



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1921069 B

(45) 授权公告日 2010.12.08

(21) 申请号 200610101655.3

(22) 申请日 1993.06.26

(30) 优先权数据

193005/92 1992.06.26 JP

252295/92 1992.08.27 JP

(62) 分案原申请数据

93109565.4 1993.06.26

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县厚木市

(72) 发明人 山崎舜平 张宏勇 石原浩朗

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 刘宗杰

(51) Int. Cl.

H01L 21/20 (2006.01)

H01L 21/268 (2006.01)

(56) 对比文件

US 4370175 A, 1983.01.25, 全文.

US 4379727 A, 1983.04.12, 全文.

US 4462150 A, 1984.07.31, 全文.

US 4646426 A, 1987.03.03, 全文.

US 4468855 A, 1984.09.04, 全文.

审查员 马圆

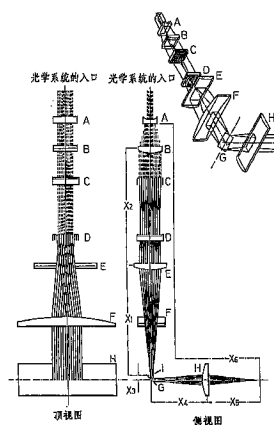
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 7 页

(54) 发明名称

用激光束照射半导体层的激光加工装置

(57) 摘要

一种用激光束照射半导体层的激光加工装置,其特征在于,它包括:一个激光器,用于发射具有截面的激光束;扩展器件,用于只在截面的长度方向扩展激光束,其中激光束在长度方向的光强分布同时为所述扩展器件所均匀化,所述扩展器件至少有一个柱面透镜阵列和一个只在长度方向会聚激光束的凸透镜;支撑器件,用于支撑用扩展过的激光束处理的衬底;移动器件,用于在扩展过的激光束截面的宽度方向移动所述衬底。



1. 一种制造半导体器件的方法,包括下列步骤:  
用厚度为 3 至 300nm 的透明薄膜覆盖半导体薄膜;  
经所述透明薄膜通过离子掺杂将磷导入所述半导体薄膜;以及  
为激活所述半导体薄膜中的所述磷,用激光脉冲的光束照射所述半导体薄膜,其中所述激光脉冲的波长为 400nm 或更短且所述激光脉冲的脉宽为 50nsec 或更窄;  
其特征在于,所述每个激光脉冲的能量密度  $E$  以  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  为单位,且所述激光脉冲的脉冲数  $N$  满足关系式  $\log_{10}N < -0.02(E-350)$ ,其中  $N$  不小于 1 并不大于 10 且所述能量密度  $E$  不小于  $200\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。
2. 权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述激光脉冲是由从 KrF 激发物激光器、ArF 激发物激光器、XeCl 激发物激光器和 XeF 激发物激光器组成的组中选出的激光器发出的。
3. 一种制造半导体器件的方法,包括下列步骤:  
用厚度为 3 至 300nm 的透明薄膜覆盖半导体薄膜;  
经所述透明薄膜通过离子掺杂将硼导入所述半导体薄膜;以及  
为激活所述半导体薄膜中的所述硼,用激光脉冲的光束照射所述半导体薄膜,其中所述激光脉冲的波长为 400nm 或更短且所述激光脉冲的脉宽为 50nsec 或更窄;  
其特征在于,所述每个激光脉冲的能量密度  $E$  以  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  为单位,且所述激光脉冲的脉冲数  $N$  满足关系式  $\log_{10}N < -0.02(E-300)$ ,其中  $N$  不小于 1 并不大于 10 且所述能量密度  $E$  在 200 到  $300\text{mJ}/\text{cm}^2$  的范围内。
4. 权利要求 3 所述的方法,其特征在于,所述激光脉冲是由从 KrF 激发物激光器、ArF 激发物激光器、XeCl 激发物激光器和 XeF 激发物激光器组成的组中选出的激光器发出的。

## 用激光束照射半导体层的激光加工装置

[0001] 本申请是申请号为 01104514.0、申请日为 1993 年 6 月 26 日、发明名称为“用激光束照射半导体层的激光加工装置”的原案申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及一种适于用在半导体器件成批生产批生产中的、高生产率条件下能实现均匀退火的、高可靠的激光退火方法。更具体地说,本发明提供一种其晶性由于在诸如离子照射 (ion irradiation)、离子注入和离子掺杂等工艺中受到损伤而严重地劣化的淀积薄膜的激光退火方法。

