

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C30B 15/04 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 97122556.7

[45] 授权公告日 2006年5月10日

[11] 授权公告号 CN 1255581C

[22] 申请日 1997.10.4 [21] 申请号 97122556.7

[30] 优先权

[32] 1996.10.4 [33] US [31] 725454

[71] 专利权人 埃伯乐太阳能公司

地址 美国宾夕法尼亚州

[72] 发明人 巴拉克里希南·R·贝蒂

审查员 周家成

[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 寇英杰

权利要求书 3 页 说明书 4 页 附图 6 页

[54] 发明名称

在晶体带的枝状晶薄片生长期间现场扩散掺杂剂杂质的方法

[57] 摘要

枝状晶薄片形成工艺和设备，用于把掺杂剂杂质扩散进生长枝状晶薄片，制造光伏电池。固体掺杂剂扩散源放置于安装在垂直发热元件的托架中，垂直发热元件位于熔化炉内或者位于炉外并靠近出口。利用炉热量作为热源由来自垂直发热元件和源托架的热传导加热固体扩散源。也可以围绕垂直发热元件设置附加加热器线圈，控制固体扩散源的温度。源和托架也可安装在炉外并靠近出口，并用第二快速升温外加热器加热。作为薄片生长工艺的一部分，把生长枝状晶薄片暴露于掺杂剂杂质无需分离的扩散气体站和处理。

1. 一种枝状晶薄片光生伏打硅结晶带的制造方法，包括以下步骤：

(a) 通过沿一路径从熔料源提拉熔融材料并使熔融材料冷却，从炉中的熔料源生长具有两个主表面和枝状晶体的枝状晶薄片；

(b) 当沿该路径提拉生长薄片时，使生长薄片的两个主表面中的至少一个直接暴露于被加热至扩散温度的固体掺杂剂材料的一基本上平坦的表面，其中，所述基本上平坦的表面保持与所述两个主表面中的所述至少一个基本上平行，从而把一些所述固体掺杂剂材料扩散到所述两个主表面中的所述至少一个内。

2. 根据权利要求1的方法，其中，所述暴露步骤(2)包括把生长薄片的两个主表面暴露于固体掺杂剂材料的步骤。

3. 根据权利要求2的方法，其中，所述暴露步骤包括把主表面之一暴露于第一掺杂剂材料，另一主表面暴露于第二掺杂剂材料的步骤。

4. 根据权利要求3的方法，其中，第一和第二掺杂剂材料提供相反导电类型的掺杂剂。

5. 根据权利要求1的方法，其中，所述暴露步骤(2)包括在靠近热源的托架上放置固体掺杂剂材料，把固体掺杂剂材料加热至扩散温度的步骤。

6. 根据权利要求5的方法，其中，所述放置步骤包括提供固体发热元件并加热该发热元件的步骤。

7. 根据权利要求6的方法，其中，所述加热步骤通过把发热元件置于炉子所含的热中来完成。

8. 根据权利要求6的方法，其中，所述加热步骤通过用加热线圈对发热元件加热来完成。

9. 根据权利要求1的方法，其中，所述暴露步骤(2)在炉内完

成。

10. 根据权利要求 1 的方法，其中，炉子具有薄片出口；所述暴露步骤（2）在炉外完成。

11. 根据权利要求 10 的方法，其中，所述暴露步骤（2）包括靠近出口设置热源，把固体掺杂剂材料放置成与靠近出口的热源呈热接触的步骤。

12. 一种枝状晶薄片光伏结晶带的制造设备，包括：

具有产生晶体生长材料的熔料源的装置和出口的炉子；

从熔料源沿一路径经过出口提拉熔融材料，以便当沿该路径提拉熔融材料时生长具有两个主表面和枝状晶体的枝状晶薄片的装置；

沿该路径布置的固体掺杂剂材料，其具有一基本上平坦的表面，该表面保持与所述枝状晶薄片的所述两个主表面中的至少一个呈面对关系并且基本平行；

把所述固体掺杂剂材料加热至扩散温度，以使生长枝状晶薄片暴露于所述固体掺杂剂材料，从而在所述两个主表面中的所述至少一个中形成扩散层的装置。

13. 根据权利要求 12 的设备，还包括沿该路径安装的托架，用于接受所述固体掺杂剂材料。

14. 根据权利要求 13 的设备，其中所述托架位于炉内。

15. 根据权利要求 13 的设备，其中所述托架位于炉外并靠近所述出口。

16. 根据权利要求 12 的设备，其中对所述固体掺杂剂材料加热的装置包括沿该路径设置的发热元件并至少部分地围绕掺杂剂材料，所述固体掺杂剂材料设置成与发热元件热接触。

