



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101911255 A

(43) 申请公布日 2010. 12. 08

(21) 申请号 200880124531. 4

(22) 申请日 2008. 11. 13

(30) 优先权数据

60/987, 667 2007. 11. 13 US

60/987, 650 2007. 11. 13 US

60/987, 629 2007. 11. 13 US

12/269, 344 2008. 11. 12 US

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

代理人 臧建明

(51) Int. Cl.

H01L 21/26 (2006. 01)

H01L 29/786 (2006. 01)

H01L 31/042 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 07. 12

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/083388 2008. 11. 13

(87) PCT申请的公布数据

W02009/064872 EN 2009. 05. 22

(71) 申请人 瓦里安半导体设备公司

地址 美国麻萨诸塞州

(72) 发明人 乔纳森·吉罗德·英格兰

法兰克·辛克莱 约翰(本雄)·具

拉杰许·都蕾 卢多维克·葛特

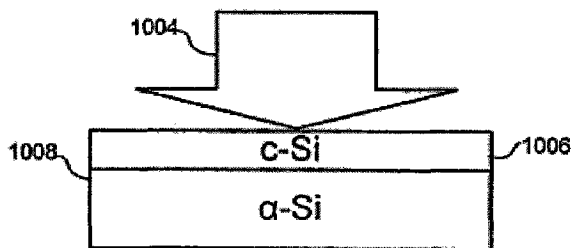
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 9 页

(54) 发明名称

利用粒子束的薄膜材料处理方法

(57) 摘要

本发明提供处理基板的方法的一些例子。在一实施例中,此方法可包括将多个第一粒子导入到基板的第一区域,以在第一区域中形成具有粒界的至少一结晶,而不在第二区域形成其他结晶,且第二区域邻近于第一区域;以及在停止导入第一粒子之后,延伸形成于第一区域中的至少一结晶的粒界到第二区域。



1. 一种在非晶相中处理基板的方法,包括:

将多个第一粒子导入到基板的第一区域,以在所述第一区域中形成具有粒界的至少一结晶,而不在第二区域形成其他结晶,且所述第二区域邻近于所述第一区域;以及

在停止导入所述第一粒子之后,延伸形成于所述第一区域中的所述至少一结晶的所述粒界到所述第二区域。

2. 根据权利要求1所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一区域是所述基板的一部分。

3. 根据权利要求1所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一区域是接近于所述基板的上侧,且其中延伸所述粒界到所述第二区域包括延伸所述粒界到所述基板的下侧。

4. 根据权利要求1所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一区域是接近于所述基板的下侧,且延伸所述粒界到所述第二区域包括延伸所述粒界到所述基板的上侧。

5. 根据权利要求1所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述区域与上表面及下表面间隔开,且延伸所述粒界到所述第二区域包括延伸所述粒界到所述基板的上侧及下侧。

6. 根据权利要求1所述的在非晶相中处理基板的方法,其中在所述第一区域中的所述至少一结晶藉由固相成核而形成。

7. 根据权利要求1所述的在非晶相中处理基板的方法,其中延伸所述粒界到所述第二区域藉由固相外延再成长而达成。

8. 根据权利要求1所述的在非晶相中处理基板的方法,还包括导入多个第二粒子到所述第一区域的至少一区域,以非晶化所述第一区域的所述至少一区域。

9. 根据权利要求7所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述经非晶化的区域邻近于所述基板的上表面,其中所述基板包括多个结晶,且其中所述结晶具有沿着垂直方向延伸的粒界。

10. 根据权利要求1所述的在非晶相中处理基板的方法,其中延伸所述粒界是藉由炉管退火、快速热退火、闪光灯退火及激光退火的其中之一而完成。

11. 根据权利要求1所述的在非晶相中处理基板的方法,其中延伸所述粒界到所述第二区域是藉由粒子辅助成长而完成。

12. 根据权利要求11所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述粒子辅助退火包括导入多个第三粒子到所述第二区域。

13. 根据权利要求12所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述粒子辅助退火还包括调整所述第三粒子的能量。

14. 根据权利要求13所述的在非晶相中处理基板的方法,其中调整所述第三粒子的能量包括增加所述第三粒子的能量。

15. 根据权利要求1所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述基板是平板显示器工作片的硅层,所述平板显示器工作片包括设置于绝缘层上的所述硅层。

16. 根据权利要求1所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述基板为太阳能电池面板。

17. 根据权利要求1所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一粒子在 5×10^{14} 个粒子/ $\text{cm}^2 \text{sec}$ 或更大的密度率被导入到所述第一区域。

18. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一粒子作为聚焦粒子束被导入所述第一区域。

19. 根据权利要求 18 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述聚焦粒子束从第一截面终点到第二截面终点具有渐减的截面密度轮廓。

20. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一粒子包括分子离子。

21. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一粒子包括团簇粒子。

22. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一粒子包括质子或氦核。

23. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一粒子包括选自 He、Ne、Ar、Kr、Xe 与 Rn 所组成的族群中的一个或多个种类。

24. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一粒子为 Ga。

25. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一区域包括硅,且其中所述第一粒子包括选自 C 与 Ge 所组成的族群中的一个或多个种类,以将所述第一区域转变为应力区域。

26. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一区域包括选自 IV 族元素的材料,且其中所述第一粒子包括选自 B、Ga、In、P、As、Sb 与 Bi 所组成的族群中的一个或多个种类,以改变所述第一区域的电性。

27. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一区域包括选自 IV 族元素的材料,且其中所述第一粒子包括选自 Yb、Ti、Zr、Hf、Pd、Pt 与 Al 所组成的族群中的一个或多个种类,以改变所述第一区域的带隙特性。

28. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一区域包括选自 IV 族元素的材料,且其中所述第一粒子包括选自含 C 粒子、含 Si 粒子、含 Ge 粒子、含 F 粒子、含 N 粒子、含 H 粒子、含 He 粒子、含 Sn 粒子与含 Pb 粒子所组成的族群中的一个或多个种类,以阻止改变所述第一区域的电性。

29. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一区域包括选自 IV 族元素的材料,且其中所述第一粒子包括金属粒子,以增加在所述第一区域中形成所述至少一结晶的速率。

30. 根据权利要求 29 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述金属粒子包括 Ni 粒子。

31. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,在将所述第一粒子导入所述第一区域之前,还包括改变所述基板的温度。

32. 根据权利要求 31 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中改变所述温度包括降低所述温度。

33. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一粒子以垂直于所述基板的上表面的角度导入所述第一区域。

34. 根据权利要求 1 所述的在非晶相中处理基板的方法,其中所述第一粒子以非垂直于所述基板的上表面的角度导入所述第一区域。

利用粒子束的薄膜材料处理方法

[0001] 相关申请案

[0002] 本申请案相关于在 2008 年 11 月 12 日申请的申请序号为 12/269327 且名称为“Particle Beam Assisted Modification of Thin Film Materials”的共同申请案,以及相关于在 2008 年 11 月 12 日申请的申请序号为 12/269276 且名称为“Particle Beam Assisted Modification of Thin Film Materials”的共同申请案。各共同申请案的整体内容于此合并作为参考。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种处理基板的系统与技术,特别涉及一种形成基板结晶相(substrate crystalline phase)的系统与技术。

背景技术

[0004] 目前普遍采用的新兴技术,如平板显示器(flat panel display, FPD)与太阳能电池(solar cell),皆取决于在低成本基板上制造电子元件的能力。在制造 FPD 时,典型的低成本 FPD 的像素(pixel)由薄膜晶体管(thin film transistor, TFT)来转换(switch),此薄膜晶体管一般可以在配置于惰性玻璃基板上的薄的非晶硅薄膜(50nm 厚)上制造。然而,改良的 FPD 需要较佳效能的像素 TFT,且其有利于直接在面板上制造高效能控制电子元件(high performance control electronics)。一个优点为可以排除面板与外部控制电路之间的昂贵的以及潜在不可靠的连接。

[0005] 目前的 FPD 包含一层硅,此硅层经由低温沉积制程而配置于显示器的玻璃面板上,此低温沉积制程例如为溅镀(sputtering)制程、蒸镀(evaporation)制程、等离子体增益型化学气相沉积(plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD)制程或低压化学气相沉积(low pressure chemical vapor deposition, LPCVD)制程。这些低温制程是符合需求的,如使用来制造 FPD 的面板倾向于非晶(amorphous)与具有约 600°C 的玻璃转换温度(glass transition temperature)。若在 600°C 以上制造,面板可能具有不均匀或不平坦的结构或表面。存在较高温度容忍度玻璃面板,如石英(quartz)或蓝宝石(sapphire)面板。然而,这些玻璃的高成本却使其利用受到了阻碍。此外,若价格便宜,则可以使成本降低,因此可使用较低温度容忍度玻璃或塑胶面板。

[0006] 然而,低温沉积制程无法产生理想的硅薄膜。一般熟知,固态硅具有三个常见的相:非晶相、多晶相与单晶相。若硅在低温时沉积,则所沉积的硅薄膜倾向于非晶相。与多晶硅薄膜或单晶硅薄膜相比,基于非晶硅薄膜的薄膜晶体管的通道可能具有较低的迁移率(mobility)。

[0007] 为了得到多晶硅层或单晶硅层,可以进一步处理面板,以将非晶硅薄膜转换为多晶硅薄膜或单晶硅薄膜。为了得到具有多晶硅薄膜的面板,可以对面板进行准分子激光退火(excimer laser annealing, ELA)制程。ELA 制程的一个例子揭示于美国专利第 5,766,989 号。为了得到具有较大结晶(crystal)面板,可以对面板进行如连续侧向

