

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

H01L 21/00 (2006.01)

C23C 16/48 (2006.01)

C30B 25/10 (2006.01)

C30B 31/12 (2006.01)

[21] 申请号 200810130492.0

[43] 公开日 2009年1月21日

[11] 公开号 CN 101350294A

[22] 申请日 2002.11.5

[21] 申请号 200810130492.0

分案原申请号 02818549.8

[30] 优先权

[32] 2001.11.7 [33] US [31] 10/040,272

[71] 申请人 玛特森技术公司

地址 美国加利福尼亚

[72] 发明人 保罗·贾尼斯·蒂曼斯

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 王永刚

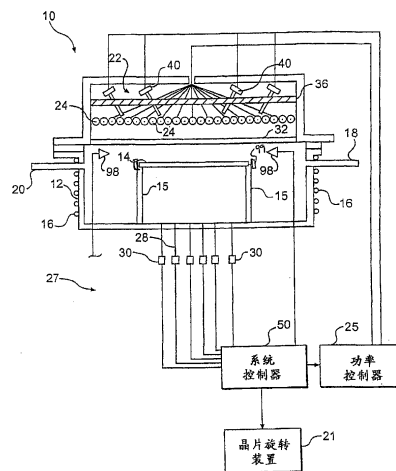
权利要求书4页 说明书15页 附图9页

[54] 发明名称

通过优化电磁能的吸收加热半导体晶片的系统和方法

[57] 摘要

一种用于热处理半导体晶片(14)的设备,该设备包括加热设备(22),加热设备(22)包含向晶片(14)上发射光能的一组线性灯(24)。线性灯(24)可以多种设计被放置。按照本发明,被用于调节光源的总辐照度分布的调节设备(40)被包括在加热设备(22)中。例如,调节设备(40)可以是灯或激光器。



- 1.一种加热半导体衬底的方法，该方法包括以下步骤：
将半导体衬底放置在处理室中；
将激光束导向所述半导体衬底，该激光束被激光二极管直接发射到所述处理室中；
设计所述激光束以至少 10° 的入射角冲击所述衬底；
设计所述激光束冲击所述衬底以使所述激光束在 p 偏振面内或在 p 偏振面附近冲击所述衬底。
- 2.如权利要求 1 的方法，其中所述激光束以从大约 40° 至约 85° 范围内的入射角冲击所述衬底。
- 3.如权利要求 1 的方法，其中，除所述激光束之外，所述半导体衬底还由其它能源加热。
- 4.如权利要求 1 的方法，其中除所述激光束之外，所述半导体衬底还由电阻加热器加热。
- 5.如权利要求 1 的方法，其中所述激光束相对于所述半导体衬底的表面移动，使得所述激光束在所述衬底的表面上扫描。
- 6.如权利要求 1 的方法，其中所述半导体衬底具有不平整表面，该不平整表面包括非光滑特征，其中所述激光束设计为冲击所述半导体衬底以考虑所述非光滑特征，并且以用于产生更均匀的吸收特性的入射角冲击所述衬底。
- 7.如权利要求 1 的方法，其中所述激光束加热所述半导体衬底，所述半导体衬底被加热到足以引起离子注入退火的温度，所述离子注入退火修复衬底中存在的缺陷。
- 8.如权利要求 1 的方法，其中所述半导体衬底包括涂层的图案。
- 9.如权利要求 4 的方法，其中所述非光滑特征包括槽。
- 10.如权利要求 1 的方法，其中所述半导体衬底包括硅。
- 11.一种加热涂有多晶硅或二氧化硅的半导体衬底的方法，该方法包括以下步骤：

将半导体衬底放置在处理室中，该半导体衬底包括涂层，该涂层包括多晶硅或二氧化硅；

用能源加热所述半导体衬底；

除了所述能源之外，还将激光束导向所述半导体衬底；

设计所述激光束以至少 10° 的入射角和至少大约 400nm 的波长冲击所述衬底；和

设计所述激光束冲击所述衬底以使所述激光束在 p 偏振面内或在 p 偏振面附近冲击所述衬底。

12.如权利要求 11 的方法，其中所述激光束以从大约 40° 至约 85° 范围内的入射角冲击所述衬底。

13.如权利要求 11 的方法，其中所述能源包括电阻加热器。

14.如权利要求 11 的方法，其中所述激光束相对于所述半导体衬底的表面移动，使得所述激光束在所述衬底的表面上扫描。

15.如权利要求 11 的方法，其中半导体衬底包括两层涂层，所述两层涂层包括多晶硅表面涂层和二氧化硅底涂层。

16.如权利要求 11 的方法，其中由连续波激光器发射所述激光束。

17.如权利要求 11 的方法，其中所述半导体衬底具有不平整表面，该不平整表面包括非光滑特征，其中所述激光束设计为冲击所述半导体衬底以考虑所述非光滑特征，并且以用于产生更均匀的吸收特性的入射角冲击所述衬底。

18.如权利要求 17 的方法，其中所述非光滑特征包括槽。

19.如权利要求 11 的方法，其中所述激光束加热所述半导体衬底，所述半导体衬底被加热到足以引起离子注入退火的温度，所述离子注入退火修复衬底中存在的缺陷。

20.如权利要求 11 的方法，其中包括多晶硅或二氧化硅的所述涂层按图案存在于所述半导体衬底上。

21.如权利要求 11 的方法，其中所述半导体衬底包括硅。

22.一种加热具有表面不平整性的半导体衬底的方法，该方法包括以下步骤：

将半导体衬底放置在处理室中，所述半导体衬底具有不平整表面，所述不平整表面具有非光滑特征；

基于所述不平整表面，确定光束的最佳入射角，所述最佳入射角使得由所述半导体衬底对所述光束的均匀吸收最优化；

将激光束导向所述半导体衬底，以便以所述最佳入射角冲击所述衬底，所述最佳入射角为至少 10° ，并且所述激光束冲击所述衬底以使所述激光束在 p 偏振面内或在 p 偏振面附近。

23.如权利要求 22 的方法，其中所述激光束以从大约 40° 至约 85° 范围内的入射角冲击所述衬底。

24.如权利要求 22 的方法，其中，除所述激光束之外，所述半导体衬底还由其它能源加热。

25.如权利要求 22 的方法，其中除所述激光束之外，所述半导体衬底还由电阻加热器加热。

26.如权利要求 22 的方法，其中所述激光束相对于所述半导体衬底的表面移动，使得所述激光束在所述衬底的表面上扫描。

27.如权利要求 22 的方法，其中所述激光束的波长大于大约 0.8 微米。

28.如权利要求 22 的方法，其中由连续波激光器发射所述激光束。

29.如权利要求 22 的方法，其中由激光二极管发射所述激光束。

30.如权利要求 22 的方法，其中所述非光滑特征包括槽。

31.如权利要求 22 的方法，其中所述激光束加热所述半导体衬底，所述半导体衬底被加热到足以引起离子注入退火的温度，所述离子注入退火修复衬底中存在的缺陷。

32.如权利要求 22 的方法，其中所述半导体衬底包括涂层的图案。

33.如权利要求 22 的方法，其中所述半导体衬底包括硅。

34.一种加热半导体衬底的方法，该方法包括以下步骤：

将半导体衬底放置在处理室中，所述半导体衬底被涂敷材料以在所述衬底表面上形成图案；

基于所述半导体衬底上存在的涂层的图案，确定光束的最佳入射

角，所述最佳入射角使得由所述半导体衬底对所述光束的均匀吸收最优化；

将激光束导向所述半导体衬底，所述激光束以所确定的最佳入射角接触所述半导体衬底，所述激光束以至少 10° 的入射角冲击所述衬底；所述激光束冲击所述衬底以使所述激光束在 p 偏振面内或在 p 偏振面附近冲击所述衬底。