17. 根据权利要求 16 的设备，其中对所述发热元件加热的所述装置还包括对所述发热元件加热的加热线圈。

18. 根据权利要求 16 的设备，其中所述加热装置位于所述炉内。

19. 根据权利要求 16 的设备，其中所述加热装置位于所述炉外，并靠近所述出口。

20. 根据权利要求 12 的设备, 其中, 所述固体掺杂剂材料包括与所述生长枝状晶薄片的所述第一和第二主表面中之一呈面对关系的第一掺杂剂材料元件, 和与所述生长枝状晶薄片的所述第一和第二主表面中另一个呈面对关系的第二掺杂剂材料元件, 以使所述第一和第二掺杂剂材料元件中的每一个对所述生长枝状晶薄片的相应主表面起到扩散源的作用。

21. 根据权利要求 20 的设备, 其中, 所述第一和第二掺杂剂材料元件提供相反导电类型的掺杂剂。

在晶体带的枝状晶薄片生长期间
现场扩散掺杂剂杂质的方法

本发明涉及把太阳能转换为电能的太阳电池。更具体地，本发明涉及枝状晶薄片光生伏打（pholovoltaic）电池技术。

本申请以1995年10月5日提交的名为“在硅带的枝状晶薄片生长期间现场扩散硼或磷”的第60/004817号临时申请为基础要求优先权。

包括利用光生伏打效应把太阳能转换为电能的半导体器件的太阳电池早已为人们熟知。已知具体类型的太阳电池的制造是采用枝状晶薄片生长技术，其中，在炉中融化原材料例如硅，使用固定于适当的机械提拉设备的籽晶，沿从源熔料经过炉出口至接受站的路径，缓慢提拉原材料。在适当的温度控制条件和适宜的提拉速率下，熔融材料形成冷却至最终结晶薄片具有枝状晶剖面的结晶薄片。此工艺更全面地记载于“应用于太阳电池的枝状晶硅薄片”，R.G. Seidenstecker, *Journal of Crystal Growth*, 39 (1977) PP. 17-22, 该公开在本申请中引做参考。

为了提供光生伏打效应，必须利用适当的掺杂技术在结晶薄片形成半导体结。一种通常使用的技术是掺杂剂扩散工艺，其中掺杂剂材料通过两个薄片主面扩散进结晶薄片，以此提供相反导电类型的第一和第二扩散层。过去已采用气体扩散工艺进行扩散，其中掺杂剂材料是可流过薄片表面的气体蒸汽形态，以便掺杂剂材料的离子能扩散进入结晶薄片材料。此工艺必须进行结晶薄片形成晶格的良好提拉，通常需要分立的扩散站，这增加了枝状晶太阳电池制造工艺的复杂性。此外，气体扩散需要分离的气体源（用于相反导电类型的掺杂剂材料）和精心设计制造气体流动通道，防止掺杂剂气体蒸汽排入环境或者沾污其他设备。

本发明包括向生长结晶薄片的一个或两个主薄片表面现场扩散掺杂剂杂质的方法和设备，可以避免气体扩散工艺伴随的缺点，可以在现有的融化炉中进行相对不复杂的掺杂，采用固体掺杂剂扩散源材料提供必要的掺杂剂材料浓度。

从工艺的观点来看，本发明提供制造枝状晶薄片光生伏打晶体带的方法，包括以下步骤，通过沿一路径从熔料源提拉熔融材料并使熔融材料冷却，在炉中从熔料源生长具有两个主表面的枝状晶薄片；当沿该路径提拉生长薄片时，使生长薄片

的两个主表面中的至少一个暴露于被加热至扩散温度的固体掺杂剂材料。当采用把生长薄片的两个主表面暴露于固体掺杂剂材料的方法时，主表面之一暴露于第一掺杂剂材料，另一主表面暴露于第二掺杂剂材料，第一和第二掺杂剂材料提供相反导电类型的掺杂剂。

- 5 通过在靠近热源的托架中放置固体掺杂剂材料、最好是平面形态的，使固体掺杂剂材料加热至扩散温度，由此暴露薄片。热源最好包括固体发热元件，其加热可以选择把发热元件置于炉所含热量中或者用加热线圈加热发热元件。

可以在炉内或炉外进行薄片暴露于固体掺杂剂材料的步骤。在炉外进行时，固体掺杂剂材料放置成与靠近出口的热源接触，热源最好包括快速发热加热夹具，例如传统设计的电阻加热器。

从设备的观点来看，本发明包括：具有产生晶体生长材料的熔料源的装置和出口的炉子；从熔料源沿一路径经过出口提拉熔料源，以便当沿该路径提拉熔融材料时，生长具有两个主表面的枝状晶薄片的装置；沿该路径布置的固体掺杂剂材料，与枝状晶薄片的两个主表面中的至少一个呈面对关系；把固体掺杂剂材料加热至扩散温度，以使生长枝状晶薄片暴露于固体掺杂剂材料，从而在两个主表面中的至少一个中形成扩散层的装置。固体掺杂剂材料最好放置在托架中，托架沿该路径安装并位于炉内或者靠近出口的炉外。

