方之方式所形成之閘極703。活動層包括源極701、汲極702、以及通道704，而係由多晶矽膜所形成。在容許載子移動之通道704中，若晶粒616之方位不一致，則在方位不同之晶粒616之境界面發生載子之散亂，因此降低載子之移動度。又由於各個晶粒以中心對稱狀生長，各個晶粒之間容易產生間隙，即易於發生一種晶體缺陷之轉位，招致晶體缺陷密度之增大。因此，雷射熱處理後之多晶矽膜質之面內均勻性非常惡劣，而並未有製成薄膜電晶體之報告例之存在。

在此針對矽膜厚度與MOS電晶體之關係加以敘述。一般而言，構成活動層之矽膜厚度愈薄，以$dV_G/d(\log I_{DS})$(V_G：閘極電壓，I_{DS}：汲極電壓)所界定之s因子愈小，因此閾值電壓變低。於是，電晶體之驅動電壓變低，使消耗電力變得很小。從而，在裝載於液晶面板主要用途之手提式資訊終端機之際可得到很大之效益。然而，由於文獻1及2所使用之矽膜之膜厚為很厚至0.2～1 μm，閾值電壓高，而消耗電力大，因此可預料實際上不會以電晶體起作用。

通常為了廣面積之雷射熱處理，在基板移動之下進行雷射熱處理，而一般之作法是，為了熱處理後之膜質均勻性，使各雷射脈衝照射期間之基板移動量小於照射光束寬度，以便在同一部位施行複數次之雷射照射。根據文獻3

五、發明說明 (6)

所述，認為同一部位之照射次數以200次以上較佳。此係以雷射熱處理後之矽膜之X線繞射峰值強度之增大及電阻值之降低為根據者。在文獻3中並未提及表面粗糙化，但一般而言，照射次數多時，表面粗糙度則變高，再者，矽膜有一部分被磨削而從基板剝離。在多晶矽膜為活動層之下製造共面型或正交錯型薄膜電晶體之場合，若表面粗糙度高，則會造成閘氧化膜之短路之問題，再者，若矽膜有一部分被剝離，則根本無法形成MOS電晶體。

在習知之受激二聚物雷射(波長350nm以下之代表性脈衝雷射)為光源之熱處理之情況有下述問題:由於其再結晶生長屬於縱向生長，晶體粒徑小，薄膜電晶體之移動度僅得到80cm^2/Vs程度之低值；又由於移動度對照射能量密度之依存性很大，無法得到一定之移動度，所製成之電晶體在特性上發生變動。

另一方面，在增加晶體粒徑來提高薄膜電晶體之移動度為目的之下，使用Nd:YAG雷射第二諧波之習知雷射熱處理之情況有下述問題:由於利用軸對稱高士波束，各個晶粒之方位不一致，在製成薄膜電晶體之場合其移動度變低，且晶體粒界之晶體缺陷密度高。

再者，亦有下述問題:由於在提高晶體品質之目的下對同一部位施加200次以上之多次雷射照射，表面粗糙度很高，造成MOS電晶體之閘氧化膜之短路；又由於矽膜被磨削，無法製造薄膜電晶體。

本發明之目的為提供一種雷射熱處理方法，可形成在高

五、發明說明 (7)

性能薄膜電晶體之製造上所需要之結晶性優異之薄膜者。

本發明之另一目的為提供一種高生產性之安定之雷射熱處理方法。

本發明之另一不同目的為提供一種可在低成本下實現高速動作之半導體裝置。

本發明之其他目的為提供一種雷射熱處理裝置，被用以施加可形成結晶性優異之薄膜之雷射熱處理者。

[發明之揭示]

依照本發明之一局面之雷射熱處理方法，具備有：使波長350nm以上至800nm以下之脈衝雷射光源所產生之電射光束成形為具有寬度及長度之線狀光束之步驟；及對形成於基板上之膜材料照射線狀光束之步驟。依照此一雷射熱處理方法，可安定得到大晶粒直徑之高品質薄膜。

在本發明之雷射熱處理方法中，較佳的是，線狀光束之長度為線狀光束之寬度之10倍以上。在此場合，可確實施行晶體之橫向生長，而可得到高品質之多晶膜。

依照本發明之另一局面之雷射熱處理方法，具備有：使波長350nm以上至800nm以下之脈衝雷射光源所產生之雷射光束成形為具有寬度及長度之線狀光束之步驟；以及對形成於基板上之膜材料照射線狀光束之步驟，並且線狀光束具有3mJ/cm^2/μm以上之能量密度梯度。依照此一雷射熱處理方法，可安定得到晶體粒徑更大且品質更高之薄膜。

在依照本發明之另一局面之雷射熱處理方法中，較佳的是，線狀光束之寬度方向之能量密度分布之形狀為約略呈

高士分布狀者。在此場合可期待一種後緩冷效果。

在依照本發明之另一局面之雷射熱處理方法中，較佳的是，線狀光束之寬度方向之能量密度分布之形狀為約略呈平頂狀者。在此場合可抑制磨削之原因之峰值之高度，而提高照射能量密度分布之梯度。

在依照本發明之另一局面之雷射熱處理方法中，較佳的是，線狀光束之長度方向之能量密度分布為，具有約略平頂狀之形狀且在扁平部之平均強度被當作1之場合標準偏差則為0.3以下之分布。在此場合可緩和關於光束外型成形光學系統之性能上之要求，而可降低成本。

在本發明之雷射熱處理方法中，較佳的是，脈衝雷射光源為以Nd離子摻離或Yb離子摻雜之晶體或玻璃為激勵媒質之Q開關振盪固體雷射之諧波。在此場合可施行效率良好之安定之熱處理。

在本發明之雷射熱處理方法中，更佳的是，脈衝雷射光源為Nd:YAG雷射之第二諧波或第三諧波，或Nd:玻璃雷射之第二諧波或第三諧波，或Nd:YLF雷射之第二諧波或第三諧波，或Yb:YAG雷射之第二諧波或第三諧波，或Yb:玻璃雷射之第二諧波或第三諧波。在此場合可施行低成本且安定之高生產性熱處理。

在本發明之雷射熱處理方法中，較佳的是，由脈衝雷射光源產生之雷射光束每脈衝之能量為0.5mJ以上。在此場合可施行高生產性之熱處理。

在本發明之雷射熱處理方法中，較佳的是，脈衝雷射光

五、發明說明 (9)

源所產生之電射光束之脈衝時間寬度為小於200毫微秒。在此場合可施行有效之熱處理。

在本發明之雷射熱處理方法中，較佳的是，為膜材料使用非晶或多晶矽膜。在此場合可施行特性安定之熱處理。

在本發明之雷射熱處理方法中，較佳的是，非晶或多晶矽膜之膜厚為小於200nm。在此場合可得到大晶粒而可施行良好之雷射熱處理。

在本發明之雷射熱處理方法中，較佳的是，對非晶或多晶矽膜之同一部位所照射之脈衝雷射光之脈衝數為100個脈衝以下。在此場合可得到表面狀態良好之多晶膜。

在本發明之雷射熱處理方法中，較佳的是，非晶或多晶矽膜表面之照射能量密度為1500mJ/cm^{2}以下至100mJ/cm^{2}以上。在此場合可得到表面狀態良好之多晶膜。

依照本發明之另一局面之半導體裝置具備有複數之電晶體，此項電晶體包括活動層，而為此利用波長350nm以上至800nm以下之脈衝雷射光源所產生之雷射光束，使此成形為具有寬度及長度之線狀光束後照射於形成於基板上之膜材料，藉此經過熱處理之上述膜材料被用以形成上述活動層，而在複數電晶體中至少一個電晶體(以更高頻動作之電晶體較佳)之汲極電流之流動方向係與線狀光束之寬度方向約略平行者。在此場合可在低成本下得到高速動作之裝置。

依照本發明之另一局面之雷射熱處理裝置具備有：波長350nm以上至800nm以下之脈衝雷射光源；使此脈衝雷射光

五、發明說明 (10)

