

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.⁷

F25B 9/00

H01L 21/3065

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00120051.8

[43] 公开日 2001 年 3 月 7 日

[11] 公开号 CN 1286385A

[22] 申请日 1996.9.6 [21] 申请号 00120051.8

分案原申请号 96112610.8

[30] 优先权

[32] 1995.9.15 [33] US [31] 529,138

[71] 申请人 液体空气乔治洛德方法利用和研究有限
公司

地址 法国巴黎

[72] 发明人 约瑟夫·E·帕加内西

[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

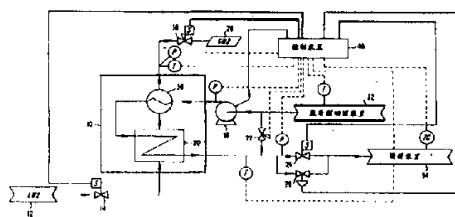
代理人 张金熹

权利要求书 4 页 说明书 7 页 附图页数 6 页

[54] 发明名称 致冷系统和用该系统冷却基座的方法

[57] 摘要

喷雾热交换器含有至少一个喷嘴,其作用是将初级致冷介质导向输送次级致冷介质的热交换元件上。初级致冷介质是以细雾状被喷嘴喷射在输送次级致冷介质的热交换元件上的。其后,初级致冷介质因蒸发而冷却热交换元件内的次级致冷介质。套管式热交换器是一种含有内管及外管的逆流热交换器,内管用来使次级致冷介质输送至喷雾热交换器,环绕内管的外管使得在罩式真空压力容器内腔中回收了的初级致冷介质被输送至压力容器之外。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1.对半导体晶片加工工艺所需基座的冷却方法，它包括以下步骤：
提供液态的初级致冷介质和次级致冷介质；

将初级致冷介质喷射在位于压力容器中的某一元件上以使初级致冷介质蒸发；

在热交换器中回收已蒸发的初级致冷介质；

使次级致冷介质经由热交换器输送，用已蒸发的初级致冷介质预冷次级致冷介质；

将已预冷的次级致冷介质输送至上述元件以进一步冷却之；以及

控制初级和次级致冷介质二者至少一方的流量以使基座被冷却至所需温度。

2.如权利要求 1 所述的基座致冷方法，其特征在于通过控制次级致冷介质的流量来实现分段式冷却。

3.一种包括以下部分的致冷系统；

压力容器；

还原初级致冷介质汽化热的初级热交换器，它位于压力容器内并含有至少一个喷嘴和一套用来输送次级致冷介质的致冷介质输送系统，上述至少一个喷嘴将初级致冷介质导向致冷介质输送系统，从而使致冷介质输送系统内部的次级致冷介质得到冷却；以及

次级热交换器，它可再利用自初级热交换器中上述至少一个喷嘴的初级致冷介质所具有的可用焓值，该次级热交换器位于压力容器内并含有内管和环绕内管的外管，内管用来将次级致冷介质输送至初级热交换器的致冷介质输送系统中，外管接收由初级热交换器回收的初级致冷介质并因此而使次级致冷介质在被输送到致冷介质输送系统之前得到预冷。

4.如权利要求 3 所述的致冷系统，其特征在于次级致冷介质为氮。

5.如权利要求 3 所述的致冷系统，其特征在于次级致冷介质是丙烷，乙醇，丙烯，甲烷，氨水，正丁烷，异丁烷等物质中的一种，或是它们的混合物。

6.如权利要求 3 所述的致冷系统，其特征在于初级热交换器是喷雾热交换器。

7.如权利要求 3 所述的致冷系统，其特征在于次级热交换器是套管式热交换器。

8.如权利要求 3 所述的致冷系统，其特征在于初级热交换器的致冷介质输送系统含有多条与集流管相通的管路，其特征还在于上述至少一个喷嘴中的两个喷嘴可将初级致冷介质从多条管路的相反两侧导向上述多条管路。

9.如权利要求 3 所述的致冷系统，其特征在于它还包括液控随动阀及电磁阀，它们的作用是控制次级致冷介质向致冷对象的流量。

10.如权利要求 9 所述的致冷系统，其特征在于它还包括分流阀，其作用是使次级致冷介质形成经过初级和次级热交换器的回流。

11.如权利要求 10 所述的致冷系统，其特征在于它还包括按照预设温控程序对液控随动阀，电磁阀及分流阀加以控制的控制系统。

12.如权利要求 3 所述的致冷系统，其特征在于压力容器为罩式真空压力容器。

13.一种包括以下部分的致冷系统：

压力容器；

初级液体致冷介质输送系统，它含有装在压力容器内的至少一个喷嘴；

次级致冷介质循环系统，它使次级致冷介质通过经由压力容器的循环而到达致冷对象，上述至少一个喷嘴的设置方式可保证初级致冷介质被喷射在次级致冷介质循环系统的某一部分上，喷射的初级液体致冷介质因蒸发而冷却次级致冷介质；