固化 (sequential lateral solidification, SLS) 的制程。SLS 制程的一个例子揭示于美国专利第 6,322,625 号。虽然 ELA 制程与 SLS 制程可以产生具有单晶硅薄膜或多晶硅薄膜的面板,但是上述制程并非不具有缺点。举例来说,使用于上述二个制程的准分子激光运作时花费较高,因而产生贵的 TFT。此外,对于非晶硅转变为结晶硅来说,工作周期 (duty cycle) 可能并非最佳的。另外,准分子激光可能在传输的能量中具有脉间变化 (pulse-to-pulse variation) 与空间不均匀性 (spatial non-uniformity),其可能对制程一致性产生影响。也可能具有脉内不均匀性 (intra-pulse non-uniformity),其例如是由光束 (beam) 的自我干涉 (self-interference) 所导致。此种脉间或脉内的不均匀性可能产生具有不均匀结晶的硅薄膜。

[0008] 因此,于有效降低成本以及提高产量的低温基板上的高品质结晶材料来说,新的粒子处理方法与设备是需要的。

发明内容

[0009] 本发明提供处理基板的方法的一些例子。在一实施例中,此方法可包括将多个第一粒子导入到基板的第一区域,以在第一区域中形成具有粒界的至少一结晶,而不在第二区域形成其他结晶,且第二区域邻近于第一区域;以及在停止导入第一粒子之后,延伸形成于第一区域中的至少一结晶的粒界到第二区域。

[0010] 现将如附图所示参考本案内容的示范性实施例来更详细地描述本案内容。虽然参考示范性实施例在下文中描述了本案内容,但应了解本案内容并不限于此。能够利用本文教导内容的本领域中具有通常知识者将可认识到在本文所述的本案内容范畴内的额外的实施方式、修改和实施例以及其他使用领域,且关于这些方面可有效地利用本案内容。

附图说明

- [0011] 图 1 为将非晶材料转变成结晶材料的各种机制的方块图。
- [0012] 图 2 为根据本发明实施例的 Ar 离子导入硅基板的深度的曲线图。
- [0013] 图 3 为根据本发明实施例的基板处理系统的方块图。
- [0014] 图 4 为图 3 中的系统的实施例的示意图。
- [0015] 图 5 为根据本发明另一实施例的基板处理系统的示意图。
- [0016] 图 6 为利用激光光束或粒子束照射基板的温度比较图。
- [0017] 图 7 为根据本发明另一实施例的利用聚焦粒子束照射基板的温度关系图。
- [0018] 图 8A 至图 8B 为根据本发明实施例的可并入太阳能电池的制造的方法。
- [0019] 图 9A 至图 9C 为根据本发明实施例的可并入太阳能电池的制造的另一方法。
- [0020] 图 10A 至图 10D 为根据本发明实施例的可并入太阳能电池的制造的又一方法。

具体实施方式

[0021] 为了克服上述以及其他存在于基于激光的薄膜材料处理中的缺点,揭示一些基于粒子的 (particle-based) 处理的实施例。当基于粒子的处理可以引起不平衡处理 (non-equilibrium process) 时,其可以是有利的。此外,粒子参数可以比激光的参数更为准确地控制。粒子参数可以包括空间参数 (例如光束尺寸 (beam size) 与电流密度)、

粒子流量 (particle flux) (和 / 或束线电流 (beam current))、粒子种类以及粒子剂量 (particle dose) 等等。

[0022] 在本发明中,揭示了光束线离子植入系统 (beamline ion implantationsystem) 与基于等离子体的 (plasma based) 基板处理系统 (如等离子体辅助掺杂 (plasma assisted doping, PLAD) 系统或等离子体浸没离子植入 (plasma immersion ion implantation, PIII) 系统) 的一些实施例。然而,本领域中具有通常知识者应了解,本发明亦可应用于包括其他类型的基于粒子的系统的其他系统。文中的“粒子”可以表示亚原子 (sub-atomic)、原子或分子粒子、带电的或电中性的。举例来说,粒子可以为质子;离子、原子或分子;或气体团簇 (gas cluster)。

[0023] 在本发明中,揭示了基板的一些实施例。基板可以为晶圆 (例如,硅晶圆) 或包括多层膜层的基板。此外,基板可以为基本基板 (elemental substrate), 其仅包含一个成分 (例如,硅晶圆或金属薄片);复合基板 (compound substrate), 其包含超过一个的成分 (例如, SiGe、SiC、InTe、GaAs、InP、GaInAs、GaInP; CdTe; CdS; 以及 (Cu、Ag 和 / 或 Au) 与 (Al、Ga 和 / 或 In) 以及 (S、Se 和 / 或 Te) 的组合,如 CuInGaSe、CuInSe₂、其他 III-V 族半导体和其他 II-VI 化合物);和 / 或合金基板。包含在基板中的材料可以为金属,半导体和 / 或绝缘体 (例如,玻璃 (glass)、聚对苯二甲酸乙二酯 (polyethylene terephthalate, PET)、蓝宝石和石英)。此外,基板可以为包含多层膜层的薄膜基板 (例如 SOI)。若基板包括多层膜层,则至少一层膜层可以是半导体膜层或金属膜层,反之,其他薄膜可以为绝缘体。半导体膜层或金属膜层可以配置于单一绝缘膜层上,或介于多个绝缘膜层之间。相反地,绝缘膜层可以配置于单一半导体膜层或金属膜层上,或介于多层半导体膜层或金属膜层 (或者半导体膜层与金属膜层) 之间。

[0024] 相转变 (Phase Transformation)

[0025] 非晶硅层的结晶的最快速机制为固相外延再成长 (solid phase epitaxial re-growth, SPER)。在 SPER 中,非晶硅可以藉由将位于下方的预先存在的大量的结晶层 (crystal layer) 扩展而转变为结晶硅。此种方法一般用于在藉由离子植入而非晶化之后的结晶硅晶圆的表面层的退火期间。本发明关于非晶基板处理,而非晶基板中不存在大量的预先存在的晶格,且在晶体成长之前经由结晶成核 (crystal nucleation) 产生相转变。请参照图 1,其为将不具有大量的预先存在的晶格的材料由非晶相转变成结晶相的各种机制的方块图。如本领域所熟知,结晶相可以分为多晶相 (poly-crystalline phase) 或单晶相 (mono-crystalline phase)。多晶相依照结晶尺寸有时可以进一步地细分为不同种类 (例如,多结晶 (multi-crystalline)、微结晶 (micro-crystalline)、纳米结晶 (nano-crystalline) 等)。然而,此区别在本发明中可以是不重要的,且如图 1 所述可以是不必要的。因此,这些相可以共同代表结晶相。

[0026] 如图 1 所示,由非晶相转变为结晶相的相转变可以经由各种机制而发生。举例来说,此转变可以经由熔化 (melting) 与固化 (solidification) 机制 100a 以及固相结晶 (solid phase crystallization, SPC) 转变机制 100b 而发生。在熔化与固化机制 100a 以及 SPC 机制中,此转变可以经由结晶的成核与结晶的成长而发生。在 SPER 机制中,此转变可以藉由在大量的预先存在的结晶晶格上成长而发生。

[0027] 在熔化与固化机制 100a 中,辐射 (radiation) 能、热 (heat) 能或动能 (kinetic

energy) 的能量可被导入到非晶基板的一部分,且熔化此部分。若熔化区域 (molten region) 的条件足以诱发 (induce) 成核 (例如,过度冷却 (supercooling)), 结晶可如同传统成核理论的描述进行成核。结晶可藉由两种体制 (schemes) 而进行成核。结晶可在早已存在的晶种 (pre-existing seeds) 上进行异质成核 (nucleate heterogeneously)。早已存在的晶种可为早已存在的结晶的粒界 (grain boundaries), 其在能量导入的时候不会熔化。早已存在的晶种也可作为熔化区域与相邻的固体化区域 (solid region) 的分界线 (boundary)。若缺少早已存在的晶种, 结晶可进行同质成核 (nucleate homogeneously)。在成核时, 结晶可成长, 直到此成长被终止。

[0028] 在固相转变机制 100b 中, 尽管熔化不存在, 相转变也可发生。举例来说, 结晶可在导入能量的区域中成核, 接着藉由被成核的结晶的成长而进行成核作用。至于在熔化过程, 若存在早已存在的晶种时, 在 SPC 期间会发生异质成核, 若缺少早已存在的晶种时, 在 SPC 期间会发生同质成核。

[0029] 粒子辅助过程 (Particle assisted processes)

[0030] 在本发明中, 粒子可被导入到基板, 以诱发相转变。相转变可为从非晶相到多结相及 / 或单晶相。此外, 相转变可藉由成核作用及结晶的成长而发生。为了诱发转变, 粒子可被导入到接近基板的上表面、基板的下表面、在上表面与下表面之间的区域或上述的组合。若基板包括两种或两种以上不同的材料, 粒子可被导入到接近不同材料的界面 (interface) 的区域。

[0031] 粒子种类 (Particle Species)

[0032] 许多种类的粒子可被导入, 以诱发相转变。举例来说, 可以使用对于基板为化学上或电性上为惰性 (inert) 的粒子。然而, 也可使用化学上及 / 或电性上为活性 (active) 的材料。如上所述, 粒子可为带电 (charged) 或中性 (neutral) 的亚原子粒子、原子粒子 (atomic particles)、分子粒子 (molecular particles) 或上述的组合。在一些实施例中, 在一些实施例中, 较佳的是分子粒子。在其他实施例中, 较佳的是团簇粒子。分子粒子及团簇粒子较佳的原因在于, 其能以较高的剂量 (dose) 及能量导入到基板。特别是, 导入到基板的分子粒子及团簇粒子会在撞击下崩解 (disintegrate), 且粒子的动能会以粒子原子 (particle atoms) 的原子量 (atomic masses) 的比例进行分配。部分重叠的碰撞串列 (overlapping collision cascades) 可与在高剂量率 (dose rate) 下原子粒子 (atomic particles) 的导入达到相似的结果。由于其较高的质量 (mass), 分子粒子也能以较高的能量被导入到基板。在原子与分子种类世代 (generation) 的植入机 (implanters) 中, 于此技术领域具有通常知识者较常使用的是 PLAD 与 PIII。团簇粒子世代的详细描述可在美国专利第 5, 459, 326 号寻得, 其全文并入以作为参考。

