

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H05B 6/64

H05B 6/80 H05B 6/68

A21B 1/00 F27D 11/00

H01Q 13/10



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01822354.0

[43] 公开日 2004年4月7日

[11] 公开号 CN 1488234A

[22] 申请日 2001.12.20 [21] 申请号 01822354.0

[30] 优先权

[32] 2000.12.29 [33] US [31] 60/258,944

[86] 国际申请 PCT/US01/50456 2001.12.20

[87] 国际公布 WO02/054830 英 2002.7.11

[85] 进入国家阶段日期 2003.7.28

[71] 申请人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 C·R·阿拉亚

M·F·伊斯坎德尔

E·M·维连诺

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

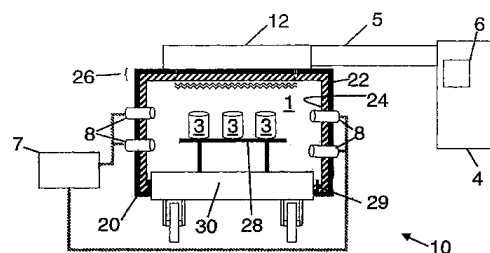
代理人 张民华

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 3 页

[54] 发明名称 用于加工陶瓷制品的设备和方法

[57] 摘要

用于加工陶瓷材料的设备和方法包括将陶瓷材料放入具有一微波空腔的一微波加热设备中；使陶瓷材料受到微波辐射和传统加热的组合作用；控制陶瓷加工的均匀性，使通过至少一根有分枝的直槽口的波导管将微波辐射施加于陶瓷材料避免变形和开裂，该波导管使辐射在整个微波空腔中的微波基本均匀分布。



ISSN 1008-4274

1. 一种加工一陶瓷材料用的方法，该方法包括：
将陶瓷材料放置在具有一微波空腔的一微波加热设备之中；
使陶瓷材料受到微波辐射和传统加热的组合作用；以及
控制陶瓷材料加工的均匀性，使通过至少一根有分枝的有槽口的波导管将微波辐射施加于陶瓷材料以避免变形和开裂，该波导管使微波辐射基本均匀分布在微波空腔内。
2. 按照权利要求 1 的方法，其特征在于，进入陶瓷材料的功率超过约 15×10^{-3} 毫瓦/平方米，在施加于该空腔内的一第一指定区域中的陶瓷材料的微波功率和施加于该空腔内的一第二指定区域中的陶瓷材料的微波功率之间的最大偏差不超过约 25%。
3. 按照权利要求 1 的方法，其特征在于，进入陶瓷材料的功率超过约 17.5×10^{-3} 毫瓦/平方米，在施加于该空腔内的第一指定区域中的陶瓷材料的微波功率和施加于该空腔内的第二指定区域中的陶瓷材料的微波功率之间的最大偏差为约 17% 或在其之下。
4. 按照权利要求 1 的方法，其特征在于，控制陶瓷材料加工的均匀性包括：选择在波导管中的槽口的数量，以使微波辐射在整个微波空腔内基本均匀分布。
5. 按照权利要求 1 的方法，其特征在于，控制陶瓷材料加工的均匀性包括：选择在波导管中的槽口的所需尺寸，以使微波辐射在整个微波空腔内基本均匀分布。
6. 按照权利要求 1 的方法，其特征在于，控制陶瓷材料加工的均匀性包括：选择在波导管中槽口的所需位置，以使微波辐射在整个微波空腔内基本均匀分布。
7. 按照权利要求 1 的方法，其特征在于，控制陶瓷材料加工的均匀性包括提供至少一根有分枝的“T”形波导管。
8. 按照权利要求 7 的方法，其特征在于，控制陶瓷材料加工的均匀性包括：选择在有分枝的波导管中的槽口的所需数量，以使微波辐射在整个微波空

腔内基本均匀分布。

9. 按照权利要求 7 的方法，其特征在于，控制陶瓷材料加工的均匀性包括：选择在有分枝的波导管中的槽口的所需尺寸，以使微波辐射在整个微波空腔内基本均匀分布。

10. 按照权利要求 7 的方法，其特征在于，控制陶瓷材料加工的均匀性包括：选择在有分枝的波导管中槽口的所需位置，以使微波辐射在整个微波空腔内基本均匀分布。

11. 按照权利要求 7 的方法，其特征在于，通过诸连接孔连接有分枝的波导管。

12. 按照权利要求 1 的方法，其特征在于，所述有槽口的波导管包括微波空腔的一支撑结构。

13. 按照权利要求 1 的方法，其特征在于，还包括在微波空腔中保持一含湿环境。

14. 一种设备，它包括：

与一微波空腔连通的一传统加热源；以及

通过至少一根有槽口的波导管与微波空腔连通的一微波功率源，该波导管使辐射在整个微波空腔内的微波基本均匀分布。

15. 按照权利要求 14 的设备，其特征在于，进入陶瓷材料的功率超过约 15×10^{-3} 毫瓦/平方米，在施加于该空腔内的一第一指定区域中的陶瓷材料的微波功率和施加于该空腔内的一第二指定区域中的陶瓷材料的微波功率之间的最大偏差不大于约 25%。