源所產生之雷射光束成形為線狀光束之光束成形光學機構。使用此一雷射熱處理裝置即可在多晶薄膜之製造時施行高品質之熱處理。

在本發明之雷射熱處理裝置中，較佳的是，脈衝雷射光源為以Nd離子摻雜或Yb離子摻雜之晶體或玻璃為雷射激勵媒質之Q開關振盪固體雷射之諧波。在此場合可提供安定之裝置。

在本發明之雷射熱處理裝置中，更佳的是，脈衝雷射光源為Nd:YAG雷射之第二諧波或第三諧波，或Nd:玻璃雷射之第二諧波或第三諧波，或Nd:YLF雷射之第二諧波或第三諧波，或Yb:YAG雷射之第二諧波或第三諧波，或Yb:玻璃雷射之第二諧波或第三諧波。在此場合可提供在低成本下安定且高效率之裝置。

[實施發明之最佳形態]

實施形態1

圖1為具體表現本發明之雷射熱處理方法之裝置之結構圖。在圖1中，充當脈衝雷射光源之Nd:YAG雷射之第二諧波振盪裝置101被用以使雷射光(波長532nm)102出射。可變衰減器103被用以調整雷射光102之強度。光束成形光學系統104被用以將雷射光102變換為線狀光束。標的物200被設置於移動台105上。雷射光102經可變衰減器103調整以具有所指定之強度後，入射於線狀光束成形光學系統104。藉線狀光束成形光學系統104變換為線狀之光束外型後，照射於標的物200上，以進行雷射熱處理。標的物200

五、發明說明 (11)

之基板被設置於移動台105上，俾可施行雷射照射時之基板之移動。再者，標的物之詳情示於圖2中。如圖2所示，在玻璃基板203上藉CVD(Chemical Vapor Depoition)形成厚度200nm之氧化矽膜作為基底膜202，而在其上，為基板上之膜材料，將具有厚度70nm之非晶矽膜201利用LPCVD(Low Pressure Chemical Vapor Deposition)所形成者用作標的物200。

在使移動台沿著線狀光束之寬度方向(即與具有約略矩形橫斷面之線狀光束之長度方向正交之方向)移動之下，照射雷射光束。若使雷射光照射之各脈衝間隔之移動台移動之距離大於線狀光束之寬度，雷射脈衝對同一部位照射次數則成為1次，而若小於線狀光束之寬度，則如圖3所示，雷射光對同一部位照射複數次。在圖3中，雷射脈衝從P所示之方向照射。在使基板203朝著Q所示之方向移動之下，將雷射光從P所示之方向照射時，前二次之脈衝則具有P1所示之雷射光束外型，前一次之脈衝則具有P2所示之雷射光束外型，而本次脈衝則具有P2所示之雷射光束外型。各脈衝之雷射光束外型均具有重疊之部分，因此雷射光對矽膜201之同一部位照射複數次。

圖4A～圖4B展示藉雷射光束之照射使非晶矽膜201熔融時之情況之示意圖。利用一聚光透鏡1041，被設在圖1中之線狀光束成形光學系統104之輸出部者，使具有長度L0及寬度W0之線狀光束300聚光以照射於非晶矽膜201上。聚光雷射光束外型301如圖4A中之虛線所示，線狀光束300在

五、發明說明（12）

其長度方向L呈均勻外型之平頂狀，而其寬度方向W之外型例如呈高士分布狀。在本發明中，若採用藉Nd:YAG雷射第二諧波之線狀光束之熱處理方法，則由於對非晶矽之第二諧波之吸收係數小，可對膜厚方向約略均勻加熱，而由雷射照射所產生之矽膜201內之橫向溫度分布302僅形成於與線狀光束300之長度方向L正交之方向。從而，如圖4B所示，非晶矽膜201（基板上之膜材料）之某一強度以上之光束部分在深度方向全體熔融。亦即，可形成一依深度方向全體擴展而以線狀分布之熔融部303。於是，由於深度方向及線狀光束300之長度方向L之溫度分布少，其晶體生長成為往線狀光束300之寬度方向W之一次元橫向生長，可形成晶體粒徑達數μm程度之大晶粒。再者，雷射熱處理後所形成之多晶矽膜之晶粒306如圖5所示，在屬於晶體生長方向之線狀光束之寬度方向W（與線狀光束之長度方向L正交者）即在移動台之移動（掃描）方向整齊排列。

在此必須留意的是，雖然向來在受激二聚物雷射之熱處理時使用線狀光束，但此係依照與本發明根本不同之概念所行者。利用受激二聚物雷射之再結晶生長乃如前使用圖12A～圖12D所做之說明，由於係對膜厚方向之生長，各個晶粒之面內方位並無規則性，而境界面之晶體方位係屬於無規，因此無法達成如本發明利用Nd:YAG雷射第二諧波線狀光束之熱處理之場合所達成之各個晶粒境界面之晶體方位偏移之消除，而由此亦可得知，其若要得到高移動度之電晶體則在本質上受到限制。在受激二聚物雷射熱處理中

五、發明說明 (13)

使用線狀光束係僅為了確保膜質之面內均勻性且提高生產性而已。與此相對地，依照本發明，在利用Nd:YAG雷射之第二諧波之熱處理中使用線狀光束，藉此形成高品質且大粒徑之晶體而達成電晶體移動度之提高。

以下說明依照本發明之實際數據。被用作脈衝雷射光源之Nd:YAG雷射之第二諧波之脈衝能量為20mJ/脈衝，脈衝時間寬度為60毫微秒(FWHM)。再者，矽膜表面上之照射面積為50 μm×10mm，利用圖1中所示之可變衰減器103來調整雷射光之能量，藉此在照射能量密度300～1500mJ/cm^{2}之範圍內進行實驗。將對矽膜上同一部位之雷射照射次數設定為20次。又按，氣氛為大氣中，基板溫度為室溫。

在以上所述之條件下施行非晶矽膜之雷射熱處理，然後製造一利用該處理結果所得到之多晶矽膜來構成活動層之平面型MOS電晶體。此際以電晶體之汲極電流方向可成為光束之寬度方向即晶體生長之方向之方式製成電晶體。通道之長度及寬度各別為5 μm及10 μm。將n道移動度對照射能量密度之依存性示於圖6中。

在利用Nd:YAG雷射第二諧波之雷射熱處理所形成之玻璃基板上之多晶矽膜為活動層之下製成薄膜電晶體之報告例在過去並未存在，即為本發明所首創。如圖6所示，可確認，已達成照射強度為600mJ/cm^{2}以上，MOS電晶體之n道移動度接近200cm^2/Vs之數值，而具有依照受激二聚物雷射之電晶體之二倍性能之事實。電晶體之移動度對照射能量密度之依存性非常緩和，移動度成為最高移動度之80%

五、發明說明（14）

以上時之照射能量密度之容許範圍為±200mJ/cm^{2}以上，即非常寬廣。

與此相對地，MOS電晶體使用一依照受激二聚物雷射熱處理之多晶矽膜為活動層者，其n道移動度之最高值乃如前利用圖13所示，在照射能量密度230mJ/cm^{2}時僅達80cm^2/Vs之程度而已。其移動度對照射能量密度之依存性非常大，若容許移動度被設在相當於最高移動度之80%以上之照射能量密度之範圍，其容許範圍則成為±5mJ/cm^2，非常狹窄。此在實際生產之際成為重大之問題。再者，可得到最高移動度之照射能量密度230mJ/cm^{2}時之多晶矽膜之晶體粒徑為數100nm程度之小粒徑，因為係縱向生長。