装在压力容器内的气体回收系统，其作用是回收已蒸发初级致冷介质并预冷次级致冷介质。

14.如权利要求 13 所述的致冷系统，其特征在于次级致冷介质循环系统含有至少一个用来使致冷对象释放能量的输送阀以及一个用来在更短时间内释放更大能量的分流阀。

15.如权利要求 14 所述的致冷系统，其特征在于至少一个输送阀包

含液控随动阀和电磁阀，它们的作用是控制次级致冷介质向致冷对象的流量。

16.如权利要求 13 所述的致冷系统，其特征在于次级致冷介质循环系统含有平板热交换器，其上设有与集流管相通的多条管路。

17.如权利要求 13 所述的致冷系统，其特征在于气体回收系统包含逆流热交换器。

18.如权利要求 17 所述的致冷系统，其特征在于逆流热交器为套管式热交换器。

19.如权利要求 13 所述的致冷系统，其特征在于初级致冷介质为氮。

20.如权利要求 13 所述的致冷系统，其特征在于次级致冷介质是丙烷，乙醇，丙烯，甲烷，氨水，正丁烷，异丁烷诸物质中的一种，或者是它们的混合物。

21.如权利要求 13 所述的致冷系统，其特征在于压力容器为罩式真空压力容器。

22.一种冷却致冷对象的方法，包括以下步骤：

提供液态的初级致冷介质及次级致冷介质；将初级致冷介质喷射在位于压力容器内的某一元件上以使初级致冷介质蒸发；

在热交换器中回收已蒸发的初级致冷介质；

经由热交换器输送次级致冷介质，用已蒸发的初级致冷介质预冷次级致冷介质；

将已预冷的次级致冷介转输送至上述元件上以进一步冷却次级致冷介质；以及

使冷却的次级致冷介质循环至致冷对象。

23.如权利要示 22 所述的冷却方法，其特征在于次级致冷介质是在包括同轴管的逆流热交换器中被预冷的。

24.如权利要求 22 所述的冷却方法，其特征在于致冷对象是半导体晶片加工装置的基座。

25.如权利要求 22 所述的冷却方法，其特征在于初级致冷介质为氮。

26.如权利要求 24 所述的冷却方法，其特征在于初级致冷介质为氮。

27.如权利要求 22 所述的冷却方法，其特征在于上述经由热交换器输送次级致冷介质的步骤含有经由位于压力容器内的热交换器输送次级致冷介质的过程。

致冷系统和用该系统冷却基座的方法

本发明涉及一种致冷系统以及用该系统冷却致冷对象的方法，本发明尤其涉及工作原理基于初级和次级致冷介质并因此而具有高效能及深冷致冷能力的致冷系统。

半导体晶片的制造工艺含有许多工序，其中，晶片的等离子蚀刻工序需要使晶片加工装置处于冷却状态。晶片加工装置上处于晶片下侧的那一部分被称为基座，晶片的冷却便是通过对基座致冷而实现的。基座的致冷方式是使低温的流体致冷介质流经基座内部的通道。对基座的致冷温度结果影响着晶片的等离子浸蚀速度或蚀刻速度。

半导体制造工艺中一个令人感兴趣的问题是设法以分段加工形式改变蚀刻速度，例如，先用高蚀刻速度蚀刻晶片的大部区域，然后降低蚀刻速度以缩小蚀刻宽度。要实现蚀刻速度的分段变化，基座的温度必须能够快速改变。一系列的分段温度变化可以由一个具有预设温控程序的控制系统对冷却系统加以控制来实现。为半导体工业所常用的冷却系统含有很大的机械致冷系统，通常要使用氟利昂，它可以满足上述蚀刻速度分段变化的冷却要求。然而，在空间占用要求较为苛刻的电子工业应用场合中，上述机械致冷系统因体积过大而显示出一定的缺点。氟利昂致冷系统的另一个缺陷是它在低温工况下的低效问题。另外，在用于上述基座，尤其是在采用具有预设温控程序的控制系统时，普通的氟利昂致冷系统往往不能精确地达到所需温度值。

如本发明所述的致冷系统采用了初级和次级致冷介质，这样可以使系统在获得低至深冷的温度状态时产生稳定的冷却功率。与使用氟利昂的普通机械致冷系统相比，所发明的致冷系统具有很高的效率和较小的体积。

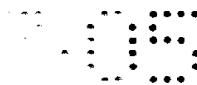
作为本发明的要点之一，所述致冷系统包括同时容纳有喷雾热交换器和套管式热交换器的罩式真空压力容器。对液体的气化热具有还原作

用的喷雾热交换器包含有至少一个对初级致冷介质加以导流的喷嘴和一套用来输送次级致冷介质加以导流的喷嘴和一套用来输送次级致冷介质的致冷介质输送系统。上述至少一个喷嘴将初级致冷介质导向致冷介质输送系统，从而使初级致冷介质接触到并冷却致冷介质输送系统，这样便使流经输送系统内部的次级致冷介质得以冷却。对于从上述喷雾热交换器中至少一个喷嘴喷射出的初级致冷介质来说，套管式热交换器对其可用焓值再次利用，该热交换器含有内管和围绕内管的外管，内管可使次级致冷介质被输送到喷雾热交换器的致冷介质输送系统中，外管用来输送在喷雾热交换器中已被还原的初级致冷介质。

作为本发明的另一要点，所述致冷系统包括以下部分：罩式真空压力容器；初级液体致冷介质输送系统，它含有装在罩式真空压力容器内部的至少一个喷嘴；以及次级致冷介质循环系统，它使次级致冷介质形成经过罩式真空压力容器的循环运动而到达致冷对象。上述至少一个喷嘴的设备方式可以保证初级液体致冷介质被喷射到次级致冷介质循环系统的某一部分上。被喷射的初级液体致冷介质因蒸发而使次级致冷介质循环系统内的次级致冷介质得到冷却。罩式真空压力容器内设有气体回收系统，它使得用以预冷次级致冷介质的已蒸发初级致冷介质得以再利用。

作为本发明的又一个要点，所述对致冷对象的冷却方法采用了由容纳在罩式真空压力容器内部的喷雾热交换器与逆流热交换器组合元件构成的致冷系统。该方法包含的步骤有：提供液态的初级和次级致冷介质；用喷雾热交换器将初级致冷介质喷射在含有次级致冷介质的集流管上，靠初级致冷介质的蒸发对次级致冷介质加以冷却；在逆流热交换器中使已蒸发的初级致冷介质再次利用；用逆流热交换器中已蒸发的初级致冷介质预冷次级致冷介质；通过次级致冷介质的循环冷却致冷对象。