16. 按照权利要求 14 的设备，其特征在于，进入陶瓷材料的功率超过约 17×10^{-3} 毫瓦/平方米，在施加于该空腔内的一第一区域中的陶瓷材料的微波功率和施加于该空腔内的一第二区域中的陶瓷材料的微波功率之间的最大偏差为约 17% 或在其之下。

用于加工陶瓷制品的设备和方法

本申请要求由 Araya 于 2000 年 12 月 29 日提交的标题为“用于加工陶瓷制品的设备和方法”的美国临时专利 No.60/258,944 的优先权。

发明背景

本发明涉及用于加工陶瓷材料的设备和方法。尤其，本发明涉及用于加工陶瓷材料，包括微波和传统加热相结合的设备和方法，特别是一种用于通过有槽的波导管控制微波功率的场强度以均匀分布贯穿陶瓷材料的功率、使由制品吸收的功率最大化，而使它的周围物体吸收的功率最小化的设备和方法。

在陶瓷材料的加工中所使用的传统加热通常使用辐射的气体火焰、电阻加热等。使用传统加热通常会造成陶瓷材料内部的一热差。这差异部分是由于辐射加热仅施加于材料的表面和它依赖于材料的热传导率，通常在表面之下传送热能和进入工件的内部的性能较差。换句话说，传统加热包括主要由对表面的辐射或对流、然后是从表面进入陶瓷体的内部的传导所实现的热传递。如果核心—表面差异发展得太大，就可能产生陶瓷材料的内部开裂和变形。快速点火使较差的热传递和最终开裂的问题进一步恶化。

此外，核心—表面热梯度的存在还能够造成不均匀烧结，尤其是表面烧结发生在内部烧结之前，以及表面烧结比内部烧结以更快的速率进行。其后果，陶瓷材料可以展现不均匀的性质。

已提出了解决这些问题的一些方案，包括降低加热速率或允许长时间保持某些温度。这些方案的每一个都允许热能被传导进入陶瓷的核心之中，这又允许陶瓷材料的核心温度“赶上”表面的温度，从而使表面/核心温度差最小。但是不幸的是，传统加热的理论限制通常会缓慢对大多数陶瓷材料的加热速率，尺寸较小的陶瓷工件除外。

陶瓷的微波加热已可供选用地、成功地用于烧制陶瓷材料。与传统加热比较，微波加热包含按照体积加热机理直接将能量放置在陶瓷材料内部。具体说

来，使用微波能量包含将能量传送到陶瓷物品的整个横截面，而不是物品的表面。虽然陶瓷材料的微波加热由于这种体积加热比传统的加热快得多，当它单独被利用时，像传统加热一样也造成陶瓷物品有一热差，不过它是一种相反的热差，即陶瓷物品的核心比表面有较高的温度。尤其是，用微波将陶瓷材料加热到高温时，陶瓷物品的内部很快开始吸收大部分微波能量，这种后果被称为热失控。

虽然陶瓷材料的表面与核心一起被加热，但是表面很快向周围失去它的许多热能，周围的温度通常比陶瓷材料的平均温度低。当核心开始优先地吸收微波能量时，这热失控现象变成自身传播。简单地说，当陶瓷材料温度上升时，热损失变大，核心—表面热差值增加，再次导致其中的热应力，以及最终陶瓷材料开裂。

除了从陶瓷材料的表面产生热损失之外，在炉内微波功率分布的不均匀和陶瓷物品材料的不均匀性导致陶瓷材料有差别的吸收微波能量，以及造成微波加热的热差。

已有人提出组合微波/传统加热或微波辅助加热作为一替换方案来克服只使用传统和只使用微波加热的问题。在包含微波和传统加热的微波辅助加热之中，由微波提供的体积加热对诸组成部分加热，同时由气体火焰或电阻加热元件提供的传统加热通过将热量提供给表面和它的周围使离开诸组成部分的表面的热量损失减至最少。这种组合的混合加热能够产生避免与仅仅传统和仅仅微波烧制相关联的热分布的加热。因此，能够降低热应力或使其最小，从而能够更迅速加热陶瓷物品。

虽然已提出多种实施的方法，但仍难于协调相应的微波和传统功率输入以实现陶瓷物品的最佳的均匀加热。在 PCT 申请 WO95/05058 和 WO93/12639 以及美国专利 No.5,191,183 揭示了微波辅助陶瓷烧制标准控制方法的多种变化的方法。这些专利通常揭示单独控制微波能量在陶瓷物品中所产生的热量和通过测量在包含陶瓷物品的一容器内的环境温度控制辐射热。在环境温度测量的基础上并响应此测量，由微波能量或辐射热的一或两个控制陶瓷物品内所产生的热量。虽然这种控制方法是对现有传统控制方法的一改进，但炉内气体和发生在陶瓷材料内的化学反应效果的不均匀混合造成难于精确预计陶瓷物品表面