如此確認，本發明在採用Nd:YAG雷射第二諧波之場合，照射強度之容許範圍擴大至受激二聚物雷射之場合之數10倍。即，具有突破性特徵，可將常識上雷射熱處理缺乏安定性之說予以推翻之事實被確認，而在生產過程上可得到迄今從未想及之安定性及可靠性。再者，利用Nd:YAG雷射之第二諧波時，由於晶體生長為橫向生長，可得到晶體粒徑達數μm之程度，即與利用受激二聚物雷射之場合相較，大一個位數，如此在熱處理本身可得到很大之效益。

又按，為膜材料，在此關於矽做過說明，但如上述之雷射熱處理即使施加於碳化矽(SiC)或僅由碳所構成之材料或化合物半導體或介電體化合物或高溫超導體化合物，亦可得到大晶粒直徑，即相同之效果，自不待言。

五、發明說明（15）

實施形態2

在實施形態2中，關於可在實施形態1所說明之經熱處理後之基板材料上製造之半導體裝置加以敘述。在使用藉實施形態1所說明之Nd:YAG雷射第二諧波之熱處理所形成之多晶矽膜為活動層之下，構成如圖7所示之MOS電晶體元件。在活動層形成有源極401，汲極402，被夾在源極401與汲極402之間之通道404。以橫斷該通道404上方之方式形成有閘極403。以線狀光束之寬度方向W即晶體生長之方向可成為汲極電流之流動方向C之方式構成電晶體時，各個晶粒306之境界面之晶體方位之偏移則會消失，因此，載子在境界面不會散亂，而由於粒界很窄，晶體粒界之晶體缺陷密度亦變小，可顯著提高電晶體之移動度。從而，在基板上製造之電晶體中，將高頻動作之電晶體以線狀光束之寬度方向W即晶體生長之方向可成為汲極電流之流動方向C之方式予以製成時，可提供一種有可能起作用至更高頻之裝置。再者，依照本發明之方法，不僅使晶粒變大而提高電晶體之移動度，亦有重大效益如下：即對於雷射照射密度，可得到電晶體之最大移動度之條件並非屬於關鍵性，即使電射強度稍有變動，亦可得到一定之特性之電晶體。

實施形態3

在實施形態3中，關於線狀光束之形狀，加以說明。關於線狀之照射領域，在實施形態1之實驗中，以照射50 μm × 10mm之領域之方式做過實驗，而如上所述，由雷射照射

五、發明說明（16）

所產生之矽膜內之橫向溫度分布僅形成於與線狀光束之長度方向正交之方向，而在一次元方向所發生之晶體生長成為主力時，照射領域之長度與寬度之比率為10/1之程度以上。易言之，使照射位置上之雷射光之寬度成為50～100μm，長度成為1mm以上即可。

實施形態4

在實施形態4中，關於實施形態1之雷射熱處理上之照射強度，加以說明。首先，關於利用Nd:YAG雷射第二諧波之雷射熱處理時之照射強度之上限值加以說明。在實際一直提高照射能量密度之場合，超過1500mJ/cm^{2}時發生矽膜之磨削，而完全從基板剝離。從而證實，必須在1500mJ/cm^{2}以下之電射光之照射能量密度下施行雷射熱處理。至於照射強度之下限值，由於在約略100mJ/cm^{2}以上時觀測到非晶矽膜之多晶化，主要具有此值以上之照射強度，即可得到熱處理之效果。考慮到晶粒之大小，製成半導體元件時之電晶體之移動度等之因素時，照射強度之下限值以400mJ/cm^{2}以上較佳。

實施形態5

在實施形態5中，關於實施形態1之雷射熱處理上之對同一部位之雷射照射次數，加以說明。根據關於本發明所行之照射實驗結果，在照射次數100次以上時觀察到表面之激烈粗糙化，磨削所引起之一部分膜之剝離，而無法製造薄膜電晶體。發生此種表面粗糙化或被磨削之原因在於矽膜與雷射光之雙方。矽膜方面之原因為起因於膜厚不均勻

五、發明說明（17）

性及/或膜密度不均勻性之雷射照射時之熱分布不均勻。雷射光方面之原因為，由於斑紋等之干涉而產生漣波重疊於光束外型上。此情況示於圖8中。圖8展示線狀光束外型之長度方向之詳細分布，由於干涉而產生漣波，致使該方向之分布變得稍微不均勻。此種原因之根本去除係非常困難。實際上，第一次照射時發生輕微之表面粗糙化，此表面粗糙化造成第二次照射時之不均勻性，如此反覆惡性循環，照射次數愈多，如相乘效果，表面粗糙化愈激烈。將照射次數限定為100次以下時表面粗糙化則不妨礙薄膜電晶體之製造之事實已被確認。

實施形態6

在實施形態6中，關於實施形態1之雷射熱處理上被用作標的物之非晶或多晶矽膜之膜厚，加以說明。在使玻璃基板移動之下施行雷射熱處理之場合，由於對同一部位以複數次照射雷射，造成反覆複數次之熱處理。首先，經過最初若干次之照射雷射，形成大粒徑之多晶矽膜。於是，通常使晶體粒界等之晶體缺陷部之吸收係數變得高於良好晶體部。即，由於晶體缺陷部吸收更多之雷射光，晶體缺陷部優先經過熱處理，有可能實現有效之缺陷補償。於是，非常重要的是，光線達到何等程度之深度。光對物質之滲透長度被界定為光強度成為1/e之深度，而Nd:YAG雷射第二諧波對多晶之滲透長度為100～200nm之程度。從而，在非晶或多晶矽膜之膜厚為小於200nm（以小於100nm者較佳）時可形成一以良好之效率減少晶體缺陷之多晶矽膜。

五、發明說明（18）

實施形態7

在實施形態7中，關於實施形態1之雷射熱處理上之照射雷射光之脈衝時間寬度之影響，加以說明。基本上，為了非晶矽膜之熱處理，有必要設定，在不磨削該膜表面之一定量以下之尖峰電力下供給熔融所需熱能之脈衝時間寬度。反之，若未滿足一定之熔融條件，則在延長所需程度以上之脈衝時間寬度時，徒然不必要增加雷射輸出而已，導致生產裝置之效率及生產性之降低。雖然在此次之實驗中，按60ns之脈衝時間寬度施行實驗，但為了緩慢進行再結晶時之冷卻過程而得到改善晶體品質之效果，按60ns之數倍之200ns或更小（以60ns之二倍程度之100ns或更小者較佳）之時間寬度即可施行未發生磨削且效率良好之熱處理。

實施形態8

在實施形態8中，關於實施形態1之雷射熱處理上之雷射光能量加以說明。在實施形態1之實驗中，在照射位置上之每一脈衝之能量強度為800mJ/cm^{2}時得到最適之特性，而此時之全照射能量為4mJ/脈衝。雷射光從振盪裝置出射後，在途中之光學系統損失10～20%。即，使振盪裝置所出射之雷射之能量成為5mJ/脈衝以上即可。雷射光之每脈衝能量愈高，可照射之面積愈大，且在本發明之場合可設計更長之線狀光束之長度，可提高生產性。又按，為了依照上述線狀光束之下限值即雷射光之寬度50 μm照射長度1mm之領域，需要至少0.5mJ/脈衝之雷射振盪裝置。此

五、發明說明 (19)

外，以生產性上之觀點而言，主要能以一次脈衝照射25mm(1吋)長度之領域，即可將所欲製造之半導體裝置例如對角1.3吋程度之薄膜電晶體(TFT)等之領域以一束光線之掃描予以處理，因此變得非常有利。此時，需要15mJ/脈衝之雷射振盪裝置。如以上所述，發揮本發明之線狀光束之效果係由利用0.5mJ/脈衝以上之雷射振盪裝置所達成者，而在生產性之觀點上較佳的是，利用15mJ/脈衝以上之雷射振盪裝置。