[0033] 对于导入到基板的粒子的选择是依照粒子在基板上的效果而定。一些特性及说明的范例如表 1 所示。

[0034] 表 1- 一些离子种类的可能选择

[0035]

特性	范例种类
在硅中为电性失活 (Electrically inactive)	Ge、Si、C、F、NH、He、Sn、Pb、 烃 (hydrocarbon) 分子、含 C 及两个或 两个以上其他元素的分子、硅的氢化 物 (hydrides), 如四硅烷 (tetra-silane)、 含 Si 及两个或两个以上其他元素的 分子
掺质	B、P、As、Sb、In、Ga、Sb、Bi
浅接合共植入 (shallow junction co-implant) 种类	C、F
非晶化	惰性气体 (noble gases) (包括 He、 Xe)、Ge、Si
应变 (strain) 产生	Ge、C
带隙工程 (bandgap engineering)	Yb、Ti、Hf、Zr、Pd、Pt、Al
钝化 (passivating)	H、D
缺陷固定 (defect pinning)	N
结晶催化剂 (crystallization catalysts)	Ni、金属

[0036] 深度及能量

[0037] 当粒子被导入到基板时,粒子的动能会被转移到基板。被转移的动能的量依照粒子的尺寸、质量及能量而定。举例来说,被导入到基板的重离子 (heavy ions) 会比较轻的离子 (lighter ions) 经历更多原子核制止 (nuclear stopping)。当粒子藉由原子核制止机制而失去其动能时,此机制倾向于产生缺陷,举例来说,如悬键 (dangling bonds)、空位 (vacancies) 及双空位 (di-vacancies),其存在会促进结晶过程。同时,动能藉由电子制止 (electronic stopping) 而转移到基板会导致结晶。

[0038] 依照粒子的能量、粒子传送的位置及基板的性质（例如，导热性 (thermal conductivity)、热容 (heat capacity) 及基板的熔化温度），结晶的成核会起始于基板的上表面、基板的下表面、上表面与下表面之间的区域或接近不同材料的界面。因此，相转变会在远离转变起始的位置的方向上持续进行。

[0039] 与辐射基础的相转变不同，能量藉由粒子导入而放置于基板会在表面形成峰状或是低于表面。此外，粒子会在固定能量下被导入到基板。或是，粒子会在不同能量下被导入。举例来说，当粒子正在被导入时，粒子被导入到基板的能量会改变。此能量的改变会连续不断地产生或一连串的产生。若使用束-线粒子系统 (beam-line particle system)，粒子能量会在利用关于在此所描述的束-线粒子系统的加速或减速电压的粒子导入期间被改变。若使用 PLAD、PIII 或其他等离子体基础的系统，能量会在变更施加到基板的电压的期间被改变。

[0040] 请参照图 2，此图显示出依照本发明的一实施例中被导入到基板的粒子的深度及能量。在此实施例中，Ar 离子被植入到硅 (Si) 薄膜中。如图 2 所示，被线连接的点表示 Ar 离子的平均范围 (average range)，而垂直的误差杠 (error bars) 表示深度的离散 (straggle)。全部离子的总范围可接着藉由平均范围加上离散的倍数（一或多）而被估算出来。若 Ar 离子必须被控制在已知深度的硅表层中，最大能量可以从此一曲线而被估算出来。插入图为主图的低能量刻度的较大图像。

[0041] 空间 (spatial) 及时间 (temporal) 的轮廓

[0042] 除能量之外，粒子的空间及时间的轮廓可以被控制。举例来说，粒子以粒子束的形式被导入，且此粒子束可具有固定或不同的束线电流密度（例如，在预定时间内预定面积中的粒子数量）。此电流密度可被调整，藉由改变粒子电流及 / 或粒子束尺寸、藉由控制粒子束及 / 或基板扫描速度及 / 或脉冲长度 (pulse length) 的粒子束暂留时间 (dwell time)、及粒子束工作周期（例如，粒子束脉冲或回复时间 (return time) 之间的时间，若粒子束及 / 或基板被扫描）。

[0043] 在本发明中，粒子可连续不断地或连续周期性地 (periodically in sequence) 被导入到基板。若粒子以粒子束的形式被导入，此粒子束可具有不同形状 (shapes)。举例来说，粒子能以带状束 (ribbon beam) 或点状束 (spot beam) 的形式被导入。带状束可具有带状或离子束的尺寸沿着一方向大于另一方向的形状。这样的带状束可比基板更宽或者是比基板更窄。同时，点状束可具有比基板更小的尺寸。若使用时，点状束可在约 100Hz 至 1000Hz 的频率 (rate) 下被带磁性地或带静电地进行扫描，而类似带状束。

[0044] 不论是带状束或点状束，若粒子束的剖面较小且没有覆盖整个基板的表面区域，粒子束会相对于基板额外地被扫描。举例来说，粒子束可沿着二个方向、沿着宽度方向与长度方向被扫描，因此粒子可被导入到基板的整个表面。在本发明中，这样的扫描可藉由相对于不动的粒子束沿着长度及宽度方向转移基板或相对于不动的基板沿着长度及宽度方向转移粒子束而被达成。藉由控制粒子束及 / 或基板的相对扫描的速率 (rate)，基板的相转变可被控制。

[0045] 此外，被导入到基板的粒子束可为聚焦束 (focused beam) 或非聚焦束 (non-focused beam)。另外，粒子束沿着其剖面可为均匀化 (uniform) 或非均匀化 (non-uniform)。举例来说，带状束在其前沿 (leading edge) 可具有较高的电流密度，而在

其后的后沿 (trailing edge) 具有较低的电流密度, 且反之亦然。均匀化束可具有其他强度截面 (intensity profile)。值得相信的是, 非均匀化束可促进成核过程及成长过程。举例来说, 非均匀化束可具有强烈的前沿以开始成核, 随后是藉由较小强度的后沿。举例来说, 粒子束的高密度部分可藉由熔化基板而开始相转变, 且粒子束的低密度部分可藉由控制熔化区域的固化而促进转变的延伸。

[0046] 此外, 多于一个的粒子束可同时地或相继地被操作及导入到基板。若使用多于一个的粒子束, 粒子束可同时被导入到基板的整个宽度及 / 或长度。

[0047] 方向

[0048] 粒子辅助的相转变在结晶成长及 / 或结晶形状的定向 (orienting) 上可具有一些优点。在本发明中, 粒子可在不同的角度被导入到基板。在不同角度下的粒子的导入可藉由相对于粒子束而倾斜基板及 / 或粒子束可相对于基板而被倾斜来达成。

[0049] 在一实施例中, 粒子可在 0° (例如, 垂直于基板的表面) 被导入到基板。在 0° 被导入的粒子可优先地破坏 {200} 的粒界, 其可限制在 FPD 中的导电性 (electrical conductivity)。或者, 粒子可在其他角度被导入, 例如是 7° 。

[0050] 基板条件 (substrate condition)

[0051] 除了粒子的参数之外, 在粒子的导入之前、过程中或之后, 基板的条件可被调整。举例来说, 基板的温度可被调整。在一实施例中, 在粒子导入之前或是粒子导入的期间, 基板可被加热到例如是约 500°C 。加热基板可减缓由粒子束所导致的热震 (thermal shock)。此外, 加热基板可诱发较大结晶的形成。举例来说, 加热基板可导致导入粒子的区域以较慢的速率冷却 (如这个区域会藉由传导 (conduction) 而大量的释放其能量到基板中)。

[0052] 若基板被冷却到低于室温, 会促进结晶。举例来说, 基板可被冷却到约 0°C 到约 -100°C 的范围内的温度。此外, 冷却基板可防止绝缘层的结构变的不稳定 (unstable)。

[0053] 当粒子被导入到基板时, 基板可在真空或大气压力的环境下。真空压力可大于通常用于离子植入的压力 (例如, 压力高于 10mbar 到 4mbar), 以减少泵成本 (pump cost)。

[0054] 示范性的系统

[0055] 请参照图 3, 其显示出关于本发明一实施例的用于处理基板的示范性的系统 300 的方块图。系统 300 可为束 - 线粒子系统 300。系统 300 可包括离子源 (ion source) 302、萃取系统 (extraction system) 304、加速系统 (acceleration system) 306、选择性束线操作元件 (optional beammanipulation components) 308 及中和系统 (neutralization system) 310。此外, 系统 300 可包括与中和系统 310 互通的末端站 (end station) 312。末端站 312 可包括窗口 (window) 314 及一个或多个负载室 (load locks) 316、318。在末端站 312 中, 支撑基板 322 的平台可被设置在适当位置。此外, 一个或多个的基板转移、冷却及 / 或加热次系统 (sub-system) 324 可被设置在末端站 312 中。

[0056] 在本发明中, 离子源 302 可为 Bernas 型, 具有间接加热的阴极 (indirectly heated cathode)。于此技术领域具有通常知识者可清楚了解离子源 302 也可以是其他形式的离子源。同时, 萃取系统 304 可以是单狭缝 (single slit) 或多狭缝 (multiple slit) 的萃取系统 304。萃取系统 304 可在一个或多个直角方向 (orthogonal directions) 进行转移。此外, 萃取系统 304 可被设计成用以萃取暂时性的固定束线电流。此外, 萃取系统 304 可连续不断地或间歇地萃取粒子。萃取系统 304 也可聚焦此粒子束或射束 (beamlets)