和内部温度。

在大多数工业热处理应用中加热均匀性是最重要的。通常，在炉内在多层内堆集许多陶瓷物品以提高生产率。这提高了炉内适当数量热量的均匀分布的重要性，以保证每件陶瓷被适当烧制，从而避免烧坏、开裂或其它不希望有的后果。在相对脆弱的未烧结的薄壁陶瓷蜂窝结构中均匀分布特别关键，在该结构中必须保持最小加热应力，以在商业数量和可接受的加工产量中生产无裂缝的制品。

改进微波功率分布的方法包括在波导管的端部处或微波空腔的其它部分中使用搅动器。虽然，放置在微波口的前方的搅动器有助于使功率分布不规则，但是它们关联有其它问题，例如高反射和需要对波导管加调谐器以使这反射功率的潜在损失最小以及在一热环境中需要对于运动零件进行保养。

对使用搅动器的可被替换选用的方案包括使用多个波导管和有槽口波导管以争取更均匀分布功率。但是，至今该技术缺乏一种炉结构，该结构能使微波加热功率按需达到均匀的分布，以能够提高每物件或制品零件所吸收的能量。

美国专利 No.4,164,742 涉及一有槽口波导管型束状的天线阵列，如在雷达系统中通常所利用的、这波导管阵列的目的是从一槽口阵列孔产生多个微波束。具有联接槽口（coupling slots）的两个波导管在一公共边界相连接，以形成用于雷达应用的分离的微波束。在用于生产陶瓷制品的一炉中，一般不采用微波束分裂（beam splitting）来提供一均匀的加热图形。

发明概要

因此，本发明的一个方面是提供一设备和方法，用于在加热陶瓷制品中所使用的一组合微波和传统加热系统中均匀分布微波功率，以克服上述系统中的缺点。

按照本发明的另一方面，提供加工包括多个陶瓷物品的一陶瓷材料的一方法，该方法包括将陶瓷材料放置在具有一微波空腔的一微波加热设备中。陶瓷材料受到微波辐射和传统加热的复合作用。控制陶瓷材料的加工均匀性，使通过至少一个和较佳地一阵列的有槽口波导管、最好是枝状的多个有槽口波导管

将微波辐射施加于陶瓷材料以避免变形和开裂。该波导管或诸波导管被构造成在整个微波腔内基本均匀分布微波辐射。

当在一静态系统中测量时，分布的均匀性使在传送到该腔内的一第一位置中的一陶瓷物品的微波功率和传送到该腔内的一第二位置中的一陶瓷物品的微波功率之间的最大偏差不超过 25% 左右。并且，在输入到微波腔内的陶瓷制品的功率保持在 15×10^{-3} 毫瓦/平方米的强度或超过这强度的情况下保持功率分布的均匀性。

按照本发明的另一方面，提供一设备，该设备包括与微波腔相连通的一传统加热源。一微波功率源通过至少一有槽口波导管与微波腔连通。该至少一个有槽口波导管在整个微波腔内基本均匀地分布微波辐射，使进入微波腔中的一陶瓷材料的功率在约 15×10^{-3} 毫瓦/平方米之上，并且，当在一静态系统中测量时、在供应到该腔内的一第一指定区域中的陶瓷材料的微波功率和供应到该腔内的一第二指定区域中的陶瓷材料的微波功率的最大偏差不超过 25% 左右。

附图简述

图 1 是按照本发明的一设备的侧视图。

图 2 是按照本发明的一设备的一细节的侧视图。

图 3 是示出了 8 个标准供应口的现有技术的一波导管结构的俯视图。

图 4 是示出了 8 个有直槽口的波导管的现有技术的一波导管结构的俯视图。

图 5 是表示出了 8 个有槽口的 T 形波导管的本发明的一波导管结构的俯视图。

图 6 是示出了 8 个有槽口的 T 形波导管的本发明的一波导管的结构的俯视图。

图 7 是示出了 4 个有槽口的 T 形和 4 个有槽口双 T 形波导管的本发明的一波导管结构的俯视图。

图 8 是示出了 8 个有槽口的交错的 T 形波导管的本发明的一波导管结构的俯视图。

本发明的具体描述

本发明涉及加工一陶瓷材料的一方法，该方法包括：将陶瓷材料放置在具有一微波腔的一微波加热设备中；使陶瓷材料受到微波辐射和传统加热的组合作用；以及，控制陶瓷材料加工的均匀度，使通过至少一个有槽口的波导管将微波辐射施加于陶瓷材料以避免变形和开裂，该至少一个有槽口的波导管基本均匀地将微波辐射分布在整个微波腔内，使输入陶瓷材料的功率大于 15×10^{-3} 毫瓦/平方米左右，并且，当在一静态系统中测量时，在施加于该腔内的一第一指定区域中的陶瓷材料的微波功率和施加于该腔内的一第二指定区域中的陶瓷材料的微波功率之间的最大偏差不超过约 25%。