實施形態9

在實施形態9中，關於實施形態1之雷射熱處理所用之雷射，加以說明。在實施形態1中，關於利用Nd:YAG雷射第二諧波之雷射照射方法做過說明。Nd:YAG雷射之第二諧波效率良好而可得到高輸出之雷射，因此具有一種可得到熱處理之生產性良好之裝置之效益。依照本發明之主旨，關於照射之雷射，基本上取決於對非晶矽之雷射光之吸收率，因此主要屬於具有同級程度之吸收率之350nm～800nm之脈衝雷射光，即可得到一種可製成大晶粒直徑之膜之效果。從而，不僅可使用Nd:YAG雷射之第二諧波，亦可使用其他之Nd離子摻雜之固體雷射之諧波，即Nd:YAG雷射之第三諧波，Nd:玻璃雷射之第二諧波或第三諧波，Nd:YLF雷射之第二諧波或第三諧波，或Yb:YAG或Yb:玻璃等之Yb離子摻雜之固體雷射之第二諧波或第三諧波，或Ti:青玉雷射之基本波或第二諧波來施行熱處理。再者，尤其在如YAG、YLF等之晶體為媒體之固體雷射之情況，可提高脈衝

五、發明說明（20）

振盪之脈衝反覆頻率，而可提供高生產性之裝置為其優點。

實施形態10

雖然向來使用受激二聚物雷射來施行依照線狀光束外型之電射熱處理，但所根據之概念根本不同於利用波長350nm以上之雷射光之熱處理。利用波長350nm以上之雷射光之熱處理方法由於在再結晶過程中關於橫向（屬於膜之面內方向）發生再結晶生長，有可能實現大晶粒直徑化，但利用受激二聚物雷射之熱處理由於係關於縱向（屬於膜之厚度方向）之生長，難於實現大粒徑化。利用線狀光束之受激二聚物雷射之熱處理祇不過是，企求雷射熱處理後之膜質面內均勻性及生產性之提高而已。

在上述利用波長350nm以上之雷射光之熱處理中，橫向生長之過程係受到矽膜內形成於橫向之溫度分布之很大之影響。即受到所照射之線狀光束寬度方向之能量密度分布之很大之影響。由雷射光之照射而被導入矽膜內之熱乃往基板均勻散失下去。即，矽膜內之橫向溫度分布均勻降低下去。如圖9所示，藉雷射光施加熱處理之矽膜201係由熔融部（液相）2011與固相2012所構成。在矽膜201之熔融部2011中，晶體生長係從較早發生降溫至熔點以下之部分朝向後來發生降溫至熔點以下之部分進行下去。然後，此項晶體生長2014之前進受到在降溫過程中由自然核之產生而生長之微晶2013之阻擋，致使橫向晶體生長停止。因此，在產生自然核之前之期間使晶粒儘量長久生長即可，而為

五、發明說明 (21)

此需要高度之晶體生長速度。一般而言，一微小領域中之晶體生長速度v可由v＝k△T/△x來表示。在此，k為速度常數，△T為微小領域中之溫度差，而△x為微小領域之寬度。即，關於矽膜內之橫向，有溫度分布存在之場合，在熔點以上之溫度下，某一領域之溫度分布具有陡峭梯度時，晶體生長速度則很高，因此有可能形成大晶粒直徑之多晶矽膜。關於目前所面臨之問題，即矽膜內之橫向溫度分布之陡峭化係使標的物表面上之照射能量密度分布陡峭化即可予以實現。

以下關於依照本發明之實際數據加以說明。如上文使用圖1～圖5所做之說明，以與實施形態1相同之方式施行雷射熱處理。被用作脈衝雷射光源之Nd:YAG雷射第二諧波之脈衝能量為20mJ/脈衝，脈衝時間寬度為60毫微秒(FWHM)。再者，矽膜表面上之光束照射面積為50μm×10mm或250μm×10mm，利用圖1中所示之可變衰減器103來調整雷射光之能量，藉此將照射能量密度設在300～1000mJ/cm^2(全照射能量除以光束照射面積而得到之數值)範圍內以進行實驗。線狀光束寬度方向之照射能量密度分布之梯度最大值為4mJ/cm^2/μm(照射面積為250μm×10mm且照射能量密度為800mJ/cm^{2}時之數值)及30mJ/cm^2/μm(照射面積為50μm×10mm且照射能量密度為800mJ/cm^{2}時之數值)，以此進行實驗。將對矽膜上同一部位之雷射照射次數設定為20次。又按，氣氛為大氣中，基板溫度為室溫。

在此，關於照射能量密度分布梯度之決定方法加以說

五、發明說明 (22)

明。首先，測定非晶矽膜表面照射位置上之線狀光束之外型，即照射能量密度分布。在此，將照射能量密度分布設定為，對一微小部分照射之1個脈衝中之能量換算為每單位面積之量時之分布。其單位通常以mJ/cm^{2}表示之。測定係在使用一由光二極體之一次元陣列所構成之線狀像感測器之下，關於線狀光束之長度方向及寬度方向進行者。由上述實測得到之二次元照射能量密度分布係具有相對之數值，尚未具有絕對性之數值。將由實測得到之二次元照射能量密度分布關於面積予以積分以求出積分值。另外利用一測定器(如電力計等被用以測定雷射光束全體之能量者)來測定雷射光束全體之每脈衝之能量，而以可令此能量與先前所測之積分值相等之方式，施行所實測之照射能量密度分布之定值即可得到照射能量密度分布之絕對值。照射能量密度分布之梯度(斜率)係將如此得到之照射能量密度分布之絕對值關於位置予以微分所得者。

在以上所述之條件下施行非晶矽膜之雷射熱處理。由此項處理之結果得到之多晶矽膜之晶體粒徑為如下：在線狀光束寬度方向之照射能量密度分布之梯度之最大值為4mJ/cm^2/μm(照射強度800mJ/cm^{2}時之數值)時，光束掃描方向之晶粒長度為1μm之程度；而在該最大值為30mJ/cm^2/μm(照射強度800mJ/cm^{2}時之數值)時得到高達3倍之3μm程度之數值。此係起因於晶體生長速度之差異(依存以照射能量密度分布為基礎之溫度分布之陡峭程度之差異)之結果。使用此等多晶矽膜來構成活動層以製造一平面型

五、發明說明（23）

MOS電晶體。此係MOS電晶體汲極電流之流動方向可成為光束掃描之方向即晶體生長之方向之方式製成者。通道之長度及寬度各別為5 μm及10 μm。將n道移動度對照射能量密度之依存性示於圖10中。如圖10所示，關於照射強度800mJ/cm^{2}時之線狀光束寬度方向之照射能量密度分布之梯度之最大值為4mJ/cm^2/ μm（照射強度800mJ/cm^{2}時之數值）者，在照射強度為600mJ/cm^2（照射能量密度分布之梯度之最大值為3mJ/cm^2/ μm）以上時，MOS電晶體之n道移動度為稍低之100cm^2/Vs之 程度，但關於該最大值為30mJ/cm^2/ μm（照射強度800mJ/cm^{2}時之數值）者，達成該移動度為200cm^2/Vs之程度之非常高之數值。如此由照射能量密度之梯度之差異而造成MOS電晶體之移動度上之很大差異係起因於MOS電晶體活動層中之載子之橫斷晶粒界之次數不同（因晶粒之長度不同）所致。

又按，為膜材料，在此關於矽做過說明，但如上述之雷射熱處理即使施加於碳化矽或僅由碳所構成之材料或化合物半導體或介電體化合物或高溫超導體化合物，亦可得到大晶粒直徑，即相同之效果，自不待言。

實施形態10係使線狀光束寬度方向之外型成為高士分布者。若使寬度方向之外型形成高士分布狀，則在雷射熱處理時可得到非常良好之效果。若寬度方向（與線狀光束之掃描方向一致者）之外型呈高士分布狀，則如圖9所示，分布於中心領域（其中可將矽膜加熱至熔點以上以使熔融之雷射光係具有閾值以上之強度者）外側之雷射光（能）亦照

四、中文發明摘要　(發明之名稱：雷射熱處理方法、雷射熱處理裝置及半導體裝置)

使波長350nm以上至800nm以下之脈衝雷射光源(101)所產生之雷射光束(102)成形為具有寬度(W0)及長度(L0)之線狀光束(300)，而將線狀光束(300)照射於形成於基板(203)上之膜材料(201)，以施行非晶或多晶矽膜材料之熱處理。

英文發明摘要　(發明之名稱：LASER HEAT TREATMENT METHOD, LASER HEAT TREATMENT APPARATUS AND SEMICONDUCTOR DEVICE)

A laser beam having a wavelength between 350nm to 800nm is generated by a pulse laser source to form a line beam with width W0 and length L0, which is irradiated on a film material formed on the substrate to carry out a heat treatment on amorphous or polycrystalline silicon film material.