对固体掺杂剂材料加热的装置包括沿该路径设置的发热元件并至少部分地围绕掺杂剂材料，固体掺杂剂材料设置成与发热元件热接触。围绕发热元件可选择地设置辅助加热线圈控制温度。当加热装置位于炉外时，最好靠近出口设置辅助快速升温外加热器，最好是大功率电阻电加热器元件。

设备可以设置成具有单侧或双侧掺杂能力。设置成双侧掺杂操作时，固体掺杂剂材料包括与生长枝状晶薄片的第一和第二主表面中之一呈面对关系的第一掺杂剂材料元件，和与生长枝状晶薄片的第一和第二主表面中另一个呈面对关系的第二掺杂剂材料元件，以使第一和第二掺杂剂材料元件中的每一个对相应的生长枝状晶薄片的主表面起到扩散源的作用。在双侧构形中第一和第二掺杂剂材料元件提供相反导电类型的掺杂剂。

通过以下结合附图的详细说明，将可全面了解本发明的性质和优点。

图 1 是本发明第一实施例的剖面图。

30 图 2 是图 1 实施例的部分断面透视图。

图 3 是本发明第二实施例的剖面图。

图 4 是图 3 实施例的部分断面透视图。

图 5 是本发明另一实施例的剖面图。

图 6 是图 5 实施例的部分断面透视图。

5 参看附图，图 1 和 2 展示了本发明的第一实施例，其中垂直发热元件、固体扩散源和托架位于薄片生长炉内。参看图 1，由参考标号 10 概括表示的传统炉子具有带出口 12 的外壁结构 11。靠近出口 12 固定于外壁结构 11 的是薄片提拉支撑夹具 14，使初始形成于炉 10 内的生长薄片可由传统的薄片提拉机构（未示出）提拉，并输送至接受站。由于薄片提拉机构和接受站是公知的传统装置，因此为了避免罗嗦，更多的说明似不必要。

10 用于保持熔化坩埚（图 2 所示的元件 24）的基座 21 设置于炉 10 内，坩埚中熔融材料（一般是硅）保持液态。围绕基座 21 设置 RF 加热器线圈 23，用于以传统方式在坩埚中加热硅。在基座 21 的罩部位 22 上设置多个护板 25。位于护板 25 中心的是由参考标号 30 概括表示的现场扩散夹具和固体扩散源。

15 参看图 2，这是基座 21、罩 22、护板 25 和现场扩散夹具和固体扩散源 30 的部分断面透视图，可见元件 30 包括以任何适当的方式固定于护板 25 顶表面的垂直发热元件 31。垂直发热元件 31 最好用石墨制造，用做位于扩散源托架 34 内的固体扩散源的发热加热源。固体扩散源 33 最好是扩散源材料例如磷或硼的矩形带，可以按任何适当的方式、例如沿托架 34 的端部的内表面形成槽 35，安置在扩散源托架 34 内。为了对扩散源 33 提供温度稳定的附加散热器，托架 34 最好由石墨形成。按任何适当的方式把一对杆 36 固定于托架 34，例如通过形成带状从托架体 34 的上表面向内延伸的通孔。为了使托架 34 和源 33 能位于垂直发热元件 31 之内及由其中移走，杆 36 从炉 10 向上延伸（见图 1），经过出口 12 出来到达杆操作夹具（未示出）。

25 再次参看图 2，扩散源 33 设置成与生长枝状晶薄片 40 呈面对关系，枝状晶薄片由上述薄片提拉机构向上提拉。当生长薄片通过固体扩散源 33 的区域时，从扩散源 33 热驱动的掺杂剂离子扩散进入薄片 40 的表面和内部。通过控制源 33 的温度、薄片 40 的提拉速率、源 33 的垂直位置、和源 33 与薄片 40 之间的间隔距离，可以在薄片 40 内提供期望的扩散杂质的浓度量和深度。提拉速率、源 33 与薄片表面 41 之间的间隔距离和源 33 的温度一般均是根据经验来确定。一般温

30

度范围在 900 °C 至 1000 °C。一般薄片提拉速率在 1.5cm/分左右。一般源 33 与薄片表面 41 之间的间隔距离在约 100 密耳。

虽然在图 1 和 2 的实施例中的设置采用仅靠近薄片 40 一个主表面的单面扩散源 33，也可在托架 34 内设置第二扩散源，面对生长薄片 40 的另一主表面 42，以便向生长薄片 40 的两个表面提供连续掺杂剂扩散。