较佳地，按照该方法，进入陶瓷材料的功率超过 17×10^{-3} 毫瓦/平方米左右，并且，在供应到该腔内的一第一指定区域中的陶瓷材料的微波功率和供应到该腔内的一第二指定区域中的陶瓷材料的微波功率之间的最大偏差不超过约 22%。

更较佳地，按照本发明，进入陶瓷材料的功率超过 17.5×10^{-3} 毫瓦/平方米左右，并且，在施加于该腔内的一第一指定区域中的陶瓷材料的微波功率和施加于该腔内的一第二指定区域中的陶瓷材料的微波功率之间的最大偏差为 17% 左右或低于该数值。

在另一实施例中，本发明涉及一设备，该设备包括：与一微波腔连通的一传统热源；以及，通过至少一有槽口的波导管与微波腔连通的一微波功率源，使微波辐射在整个微波腔内基本均匀分布，从而进入微波腔中的一陶瓷材料的功率超过 15×10^{-3} 毫瓦/平方米左右，并且，当在一静态系统中测量时，在供应到该腔内的一第一指定区域中的陶瓷材料的微波功率和供应到该腔内的一第二指定区域中的陶瓷材料的微波功率之间的最大偏差不超过约 25%。

较佳地，按照该设备，进入陶瓷材料的功率超过 17×10^{-3} 毫瓦/平方米，并且，在供应到该腔内的一第一指定区域中的陶瓷材料的微波功率和供应到该腔内的一第二指定区域中的陶瓷材料的微波功率之间的最大偏差不超过约 22% 左右。

更较佳地，按照该设备，进入陶瓷材料的功率超过 17.5×10^{-3} 毫瓦/平方米，并且，在供应到该腔内的一第一指定区域中的陶瓷材料的微波功率和供应到该

腔内的一第二指定区域中的陶瓷材料的微波功率之间的最大偏差为 17%左右或低于该数值。

为本说明的目的，一静态系统是一加热系统，其中，在加热期间制品不移动和在加热期间在微波腔内没有运动的机械零件，例如搅动器、转台和运动天线等。虽然本发明不局限于对静态系统的使用，但是使用一静态系统中的功率测量值用来与在各种波导管结构和组合炉设计中的入射功率大小和微波场均匀性作对比。

一有槽口的波导管是一微波辐射分布装置，该装置具有一槽口结构，其中诸槽口允许微波辐射通过波导管的侧面逸入、辐射和/或渗入该设备。

按照本发明的用来产生微波的发生器源能够构成具有一可调功率特性的任何传统磁控管，或其它微波源。较佳地，所使用的入射微波的频率将在所使用国家的一规定的工业、科学医学（“ISM”）的频带之内，例如对于美国为约 915 兆赫或 2.45 千兆赫。在其它国家，类似频率是规定的 ISM 频带。入射微波的功率不需要超过足以将陶瓷物品的温度提升到有效加热陶瓷物品的一温度的功率。尤其，各微波发生器的各种功率级应为直至约 100 千瓦。

在一典型的系统中将能够测量陶瓷物品的表面温度和陶瓷物品中心附近的温度，即核心温度的一温度测量系统连接于一控制单元。该控制单元单独地控制微波功率源/控制器和传统加热源/控制器。这控制单元较佳地包括一可编程的逻辑控制器（“PLC”）和一计算机的组合。温度测量系统与温度传感器协作能够测量陶瓷物品的表面和核心温度。在此使用的专业用词“核心”是指陶瓷物品的内部或单个陶瓷物品的中心附近，但是能够在陶瓷物品的内部的位置测量核心温度以精确反应核心的温度。适当的传感器包括例如一高温计（或其它温度自计设备）、一被屏蔽的热电偶、光导管或黑体探头。在一较佳实施例中，传感器构成被屏蔽的热电偶，该热电偶包括未接地的 S 型或 B 型热电偶形式的一向前延伸的温度探头和被装入一接地的铂外壳或其它高温导电的外壳内。

在商业运作中，陶瓷材料用电磁微波辐射和传统加热进行加工，以控制核心和表面温度。将陶瓷物品放置在具有一微波腔的一微波加热设备中和遭受到受控组合的微波辐射和传统加热。微波辐射和传统加热的数量是按照一预定的

时间—温度曲线加热陶瓷物品来确定的。要如此确定从室温到烧结保温温度范围的时间—温度曲线，使将陶瓷材料在很短的时间内加热到烧结保温温度，同时仍要使：一陶瓷物品的生产，在烧结保温温度时随后的保持之后，能展现出陶瓷材料所要求的特性，尤其是无开裂、无变形、具有目标性能的陶瓷产品。