### 背景技术

[0003] 如今,对降低制造半导体器件中的加工温度的方法正广泛地进行研究。对低温加工方法如此积极地研究的原因部分地归因于在例如玻璃制造的绝缘衬底上制备半导体器件所提出的要求。激光退火技术被认为是有前途的主要低温加工方法。

[0004] 但是,激光退火的条件尚未确定,因为传统的激光退火方法是各自独立地在不同条件下进行的,这些条件取决于在每个方法中独立地选择的装置和涂敷条件。这就使得许多人错误地认为,激光退火技术不能给出可靠和一致得足以使该方法实际可行的结果。因此,本发明的目的在于首次建立能给出高度再现的结果的激光退火方法的条件。

### 发明内容

[0005] 在制造半导体器件的方法中,淀积薄膜极大地受到诸如离子照射、离子注入和离子掺杂等工艺过程的损伤,并由此在晶性方面遭到破坏,从而产生远非所说的半导体的非晶相或类似态。所以,为了将激光退火用于激活这种被损伤的薄膜,本发明人对如何使激光退火的条件最佳化进行了深入的研究。在该研究期间已发现,最佳条件的变化不仅受激光束的能量控制的影响,而且还受薄膜中所含有的杂质以及所加激光束的脉冲发射的次数的影响。

[0006] 采用本发明的方法激活的淀积薄膜是那些含有作为主要成份的周期表的 IV 族元素,例如硅、锗、硅和锗的合金,或 IV 族元素的化合物如碳化硅的淀积薄膜。所淀积的薄膜的厚度为 100 Å 至 10000 Å。考虑到光传输,已完全确认,采用处于短波长范围的特别是 400nm 或更短波长的激光束能很好地实现这种薄膜的激光退火。

[0007] 本发明的方法包括以下步骤:

[0008] 将具有 400nm 或更短波长和 50nsec 或更窄脉宽的激光脉冲照射到薄膜上,该薄膜含有从碳、硅、锗、锡和铅所构成的组中选出的 IV 族元素以及掺入其中的杂质离子。

[0009] 其中在所说激光脉冲到达所述含有 IV 族元素的薄膜的路程中,在所述含有 IV 族元素的薄膜上形成厚度为 3 至 300nm 的透明薄膜,所述激光脉冲的每一个的能量密度 E 以  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  为单位和所述激光脉冲数 N 满足关系式:  $\log_{10}N \leq -0.02(E-350)$ 。

[0010] 从由 KrF 激发物激光器、ArF 激发物激光器、XeCl 激发物激光器和 XeF 激发物激光

器构成的组中选出的一种激光器发射激光脉冲。杂质离子的掺入是采用离子照射、离子注入和离子掺杂等工艺实现的。含有 IV 族元素的薄膜形成在绝缘衬底上,并且该绝缘衬底在照射步骤期间被保持在室温至 500°C 的温度。

[0011] 业已确认,采用具有足够高至激活的能量密度的激光束能降低薄层电阻。在含有作为杂质的磷的薄膜的情况下,这种趋势必然能观察到。然而,在含有作为杂质的硼的薄膜中,该薄膜由于这种高能量密度的激光的照射而受到损伤。此外,脉冲发射数的增加减少了激光退火薄膜的特性的波动被认为是理所当然的事。但是,这是不确切的,因为已经发现,由于增加发射数目使微观波动增强,涂层的结构劣化了。

[0012] 这可解释为是由于重复加到薄膜上的激光束照射引起的涂层内的晶核生长所致。结果,在涂层内出现粒状大小在 0.1 至 1 μm 尺寸范围内的分布,而该涂层以前是由均匀尺寸的晶粒所组成的。当采用高能激光照射时,此现象尤其明显。