六、申請專利範圍

1. 一種雷射熱處理方法，具備有：

使波長350nm以上至800nm以下之脈衝雷射光源所產生之雷射光束成形為具有寬度及長度之線狀光束之步驟；以及

對形成於基板上之膜材料照射上述線狀光束之步驟者。

2. 如申請專利範圍第1項之雷射熱處理方法，其中該線狀光束之長度為該線狀光束之寬度之10倍以上者。

3. 如申請專利範圍第1項之雷射熱處理方法，其中該線狀光束在寬度方向具有3mJ/cm^2/ μm以上之能量密度梯度者。

4. 如申請專利範圍第3項之雷射熱處理方法，其中該線狀光束之寬度方向之能量密度分布之形狀為約略呈高士分布狀者。

5. 如申請專利範圍第3項之雷射熱處理方法，其中該線狀光束之寬度方向之能量密度分布之形狀為約略呈平頂狀者。

6. 如申請專利範圍第3項之雷射熱處理方法，其中該線狀光束之長度方向之能量密度分布為如下述之分布：具有約略平頂狀之形狀，而在扁平部之平均強度被當作1之場合標準偏差則成為0.3以下者。

7. 如申請專利範圍第1項之雷射熱處理方法，其中該脈衝雷射光源為以Nd離子摻雜或Yb離子摻雜之晶體或玻璃為激勵媒質之Q開關振盪固體雷射之諧波者。

8. 如申請專利範圍第7項之雷射熱處理方法，其中該脈衝雷射光源為選自Nd:YAG雷射之第二諧波，Nd:YAG雷射之第

六、申請專利範圍

三諧波，Nd:玻璃雷射之第二諧波，Nd:玻璃雷射之第三諧波，Nd:YLF雷射之第二諧波，Nd:YLF雷射之第三諧波，Yb:YAG雷射之第二諧波，Yb:YAG雷射之第三諧波，Yb:玻璃雷射之第二諧波，以及Yb:玻璃雷射之第三諧波所組成一群之任一諧波者。

9. 如申請專利範圍第1項之雷射熱處理方法，其中該脈衝雷射光源所產生之雷射光束每個脈衝之能量為0.5mJ以上者。

10. 如申請專利範圍第1項之雷射熱處理方法，其中該脈衝雷射光源所產生之雷射光束之脈衝時間寬度為小於200毫微秒者。

11. 如申請專利範圍第1項之雷射熱處理方法，其中該膜材料為非晶或多晶矽膜者。

12. 如申請專利範圍第11項之雷射熱處理方法，其中該非晶或多晶矽膜之膜厚為小於200nm者。

13. 如申請專利範圍第11項之雷射熱處理方法，其中對該非晶或多晶矽膜之同一部位所照射之脈衝雷射光之脈衝數為100個脈衝以下者。

14. 一種半導體裝置，其具備有複數之電晶體，此項電晶體包括活動層，而為此利用波長350nm以上至800nm以下之脈衝雷射光源所產生之電射光束，使此成形為具有寬度及長度之線狀光束後照射於基板上之膜材料，藉此經過熱處理之上述膜材料被用以形成上述活動層，而在複數之上述電晶體中至少一個上述電晶體之汲極電流之流動