本发明的另一个要点是提出了一对半导体晶片加工工艺中的基座的冷却方法。该方法包含以下步骤：提供液态的初级和次级致冷介质；用喷雾热交换器将初级致冷介质喷射在含有次级致冷介质的集流管上，靠初级致冷介质的蒸发对次级致冷介质加以冷却；在套管式热交换器中使已蒸发的初级致冷介质再次利用；用套管式热交换器中的已蒸发初级致



冷介质预冷次级致冷介质；通过控制初级和次级致冷介质两者中至少一方的流量而将基座冷却至所需温度。

附图简介

以下结合附图对本发明的各个方面加以更详细的介绍，各附图中的相同元件用相同的标示符表示，其中：

图 1 是如本发明所述技术的流体流程图及控制系统框图；

图 2 是如本发明所述致冷系统的侧视截面示意图，该图仅表示了套管式热交换器的某一部分；

图 3 是将图 2 所示致冷系统旋转 90° 后得到的侧视截面示意图，该图仅表示了套管式热交换器的某一部分；

图 4 是图 2 和图 3 所示致冷系统的俯视截面示意图；

图 5 是半导体加工工艺测试台的侧视图；

图 6 是如本发明所述喷雾热交换器元件的侧视图；

图 7 是图 6 所示喷雾热交换器元件的截面放大视图；

图 8 所示曲线将本发明液氮致冷系统的相对效率与普通的氟利昂致冷系统做了比较；

图 9 所示曲线表示了基座上不同位置的温度时变特性。

上述附图仅为示意图，不具真实比例。

如本发明所述的致冷系统采用了初级和次级致冷介质，其致冷效果在较低温度下优于普通氟利昂致冷系统，其系统结构也比普通致冷系统紧凑。该致冷系统含有喷雾热交换器 20 与套管式热交换器 30 的组合部件，该组件装在某一单个的罩式真空压力容器 10 中。

图 1 是本发明流体流程及控制系统的示意图。该致冷系统的基本元件包含：罩式真空压力容器 10，喷雾热交换器 20，套管式逆流热交换器 30 以及控制单元 40。液态的初级致冷介质（推荐使用液氮）是从某一加压的致冷介质源 12 传递而来的。本发明在此考虑以液氮为初级致冷介质的热交换器。不过，在本发明的构想范围内，根据使用要求而采用其它类型致冷介质的方案也是可以接受的，并不超出本发明的范围。例如，可以将氮，氩，氦，氖以及它们的混合物作为初级致冷介质。初级致冷介质还可以包含一定量的杂质。

出自致冷介质源 12 并由电磁阀 14 控制的液态氮 N_2 在进入喷雾热交换器 20 后经由其中的一个或多个喷嘴（图中未加表示）而被喷射出来。喷射 N_2 的喷嘴可使 N_2 呈细雾状并使该细雾直接作用在次级致冷介质输送系统上。 N_2 会随之蒸发，其汽化热的作用可以冷却输送系统中的次级致冷介质。下文将结合图 2 - 4 详细介绍喷雾热交换器 20 的结构及工作原理。

在经由喷雾热交换器 20 的喷嘴喷射并蒸发后，罩式真空压力容器 10 中的气态 N_2 被回收并进入套管式热交换器 30 中。在喷雾热交换器中蒸发之后，进入套管式热交换器 30 中的气态 N_2 仍具有较低的温度。这种低温气态 N_2 所具有的可用焓值可再被用于对反向流经套管式热交换器 30 中的次级致冷介质加以预冷。下文将会对套管式热交换器 30 的结构及工作原理加以描述。离开套管式热交换器 30 的气态 N_2 会在电磁阀 16 的控制下由氮气排气口 28 排出。

在如本发明所述的封闭式次级致冷系统中，次级致冷介质的循环运动可使某一物体受到冷却，该物体可以是用于半导体晶片制做工艺中的基座。次级致冷介质可以是丙烷，乙醇，丙烯，甲烷，氨水，正丁烷，异丁烷，或者是它们的混合物，还可以是其它适当的致冷介质。在封闭的次级致冷系统中，某一致冷介质回送装置 32 可使次级致冷介质从被冷却的致冷对象处回流。次级致冷介质在泵 18 的作用下通过循环运动而进入套管式热交换器 30 中并在其中被 N_2 气体预冷。在出自套管式热交换器 30 的次级致冷介质流经喷雾热交换器 20 时，完整的致冷过程便实现了。其后，次级致冷介质会被输送到致冷介质馈料装置 34 中并在此处被用来冷却诸如基座一类的物体。

对于流经上述封闭系统的次级致冷介质的流程控制可推荐由位于喷雾热交换器 20 出口一侧的三个控制阀来完成，它们是分流阀 22，电磁阀 24 和小型液控随动阀 26。小型液控随动阀 26 的作用是实现基座的中等温降及（或）温度维持。与液控随动阀 26 相比，电磁阀 24 在开启时可使基座在更短的时间内产生更大的温降。最后，分流阀 22 可以使次级致冷介质形成流经热交换器 20 及 30 的回流，从而获得相对稳定的致冷介质流量，这样便产生了更稳定的致冷温度。在分流阀 22 与液控随动阀

26 或电磁阀 24 的联合作用下，该系统可在短时间内达到很低的温度。

如本发明所述以液态 N_2 为初级致冷介质的致冷系统可以达到 -190°C 至 20°C 的次级致冷温度。本发明的致冷系统冷冻容量较大，具有获得深冷温度的能力，而且其落地尺寸较小（换言之，该系统所需的占地面积比普通系统要小）。