以允许令人满意的空间及 / 或时间的束线轮廓。藉由萃取系统 304 所萃取的粒子束可具有约 80keV 的能量。

[0057] 若需要较高的能量系统 300 可包括能加速粒子束的加速系统 306。系统 300 也可包括一个或多个额外的选择性束线操作元件 308, 以过滤、扫描及成形 (shape) 粒子成为粒子束。如图 4 所示, 系统 300 的特别范例, 选择性束线操作元件 308 可包括第一磁分析器 (magnet analyzer) 406、第一减速 (D1) 台 408、第二磁分析器 410 及第二减速及第二减速 (D2) 台 412。在本发明中, 第一磁分析器 406 是本质上为双极的磁铁 (dipole magnet), 可根据粒子的质量及能量来过滤粒子, 因此不希望得到的质量及 / 或能量的粒子不会通过第一磁分析器 406。同时, 第二磁分析器 410 是另一个本质上为双极的磁铁, 可被安装以用于准直 (collimate) 粒子成为具有所要求的形状 (例如, 带状) 及 / 或尺寸的粒子束。第一减速台 410 及第二减速台 412 可操作粒子通过的能量, 因此粒子可在所希望的能量下被导入到基板。在一实施例中, D1 及 / 或 D2 可为能够最小化空间电荷效应 (spacecharge effect) 及维持粒子线的空间完整性 (spatial integrity) 的分段透镜 (segmented lenses)。

[0058] 虽然未显示, 束线操作元件也可包括一个或多个本质上为四极的磁铁 (quadrupole magnets) 或单透镜 (einzellenses), 以聚焦此粒子束。此外, 束线操作元件也可包括如美国专利第 6, 933, 507 号及第 5, 350, 926 号所述的磁多极 (magnetic multipoles) 或磁棒, 以控制粒子束轮廓的均匀性。

[0059] 请再次参照图 3, 依照本发明一实施例, 也可包括电荷的中和系统 310, 以减少电荷累积于基板 322 中。电荷的中和系统 310 可为如美国专利申请第 11/376850 号所述的一个或多个热丝 (hot filament)、微波或射频驱动型 (rf driven type) 系统。或者, 电荷的中和系统 310 可为电子源 (electron source)。

[0060] 在末端站, 可以藉由控制基板的周围环境以避免诸如其他材料沉积在基板上或以促使能够促进结晶制程的钝化作用 (passivation)。为了控制环境, 末端站 312 可以包括薄的箔窗口 (foil window) 或个别泵的孔洞 314 以及一个或多个负载室 316、318, 粒子可以由箔窗或孔洞 314 进入, 基板则可经由负载室 316、318 载入。可以用基板可载入的一个或多个的个别泵的承载台来取代负载室 316、318。

[0061] 末端站 312 也可以包括移动、冷却以及加热基板的次系统 324。次系统 324 可以包括冷却器、热源以及能够沿着多个轴线转移 / 旋转基板的台板 (roplat)。冷却器的特定实例在美国专利第 11/504, 367 号、第 11/525, 878 号以及第 11/733, 445 号寻得, 其全文并入以作为参考。热源的特定实例可以是激光、闪光灯、提供加热液体的平台、抗性热源 (resistive heat source) 或那些叙述于美国专利第 11/770, 220 号以及第 11/778, 335 号中的热源, 其全文并入以作为参考。

[0062] 为了监测制程与基板的参数 / 条件, 一个或多个参数 / 条件的测量构件也可以设置在基板 322 附近。这样的构件可以耦合至一个或多个控制器, 控制器可以控制基板的参数 / 条件以及 / 或基于测量构件所发出的信号的粒子。

[0063] 请参照图 5, 所示为根据本发明的另一实施例的用以处理基板的另一例示性系统。特别注意的是, 系统 500 可以是 PLAD、PIII 系统或其他基于基板处理系统的等离子体。PLAD 系统 500 可以包括具有上部份 502 与下部分 504 的室 501。上部份 502 可以包括延伸于大致水平方向的第一介电部份 506 与延伸于大致垂直方向的第二介电部份 508。在一实施例

中,每一介电部份 506、508 可以是具有抗化学性与良好温度特性的陶瓷。上部份 502 也可以包括至少一个或多个天线 (antennas) 510、512。一个或多个天线 510、512 可以是 (例如) 水平天线 510 及 / 或垂直天线 512。在一实施例中,水平天线 510 可以是具有多重线圈的平面线圈,其中垂直天线 512 可以是具有多重线圈的螺旋线圈。至少一天线 510、512 可以经由电阻相合的网状物 (network) 516 而电性耦合至电源供应器 514。

[0064] 在系统 500 的下部份 504 上,平台 520 与由平台 520 所支撑的基板 522 可以设置在上部份 502 下且与上部份 502 距离一预定高度。然而,也有可能将平台 502 与基板 522 配置在上部份 502 中。偏压电源供应器 524 可以电性耦合至平台 520,以提供 DC 或 RF 偏压至平台 520。

[0065] 在操作中,至少一天线 510、512 可以是藉由电源供应器 514 致能 (powered) 的 RF 或 DC。若只有一个天线 510、512 是 RF 或 DC 致能的,则另一个天线 510、512 可以是寄生天线。由于另一个天线 510、512 无法电性耦合至电源供应器 514,因此其为寄生天线。相反的,另一个天线 510、512 可以磁性耦合至由电源供应器 514 致能的天线。可选地,天线 510、512 可以都由电源供应器 514 以 RF 电流致能。而后,至少一天线 510、512 经由第一与第二介电部份 506、508 诱发 RF 电流至系统 500。RF 电流所诱发的电磁场可以将系统 500 所包括的气体转换成等离子体。同时,偏压电源供应器 524 可以偏置平台 520,以将等离子体中的带电粒子吸引至基板 522。系统 500 的其他细节可以美国专利系列第 11/766984 号、专利公开第 2005/0205211 号、专利公开第 2005/0205212 号以及专利公开第 2007/0170867 号中寻得,其全文并入以作为参考。

[0066] 可选构件

[0067] 除了上述的构件以外,例示性的系统 300-500 可选地包括一或多个介于粒子源 (诸如离子源或等离子体) 与基板之间的遮蔽物 (mask)。若包括上述遮蔽物,遮蔽物可以优选为包括基于碳 (C) 的材料、基于硅的材料 (诸如 SiC) 或诸如钨 (W) 或钽 (Ta) 的难熔金属的材料。然而,也可以使用其他材料。这样的遮蔽物可以具有一个或多个孔洞,孔洞具有包括锯齿形 (chevron) 的各种形状,以控制入射至基板上的光束的形状。

[0068] 平板显示器 (FPD)

[0069] 此处,叙述了许多粒子诱发相转变的应用。如前述,粒子可以导入至薄膜基板的硅层中,以诱发由非晶相至结晶相的相转变。为了清楚的目的,进行粒子诱发相转变与 ELA 制程的比较。

[0070] 在本实施例中,粒子可以被导向至平板显示器,平板显示器具有配置在绝缘层上的厚度约为 $500 \text{ \AA}$ 的非晶硅膜。绝缘层可以是具有厚度约为 0.7 mm 的非晶玻璃或 Corning 1737 玻璃、石英、塑胶或蓝宝石。然而,于此技术领域具有通常知识者应了解也可以使用其他种类的绝缘层。

[0071] 在 ELA 制程中,单一激光脉冲可以在 12 ns 长脉冲 ($12 \text{ nanosecond long pulse}$) 中传输 360 mJ/cm^2 的能量脉冲 (energy pulse)。此相当于 $3 \times 10^{10} \text{ W/m}^2$ 的功率密度 (power density)。若将 Ar 离子束导向至硅膜,光束可以具有 20 keV 的能量。在此能量下,所有被导向的 Ar 离子无法穿越硅层下的基板 (参照图 2)。若使用带状 Ar 粒子束,可以推测粒子束具有宽为 300 mm 以及高为 0.1 mm 的尺寸。若束线电流为 25 mA ,则此功率密度为 $1.7 \times 10^7 \text{ W/m}^2$ 。

[0072] 在 ELA 制程中,入射至基板上的激光光束可以将硅层加热至接近熔化非晶硅的 1000℃。随着入射,激光光束可以启动至少一部分的硅层的熔化。硅的温度扩散系数(diffusivity)相当高,变化于在室温下的 $\sim 1\text{cm}^2/\text{sec}$ 以及在 1400K 下的 $0.1\text{cm}^2/\text{sec}$ 之间。因此,即使激光能量被硅表面的顶部的几纳米处吸收,也不会有潜热效应(latent heat effects)存在,在硅层中可能会有相当小的温度梯度。热可以由硅扩散至玻璃中。玻璃的扩散系数较小(在相当大的温度范围下为 $\sim 0.005\text{cm}^2/\text{s}$),因此在较厚的玻璃中可能存在有较大的温度梯度。此模式(model)的结果如图 6 所示,玻璃即使在 $0.1\mu\text{m}$ 的硅中,计算出的玻璃的温度仍未达 500℃。

[0073] 当粒子束具有低功率密度时,相较于激光(12ns),粒子束用以累积足够能量以加热硅膜所需的暴露时间较高(80ms)。此外,由于藉由粒子将热量累积至基板可能会因为热传导而丧失一些热量,因此为了充分地加热硅膜可能需要更多的能量。在这些推论之下,在 $50\mu\text{m}$ 硅内的绝缘层可以被加热至 600℃以上。然而,绝缘的量足以使得不会被加热至高于其玻璃转换(或熔化)温度,因此这些条件都可以接受。