煩請委員明示 91年12月 日所提之修正本有無變更實質內容是否准予修正。

六、申請專利範圍

方向係與上述線狀光束之寬度方向約略平行者。

15. 一種雷射熱處理裝置，其具備有：

波長350nm以上至800nm以下之脈衝雷射光源；以及

使此脈衝雷射光源所產生之電射光束成形為線狀光束之線狀光束成形光學機構者。

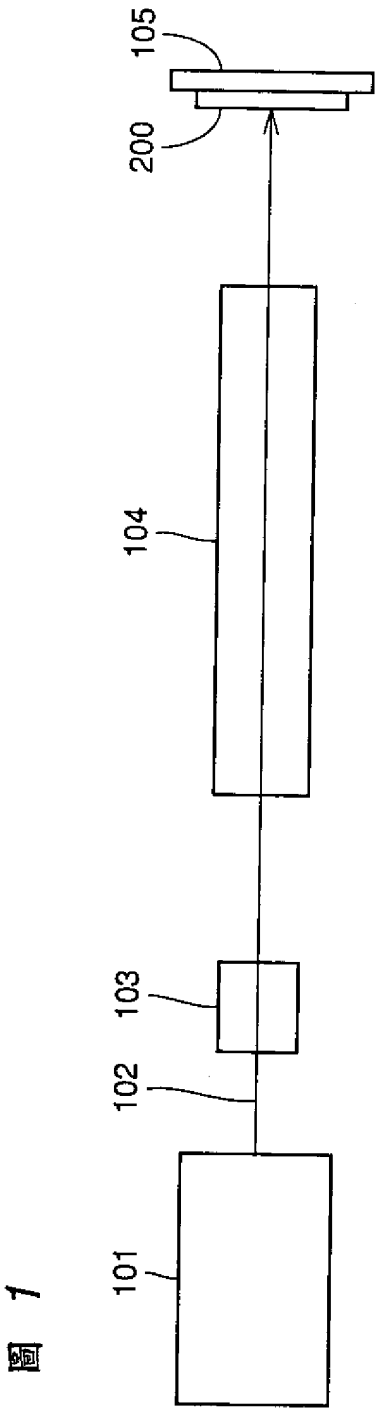


図 1

圖 2

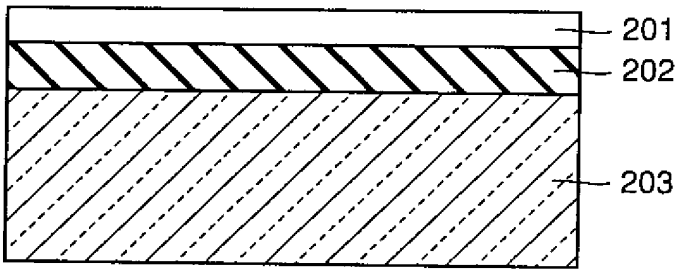


圖 3

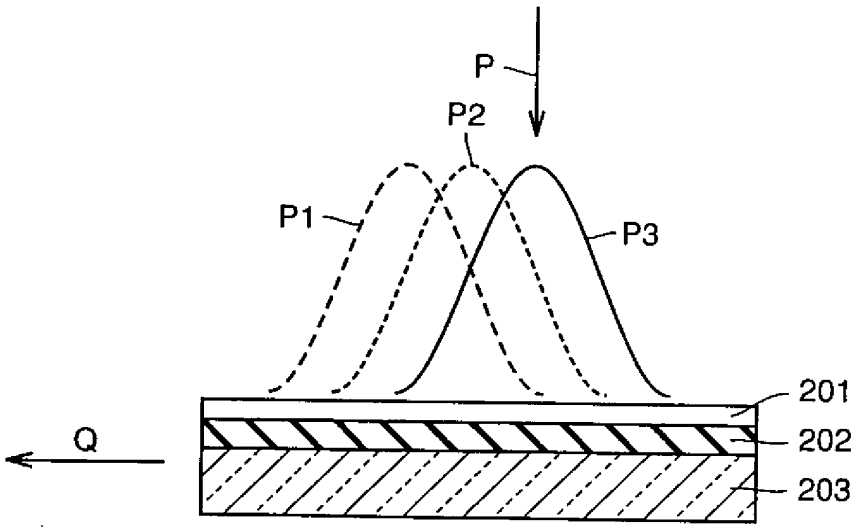


圖 4A

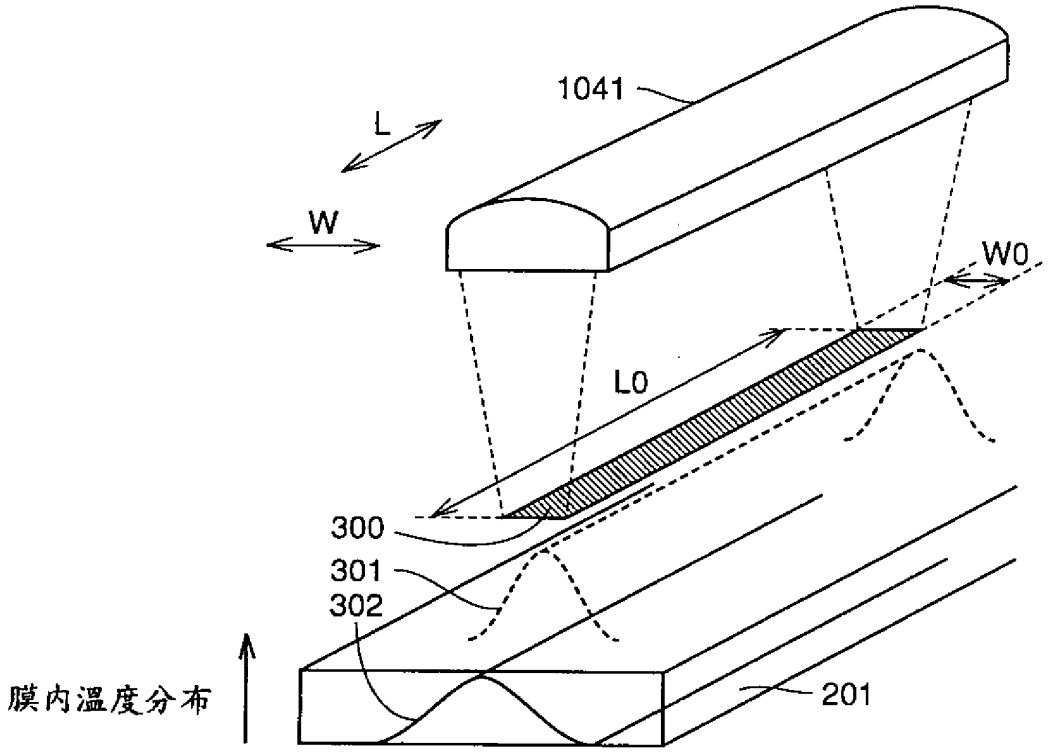


圖 4B

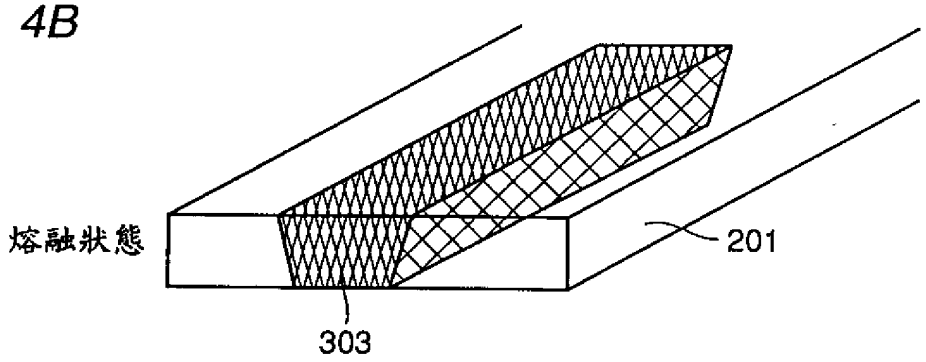


圖 5

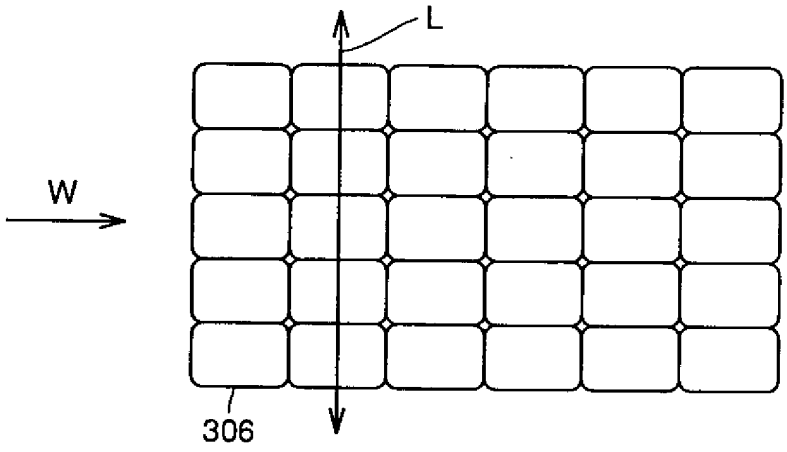

L
W
306

圖 6

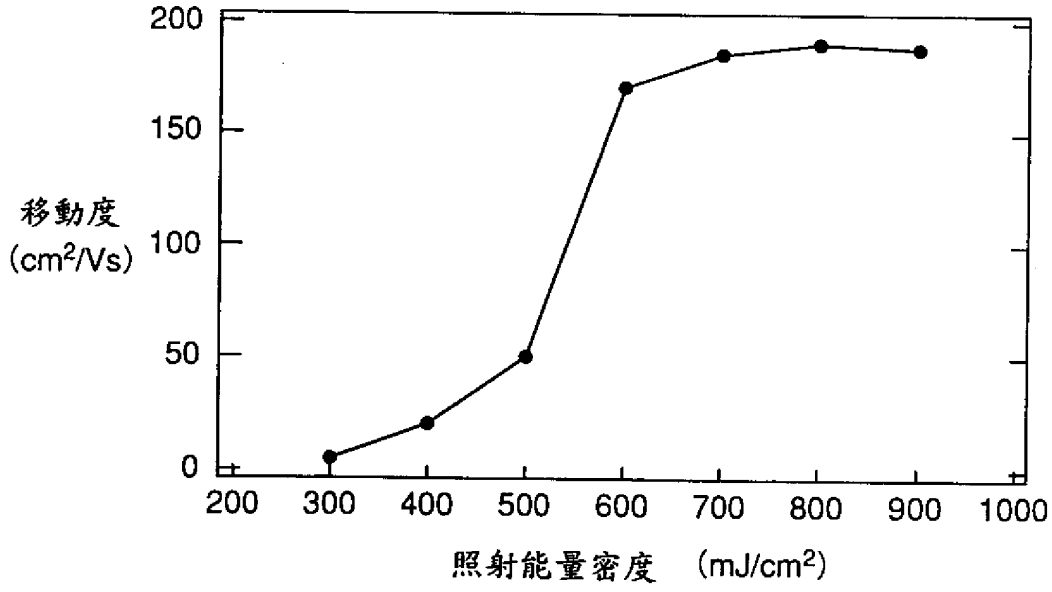

200
150
100
50
0
移動度
(cm²/Vs)
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
照射能量密度 (mJ/cm²)