如本发明所述的热交换器可推荐配备一套含有若干压力敏感元件 P 及温度敏感元件 T 的控制系统，各敏感元件与控制单元 40 相连。根据从压力敏感元件 P、温度敏感元件 T 以及使用者的输入指令接受到的信息，控制单元 40 可对阀 14、16、22、24、26 以及泵 18 实施控制。控制单元 40 还具有可编程功能，因此可以实施预设的温控方案，从而可以实现对对象温度的分段式控制。

图 2 及图 3 表示了大体为圆柱形的罩式真空压力容器 10 的侧视示意图。作为推荐配置方案，喷雾热交换器 20 位于罩式真空压力容器 10 的中部，而套管式热交换器 30 则以蛇形沿罩式真空压力容器 10 的内周边布置。出于表示的方便，图 2 和 3 仅表示了套管式热交换器 30 的某一单个垂直部分。然而，在图 4 中可以看出，套管式热交换器 30 具有多个由弯曲端部连接起来的垂直部分。

如图 2 所示，初级致冷介质（推荐采用加压液氮 N_2 ）是经由进流管 42 进入罩式真空压力容器的。液氮 N_2 从四个分列于热交换元件 46 两侧的喷嘴 44 中喷射出来。液氮 N_2 以细雾状喷射在热交换元件 46 上并发生汽化，这使得热交换元件 46 受到冷却，而冷却的热交换元件 46 又进一步冷却了流经其中的次级致冷介质。对喷嘴 44 的设置可推荐考虑让细雾状飞沫覆盖全部或大体全部的热交换器元件 46 表面。喷嘴 44 的数量及规格设置取决于具体使用场合的致冷输出要求。增加喷嘴的数量和尺寸将使次级致冷介质的冷却速度加快，同时也会提高系统的总成致冷容量。

罩式真空压力容器 10 中的低温氮气 N_2 是流经套管式热交换器 30 而排出的，低温氮气 N_2 的焓值在这里被再利用。套管式热交换器 30 含有内管 48 和环绕内管 48 的同轴外管 50。低温氮气 N_2 经由罩式真空压力容器 10 底部附近的入口 64 而进入套管式热交换器 30 中。穿过同轴外

管 50 的低温氮气 N_2 会冷却穿过套管式热交换器 30 内管 48 的次级致冷介质。初级致冷介质经过氮气 N_2 排气口 52 而从套管式热交换器 30 中排出。排气口 52 的设计指标是使氮气 N_2 以 30psi 至 100psi 的压力排出。排出的氮气 N_2 可满足其它使用要求。

次级致冷介质是通过一个与套管式热交换器 30 内管 48 相通的管 54 而进入罩式真空压力容器 10 的。在进入热交换元件 46 底部之前，次级致冷介质会在穿过套管式热交换器的内管 48 时得到预冷。

如图 6 和 7 所示，热交换元件 46 具有上集流管 56、下集流管 58 以及分布在上、下集流管之间的多条管路 60。如图 7 所示，管路 60 交错地排列在隔板 62 两侧。隔板 62 的作用是将出自热交换元件 46 每一侧喷嘴 44 的 N_2 流来相互隔开。隔板 62 还使热交换元件 46 的表面积得以增加，从而提高了导热能力。热交换元件 46 和低温致冷介质出流管 47 构成了致冷介质输送系统。

如图 4 所示，套管式热交换器 30 沿着罩式真空压力容器 10 的内周缘上下绕行。套管式热交换器 30 具有若干个由上下弯段 80，82（在图 4 中以虚线表示）连通的垂直部分。由于罩式真空压力容器 10 中可安置大量的管段，因此上述热交换器配置方式的结构极为紧凑。改变垂直段及弯段的数量便可改变套管式热交换器 30 的长度。套管式热交换器 30 的可取长度取决于低温氮气 N_2 的可再利用的焓值。喷雾热交换器 20 的推荐位置是罩式真空压力容器 10 的中部，此时的喷嘴 44 可垂直于热交换元件 46 并与之相隔开。如图 4 所示，喷嘴 44 可被置于套管式热交换器 30 的两个垂直段之间。

图 5 表示了用于本发明实验的测试台。测试台是对半导体加工装置的模拟。该测试台具有隔离体 66，基座 68 和晶片衬垫 70。测试台上装有利于本发明试验的模拟晶片 72 和电阻加热器 74。基座 68 上设有冷却管，途经该冷却管入口 76 及出口 78 而循环的次级致冷介质可以对基座 68 实施致冷。