35.如权利要求 34 的方法，其中所述半导体衬底由除所述激光束之外的其它能源加热。

36.如权利要求 35 的方法，其中所述其它能源包括被加热的基座。

37.如权利要求 34 的方法，其中所述激光束以从大约 40° 至约 85° 范围内的入射角冲击所述衬底。

38.如权利要求 34 的方法，其中所述激光束相对于所述半导体衬底的表面移动，使得所述激光束在所述衬底的表面上扫描。

39.如权利要求 34 的方法，其中由连续波激光器发射所述激光束。

40.如权利要求 34 的方法，其中由激光二极管发射所述激光束。

41.如权利要求 35 的方法，其中所述激光束相对于所述半导体衬底的表面移动，使得所述激光束在所述衬底的表面上扫描。

42.如权利要求 34 的方法，其中所述半导体衬底具有不平整表面，该不平整表面包括非光滑特征，其中所述激光束设计为冲击所述半导体衬底以考虑所述非光滑特征，并且以用于产生更均匀的吸收特性的入射角冲击所述衬底。

43.如权利要求 42 的方法，其中所述非光滑特征包括槽。

44.如权利要求 34 的方法，其中所述激光束加热所述半导体衬底，所述半导体衬底被加热到足以引起离子注入退火的温度，所述离子注入退火修复衬底中存在的缺陷。

45.如权利要求 35 的方法，其中所述其它能源包括电阻加热器。

46.如权利要求 34 的方法，其中所述半导体衬底包括硅。

通过优化电磁能的吸收加热半导体晶片的系统和方法

本申请是申请号为 02818549.8、申请日为 2002 年 11 月 5 日、发明名称为“通过优化电磁能的吸收加热半导体晶片的系统和方法”的专利申请的分案申请。

相关申请

本申请书是 2000 年 12 月 21 日提交的序号为 09/747,522 的美国在先申请的部分延续。

技术领域

本发明通常涉及一种均匀和有效地加热半导体晶片的设备和方法。如本发明被处理的晶片被至少部分地通过光能加热。本发明涉及优化入射角、偏振面和加热辐射的波长，以增加晶片的吸收率并减少晶片表面的光学性质的偏差作用。

更具体地说，本发明涉及在热处理室中放置灯以加热物体，例如半导体晶片。灯被设计以使由灯发射的光能以优化晶片吸收的入射角接触晶片。替代地，或者除了优化入射角之外，由灯发射的光能也可以被设计以使光能在也优化吸收的偏振面内接触晶片。最后，本发明也涉及使用多个波长的光接触晶片以使至少某些波长被晶片有效地吸收。

背景技术

本文所用的热处理室指一种加热例如半导体晶片之类的物体的设备。该设备通常包括用以保持半导体晶片的衬底座和例如多个灯之类的发射用以加热晶片的热能的能源。在热处理过程中，半导体晶片被在受控条件下按照预置温度状况加热。为了监测热处理过程中半导

体晶片的温度，热处理室通常也包括温度传感器，例如高温计，该温度传感器检测选定波段的由半导体晶片所发出的辐射。通过检测由晶片所发出的热辐射，可以在合理精度的情况下计算晶片的温度。

在另一实施方式中，取代或除了使用辐射传感器，热处理室也可以包括用以监测晶片温度的热电偶。热电偶通过直接接触测量物体的温度。

许多半导体加热方法要求晶片被加热至高温，因此当晶片被制成器件时可以发生多种化学和物理反应。在作为一种处理类型的快速热处理过程中，半导体晶片在通常小于几分钟的时间内通常被一个光阵列加热至例如约 400°C 至约 1,200°C 范围内的温度。在这些方法中，一个主要目标是尽可能均匀地加热晶片。

但是，在过去已经在能够在整个晶片保持恒温和在能够控制晶片被加热的速度方面遇到问题。如果晶片被不均匀地加热，可能在晶片产生各种有害的应力。不能均匀地加热晶片也限制在晶片上均匀沉积薄膜、均匀地退火晶片上的薄膜的能力，并且限制在晶片上执行各种其它化学和物理方法的能力。

过去经历的一些问题与半导体晶片经常涂有影响表面的反射率和吸收率的材料薄膜的事实有关。举例说来，在不同晶片之间可能有偏差，并且由于在半导体器件制造程序过程中被产生在晶片上的图案，在单个晶片内也可能存在偏差。当通过电磁辐射照射晶片时，这些光学性质的偏差导致晶片吸收能量的能力的偏差和由此导致的所达到温度的偏差。这可以降低热处理的重复性，并且也可以降低沿任何给定晶片的均匀性。例如，具有涂有不同材料的不同区域的晶片将在这些区域中具有不同的能量吸收特性。

因此，目前存在一种能够更有效地加热半导体晶片并能够均匀地加热半导体晶片的改进的热处理室和方法的需要。

发明内容

本发明通常涉及多种加热半导体晶片的方法。具体说来，本发明

涉及设计发射光能至晶片上的光源以优化晶片的能量吸收。通过改变光能接触晶片的入射角、利用多个波长的光、和设计光能使其以特定偏振状态接触晶片，实施本发明。

举例说来，在本发明的一种实施方式中，该方法包括在处理室中放置半导体晶片的步骤。光能被导向晶片以加热晶片。光能以大于 0° 的入射角接触晶片。具体说来，入射角大于 10° ，而更具体地说是从大约 40° 至约 85° 。

该方法还包括在光能接触半导体晶片之前偏振光能的步骤。具体说来，光能被偏振以使光能以被偏振状态接触半导体晶片。可以使用任何适当的偏振设备偏振光。例如在一种实施方式中，可以使用产生第一 p 偏振光能束和第二 p 偏振光能束的一种光束分离设备。然后第一和第二 p 偏振光能束被导向半导体晶片。在本发明的另一替代实施方式中，光能被利用一种线栅偏振设备偏振。

如本发明所使用的光能可以从激光器或从非相干光源发射。当使用非相干光源，例如弧光灯或钨卤灯时，光可以在被偏振之前被校准。

在本发明的另一实施方式中，该方法包括在处理室中放置半导体晶片和将激光束从至少第一激光器与第二激光器导向半导体晶片的步骤。第一激光器发射第一波长范围的光，而第二激光器发射第二波长范围的光。为了更均匀和有效地加热晶片，第一波长范围不同于第二波长范围。

除了使用不同波长范围的激光束之外，激光束可以不同的入射角接触晶片。具体说来，各光束应该以大于 10° 的入射角，特别是以从约 40° 至约 85° 的入射角接触半导体晶片。当使用激光束加热半导体晶片时，激光束可以被设计为以特定状态，例如 p 偏振状态冲击晶片。

在本发明的一种具体实施方式中，该实施方式尤其非常适合于实施离子注入退火方法，本发明的方法包括在热处理室中放置半导体晶片。然后脉冲激光束被导向半导体晶片。该脉冲激光束被设计以至少 10° 的入射角和例如 p 偏振状态的特定状态冲击晶片。

如本发明设计的光能源可以单独被用于加热晶片或者可以连同

其它能源被使用。举例说来,本发明的光能源可以连同其它光能源和/或连同基座板(susceptor plate)被使用。

下文更详细的说明本发明的其它特征和方面。

附图说明

在本说明书的其余部分,向本领域的技术人员参照附图更详细地说明本发明的全面和可实现的公开内容,包括它的最佳实施方式,其中:

图 1 是可以如本发明被使用的热处理室的一种实施方式的剖视图。

图 2 的平面视图表示如本发明的被定位在半导体晶片之上并与晶片具有大于 0° 的入射角的多个灯。

图 3 的指示图说明本申请书中所用的几个术语。

图 4 的图表表示具有二氧化硅底涂层和多晶硅表面涂层的半导体晶片的光谱吸收率。表示 45° 的入射角的 p 偏振辐射、s 偏振辐射和未偏振辐射的曲线。

图 5 的图表表示与图 4 相同结构的光谱吸收率。但是,在本图中,曲线是表示不同入射角的 p 偏振辐射。

图 6 的侧视图表示以大于 0° 的入射角发射激光束至半导体晶片上的激光器。

图 7(a)的侧视图表示以不同入射角发射激光束至半导体晶片上的两个不同激光器。

图 7(b)的侧视图表示被分为以两不同入射角接触半导体晶片的两个不同光束的激光束。

图 8 的侧视图表示非相干光源,其中有该光源发出的光被校准并且随后被偏振以大于 0° 的入射角接触晶片。

图 9 是图 8 所示的方法的替代实施方式,其中偏振设备将光分为两个不同 p 偏振辐射光束。

在本说明书和附图中重复使用标号是意图代表本发明的相同或

类似特征或元件。

具体实施方式

本领域的技术人员将理解本论述仅是实施例的说明，而不是意图限制本发明的更广泛的方面，该更广泛的方面在实施例中具体化。

作为集成电路制造方法的一部分，热处理设备使用例如强光之类的热能加热半导体晶片。暴露至光能导致半导体晶片的温度快速上升并允许处理时间相对短。在快速热处理系统中，重要的是以非常均匀和可控的方式利用非常高强度的光辐射晶片。如上所述，使用目前设备的困难在于很难达到对于辐射光的强度和均匀加热晶片的能力的要求。

举例说来，半导体晶片经常涂有影响表面的反射率和吸收率的材料。这些包含在晶片上的涂层可以导致加热晶片的低效率并且也可以导致晶片内的温度偏差。例如，具有涂有不同材料的区域的晶片将在这些区域中具有不同的能量吸收特性。

参照图 3，所示简图说明本申请书所用的一些定义和术语。如图所示，入射角 θ 为晶片表面法线与加热辐射的传播方向之间的角。入射面是包含晶片表面的法线和晶片表面上的能量入射线的平面。p 偏振面是入射辐射的电场矢量位于入射面中的偏振状态。该状态也称为横向磁(TM)偏振。与 p 偏振状态呈直角的偏振，其中电场矢量垂直于入射面，被称为 s 偏振状态或横向电(TE)偏振状态。

可以如本发明被使用的灯可以根据具体应用改变。例如，在一种实施方式中，可以使用激光器。激光器发射非常窄波长范围内的光。除了激光器，也可以在本发明的系统中使用多种非相干光源。与激光器相反，非相干光源发射宽波长范围内的光。本发明可以使用的非相干光源包括弧光灯、钨卤灯等。

如本发明设计的灯可以单独被用于加热晶片或者可以连同其它热能源被使用。举例说来，本发明的灯可以连同通过电阻加热晶片的基座或热板被使用。在另一实施方式中，如本发明所设计的灯可以连

同其它未被特殊设计的灯被使用。

参照图 1, 表示通常如本发明所制成的系统 10 的一种实施方式。在本实施方式中, 系统包括多个如本发明所设计的灯 40 和如传统技术那样被放置在半导体晶片 14 上方的多个其它灯 24。

如图所示, 系统 10 包括用于接收例如晶片 14 之类的衬底的处理室 12 以执行各种方法。晶片 14 可以由半导体材料, 例如硅制成。如图所示, 晶片 14 被定位于由例如石英之类的热绝缘材料制成的衬底座 15 之上。处理室 12 被设计为以非常快的速度并且在被仔细控制条件下加热晶片 14。处理室 12 可以由多种材料制成, 包括金属和陶瓷。例如, 处理室 12 可以由不锈钢制成或可以是由例如石英制成的冷壁室。

当处理室 12 由导热材料制成时, 优选地该室包括冷却系统。例如, 如图 1 所示, 处理室 12 包括被环绕室周边的冷却管 16。冷却管 16 被用于循环例如水之类的冷却液, 这被用于以恒温保持室 12 的壁。

处理室 12 也可以包括进气口 18 和出气口 20 以将气体引入室中和/或保持处理室在预定气压范围内。例如, 气体可以通过进气口 18 被导入处理室 12 以与晶片 14 反应。一旦被处理, 就可以利用出气口 20 将气体从处理室中排出。

此外, 可以通过进气口 18 将惰性气体供给处理室 12 以防止在室中发生任何有害或不需要的副反应。在另一实施方式中, 进气口 18 和出气口 20 可以被用于增压处理室 12。需要时也可以利用出气口 20 或位于晶片水平之下的附加更大的出口, 在处理室 12 中产生真空。

在处理过程中, 在一种实施方式中, 衬底座 15 可以利用晶片旋转装置 21 被用于旋转晶片 14。旋转晶片促进沿晶片表面的更大的温度均匀性并促进晶片 14 与被导入处理室的任何气体之间的增强接触。但是, 应该理解除了晶片处理室 12 也被用于处理光学部件、薄膜、纤维、带和具有任何特定形状的任何衬底。

通常包括与处理室 12 联系的热源或加热设备 22 用以在处理过程中加热晶片 14。加热设备 22 包括多个线性灯 24, 例如钨卤灯。这里

所用的“线性灯”指被设计为通过灯的最长尺寸发射它的大部分能量的灯。例如，在大部分实施方式中，线性灯通过灯的侧面发射它的大部分能量。如图 1 所示，灯 24 被水平排列在晶片 14 上。但是，应该理解灯 24 可以被放置在任何特定位置，例如仅低于晶片或在晶片之上和之下。此外，如果需要可以在系统 10 中包括附加灯。

除线性灯之外，本发明的系统也可以使用垂直定向灯。这些灯被定位以使灯的端部面对晶片。

如图所示，灯 24 被装备有可以被用于增加或降低由任何灯所发射的光能的分级功率控制器 25。

为了辅助将由灯 24 所发射的光能导向晶片 14，灯可以被与反射器或一组反射器联合。例如，如图 1 所示，加热设备 22 包括被定位在线性灯 24 之上的反射板 36。反射板 36 可以由任何适合反射光能的材料制成并且可以具有任何能辅助将光能导向晶片 14 的适当形状。

除了灯 24，如图 1 所示，系统包括如本发明的光源或灯 40。如图所示，灯 40 被相对于晶片 14 以一角度定位以优化晶片的光能吸收。如将在下文更详细说明的那样，除了调整入射角之外，由灯 40 所发射的辐射也可以被设计为在或接近 p 偏振面内冲击晶片。

如图 1 所示，如本发明所设计的灯 40 可以连同灯 28 被使用。另外，如图 2 所示，晶片 14 可以单独通过灯 40 被加热。特别是，如图 2 所示，灯 40 被以所需角度定位在晶片 14 周围。

在本发明的另一实施方式中，灯 40 可以被连同被放置在晶片附近的基座使用。基座可以包括用以加热晶片的电阻加热器。

参照图 1，为了监测加热过程中晶片 14 的温度，在本实施方式中，热处理室 12 通常包括多个辐射传感器 27。辐射传感器 27 包括多个依次与多个相应光检测器 30 联系的光学纤维或光管 28。光学纤维 28 被设计为以特定波长接收由晶片 14 所发射的热能。然后被检测辐射的数量被传送至光检测器 30，光检测器 30 产生可用电压信号，以确定可以部分根据 Planck 定律计算的晶片的温度。在一种实施方式中，每个与光检测器 30 结合的光学纤维 28 包含高温计。在另一实施方式中，