圖 7

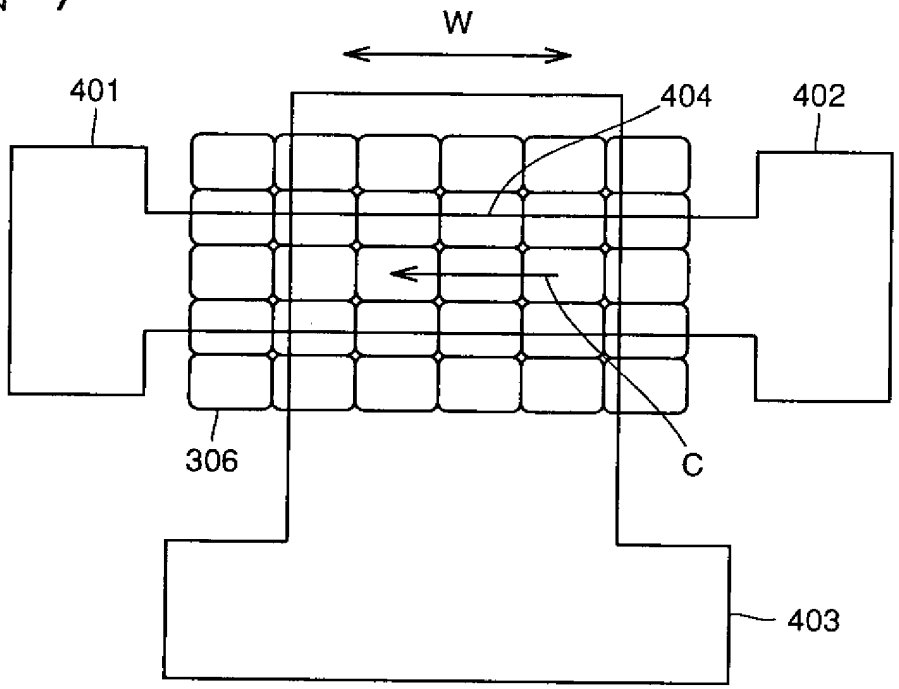


圖 8

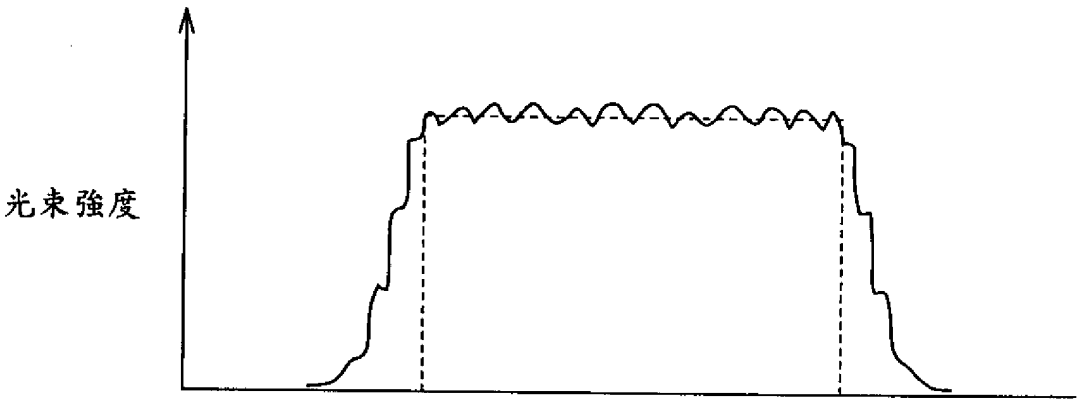


圖 11

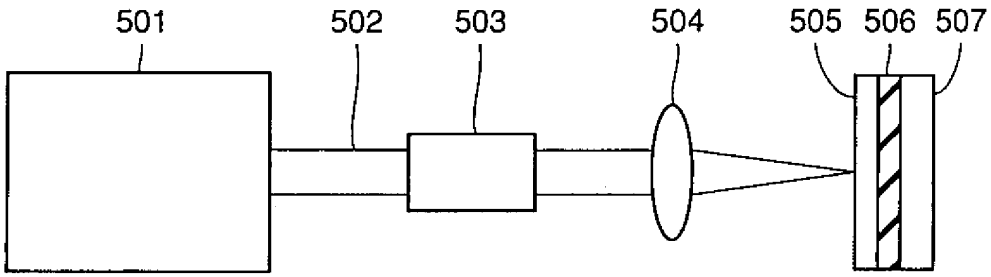


圖 12A

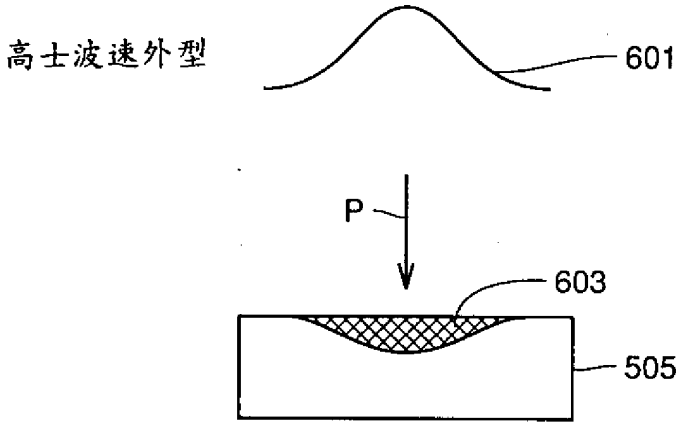


圖 12B

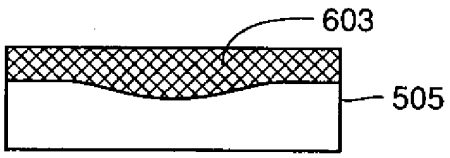


圖 12C

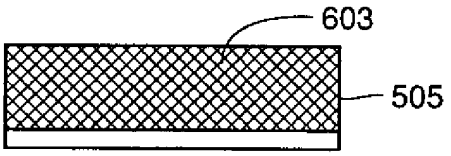


圖 12D

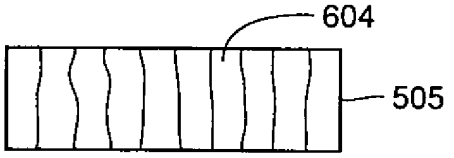


圖 13

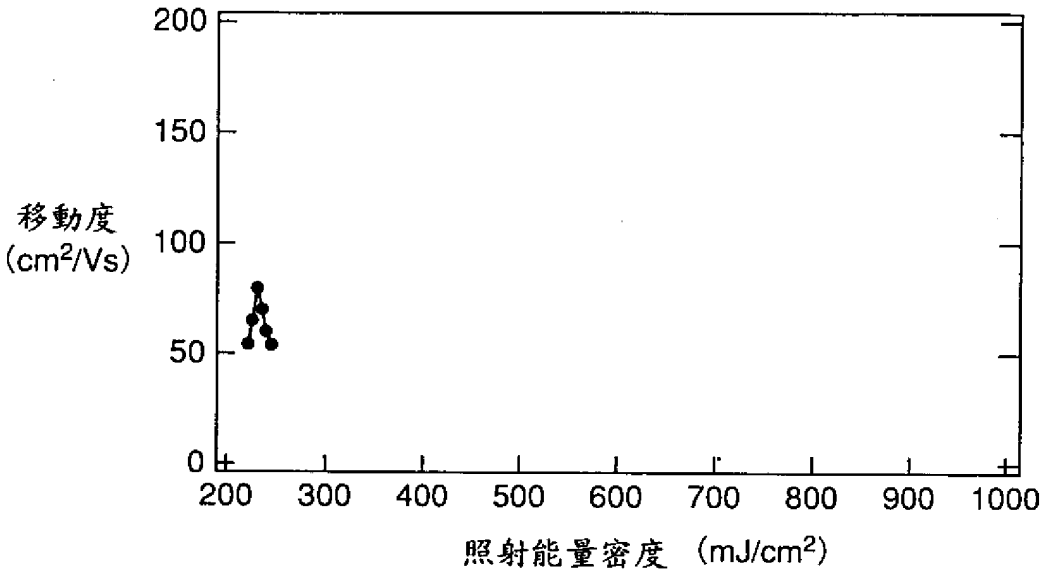

200
150
100
50
0
移動度
(cm²/Vs)
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
照射能量密度 (mJ/cm²)