[0013] 业已发现,所淀积的薄膜(即半导体薄膜)必须涂敷(覆盖)3 至 300nm 厚的光传输涂层,而不能暴露在大气中。从传输光束的观点看,该光传输涂层优选用氧化硅或氮化硅制造。最好采用主要含有氧化硅的材料,因为通常它也可用作栅绝缘材料。无需说明,此光传输薄膜可以掺磷或硼,以钝化可移动离子。如果含有 IV 族元素的薄膜未涂敷这种光传输涂层,将会发生均匀性以加速方式被破坏的现象。

[0014] 还已发现,在上述条件下并且又满足以下关系式时:

$$[0015] \quad \log_{10}N \leq A(E-B)$$

[0016] 采用脉冲式激光束能获得更为光滑(均匀)的涂层,这里 E(mJ/cm<sup>2</sup>) 是所照射的每一激光脉冲的能量密度, N(发射数) 是脉冲式激光的发射数目。A 和 B 的值取决于掺入涂层中的杂质。当磷作为杂质存在时,选 A 为 -0.02, B 为 350,当采用硼作为杂质时,选 A 为 -0.02, B 为 300。

[0017] 采用透明的衬底替代透明的薄膜能得到相似的结果。也就是说,按照本发明的激光加工方法包括以下步骤:

[0018] 将杂质掺入在透明衬底上形成的半导体薄膜中;并且

[0019] 将波长为 400nm 或更短和脉宽为 50nsec 或更窄的激光脉冲穿过所述透明衬底照射至所述半导体薄膜上;

[0020] 其中,单位为 mJ/cm<sup>2</sup> 的所述激光脉冲的每一个的能量密度 E 和所述激光脉冲的数目 N 满足关系式:

$$[0021] \quad \log_{10}N \leq -0.02(E-350)。$$

[0022] 图 7(A) 示出掺入步骤,图 7(B) 示出照射步骤。参照数字 71 代表透明衬底,72 代表半导体薄膜。

#### 附图说明

[0023] 图 1 是用于本发明的实施例中的激光退火装置的原理图;

[0024] 图 2 是按照本发明的一个实施例由激光退火所获得的硅薄膜(掺磷, N 型)的薄层电阻与所加的激光能量密度之间在改变脉冲发射的重复次数时的关系图;

[0025] 图 3 是按照本发明的一个实施例由激光退火所获得的硅薄膜(掺磷和硼, p 型)的薄层电阻与所加的激光能量密度之间在改变脉冲发射的重复次数时的关系图;

[0026] 图 4 是在本发明的一个实施例中获得的硅薄膜的结构与所加的激光能量密度以及脉冲发射的重复次数之间的关系图；

[0027] 图 5 为用于本发明的实施例中的激光退火装置的光学系统的原理图；

[0028] 图 6 示出按照本发明的激光退火方法；和

[0029] 图 7 示出按照本发明的另一种激光退火方法。

### 具体实施方式

[0030] 下面参考非限制性实例，以更详细的方式描述本发明，不过，应当指出，不能将本发明解释成限于该实例。

[0031] 在此实例中，将杂质掺入由 IV 族元素组成的薄膜中，以使其具有 N 型和 P 型导电的一种，将另一种杂质用掩膜掺入该薄膜的一部分中，使所述部分具有 N 型和 P 型导电的其余一种。在图 1 中，原理性地示出了用于本实施的激光退火装置。激光束在发生器 2 中产生，在通过全反射镜 5 和 6 之后，在放大器 3 中被放大，并在通过全反射镜 7 和 8 之后被引入光学系统 4。初始激光束具有约  $3 \times 2 \text{cm}^2$  的矩形束面积，但借助光学系统 4 被加工成长光束，其长约为 10 至 30cm，宽约 0.1 至 1cm。通过此光学系统的激光的最大能量密度为 1000mJ/单发射。

[0032] 光学系统 4 中的光路示于图 5 中。入射于光学系统 4 上的激光通过柱形凹透镜 A、柱形凸透镜 B、水平方向设置的蝇眼透镜 C 和垂直方向设置的蝇眼透镜 D。依靠蝇眼透镜 C 和 D，激光从初始的高斯分布变成矩形分布。接着，激光通过柱形凸透镜 E 和 F，并在反射镜 G（图 1 中反射镜 9）上被反射，最后通过柱形透镜 H 聚焦在样品上。