光学纤维 28 被发送至单路但多路辐射传感器。

通常地，热处理室 12 可以包含一个或多个辐射传感器。在优选实施方式中，如图 1 所示，热处理室 12 包含在不同位置测量晶片的温度的多个辐射传感器。知道晶片不同位置的温度那么可以被用于控制被应用于晶片的热量，如将在下文更详细说明的那样。被应用于晶片的不同区域的热量也可以被以一种开环方式控制。在本设计中不同加热区域之间的比率可以在人工优化之后被预先确定。

系统 10 还包括将灯 24 从热处理室分离的窗 32。窗 32 起到分离灯 24 与晶片 14 的作用并防止热处理室的污染。如图 1 所示的窗 32 可以是定位在室 12 与热源 22 之间的窗。

除了使用辐射传感器之外，在本发明的系统中也可以使用其它温度传感器。例如，一个或更多的热电偶可以被结合入系统中以在单个位置或在多个位置监测晶片的温度。热电偶可以被放置直接与晶片接触或可以被放置靠近晶片，从该热电偶可以推断温度。

系统 10 还包括可以是例如微处理器的系统控制器 50。控制器 50 接收来自光检测器 30 的代表在多个位置抽样的辐射量的电压信号。基于所接受的信号，控制器 50 被设计为计算晶片 14 的不同位置的温度。

如图 1 所示的系统控制器 50 也可以与灯功率控制器 25 联系。在这种设置中，控制器 50 可以确定晶片 14 的温度，并基于此信息控制由灯 24 和/或灯 40 所发射的热能的数量。在这种方式中，可以根据反应器 12 中的条件做出瞬时调节以在仔细控制的极限内处理晶片 14。

在一种实施方式中，控制器 50 也可以被用于自动控制系统内的其它元件。例如，控制器 50 可以被用于控制气体通过进气口 18 进入处理室 12 的流速。如图所示，控制器 50 还可以被用于控制晶片在处理室中被旋转的速度。

如上所述，本发明通常涉及设计热处理室中的多种光源以优化由被加热晶片的光能吸收。本发明的意图是最小化在过去当处理具有不同性质和/或被涂有不同材料的晶片时所经历的问题。通常，本发明涉及改变光源的入射角以最大化吸收，将由光源所发射的光设计为处于

p 偏振状态或实质上处于 p 偏振状态以优化吸收和/或使用几个不同波长以保证至少一些光能被晶片有效地吸收。

图 4 和 5 意图说明本发明所涉及的一些有关概念。图 4 表示涂有两层涂层的半导体晶片的光谱吸收率。该两层涂层包括二氧化硅底涂层和多晶硅表面涂层。具体说来，二氧化硅底涂层为 0.5 微米厚，而多晶硅表面涂层为 0.2 微米厚。图 4 所示的图表表示吸收如何随波长而改变。此外，该图表包括表示三种情况下以 45° 的入射角接触晶片的光能的吸收率的三条曲线，这三种情况是光能处于(1)p 偏振状态、(2)s 偏振状态和(3)未偏振状态。如图所示，未偏振状态成为 s 偏振和 p 偏振状态的平均。

如图 4 所示，通过使晶片与 p 偏振状态的光能接触光谱吸收率的偏差量被减小。此外，在任何给定波长下 p 偏振光的吸收率较大，这表明更好和更有效的功率耦合(power coupling)。

图 5 表示被用于产生图 4 所示结果的相同结构的光谱吸收率。但是，在图 5 所示的图表中，所用的曲线代表 p 偏振状态的光能。在本图表中，入射角在法线 (0°)、 45° 和 60° 之间变动。

如图所示，随着入射角从 0° 上升至 60° ，光谱吸收率的偏差被减小。此外，根据入射角不同可以在不同波长处看到增加的吸收率。

按照本发明，图 4 和 5 表示如果 (1) 使用多个波长光、(2) 光被设计为 p 偏振状态和 (3) 入射角被增加至大于 0° ，可以被实现的各种收益。此外，图 5 也表示以多于一个的入射角安装灯以进一步优化吸收的潜在收益。

参照图 6 至 9，现在将详细讨论本发明的多种应用。具体说来，图 6 和 7 涉及加热半导体晶片的激光器的使用，而图 8 和 9 涉及应用本发明的概念至非相干光源。

参照图 6，表示激光器 40 以入射角 θ 发射激光束 60 至晶片 14 上。通常，激光器发射较窄波长范围内的光。激光器可以是提供高强度光的非常有效的加热设备。但是，由于激光辐射的高单色性质，晶片仅有有效的非常小的功率吸收光谱平均值，这使得激光器加热对

半导体晶片单个加热循环过程和不同晶片的处理过程中的吸收功率波动特别敏感。

如图 6 所示, 通过改变激光束 60 的入射角可以最小化吸收波动。如上所述, 大部分表面的反射率是入射角的函数。因此, 改变激光接触晶片的入射角可以增加吸收。

对大部分应用而言, 当处理半导体晶片时, 当入射角大于 10° , 例如从大约 40° 至约 85° 并且更具体地说从大约 60° 至约 85° 时, 发生吸收优化。特别是, 接近临界角, 即 Brewster 角时硅的反射率非常低。对硅而言, Brewster 角为大约 75° 。

当使用激光器时的具体优点是不仅辐射高度定向, 而且许多类型的激光自然地是平面偏振的。因此, 当调整入射角时, 激光束也可以被放置在相对于晶片表面的 p 偏振面内。如以上图 4 和 5 所示, 当将光放置在 p 偏振状态时可以发生优化的至晶片的光耦合。

但是, 应该理解除了将光放置在 p 偏振状态之外, 在其它实施方式中, 可以优选将光放置在其它设计中。例如, 在另一实施方式中, 光可以被放置在不是 p 偏振状态, 而是接近 p 偏振状态。在另一实施方式中, 椭圆偏振光可以被导向晶片。椭圆偏振光指在空间任何一点的电场矢量在垂直于传播方向的平面内描绘一椭圆的电磁波的偏振。

用于任何应用的特定光设计将根据多种因素而定。例如, 被加热的表面的形貌可以在确定应该如何设计接触晶片的光中起作用。举例说来, 表面的槽、角和其它非光滑特征, 可以影响晶片的吸收特性。在一种实施方式中, 当处理具有三维表面的衬底时, 可以限定最好地考虑了表面不平整性的平坦表面。一旦限定平坦表面, 就可以选择平面度、入射角、和接触该表面的光波长。

可以使用多种方法以定向激光器, 用来保证激光束 60 在 p 偏振面内或在某些其它合乎需要的设计中冲击晶片 14。例如, 为了将激光束调整为 p 偏振状态, 激光器可以被旋转或者激光束可以利用镜和/或光学装置被操作。例如, 在一种实施方式中, 半波片可以被用于将激光束放置入被限定平面, 例如 p 偏振面。

替代或除了调整入射角和将激光束放置在 p 偏振状态之外，可以在热处理室中使用几种不同类型的各自发射不同波长的光的激光器。例如，如图 7(a)所示，第一激光器 40 和第二激光器 140 可以发射不同波长的光至晶片 14 上。

因此，当特定衬底在一激光器操作的波长下为高反射性时，以不同波长操作的第二激光器可以被用于加热晶片。由不同激光器产生的辐射在接触晶片之前可以被光结合 (optically combined)。此外，来自不同激光器的几个光束可以照射晶片的选定区域。在另一实施方式中，几个光束在晶片被旋转时可以照射相同晶片半径。激光器可以被安装以照射晶片的前部和/或后部。并且，在一种实施方式中，晶片的前部可以特定波长或波长范围被加热，而晶片的后部可以由不同波长或波长范围的光加热。

在本发明的一种实施方式中，可以使用可调整激光器以加热晶片。例如，可以使用具有可调整波长设定的激光器用于在特定加热周期中或从加热周期至加热周期中调整波长。除了调整波长，本发明中所用的激光器也可以是可移动的以在处理过程中调整入射角。在这种方法中，随着被加热晶片的表面特性和性质改变可以在光源和晶片之间发生优化功率耦合。