[0074] 若带状束的高度增加至 1mm,其可能约 2.4 秒就能充分地加热硅膜,在此时间,玻璃的底部的尖峰温度(peak temperature)可以达到 600℃。此例与图 7 所述的 0.1mm 的案例相比,证明需要将束线的功率密度维持越高越好。可以藉由将束线面积尽可能地缩小、增加束线电流及/或增加束线能量来达成此目的。也可以增加离子种类的质量。由于分子粒子束可以提供较高的束线能量,因此其可能较为适用。同时,较高的束线能量可能减少附加的不利效应,诸如可能限制束线电流以及限制束线对焦的空间电荷爆炸(space charge blow-up)。

[0075] 粒子束辐射可以使固态硅维持在非晶相,使其在 1300K 才发生熔化。结晶硅在 1683K 才会熔化。因此若非晶硅在开始熔化前历经结晶,为了能够完全地熔化材料,则必须有更大的功率。此外,一旦硅表面被熔化,由于液态硅会反射一部分的激光辐射,因此难以将功率耦合至大体积的硅中。在降温与结晶相期间,粒子束的存在可能影响高品质材料的制造。

[0076] 薄膜太阳能电池

[0077] 本揭示案所述的粒子诱发相转变也可以应用于制造太阳能电池。如本领域所周知,非晶硅是直接带隙(direct band gap)材料且其吸光效率高于是非直接带隙材料的结晶硅。此外,非晶硅在可见光谱中吸收的光多于结晶硅。然而,非晶硅具有较低的导电率。因此,非晶硅可以较佳地将入射辐射转变为电流,而结晶硅可以较佳地传送所产生的电流。因此,根据本实施例的太阳能电池可以较佳地在另一结晶硅层上具有非晶硅层。可见光波长的入射辐射可以在非晶硅中有效地转换成光电流。在非晶层中未转换的光(包括红外辐射)可以在结晶硅中转换成光电。

[0078] 请参照图 8 所绘示为一种处理,此处理能够与制备根据本揭示案的另一实施例的基板的制程结合。在本实施例中,基板可以是具有结晶层与非晶层的薄膜太阳能电池。在另一实施例中,基板可以是 FPD 的配置在绝缘层(未绘示)上的半导体层。如图 8A 所示,非晶硅层 802 可以沉积在玻璃层(未绘示)上。非晶硅层 802 的厚度可以是 $1.5\mu\text{m}$,其中玻璃层的厚度可以是 3mm。具有预定剂量与能量的粒子 804 接着可以被导入非晶硅层 802。如图 8B 所示,粒子 804 可以被导入硅层的表面下,以结晶化硅层 802 的下部分,而不会诱发

非晶硅层 802 的上部分进行结晶化。所产生的基板可以用于具有非晶硅层 802 配置在结晶硅层 806 上的太阳能电池中。

[0079] 请参照图 9 所示为一种处理,此处理能够与制备根据本揭示案的另一实施例的基板的制程结合。在本实施例中,基板可以是具有结晶层与非晶层的薄膜太阳能电池。在另一实施例中,基板可以是 FPD 的配置在绝缘层(未绘示)上的半导体层。如图 9A 所示,非晶硅层 902 可以沉积在玻璃层(未绘示)上。而后,具有预定剂量与能量的粒子 904 可以被导入非晶硅层 902,以结晶化整个硅层 906(如图 9B)。如图 9C 所示,多个第二种类、能量以及剂量的粒子 908 可以被导入基板,以非晶化(amorphize)邻近于结晶硅层的表面的一层。所产生的太阳能电池可以具有上非晶硅层 904 以及下结晶硅层 902。

[0080] 请同时参照图 10,所示为一种处理,此处理能够与制备根据本揭示案的另一实施例的基板的制程结合。在本实施例中,基板可以是具有结晶层与非晶层的薄膜太阳能电池。在另一实施例中,基板可以是 FPD 的配置在绝缘层(未绘示)上的半导体层。如图 10A 所示,非晶硅层 1002 可以沉积在玻璃层(未绘示)上。而后,具有预定剂量与能量的粒子 1004 可以被导入非晶硅层 1002,以结晶化硅层 1002 中的次层 1006(如图 10B)。尽管图 10B 将次层绘示为配置在邻近硅层 1002 的上表面处,本领域中具有通常知识者应了解次层 1006 可以配置在邻近硅层 1002 的上表面处、邻近下表面处或介于上表面与下表面之间的任何位置。

[0081] 在形成结晶次层 1006 后,在整个硅层 1002 被结晶化之前,次层 1006 中的一个或多个晶粒(crystal)可以朝向远离次层 1006 的方向成长。晶粒可以藉由热炉管退火、快速热退火(RTA)、闪光灯退火(flash lamp annealing)以及激光退火中一种方法来成长。可选地,晶粒可以藉由粒子辅助退火(particle assisted annealing)来成长。举例来说,针对在已结晶次层下方区域的具有另一预定剂量及/或另一预定能量的同一种或其他种粒子(未绘示)可以将一个或多个晶粒的粒界朝向基板的下表面延伸。在处理中,整个硅层 1002 可以包括一个或多个晶粒,此晶粒具有在垂直方向延伸的粒界。本实施例也可以包括一可选的非晶化步骤,以非晶化一部分的新生成的结晶化硅层 1006。举例来说,接着可以将粒子 1010 导入至新生成的结晶化硅层 1002,以非晶化至少一部分的新生成的结晶化硅层 1002(如图 10D)以形成非晶次层 1012。在本揭示案中,导入至新生成的结晶化硅层 1002 的粒子相同于用以结晶化前述非晶硅层 1002 的粒子。可选地,导入至新生成的结晶化硅层 1002 的粒子不同于用以结晶化前述非晶硅层 1002 的粒子。上述处理可以用以结晶化厚的非晶硅层。

[0082] 粒子诱发相转变也可以用以制造高效能多晶硅太阳能电池。晶粒的粒界可以是能有效地捕捉(gettering)杂质(诸如金属污染物)的位置。此外,粒界可以作为电荷载子移动(charge carriers' mobility)的屏障,以抑制载子穿越粒界。因此,在因具有多个晶粒而具有多个粒界的多晶太阳能电池(polycrystalline solar cell)中,若粒界位在电荷载子穿越的路径上,则多晶太阳能电池可能具有相当低的导电率。在多晶太阳能电池中,在上表面产生的电流必须传送到通常位在太阳能电池的下表面的接触区(contact area)。若多晶太阳能电池中的粒界位于电荷载子所穿越的路径上,太阳能电池的效率会变低。因此,较佳为制作具有粒界排列方向平行于电荷载子的路径的多晶太阳能电池。

[0083] 为了制作高效率的多晶太阳能电池,可以准备非晶硅基板。而后,可以结晶化硅层

的上表面,以及在每一固相外延再成长 (SPER) 制程中使晶粒向下成长。可以选择离子能量以最大化传送至基板的功率密度。此对应于介于 40 至 100keV 的能量,其中典型离子束系统可以由离子源中萃取最大量的束线电流以及其中可以缩小束线传输与聚焦中的空间电荷效应。直到整个层结晶之前,此离子束可能引起邻近硅的表面处的结晶化,且接着使 SPER 向下种晶。SPER 可以在束线诱发结晶化步骤中发生而为束线诱发结晶化步骤中的一部分,或者是在进一步退火步骤中发生,退火步骤可以是使用热炉管退火、快速热退火、闪光灯退火、激光退火或其他退火方法中的一种或多种方法。所产生的基板可能有具有垂直延伸的粒界的晶粒。而后,第二种类、能量以及剂量的粒子可以导入至基板中,以非晶化邻近于多晶基板的表面的层。太阳能电池而后可以具有非晶硅层在垂直延伸多晶硅层上的结构。如上述,此太阳能电池有可能将辐射能量较有效率地转换为电能,以及,同时将所转换的电能较有效率地传送。

[0084] 在本揭示案中,所选的用以协助上层的结晶化的粒子束条件可能影响粒界的尺寸与排列。由于磷是良好的捕捉 (getter) 种类,因此磷可以是较优选的种类,其也可以是太阳能电池中可选的掺质。可以藉由选择掺杂的方向来影响晶粒的排列。可以掺杂整个主动层,或可以掺杂表面层以制造出几乎没有空隙的上结晶表面,且基板的其余部分可以藉由 SPER 而重新成长。

[0085] 此处所使用的名词或是词句的意义如同所叙述,且未加以限制或具有特定目的,这些名词或词句的使用,不包含任何与所绘示或描述 (或其中一部分) 的特征相等的解释,但应了解在权利要求书所界定得范围内可能进行些许变动。也可能有其他变动、润饰与选择性。因此,前述仅是用来作为实例而并非用以限定。所申请的可以是此处详述的任何特征。