图 1 和 2 所示实施例中，通过控制炉温来控制垂直发热元件 31、托架 34 和扩散源 33 的温度，利用经过护板 35 的热传导和炉内环境温度对元件 31、34 和 33 加热。图 3 和 4 的实施例展示了第一变形实例，其中元件 31、33 和 34 的温度还由附加的加热线圈控制。参看图 3 和 4，其中与图 1 和 2 共有的元件由相同的参考标号表示，围绕垂直发热元件 31 设置多个 RF 附加加热器线圈 50，对垂直发热元件 31、托架 34 和固体扩散源 33 提供附加加热。如同图 1 和 2 的实施例一样，图 3 和 4 的实施例也可包括面对生长薄片 40 的主表面 42 设置的第二扩散源。

图 5 和 6 展示了本发明的又一种变形实例。此实施例中，快速升温外加热器夹具 60 安装在炉 10 外的加热器支撑立柱 62 上，靠近出口 12，对生长薄片提供附加的加热。托架 34 和固体扩散源 33 均位于外加热器夹具 60 内，为这些元件提供容易的出口，以利方便扩散源 33 的安装和移走。此外，图 5 和 6 的实施例取消了垂直发热元件 31。

正如目前所了解的，本发明可使掺杂剂材料现场扩散进从熔化坩埚引出的生长枝状晶薄片的一个或两个主表面。这种设置避免了必须提供气体掺杂剂扩散源及这种扩散源设置带来的缺点。此外，固体平面扩散源可容易地安装于源托架或者从其中取走，利用杆 36 可以容易地调节固体扩散源 33 的垂直位置，以此提供源温度调节。也许更重要的是，本发明无需用于枝状晶薄片形成工艺的分离扩散站，这导致生产设备更紧凑并在生产枝状晶薄片光伏电池时简化了安装、初始设置和工艺操作。

虽然以上提供了对本发明优选实施例的全面完整的公开，但是如果需要可以采用各种改进、变形结构及等同物。因此，上述说明及展示并不应构成对本发明范围的限制，本发明的范围由权利要求书确定。