圖 14A

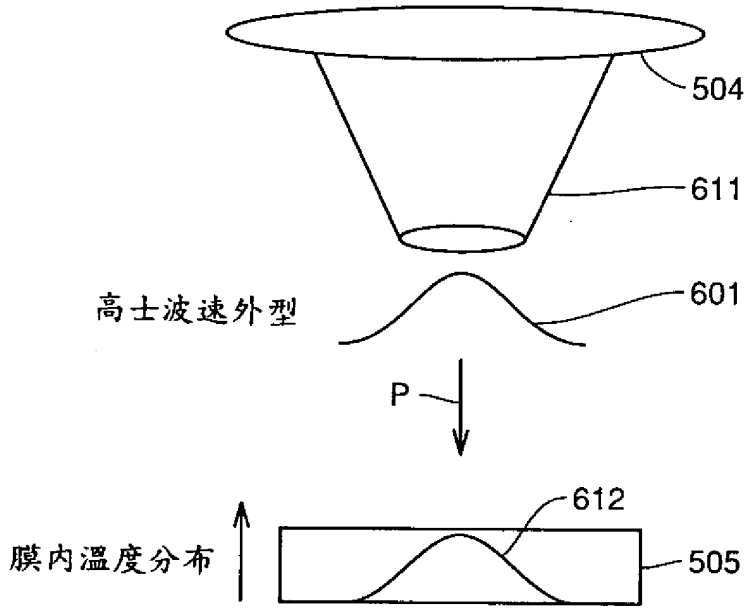


圖 14B

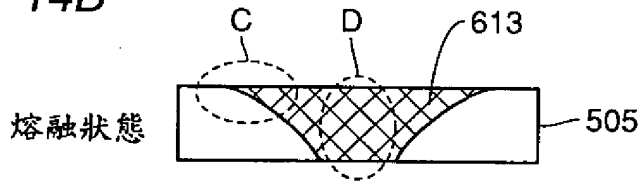


圖 14C



圖 14D

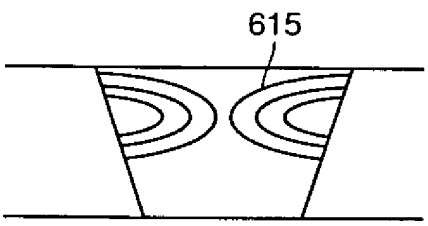


圖 15

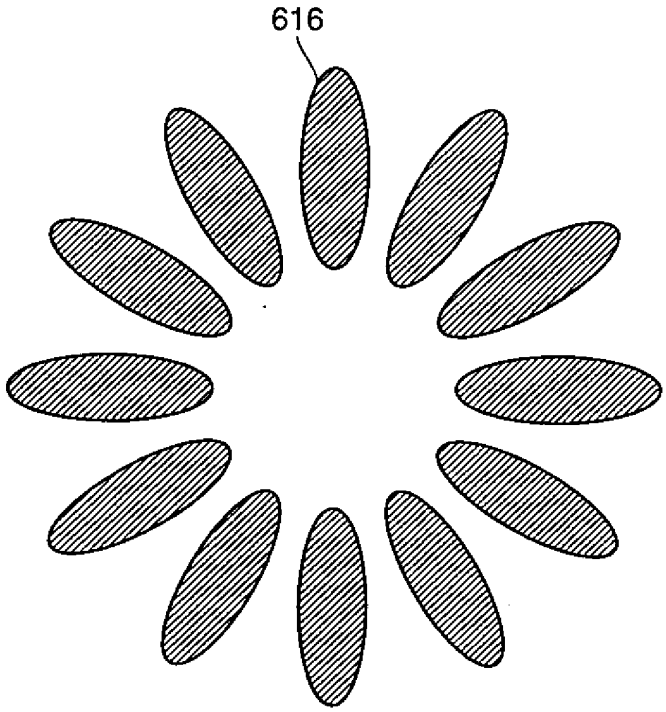
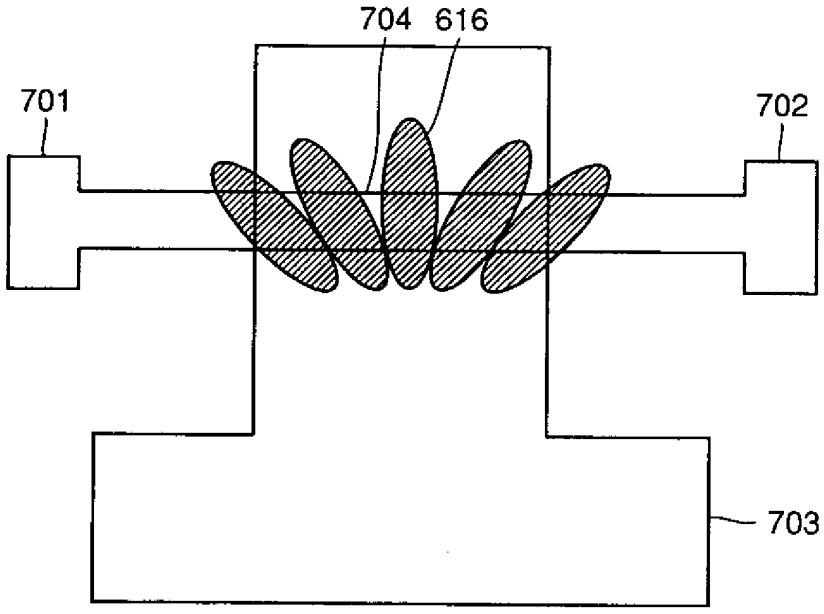


圖 16



445545

申請日期：89.3.6	案號：89103934	90年7月3日 修正補充
類別：H01L 31/3[illegible]		

（以上各欄由本局填註）

發明專利說明書

一、發明名稱	中文	
	英文	
二、發明人	姓名（中文）	5. 笹川智廣 6. 宮坂光敏
	姓名（英文）	5. 笹川智広 6.
	國籍	5. 日本 6. 日本
	住、居所	5. 同1 6. 日本國長野縣諏訪市大和3丁目3番5號 セイコ-エプソン株式会社内
三、申請人	姓名（名稱）（中文）	
	姓名（名稱）（英文）	
	國籍	
	住、居所（事務所）	
	代表人姓名（中文）	
	代表人姓名（英文）	

六、申請專利範圍

三諧波，Nd:玻璃雷射之第二諧波，Nd:玻璃雷射之第三諧波，Nd:YLF雷射之第二諧波，Nd:YLF雷射之第三諧波，Yb:YAG雷射之第二諧波，Yb:YAG雷射之第三諧波，Yb:玻璃雷射之第二諧波，以及Yb:玻璃雷射之第三諧波所組成一群之任一諧波者。

9. 如申請專利範圍第1項之雷射熱處理方法，其中該脈衝雷射光源所產生之雷射光束每個脈衝之能量為0.5mJ以上者。

10. 如申請專利範圍第1項之雷射熱處理方法，其中該脈衝雷射光源所產生之雷射光束之脈衝時間寬度為小於200毫微秒者。

11. 如申請專利範圍第1項之雷射熱處理方法，其中該膜材料為非晶或多晶矽膜者。

12. 如申請專利範圍第11項之雷射熱處理方法，其中該非晶或多晶矽膜之膜厚為小於200nm者。

13. 如申請專利範圍第11項之雷射熱處理方法，其中對該非晶或多晶矽膜之同一部位所照射之脈衝雷射光之脈衝數為100個脈衝以下者。

14. 一種半導體裝置，其具備有複數之電晶體，此項電晶體包括活動層，而為此利用波長350nm以上至800nm以下之脈衝雷射光源所產生之電射光束，使此成形為具有寬度及長度之線狀光束後照射於基板上之膜材料，藉此經過熱處理之上述膜材料被用以形成上述活動層，而在複數之上述電晶體中至少一個上述電晶體之汲極電流之流動

煩請委員明示 91年12月 日所提之修正本有無變更實質內容是否准予修正。