图 1 示出了按照本发明烧制陶瓷产品的一基本烧制系统 10。系统 10 包括带有一微波腔 1 的一个由微波提供能源的炉子 20，在微波腔 1 内装有待烧制的许多陶瓷物品 3（例如陶瓷蜂窝结构）。炉子 20 包括例如铝或非磁性不锈钢的非磁性材料制成的一壳体 22。在全部内壁上该壳体衬有高温、低损耗隔热材料 24，例如矾土炉隔热材料 KVS-72 或类似高纯矾土。

一微波发生器 4，例如一磁控管，直接或间接地通过连接于一有槽口波导管或波导管阵列 12 的一波导管道或多根波导管道 5。来自波导管阵列的微波能量通过炉子 20 的顶部 26 中的许多孔口（未示出）送入空腔 1。微波发生器 4 包括用于连续调节空腔 1 内的微波功率的一微波功率源/控制器 6。

还提供一单独控制的传统热源/控制器 7，该传统热源/控制器 7 用于控制加热空腔 1 的传统加热源 8。适当的加热源 8 可以包括对流或辐射加热装置，包括但不局限于适于在一直接或间接烧制结构中进行加热的传统的电阻或气体燃烧器元件。

在炉子 20 内待烧制的陶瓷物品 3 在其中可以由例如一炉车 30 的装置支承，该炉车通常由金属制成。微波阻挡件 29 通常位于炉子的壁和车子 30 之间，以防止微波功率的泄漏。炉车 30 可以装备有一个或多个由高温材料、例如碳化硅制成的架子或支承件 28，来支承待烧制的物品。

图 2 示出了组合炉的顶部 26 的一部分的一示意横剖面端视图，在该部分上装有一波导管 12。波导管 12 位于顶部的壳体 22 中的一孔口 22a 之上，使来自波导管的微波功率能够通过这顶部和通过隔热材料 24 直接进入下面的炉腔。有槽口波导管，例如波导管 12，也可以或可被替换地位于炉子上的其它位置，包括炉子侧面，不过顶部安装通常是最方便的。由一蒸汽挡板 25 保护有槽口波导管，免受炉内环境的影响，该挡板较佳地由高纯石英玻璃或其它低损耗材料例如云母制成，并可以位于炉子壳体和波导管之间的一过渡段之中，并由一硅橡胶粘合剂安装在其中。

图 3 是用于由微波提供功率的炉子的一现有技术波导管布置的示意平面图，其中 8 根传统波导管 12a 引导微波功率通过炉子顶部 26a。在这种布置型式中，功率反射系数为 7.8%左右。为了叙述的目的，将功率反射系数定义为反射功率的数值被入射功率的数值除后再乘以 100。图 4 示出了现有技术的另一波导管布置，其中定位 8 根有直槽口的波导管 12a，引导功率通过炉子顶部 26a。这种布置的功率反射系数为 5%左右。

图 3 和 4 的波导管布置没有提供在用于有效烧制陶瓷产品，例如薄壁陶瓷蜂窝结构所必需的微波输入功率级情况下，使陶瓷件的变形和/或开裂最小化所要求的微波功率分布的均匀性。另一方面，附图中的图 5 示出了本发明的一波导管布置，该布置提供了必需的均匀性。

更仔细地参阅图 5，它示意地示出了 8 个有分枝的有槽口波导管 12，这些波导管称为有槽口“T”形波导管并被适当定位，以充分的均匀性引导微波功率通过炉子顶部 26，实现炉子内陶瓷材料或物品中的低的开裂程度。这种布置的功率反射系数为 5.3%左右。附图 6 中示出了关于一组有槽口“T”形波导管的一有效的可被替换的布置，该布置的特点是约 3.2%的功率反射系数。

图 7 示出了本发明的另一有分枝的波导管布置，它有 4 根有槽口“T”形波导管 12 和 4 根有槽口双“T”形波导管，并被定位成通过炉子顶部 26 传送微波能量。这种布置的功率反射系数为 3.6%左右。附图 8 还示出了按照本发明的另一波导管布置，它在微波空腔的顶部上有 8 根有槽口的交错的“T”形波导管 12。这种布置的功率反射系数是 4.4%左右。

按照本发明的关于有分枝的、有槽口的波导管使用的“T”形设计与现有技术设计比较，提供了改进的微波功率分布的均匀性。虽然在附图中画出了本发明的有槽口波导管为具有一“T”形或双“TT”形结构，本发明不局限于这结构，它意味着包括有其它几何图形的其它有分枝的波导管结构。

本发明的有分枝的有槽口的波导管有若干优点。例如，较高的效率是这些波导管设计的一特征，如在带有这些波导管的组合炉的供应口处测得的低反射系数所展现的那样。展现出较高反射系数的较差设计的供应口（port）可导致火花并常要求冷却系统。在由较传统的现有设计所提供的供应口观测的较高反射系数通常要求专门的绝缘设计、材料和结构。对于本发明的较有效的有槽口