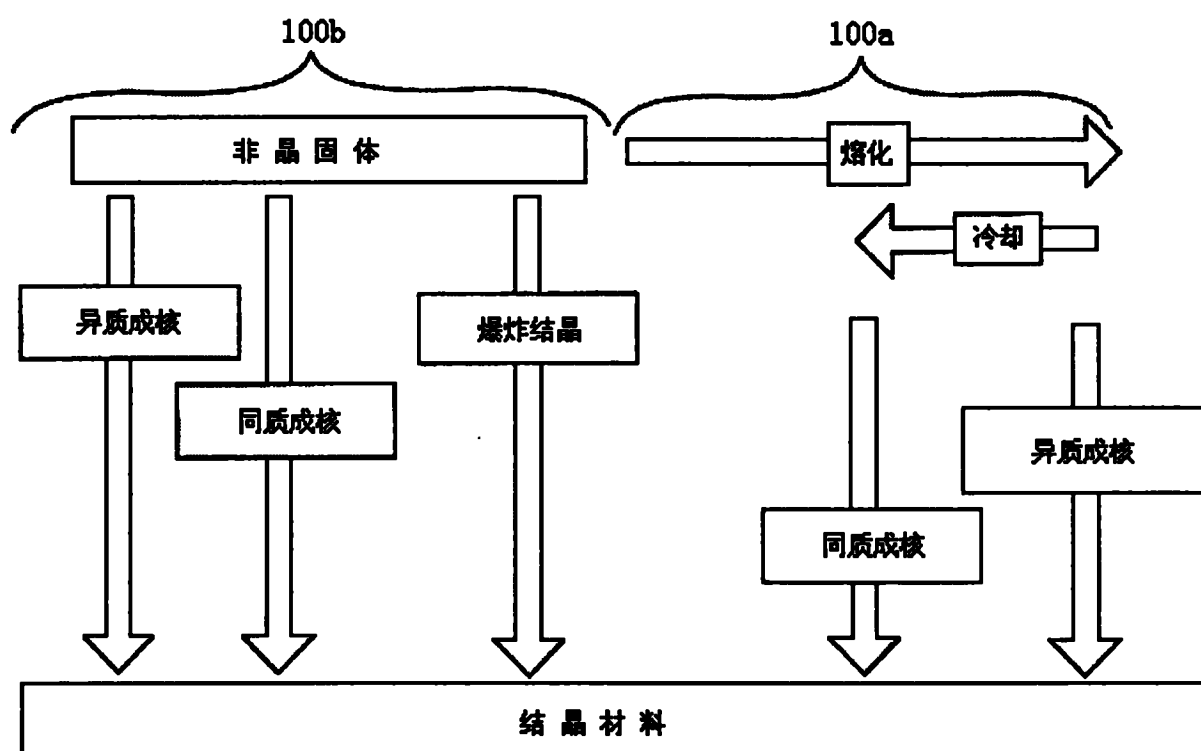


图 1

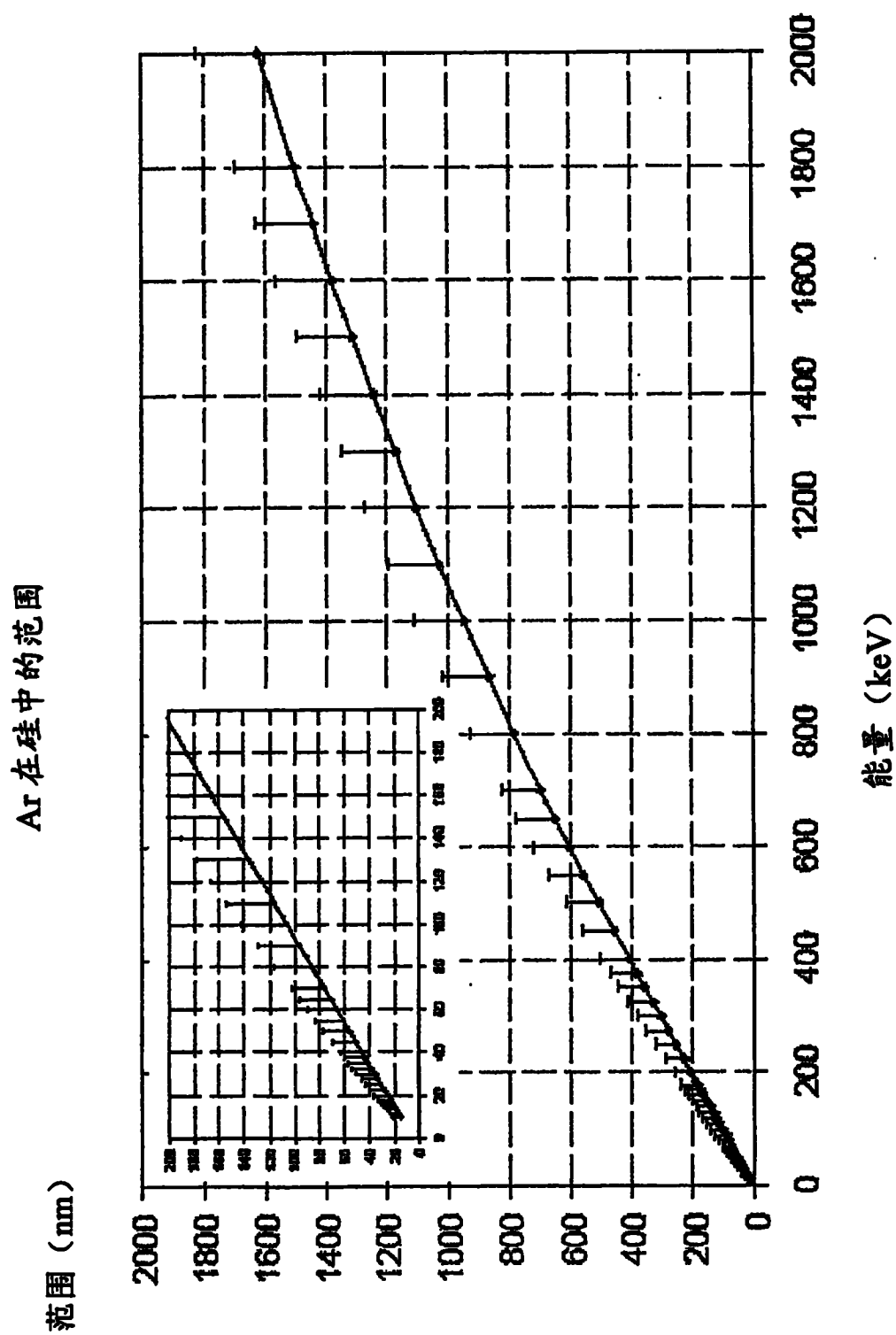


图 2

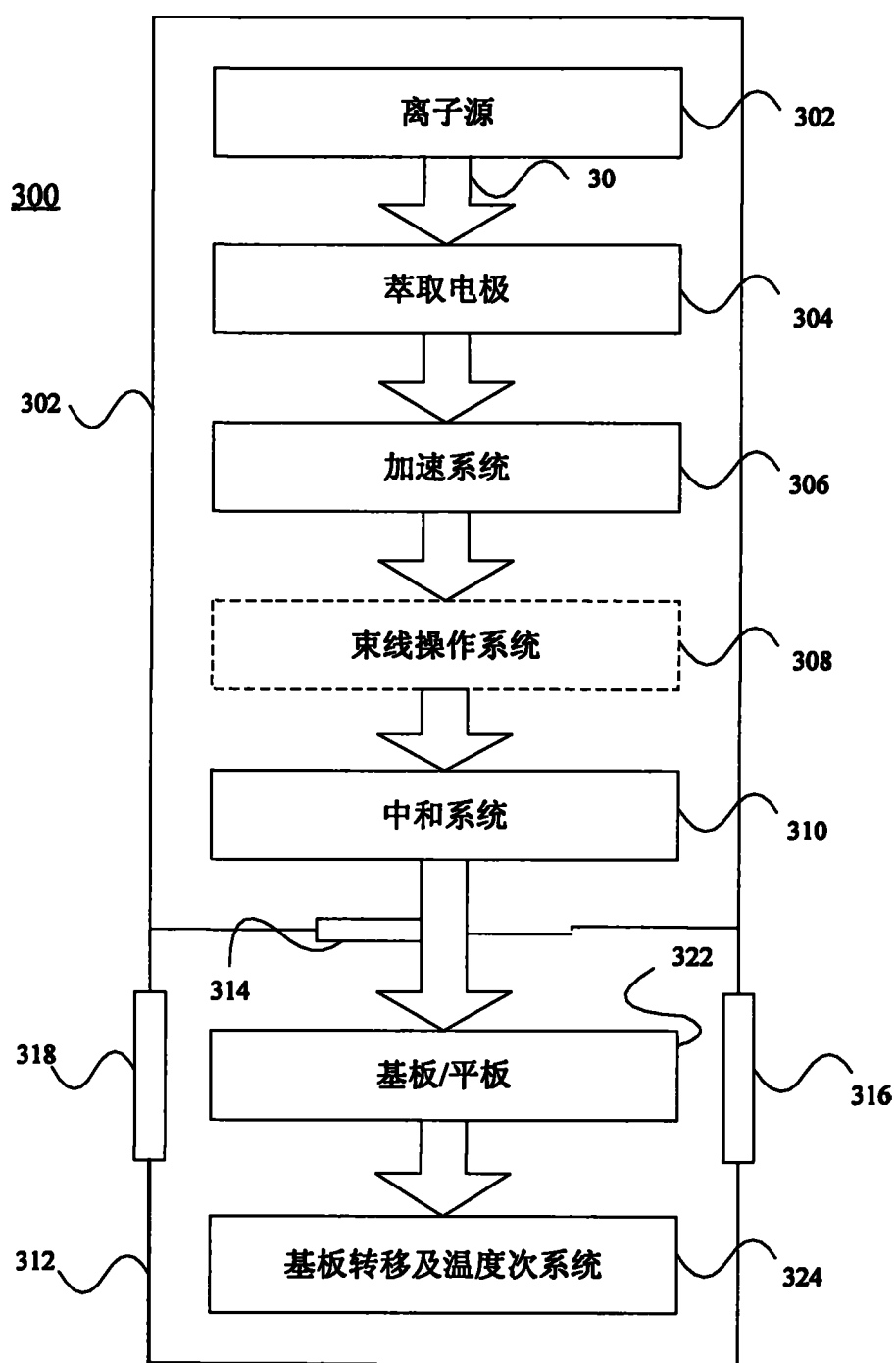


图 3

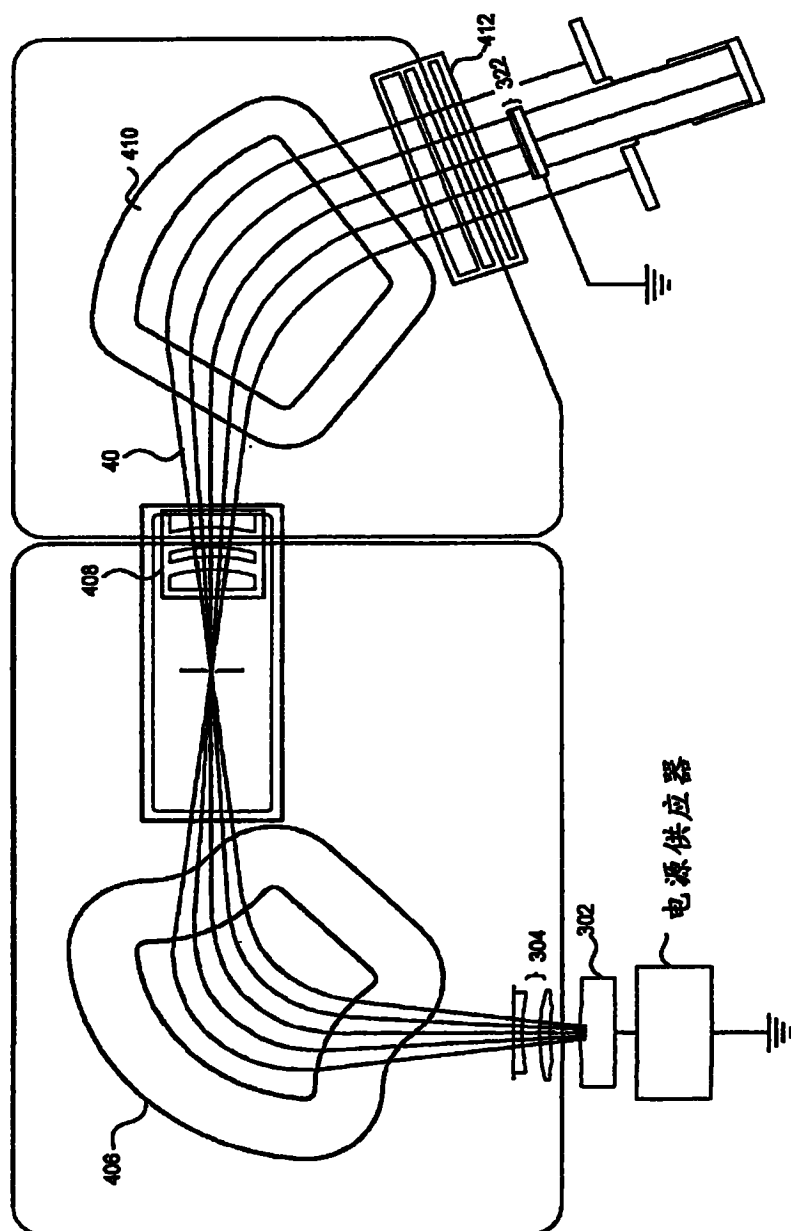


图 4

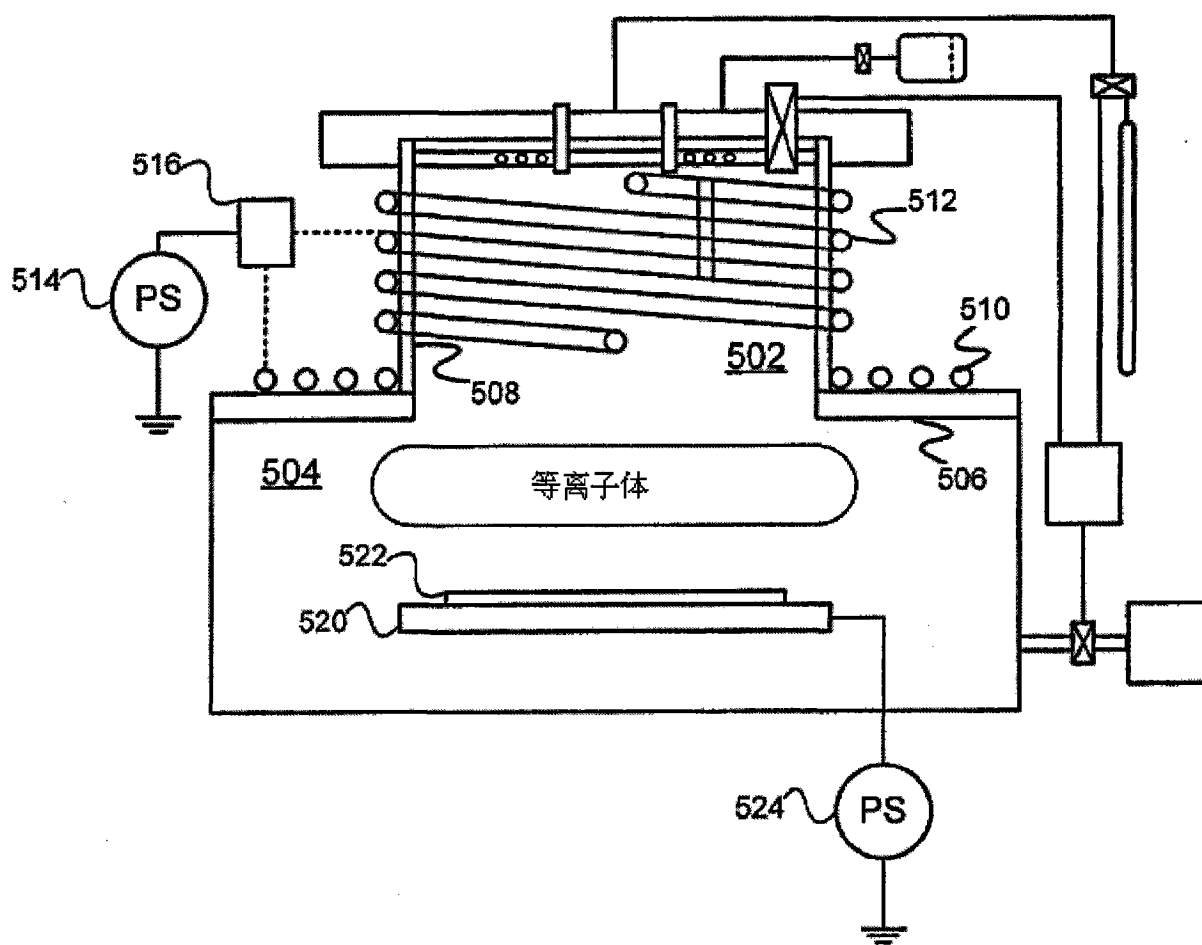


图 5