除了使用以不同波长操作的激光器之外，如图 7(a)所示，各激光器 40 和 140 的入射角可以不同以保证至少一个激光器将在加热过程中具有高度吸收。

可以利用图 7(a)所示的多个激光器产生多个入射角，或者可以利用图 7(b)所示的单个激光器实施。如图 7(b)所示，激光器 40 发射通过光束分离设备 70 被分成两光束 62 和 64 的激光束 60。在这种实施方式中，发射镜 72 然后被用于将激光束 64 以不同于激光束 62 的入射角的入射角导向晶片 14 上。但是，除了反射镜 72 之外，应该理解可以利用例如光学纤维、透镜、光管等将激光束导向晶片。

通常，在本发明中可以使用任何适当类型的激光器，包括连续波激光器和脉冲激光器。在一种实施方式中，使用激光二极管。激光二

极管有效地将电转换为激光辐射并以高额定功率可用。例如，目前可以在市场上买到传送大于 10 瓦特的连续功率的高功率设备，它具有 400nm 和 4000nm 之间的发射波长。上述激光器可以结合重整被发射光束并将它导向晶片的光束传送光学器件。例如，激光器可以与光学纤维耦合以将光导向晶片的特定位置上。

在本发明的一种具体实施方式中，已经发现脉冲激光器的使用可以提供多种优点。脉冲激光器间歇地产生大量能量。这种激光器可以特别适合于退火方法中，尤其是离子注入损伤退火方法。认为脉冲激光器可提供受控损伤退火以产生具有高质量的薄膜。

如上所述，激光器发射高方向性光。为了使用激光器加热半导体晶片的整个表面，可以使用多种技术。例如，在一种实施方式中，多个激光器可以被定位在热处理室内以接触晶片的不同区域。如果需要，由激光器所发射的激光束也可以利用光学器件整形，只要整形激光束不妨碍这里所述的优化技术。此外，激光束可以扫描晶片的整个表面或选定区域。

除了设计激光束，本发明也适用于由例如钨卤灯或弧光灯之类的非相干光源发射的光束。该光源可以发射连续光或脉冲光。非相干光源通常发射比激光器更宽的光谱范围的光能。因此，当使用非相干光源时由于更大的波长范围和通常更大的入射角范围，发生较小的功率耦合偏差。然而，本发明可以被用于进一步改进非相干光源与被加热晶片之间的功率耦合。

例如，在一种实施方式中，如本发明由非相干光源所发射的光可以被校准、偏振和设计为以大于 0° 、特别是大于 10° 的入射角冲击晶片。

例如，参照图 8，表示非相干光源 40 发射光能至晶片 14 上。举例说来，非相干光源 40 可以是弧光灯、钨卤灯等。如图所示，由灯 40 所发射的光被利用反射器 80 校准以使大部分光以特定入射角冲击晶片 14。

反射器 80 围绕光源 40 并且可以具有多种形状。但是，通常所示

的抛物线状将产生校准的输出光束。

除了使用反射器，多种其它设备可以被用于校准由灯 40 所发射的光。例如，一种替代实施方式，光学透镜可以被用于更好地将光导向晶片上。例如会聚透镜、柱面透镜或波带片（zone plate）可以被单独使用或结合反射器使用以校准光。

除了校准由灯 40 所发射的光，如图 8 所示，本发明的系统还可以包括偏振设备 82。选择偏振设备 82 被选定以使偏振设备输出的光处于 p 偏振状态。由于这种设计，由灯 40 所发射的光能以所需入射角和以 p 偏振状态冲击晶片 14，以优化晶片的吸收。

除了使光处于 p 偏振状态，偏振设备 82 也可以被用于使光处于接近 p 偏振状态或被用于产生所需的椭圆偏振光。

但是，许多如图 8 所示的偏振设备 82 可以较大地减少到达晶片的光能的数量。例如，一些偏振设备消除大约 50% 的由灯 40 所发射的光能。为了更有效地偏振由灯 40 所发射的光，在一种替代实施方式中，可以使用如图 9 所示的偏振光束分离设备 84。偏振光束分离设备 84 接收由灯 40 所发射的被校准光并将该被校准光分为两光束 90 和 92。设定偏振光束分离设备 84 以使光束 90 处于 p 偏振状态。如图所示，光束 90 以第一入射角接触晶片 14。

另一方面，光束 92 被随后利用反射镜、光学器件、半波片或其它适当的光学装置 86 重新导向。具体说来，光束 92 被旋转、定向或其它操作并作为处于 p 偏振状态或某种其它所需设计的光束 94 以第二入射角重新导向晶片 14 上。光束 90 和 94 的入射角可以相同或者可以不同。

本发明可以使用多种不同偏振设备。例如，偏振光束分离设备 84 可以为一种线栅偏振镜、例如涂介电膜的设备的涂薄膜设备、立方光束分离器、或任何其它适当的设备。

参照图 1，如上所述，本发明的系统可以包括控制器 50。控制器 50 可以被用于监测晶片的温度并因此控制被发射至晶片上的光能的

量。在本发明的一种实施方式中，控制器 50 可以被设置与一个或更多的传感器 98 联系。传感器 98 可以被用于检测由晶片所反射的辐射量。具体说来，传感器可以帮助估计所反射功率的量以调节被传送至晶片的输入功率。传感器 98 将特别适用于使用激光照明的系统，其中从所被反射光束的强度可以获得耦合的简单计算。可以在处理前利用低功率光束或者在处理过程中从实际光束获得该估值。

除改变被传送至晶片的功率量之外，从传感器所收集的信息也可以被用于改变接触晶片的光的波长和/或改变接触晶片的光的入射角。

传感器 98 可以是能够检测被反射光的任何适当器件。例如，传感器 98 可以是光检测器或热检测器。

在本发明的另一实施方式中，系统可包括被定位于热处理室中的反射器。该反射器可以被用于反射被从晶片反射回(back)至晶片上的光能。同样，这种反射器将特别适合用于使用激光束的系统中。可以被使用的反射器的例子是角隅棱镜后向反射器，该反射器可以将被反射光以相同的入射角从晶片发送回至晶片。通过将光反射回晶片上，在加热过程中另外的光能将被晶片吸收。

在本发明的另一实施方式中，本发明的技术和优点可以被用于加热晶片 14 以及如图 1 所示的无滑环(slip free ring)99。无滑环指一种完全围绕或至少实质上围绕晶片边缘并在处理过程中提供加热晶片边缘的另外能量的设备。无滑环通常被用于抵消在晶片边缘发生的热损。

如本发明，如图 1 所示，无滑环 99 可以按优化热耦合的方式被光设备 40 加热。举例说来，光设备 40 可以特定入射角和特定偏振状态反射光以优化被无滑环 99 所吸收的热能量。将根据制成无滑环的材料确定加热无滑环的光的具体入射角、光波长、和偏振状态。例如，无滑环可以由多种材料制成，这些材料包括硅、碳化硅、石墨、涂有石墨的碳化硅、石英、以及多种其它材料。

如本发明，无滑环 99 也可以被涂有多种材料以优化光吸收。例如，无滑环可以被涂有抗反射涂层。例如，在一种实施方式中，硅环

可以被涂有二氧化硅或氮化硅。

在不偏离本发明的精神和范围的情况下，对本发明的这些和其它修改和变化可以被本领域的技术人员实施，本发明的精神和范围在权利要求书中更具体地提出。此外，应该理解各种实施方式的方面可以全部或部分地被互换。此外，本领域的技术人员将理解前面的说明仅是示例，并不是意图限制在所附权利要求书中进一步被说明的本发明。