波导管一般不要求这些费用大的措施。

波导管设计,例如在现有技术中所示的那些,还可以要求状态搅动器(mode stirrer)。这些搅动器自身可能引起火花,尤其是在潮湿环境中,例如在烧结炉内可能产生的潮湿环境,这在某些情况下增加炉子火烧的危险。另外,它们构成了运动零件,这些运动零件在一烧制炉的热湿环境中要求维护,最好避免这情况。

在本发明的上述和以下显示的例子中示出的在特定波导管设计方面的变化当然可以用于使波导管性能适应于所涉及的特定设备和应用的特殊要求的目的。例如,可以修改槽口的尺寸以控制用于从输入孔口传播至一有槽口微波管结构的端部的辐射微波功率的数值。另外,可以调节和设计槽口的数量、诸槽口之间的距离和槽口的方向,以使改善所产生的功率均匀性。可以采用连接孔控制在波导管阵列的每个分支中的功率数值。

可以通过进行沿槽口方向的调节来降低结构上的干扰,导致诸热点的一较低的集聚。如附图5-8所示,随着离开源(source)的距离增加槽口得以逐渐分布,这一点可使微波更均匀地渗入。最重要地,在设计方面可以改变“T”形或其它分枝的波导管结构的侧向腿部,以改进在加热空腔内微波功率存储形式(deposition pattern)的整体均匀性。最后可以改变相对空腔和载荷的波导管的位置来实现所要求的功率分布均匀性程度。

结合起来,这些修改可以改善功率存储形式的均匀性,同时在输入孔口处保持最小的反射功率。对发生器的最小的反射功率产生被改善的损坏保护,并提高了发生器的使用寿命以及在输入孔口处的较低的功率集中(驻波),从而使与这集中相关联的可能产生的飞弧和破坏减至最少。

上述波导管布置可以用于低或高温应用。事实上,对于温度差异从环境温度到载荷较低、较佳地低于150℃左右的某些种陶瓷,可以单独使用微波加热。

通过降低在波导管至空腔的接口处的总功率密度,在这里所述的波导管设计提供了对空腔的更有效的功率传送。这便于简化传送口结构,并不需要搅动器和调谐器。此外,在微波孔口的前面必须设置隔热材料的高温应用之中,低功率密度使隔热材料损坏或过热的可能性降至最小。从而,对载荷可以施加更高功率级和可以缩短周期时间或改进其它加工。

如对于所涉及的特定应用的目的所要求的那样，还可以改变波导管接口。一种可能性是利用波导管侧壁作为微波空腔的支承件，其中需要额外的烧制空间还能够排除波导管的包裹体。在这样一种装置中，用于炉子支承的一结构性的不锈钢 I 梁的一侧也用作一波导管侧壁。另一选择是直接在热处理腔室的顶部或侧壁中机加工波导管槽口，来降低关于烧制系统的波导管构件的整个制造成本。

还可以通过以下特定例子来理解本发明，这些例子用来示意说明而不是用于限制本发明。这些例子包括对于多种情况所进行的研究，这些情况包括在具有一微波空腔的一加热设备中加热陶瓷物品或材料和使陶瓷材料受到微波辐射和传统加热的组合作用。对于带有一系列传统标准波导管或传统直槽口波导管的某些事例和对于带有按照本发明的“T”形有槽口波导管的其它一些事例可使用所提供的使用的加热设备。表 1 列出了各事例的结果，表 2 列出了来自这些研究的平均的事例结果。

对于诸例子中所报告的所有数据，使用了 8 根波导管来分布可得到的微波功率。在每个事例中所采用的 8 根波导管的每一根之中，将进入制品的功率标准化为 5 伏/米。

为用于这些例子，微波功率值以“毫瓦/平方米”为单位，使用在 Utah 大学所研制的多格有限差时域规则进行计算。例如参阅 M.J.White, M.F.Iskander 和 Z.Yun 所著的论文“带有横向介电能力的一个新 3D FDTD 多格技术”，（见 2001 年 3 月“微波理论和技术的 IEEE”论文集，第 49 卷、第 3 号、第 422—430 页）；以及，M.J.White, M.F.Iskander 和 Z.Huang 所著的论文“关于三维实用的一多格 FDTD 规则的发展”，（见 1997 年“天线和传播方面的 IEEE”论文集，第 45 卷，第 10，第 1512—1517 页）。这些论文的全部内容结合在此供参考。所吸收的总功率可随制品的形式和尺寸而改变，但走向在各事例中是保持相同的。

表 1 各事例结果

	事例号	进入制品的功率, 毫瓦/平方米, e^{-3}	越过各行之间的偏差(为进入制品的功率的 a%)	越过各行之间的偏差(为进入制品的功率的 a%)
标准孔口设计	1	11.0	23.3	15.7
	19	15.4	14.7	28.6
	3	11.9	17.0	13.5
有直槽口的波导管设计	5	17.7	30.7	21.9
	6	18.1	35.0	27.3
	21	16.2	34.5	25.0
	7	17.4	27.0	19.0
	22	16.3	29.6	24.3
本发明	9	17.9	17.0	14.3
	12	18.0	20.1	21.5
	28	17.7	18.1	16.5
	30	17.6	16.7	18.2