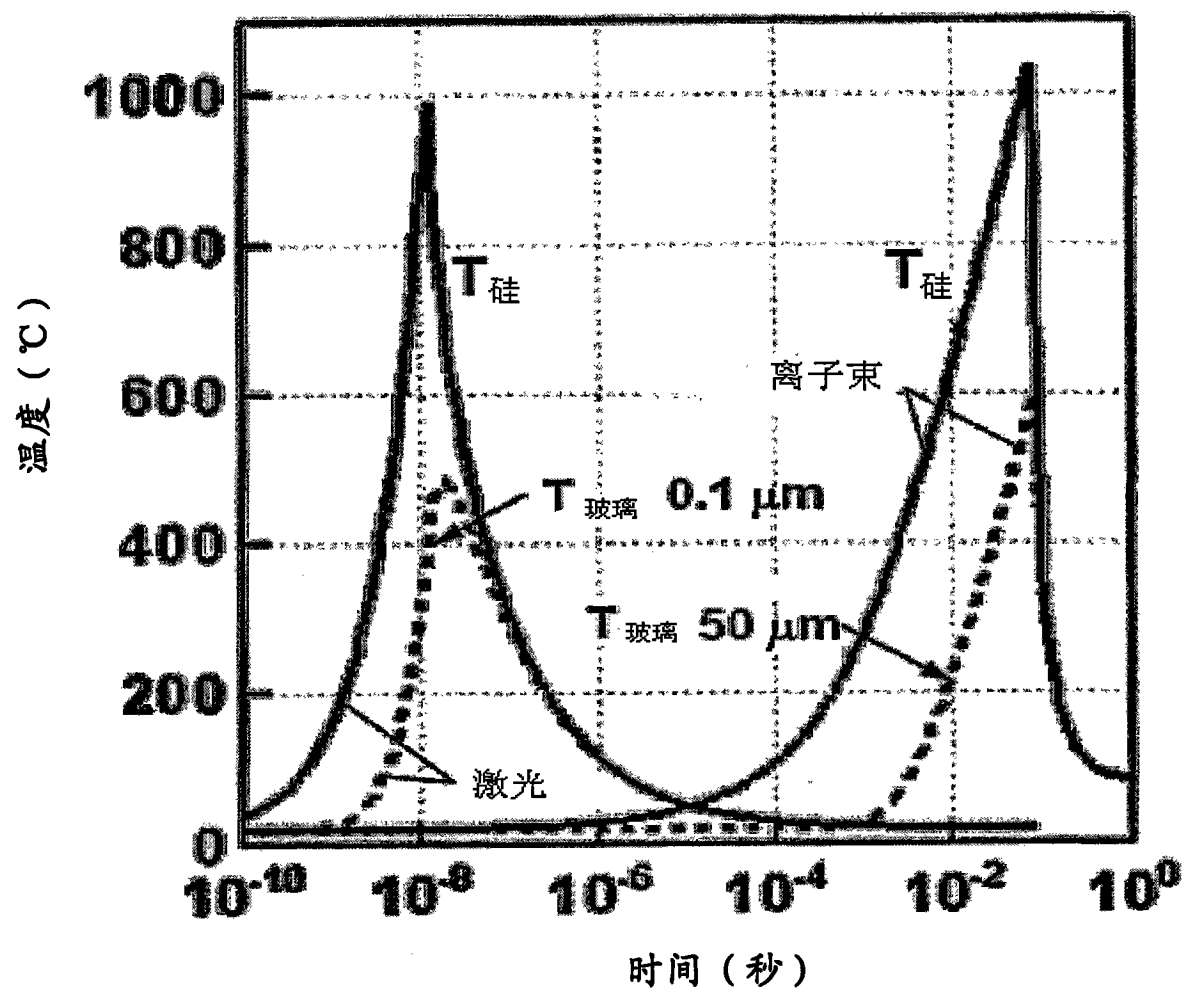


图 6

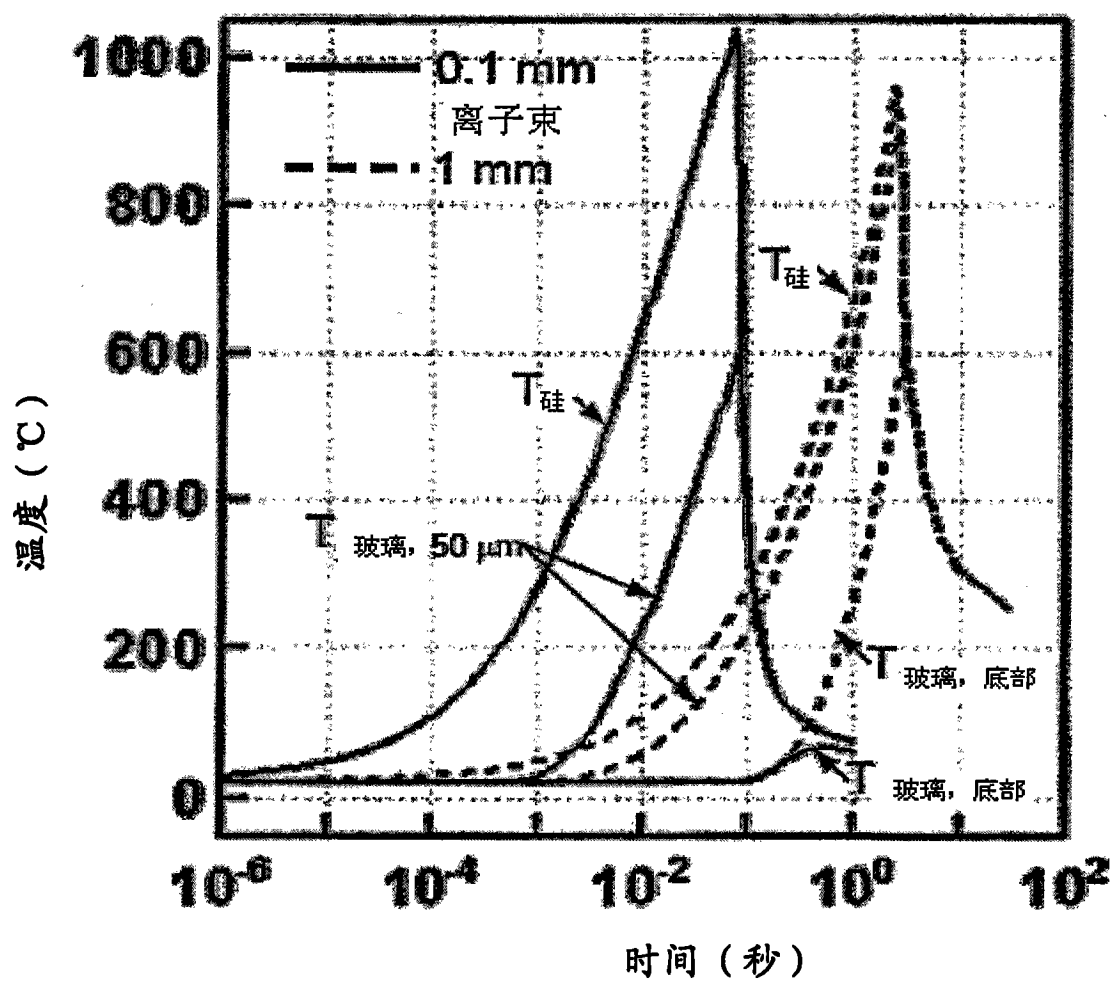


图 7

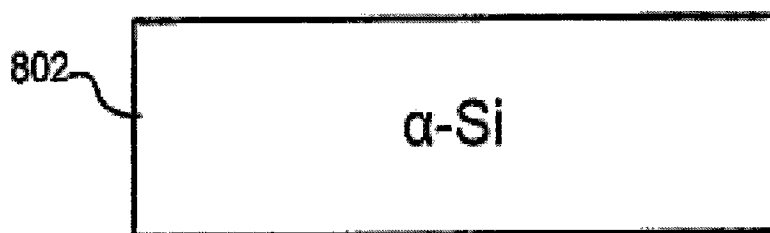


图 8A

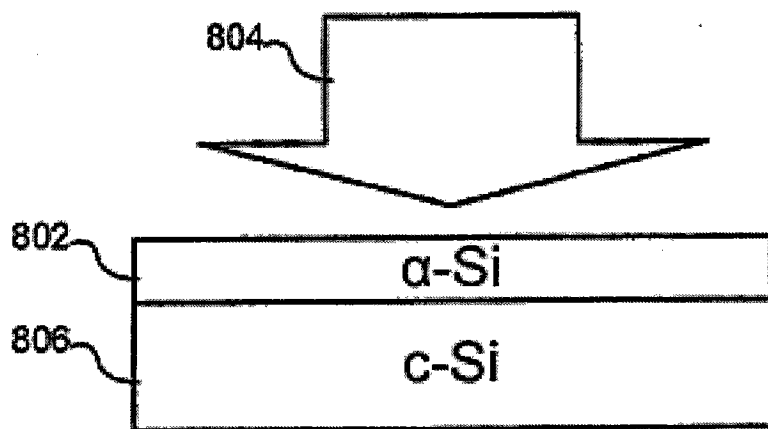


图 8B

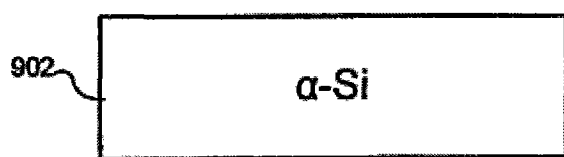


图 9A

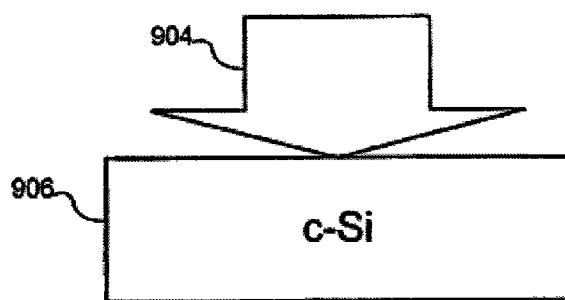