[0033] 在此实例中，图 5 所示的距离  $X_1$  和  $X_2$  是固定的，而虚焦点 I（由蝇眼透镜的弯曲表面之间的差所产生）和反射镜 G 之间的距离  $X_3$ 、距离  $X_4$  和  $X_5$  是变化的，以便调节放大率 M 和焦距 F。即：

$$[0034] \quad M = (X_3 + X_4) / X_5$$

$$[0035] \quad 1/F = 1/(X_3 + X_4) + 1/X_5。$$

[0036] 在此实例中，光路的总长度  $X_6$  为约 1.3m。

[0037] 如以上所述，初始光束被改进成长形光束，以改善其加工性能。更准确地说，在离开光学系统之后，通过全反射镜 9 照射在样品 11 上的矩形光束与样品的宽度相比有更大的宽度，因此，样品仅需沿一个方向运动。所以，装载样品的平台和驱动装置 10 可以做成简单的结构，因此其维修工作能容易地完成。此外，在安装样品时调整工作也能大大地被简化。

[0038] 另一方面，若采用方形横截面的光束，则由单个光束覆盖整个衬底将是不可能的。于是，样品应沿两个方向作二维运动。在此情况下，平台的驱动装置将变得复杂，同时调整也必须按二维的方式进行，这就带来许多的困难。特别是以手工方式进行调整时，此工序要耗费相当多的时间，从而大大地降低了整个工艺过程的生产率。此外，这些装置必须安装在象抗振工作台之类的稳固的工作台 1 上。

[0039] 用在本实例中的样品是不同型号的玻璃衬底（例如，康宁 (Corning) #7059 玻璃衬底），其长度为 100mm，宽度为 100-300mm。在此加工方法中采用能发射 248nm 波长和 50nsec 或更窄脉宽的光的 KrF 激光器。

[0040] 用等离子加速 CVD（化学汽相淀积）工艺在玻璃衬底 61 上淀积 100nm 厚的非晶硅

薄膜。所得到的薄膜在 600°C 下退火 48 小时,以获得结晶薄膜,并且所得到的薄膜被构图,以形成岛形部分 62 和 63(图 6(A))。进一步,用溅射法在上面淀积 70nm 厚的氧化硅薄膜(光传输涂层)64,并且衬底的整个表面用磷掺杂。在此步骤中采用通常所说的离子掺杂工艺(图 6(B)),使用磷化氢( $\text{PH}_3$ )作为等离子源和 80KV 的加速电压。然后,将衬底的一部分 65 掩盖住,用离子掺杂工艺注入硼(图 6(C))。在此步骤中采用乙硼烷( $\text{B}_2\text{H}_6$ )作等离子源并在 65KV 电压下加速。更准确地说,通过光传输涂层,磷被注入(掺入)到所掩盖的部分,从而获得了具有 N 型导电的部分,而磷和硼通过光传输涂层被注入(掺入)到未掩盖的部分,结果形成具有 P 型导电的部分。

[0041] 其后,在改变能量密度和脉冲发射的数目的同时,将激光束照射到岛形部分(半导体薄膜)上,以实现激光激活。对薄层电阻相应地进行测量,并通过光学显微镜观察构成涂层的晶体的结构。在图 2 至 4 中概括了得到的结果。

[0042] 图 2 示出了用磷离子掺杂的硅薄膜的薄层电阻在改变脉冲发射的重复数时与激光束的能量密度的关系图。在  $2 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$  的剂量下,将磷掺到硅薄膜中。采用在  $200 \text{mJ}/\text{cm}^2$  或更小的能量密度下运行的激光器,为激活薄层需要大量的发射数目,还会产生约  $10 \text{k} \Omega / \text{sq}$  的高薄层电阻的不良结果。但是,采用具有  $200 \text{mJ}/\text{cm}^2$  或更高的能量密度的激光束,在 1 至 10 次发射的激光器运行条件下就可实现充分的激活。