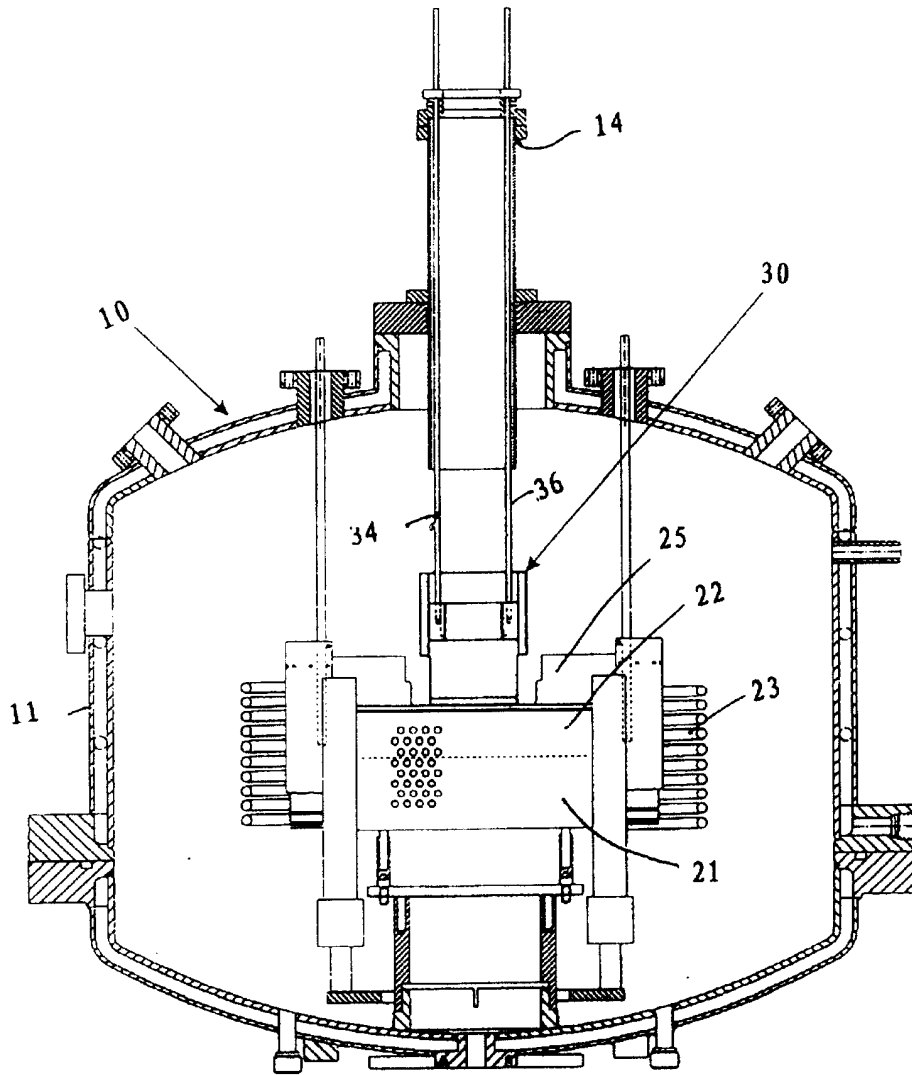


图 1

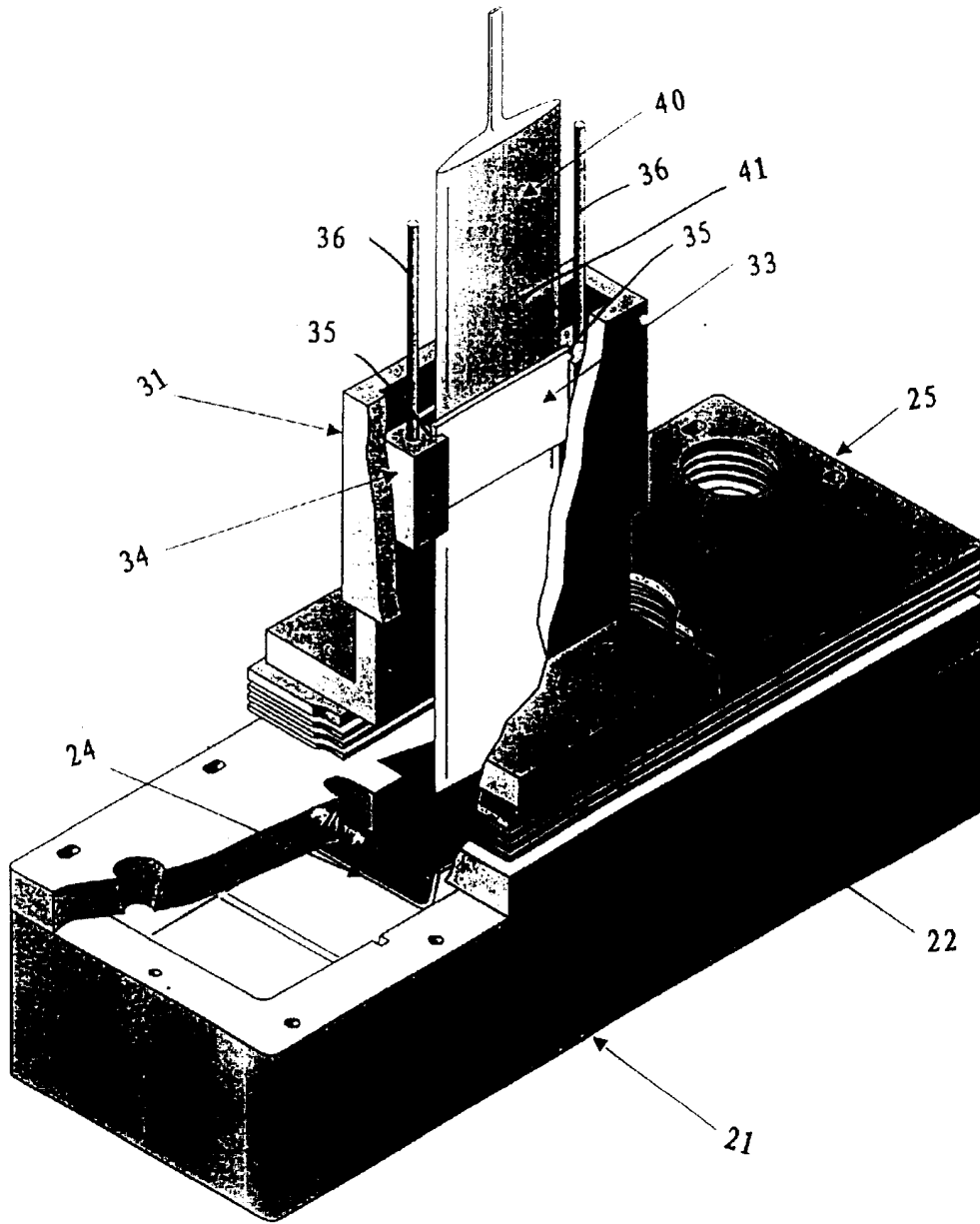