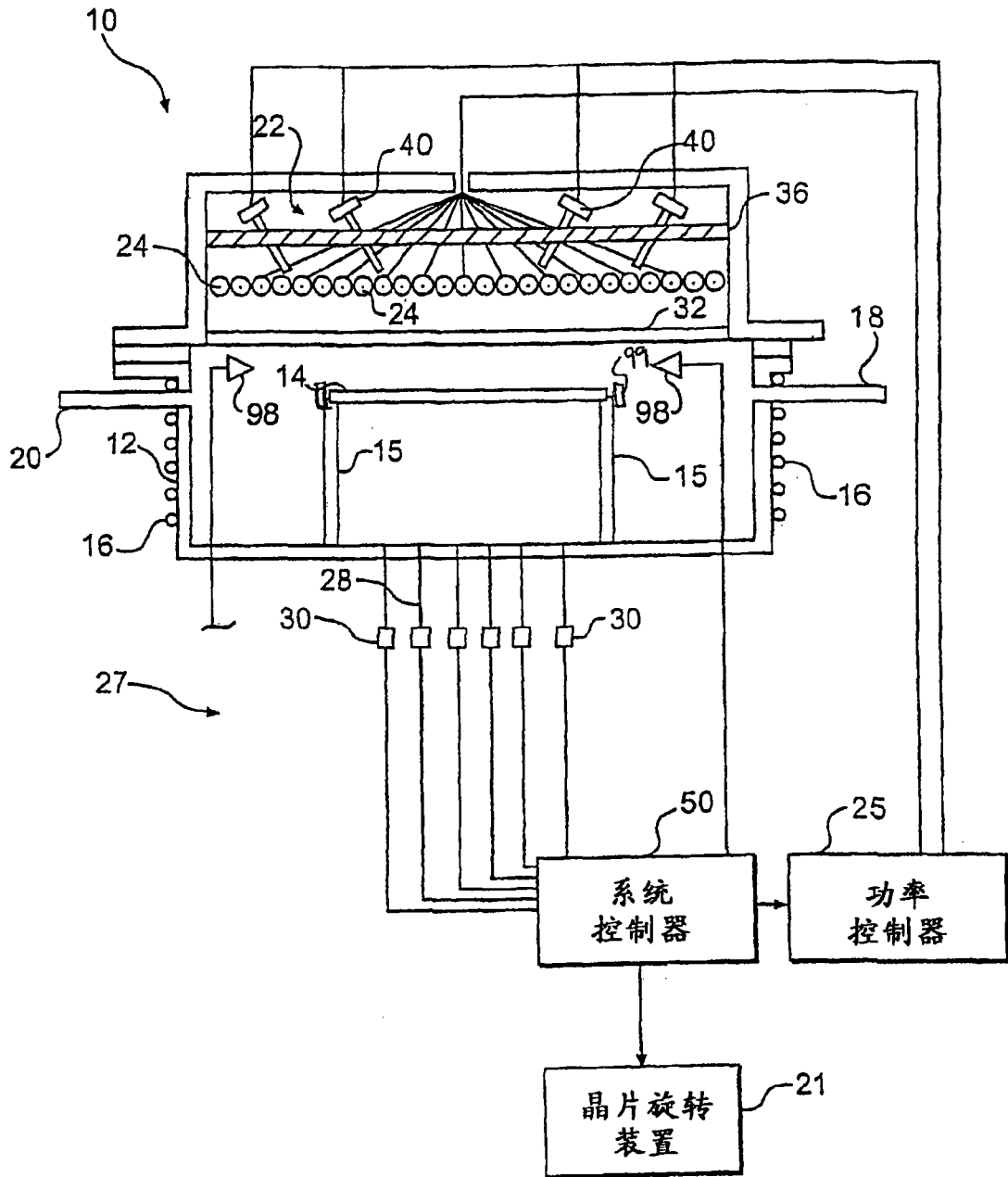


图1

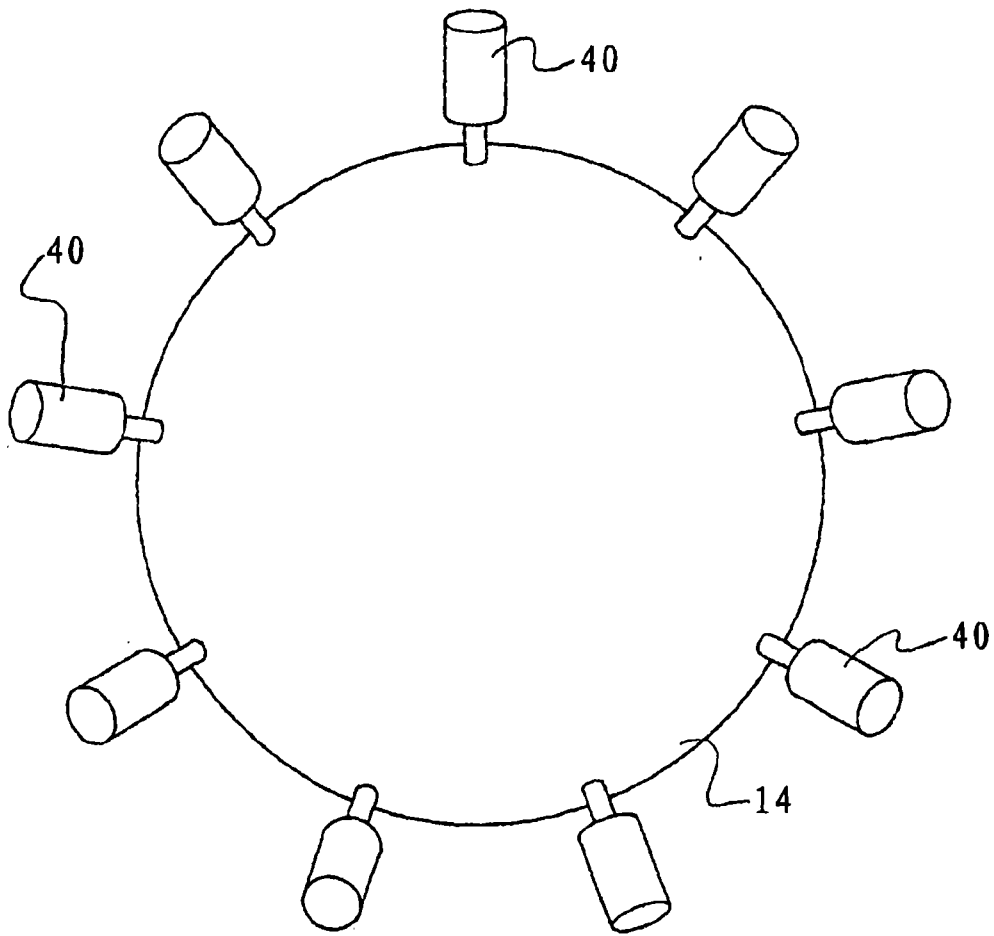


图 2