[0043] 图 3 示出在  $4 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$  剂量下激光激活由硼离子掺杂的硅薄膜的结果。在此情况下,采用  $200 \text{mJ}/\text{cm}^2$  或更小的能量密度,只能进行不充分的激活,对于充分的激活而言,需要大的脉冲发射数目。采用运行在 200 至  $300 \text{mJ}/\text{cm}^2$  的能量密度的激光束,通过 1 至 10 次发射就得到足够低的薄层电阻。但是,从另一方面来说,采用运行在  $300 \text{mJ}/\text{cm}^2$  或更高的能量密度下的激光器,薄层电阻反而会增大。特别是,与采用  $200 \text{mJ}/\text{cm}^2$  或更低的激光束能量密度激活的情形相反,随着增加脉冲发射的重复次数,薄层电阻会增加。这个现象可解释成是由于薄膜的均匀性破坏使晶粒边界生长所造成的,而薄膜均匀性的破坏是因为采用太多发射数的激光照射所致。

[0044] 在实际工艺中,激光退火同时用于 P 型和 N 型区,如图 6(D) 所示。这就意味着以  $350 \text{mJ}/\text{cm}^2$  的能量密度照射的激光束充分地激活 N 型区,但同时损害了 P 型区的性能。因此,在根据本实例的工艺中,激光优选工作在 200 至  $300 \text{mJ}/\text{cm}^2$  的能量密度范围内,最好在  $250$  至  $300 \text{mJ}/\text{cm}^2$  的范围内。脉冲重复数最好在 1 至 100 个脉冲的范围内。

[0045] 如以上所述的那样,淀积薄膜的结构显著地受到激光退火的影响。事实上,如图 4 所示,脉冲发射的数目能够与激光束能量密度和薄膜结构相联系。在图 4 中,用语“退火脉冲”是指激光束脉冲发射的数目。图中的实心圆代表在掺磷的硅上观察到表面结构变化的点,而空心圆代表在掺硼的硅上的相同情况。图的右侧上部区域相应于表面上出现不良结构(粗糙表面)的情况,而图的左侧下部区域相应于表面上出现良好结构(平滑表面)的情况。从该结果可以看出,掺磷的硅对激光照射具有强的耐性。因此,在不损伤表面结构的情况下进行激光退火的条件可以理解成是满足关系式:

$$[0046] \quad \log_{10} N \leq A(E-B)$$

[0047] 这里, $E(\text{mJ}/\text{cm}^2)$  是所照射的激光束的能量密度, $N$ (发射数)是脉冲式激光器的发射的数目。在磷作为杂质被掺入时, $A$  和  $B$  的值是  $A = -0.02$ ,  $B = 350$ ,而当硼作为杂质被掺入时, $A = -0.02$ ,  $B = 300$ 。

[0048] 当淀积薄膜的结构受到相当大的损伤时,此特征值由于硅性能局部出现严重下降而呈现大的分散 (Scattering)。事实上,在有缺陷的结构 (粗糙表面) 的硅薄膜上,观察到薄层电阻的分散高达 20% 或更多。通过满足以上的条件并将激光能量密度设定为适当的值,能够消除这种分散。

[0049] 例如,当激光能量密度设定为  $250\text{mJ}/\text{cm}^2$  时,脉冲式激光束以 10 次或更低的频率发射。如果能量密度提到高  $280\text{mJ}/\text{cm}^2$ ,激光束最好以 1 至 3 次的频率发射。通过在这种条件下激光退火,薄层电阻的变化可控制在 10% 或更小的范围内。

[0050] 根据本发明,通过如前面所述的那样设定激光退火的最佳条件,获得了具有低的性能变化的高可靠半导体薄膜。因此可以看出,根据本发明的加工方法对半导体工业是有益的。