表 2 源类型的平均结果

源类型和结构	输入物品的功率, 毫瓦/平方米, e^{-3}	越过各行的平均标准偏差, 为功率的百分比	越过各列的平均标准偏差, 为功率的百分比	评论
标准输入孔口(3个事例)	12.7	18.3%	19.3%	制品之间的偏差较小, 但是进入制品的功率较小
有直槽口的波导管(5个事例)	17.1	31.4%	23.5%	进入制品的功率较大, 但是制品之间的偏差较大
T形有槽口的波导管(4个事例)	17.8	18.1%	17.6%	进入制品的功率较大, 制品之间的偏差较小

如表 1 和 2 中的数据所建议，与现有技术标准孔口设计相比较，采用本发明的有槽口的波导管将约 40%更多的功率送入制品。利用现有技术孔口（约 12.7 单位吸收率（“SAR”）、代表了 3 个事例的平均值）、现有技术有直槽口的波导管（约 17.1SAR，代表 5 个事例的平均值）和本发明的 T 形或弯曲形有槽口的波导管（约 17.8SAR，代表 4 个事例的平均值），制品内的功率之间有显著差别。

虽然有直槽口的波导管对制品提供了类似的功率，但采用 T 形有槽口的波导管可获得更均匀的场强度。沿着诸行和诸列，T 形有槽口的波导管与有直槽口的波导管（平均约 31.4%和约 23.5%）相比显示了 SAR 中的最小差异（平均约 18.0%和 17.6%）。这代表沿诸行的偏差中有约 42%的下降以及沿诸列的偏差中有约 25%的下降。参阅源平均结果（见表 2）。

标准输入孔口设计相对采用本发明的 T 形有槽口的波导管所获得的结果显示了有比较能力的偏差（平均约 18.3%和约 19.3%）。但是，如上所述，当与本发明相比较时，标准输入孔口设计将小得多的功率送入制品。

应该理解，虽然参照本发明的某些示意的和特定的实施例详细叙述了本发明，对于本技术领域的那些技术人员应该理解在不离开如所附权利要求书所规定的本发明基本原理和广宽范围的情况可以有许多修改。