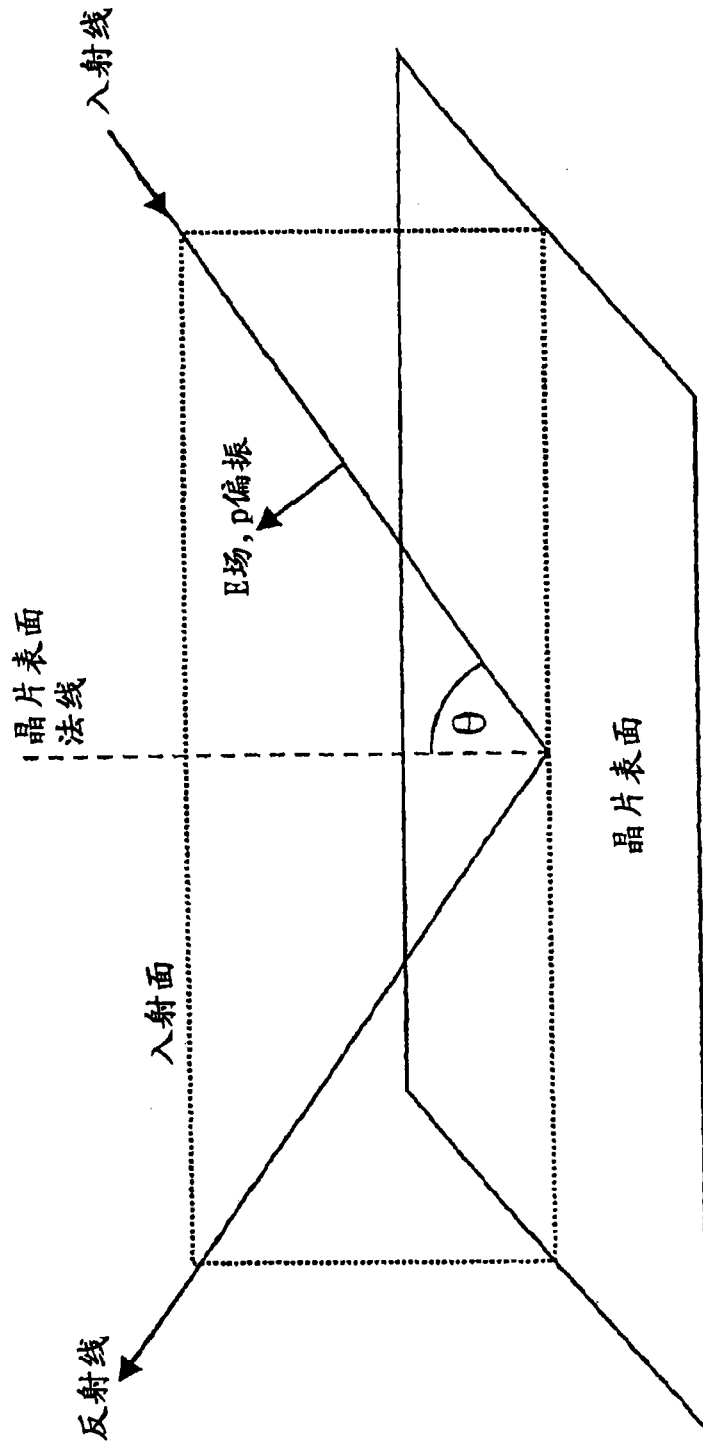


图3

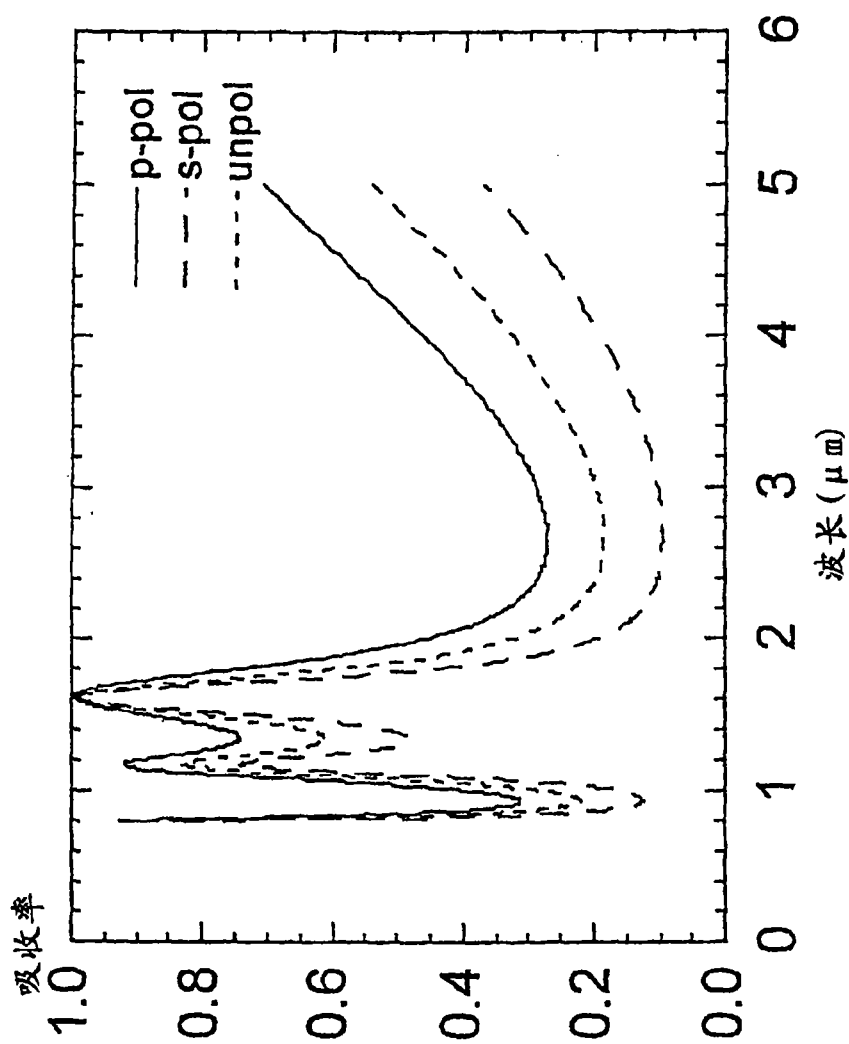


图 4

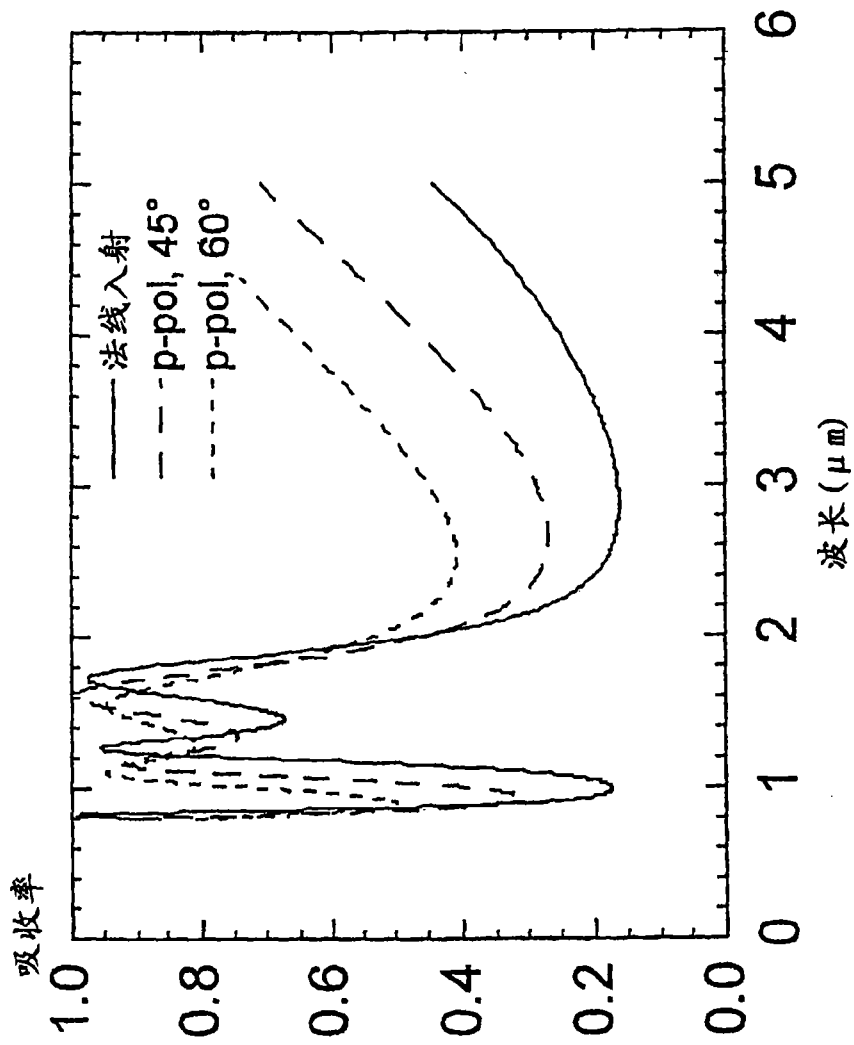