[0051] 虽然参照特定实施例详细地描述了本发明,但很明显,对本领域的技术人员来说,在不脱离本发明的构思和范围的情况下,可进行各种变换和修改。

图 1

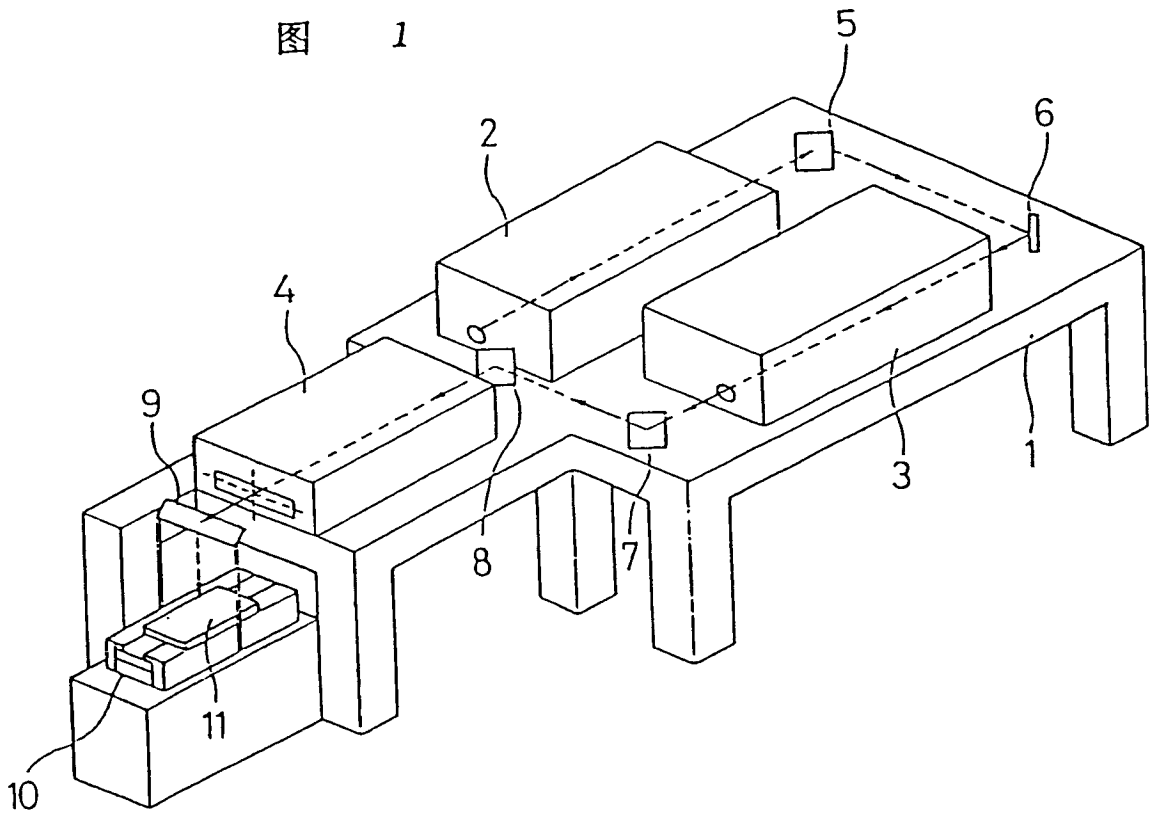


图 2

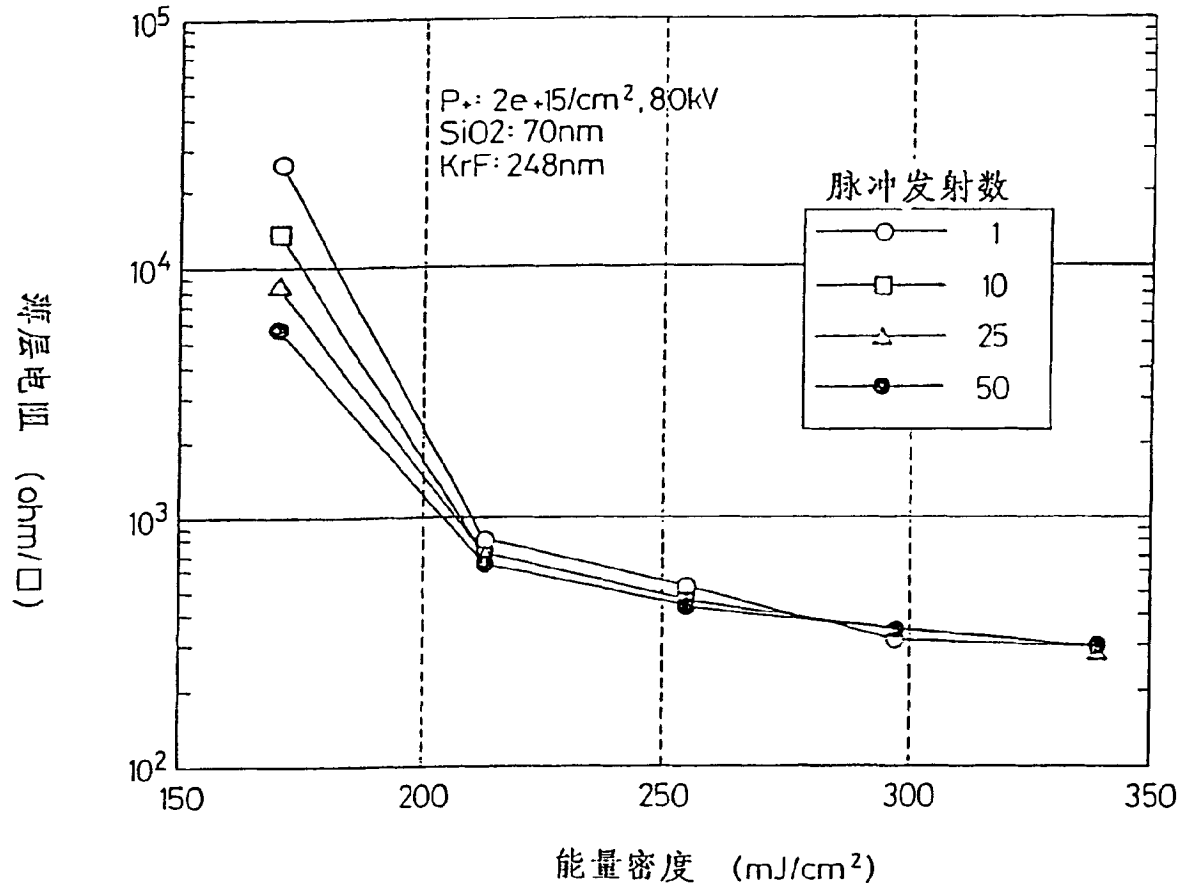


图 3