图 9B

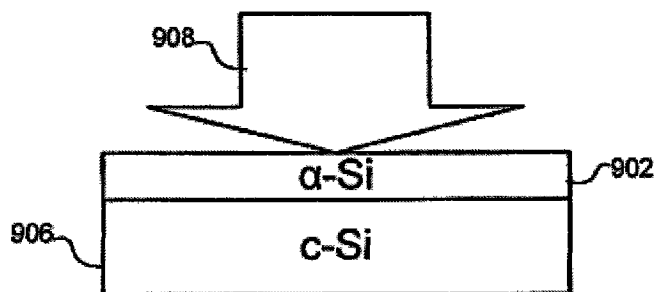


图 9C

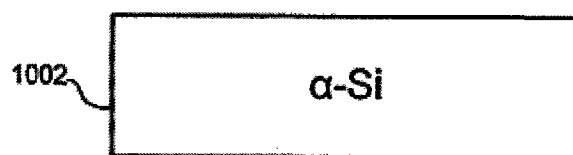


图 10A

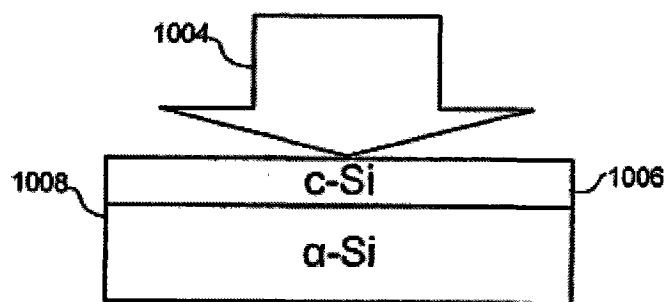


图 10B

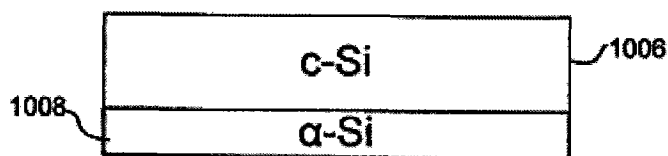


图 10C

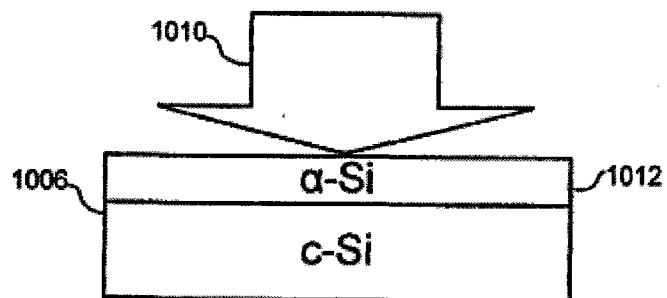


图 10D