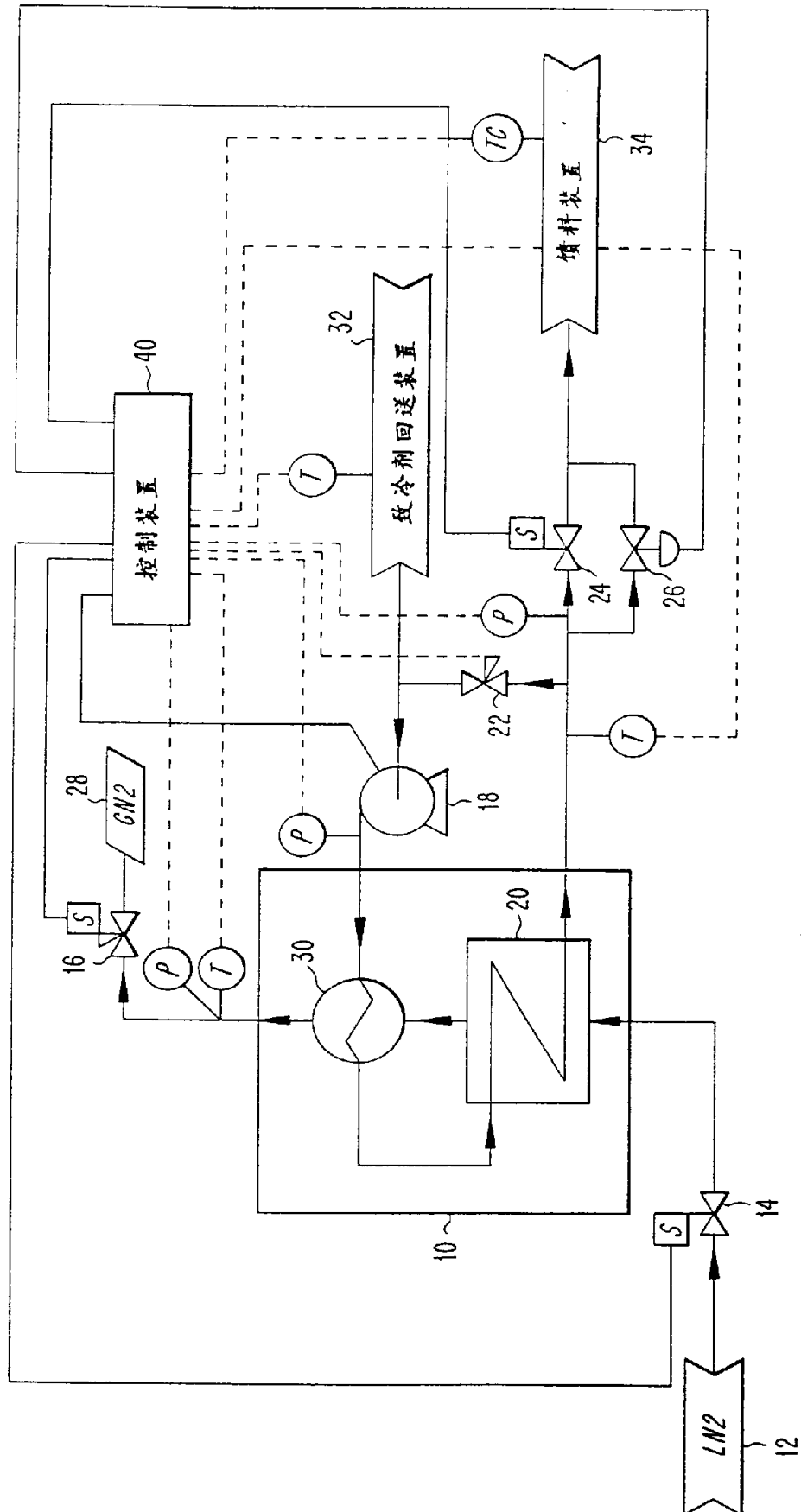
本发明热交换器是与图 5 所示测试台相通的，这样便可确定基座 68 所能达到的温度。图 9 是基座上不同位置处的温度时变曲线。首先用 2KW 热容量的电阻加热器 74 对基座 68 进行加热，此时，由于液控随动阀 26

可使次级致冷介质形成穿越基座 68 的循环运动，因此基座温度被维持在 80 °C 至 90 °C 之间。接着，，由于电磁阀 24 开启乃至穿越基座的次级致冷介质循环速度加快，基座 68 便会被进一步冷却。曲线 T_2 、 T_3 、 T_4 和 T_5 代表了基座上不同位置的时变特性。如图 9 所示，基座温度在大约 11 秒内下降了 30 °C。由于其高效性及快速响应特性，用本发明所述致冷系统取代普通致冷系统将会在具有低温、中等温度或快速响应等要求的场合中表现出优越性。在需要预设温度变化程序的使用场合中，采用本发明所述系统将更显优越性。

如图 8 所示，与采用氟利昂的普通致冷系统相比，本发明所述致冷系统具有高得多的热效率。这一点在 + 20 °C 至 - 20 °C 的致冷要求中尤为显著，此时，普通致冷系统的相对热效率为 8 % 至 9 %，而同样要求下本发明所述致冷系统的相对热效率可达到约 88 %。在至 - 40 °C 的致冷要求场合中，普通机械致冷系统的热效率是极低的。除热效率大大增加以外，达到相同量值致冷要求所需的本发明所述致冷系统的尺寸也至多仅为普通致冷系统的十分之一。