图 2

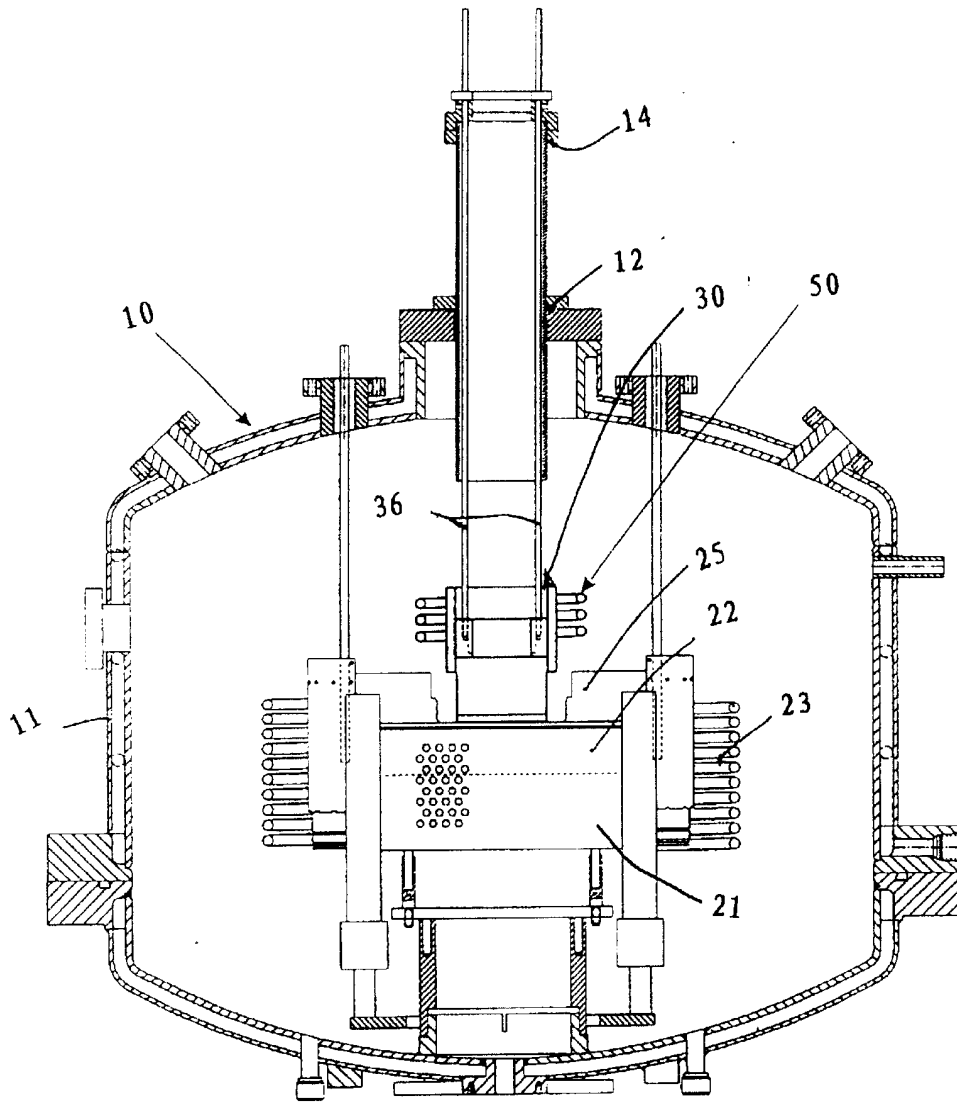


图 3