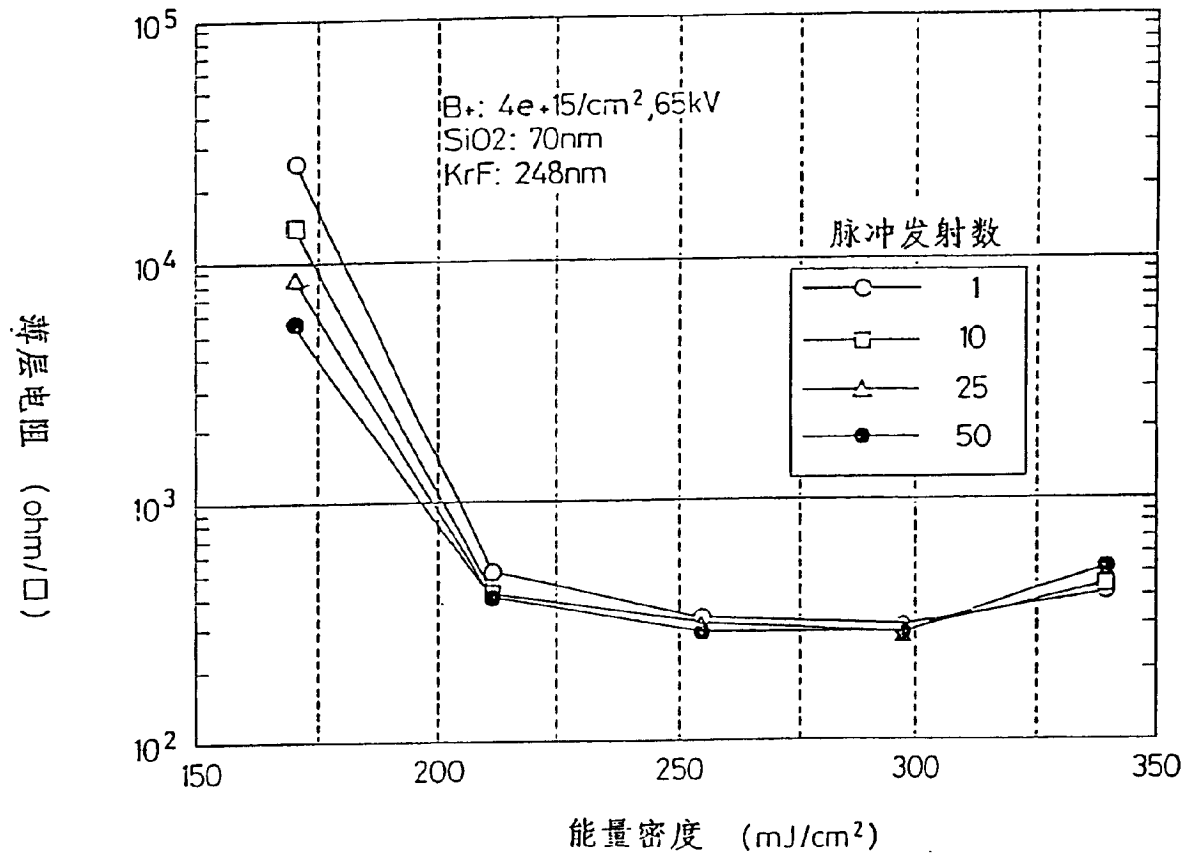


图 4

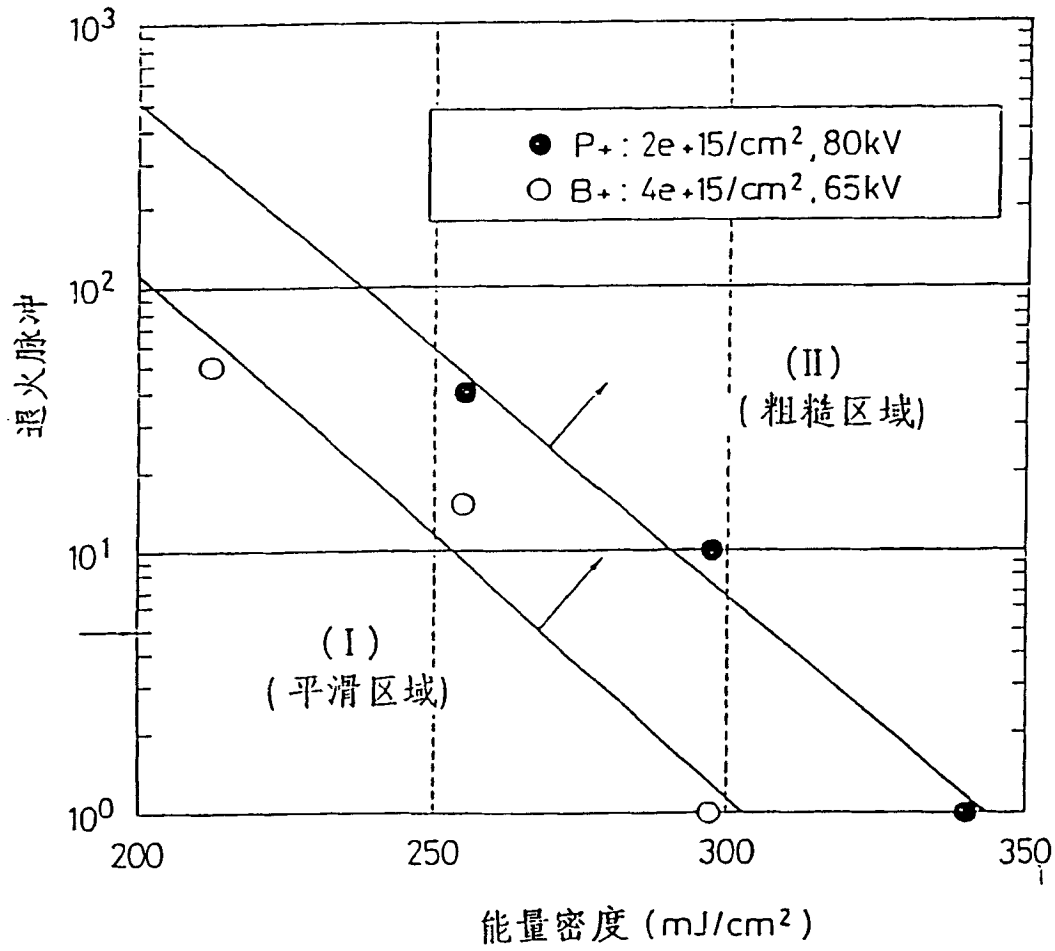


图 5