图5

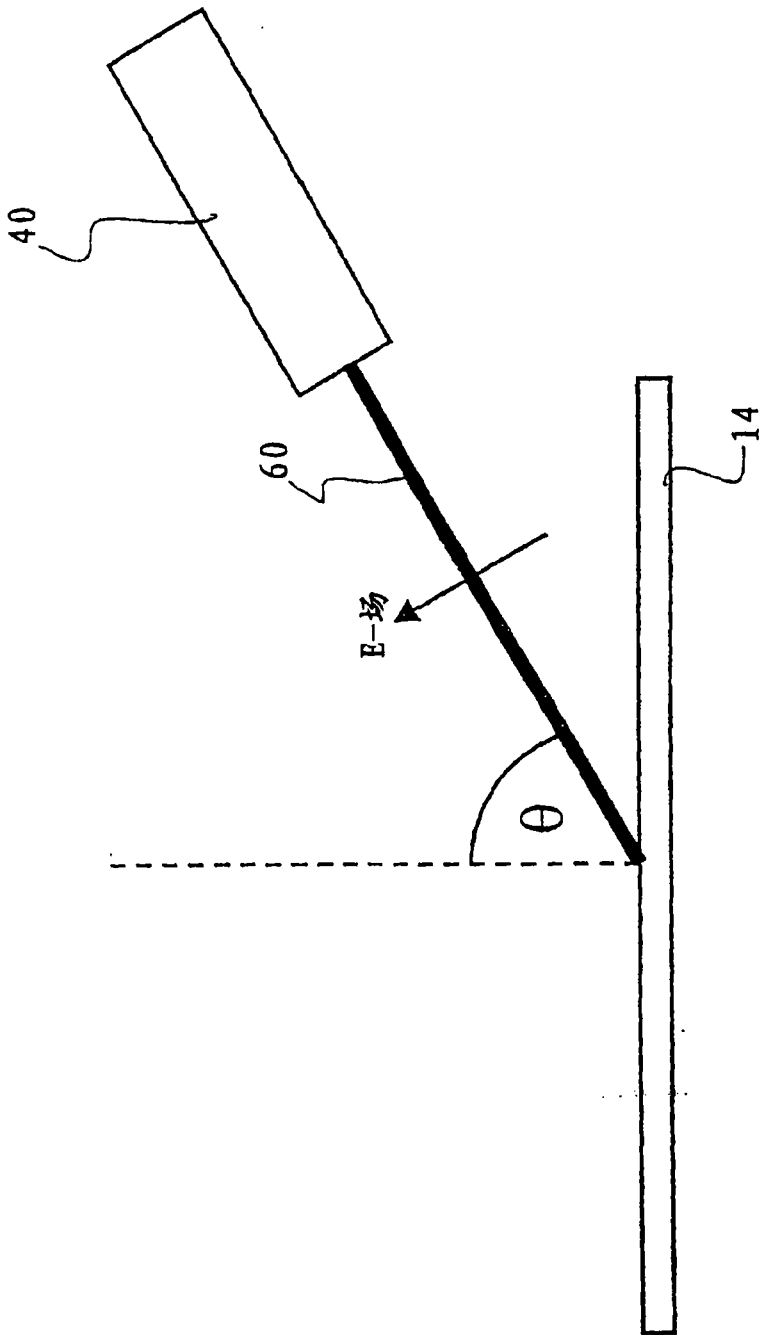


图6

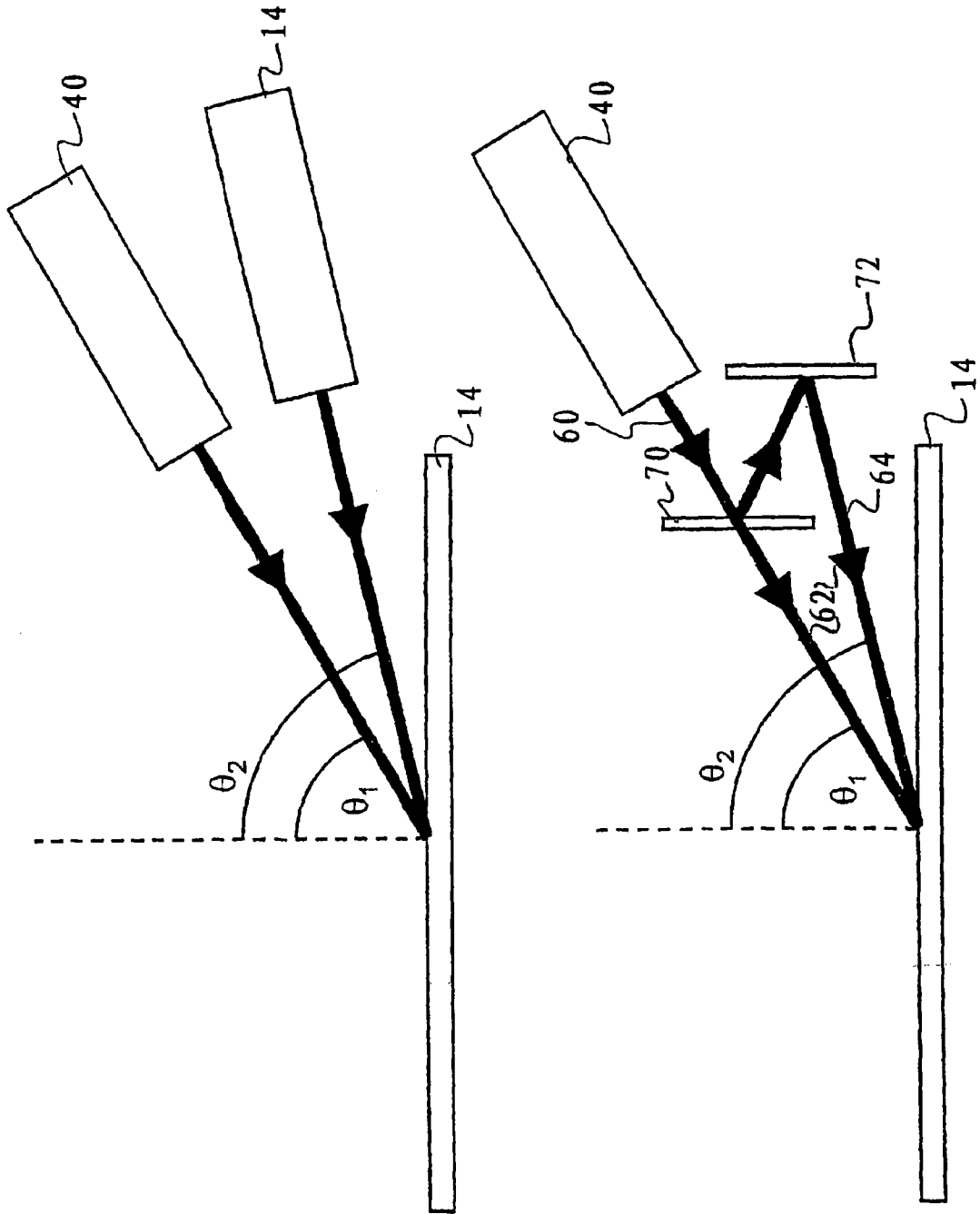


图7(a)

图7(b)