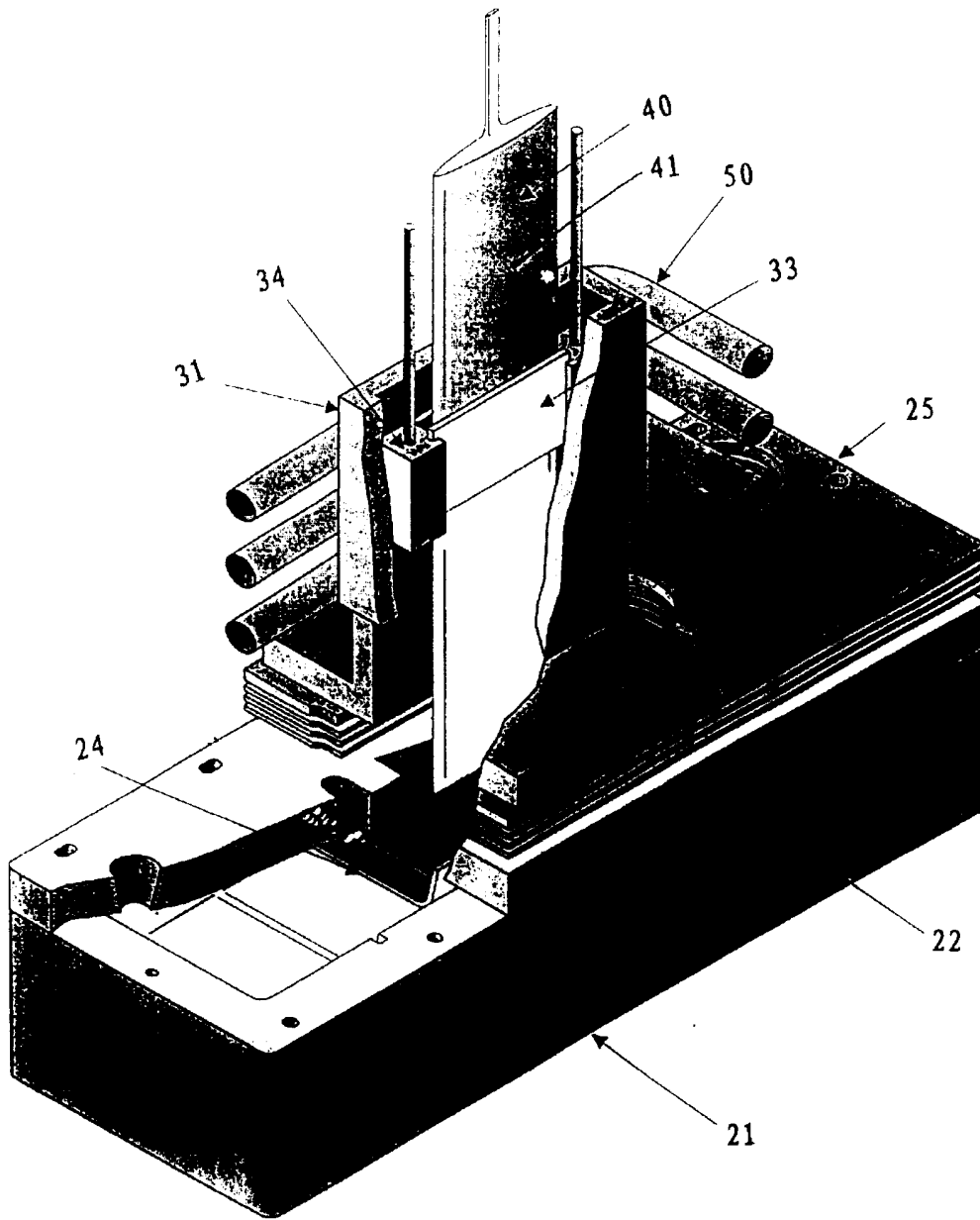


图 4

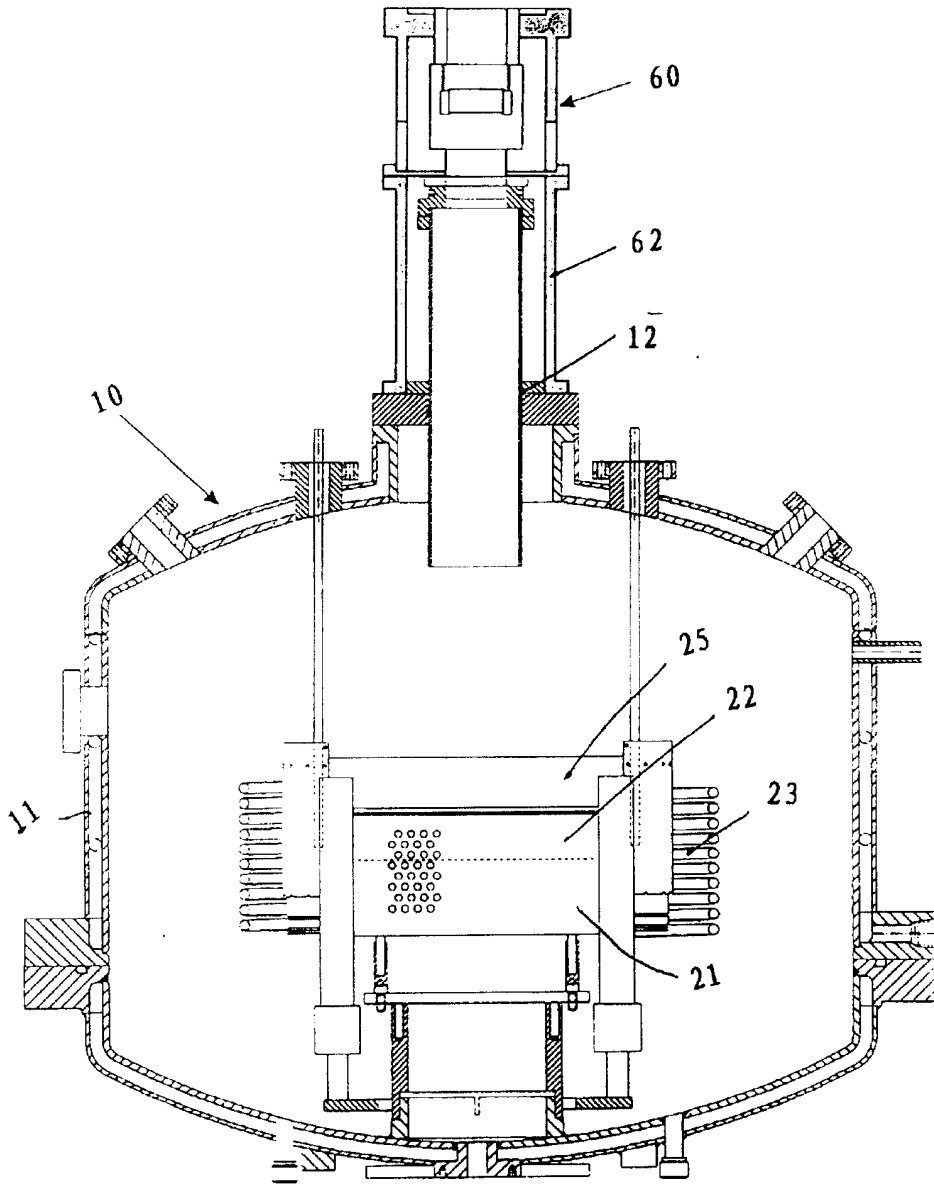