在此对本发明的详述是结合优选实施例进行的，显然，对于本领域专业人士来说，本发明存在许多不超出本发明思路及构想范围的变化型和等效方案。

图 1



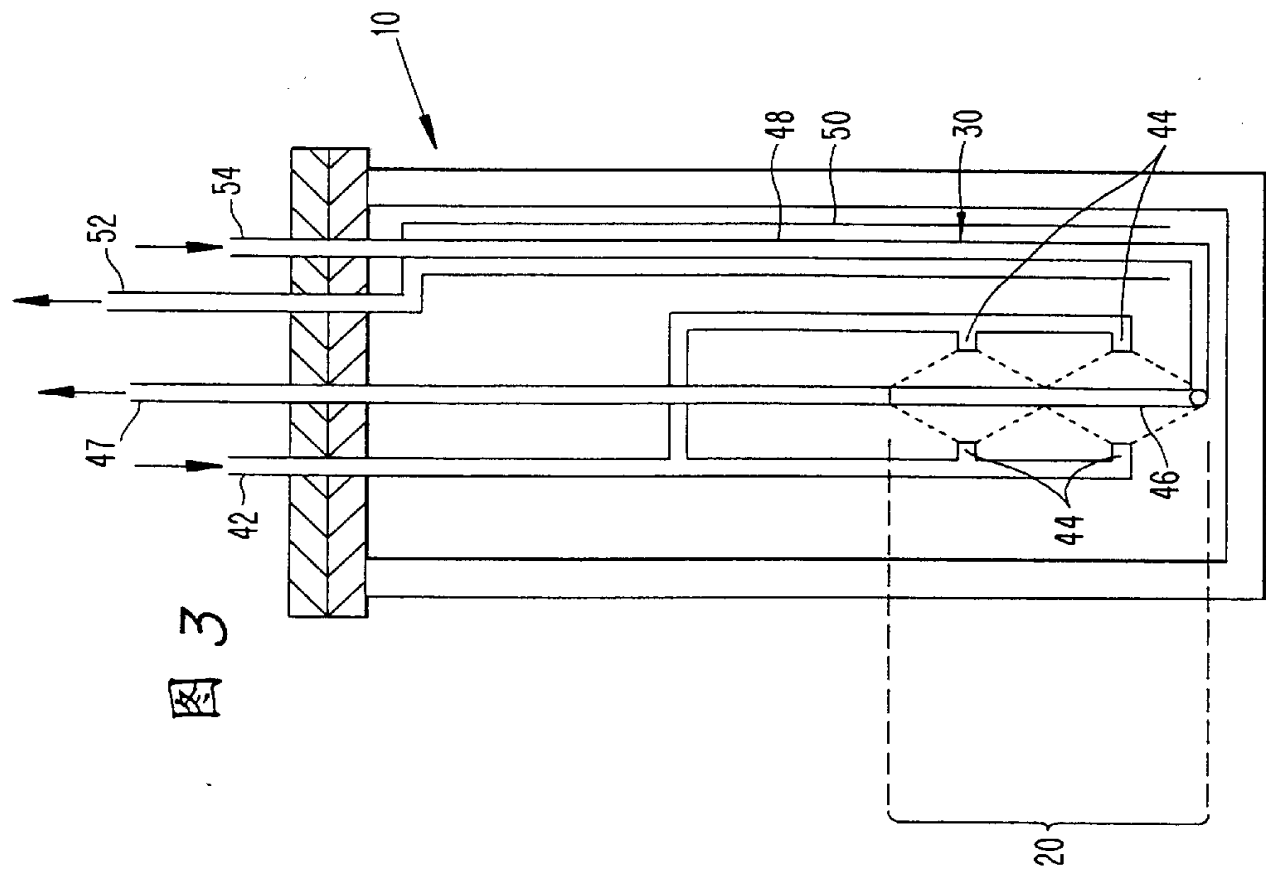
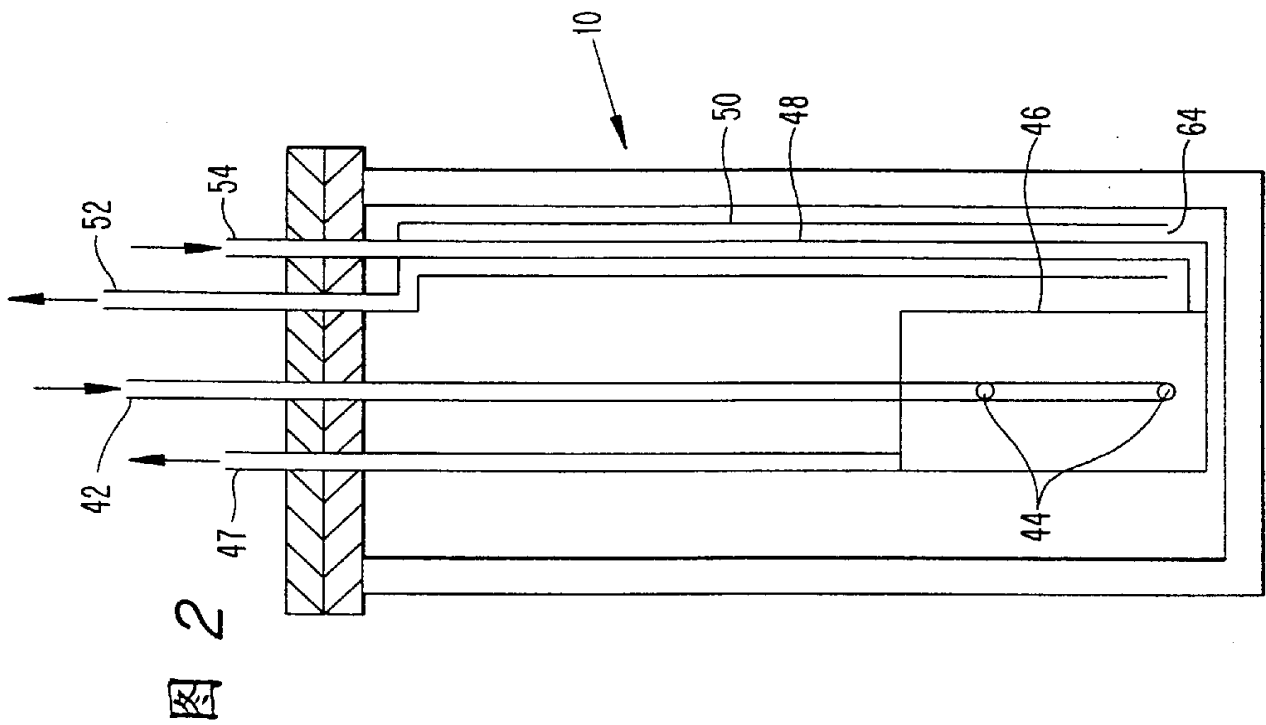