图 5

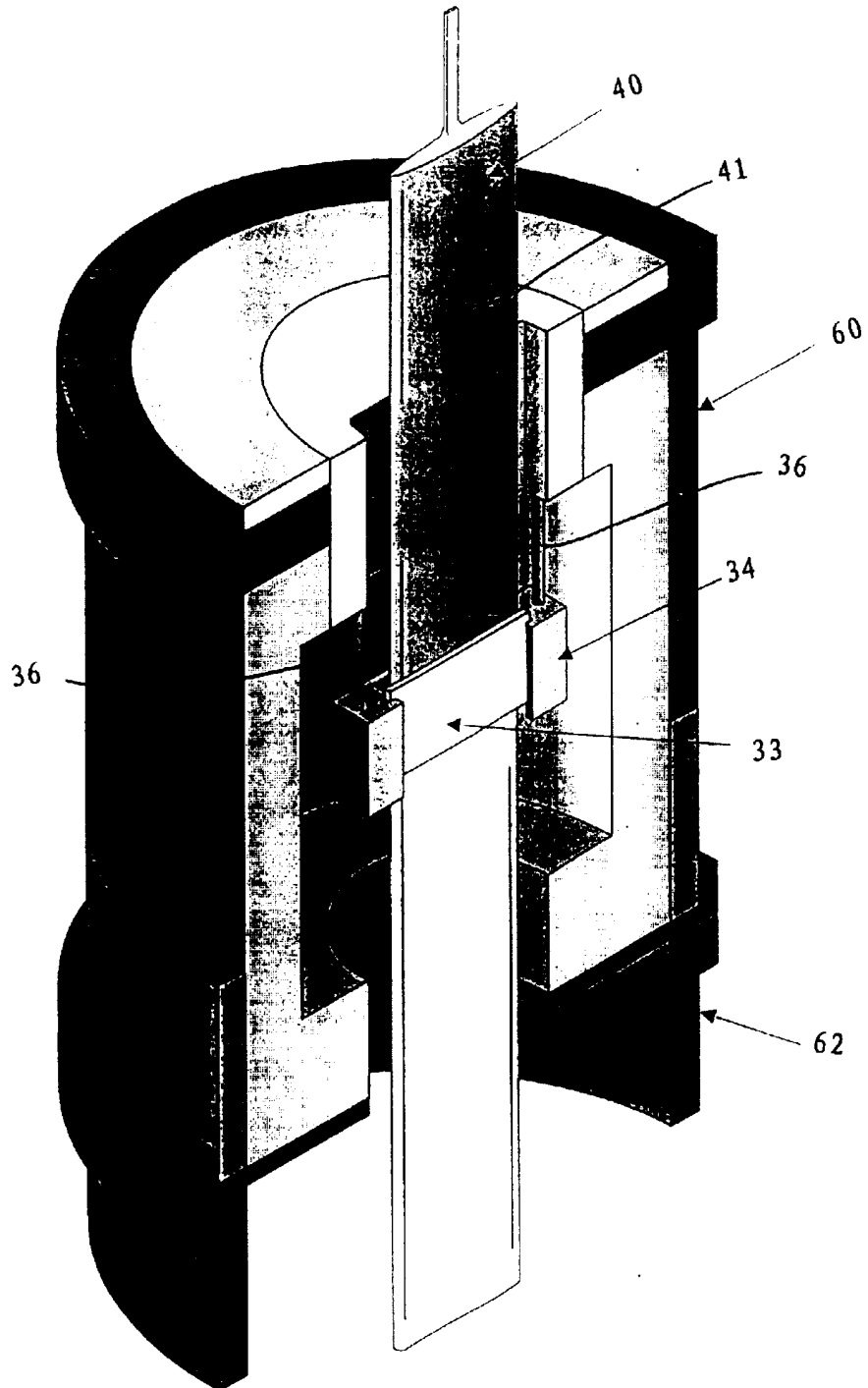


图 6