图 4

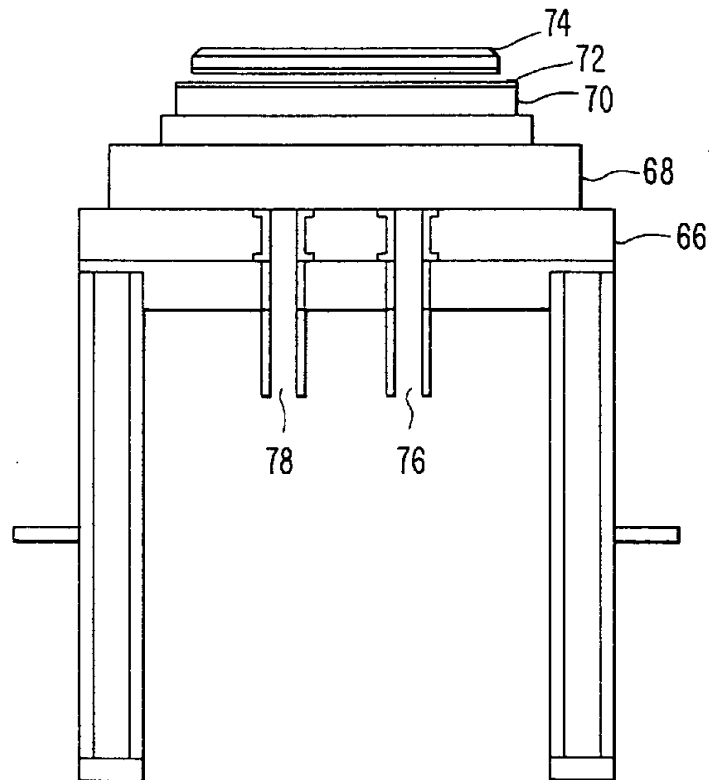
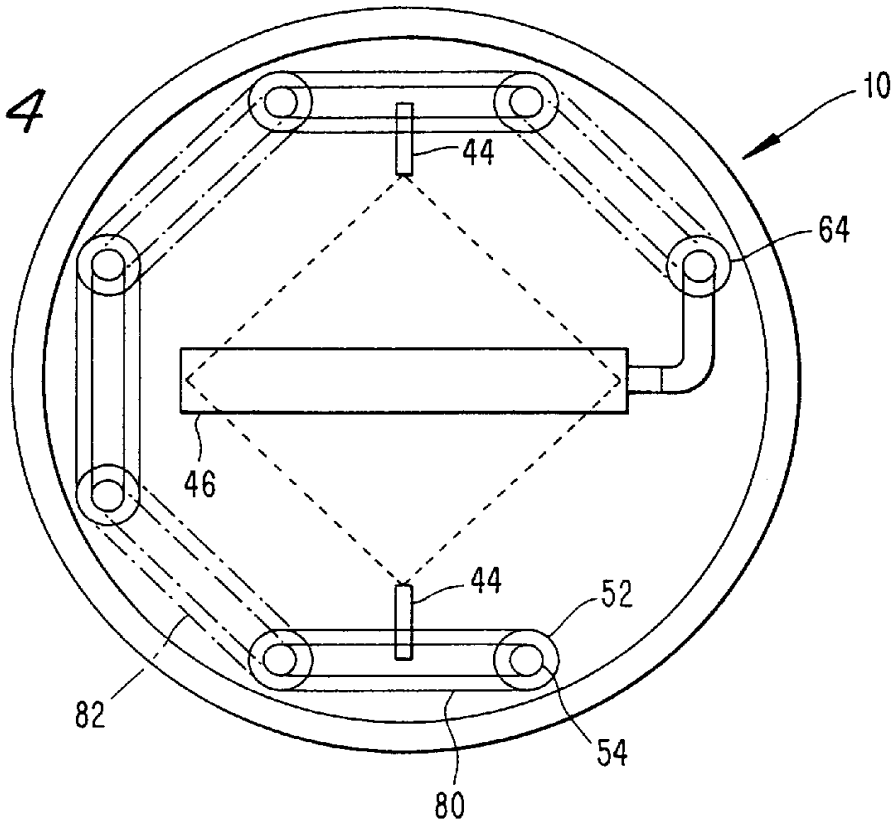


图 5

图 6

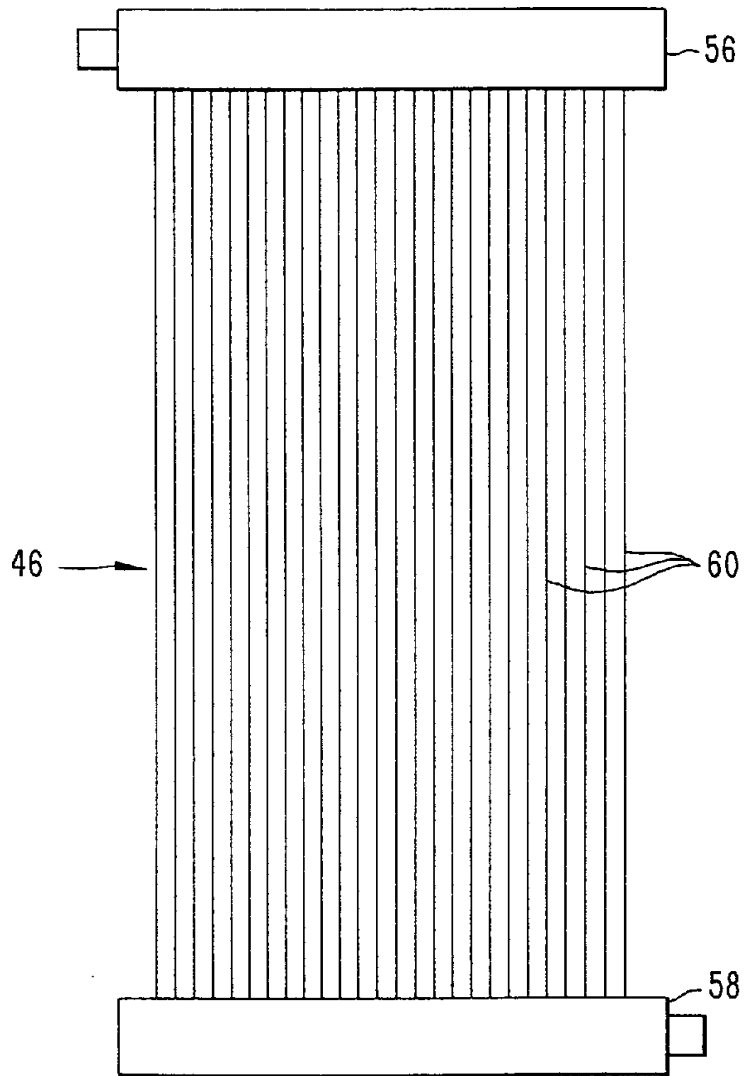


图 7

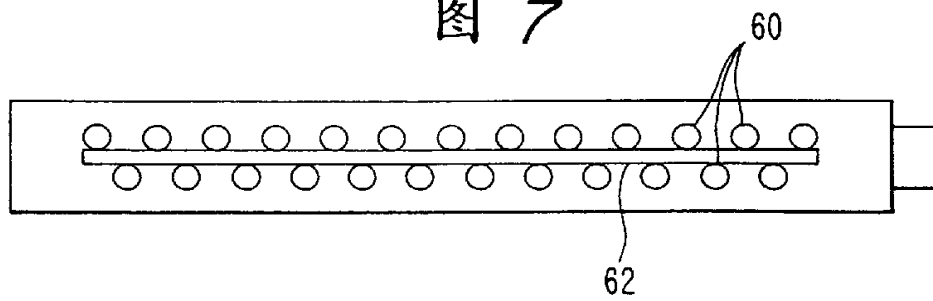


图 8

LN2 和传统冷却系统的相对效率

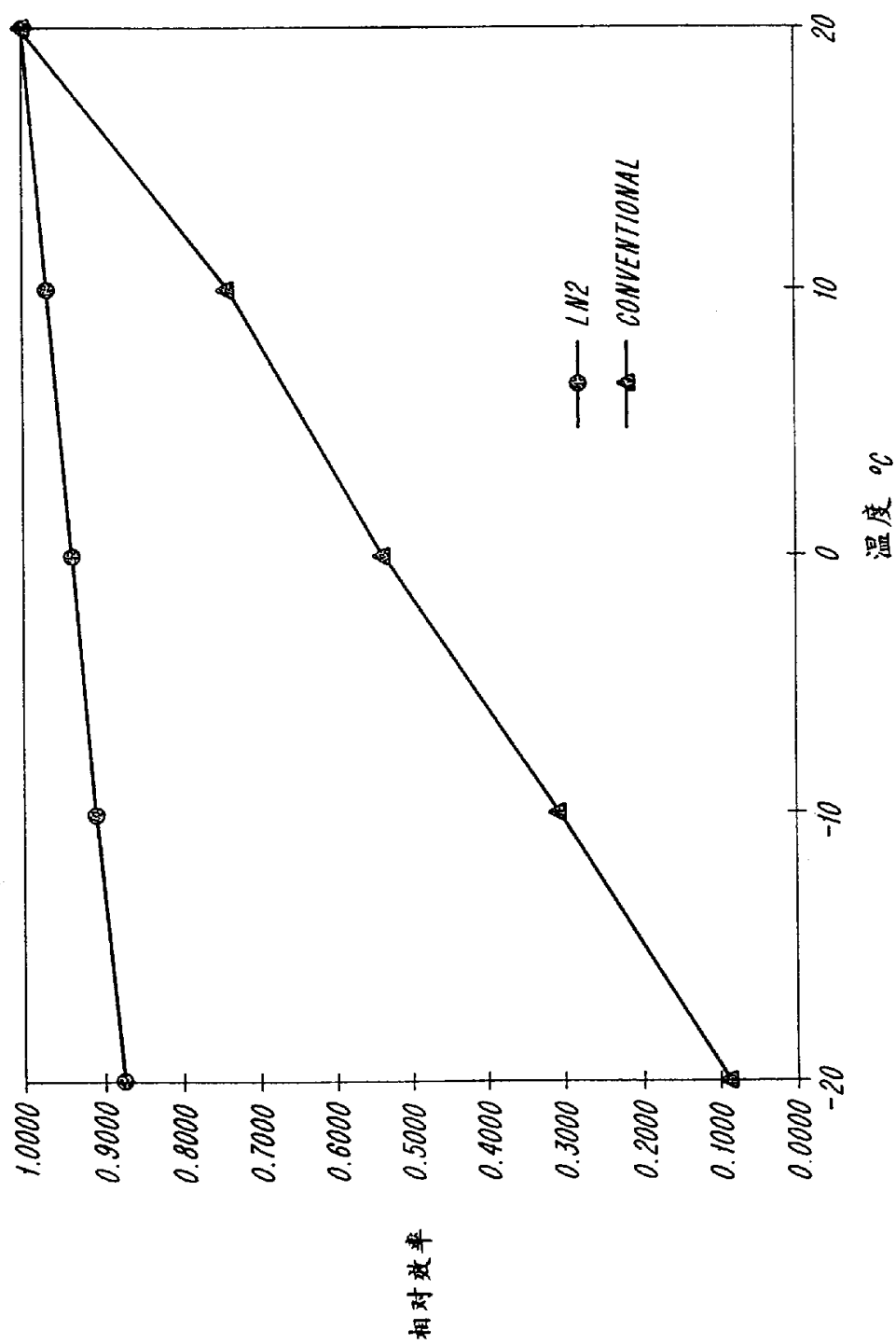


图 9