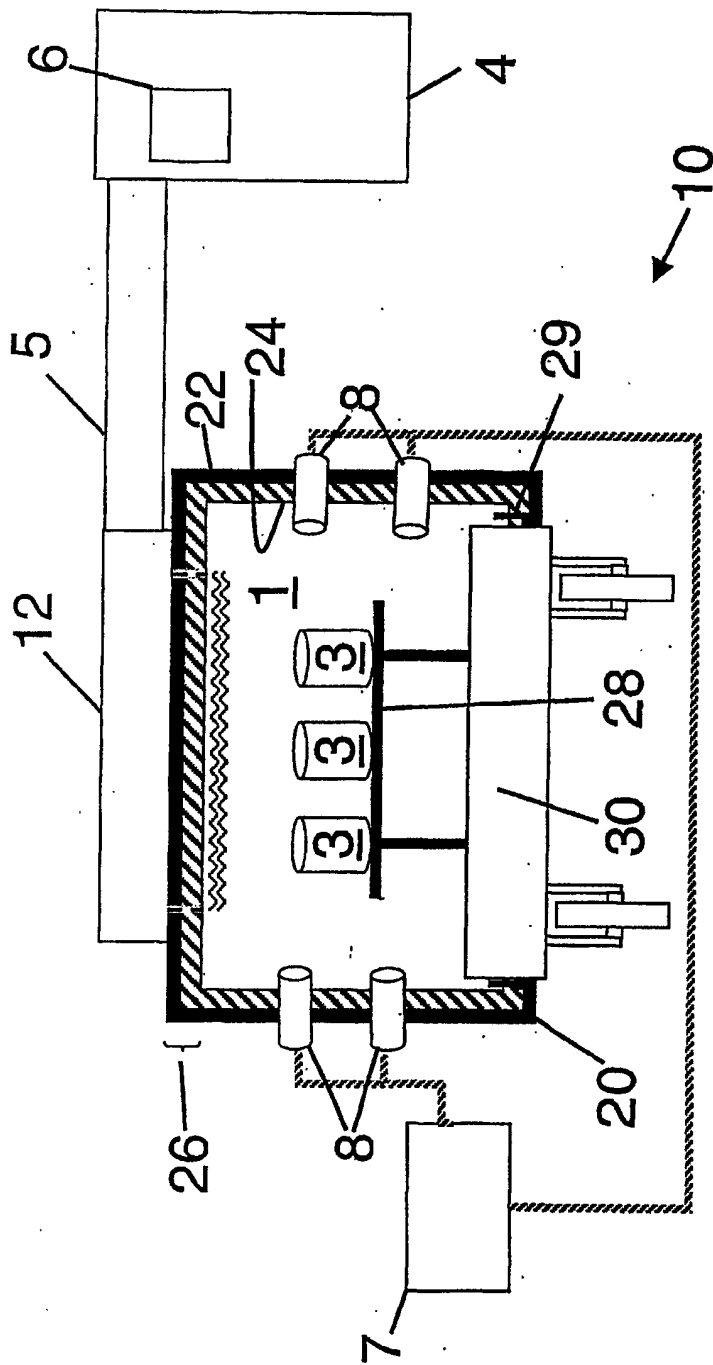


图 1

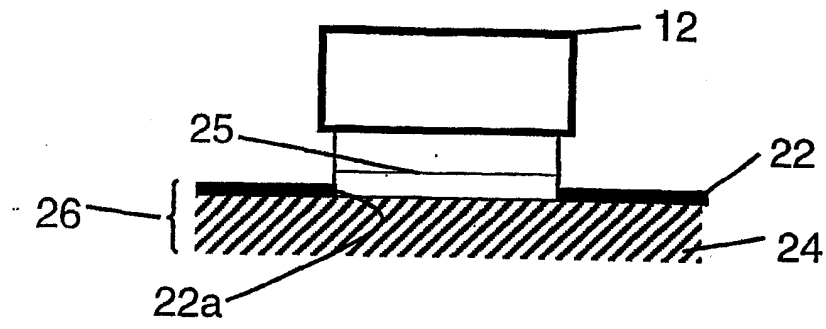


图 2

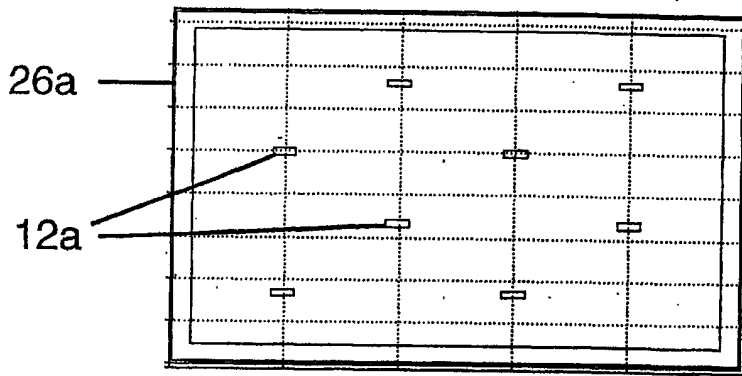


图 3

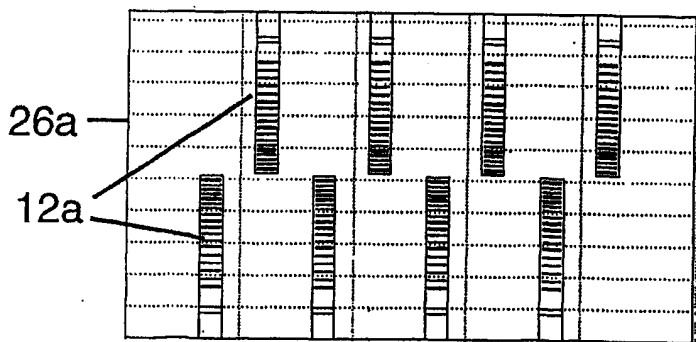


图 4

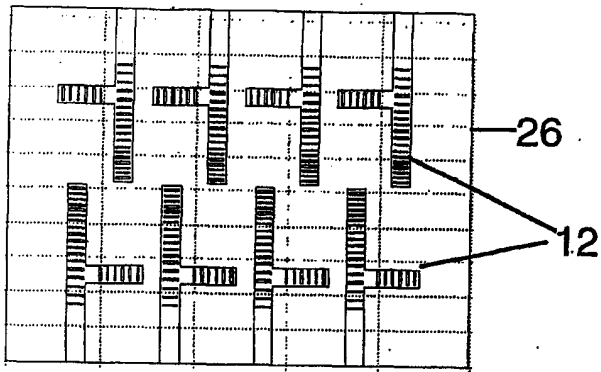


图 5

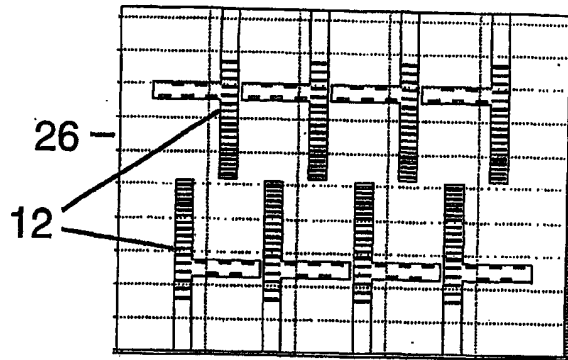


图 6

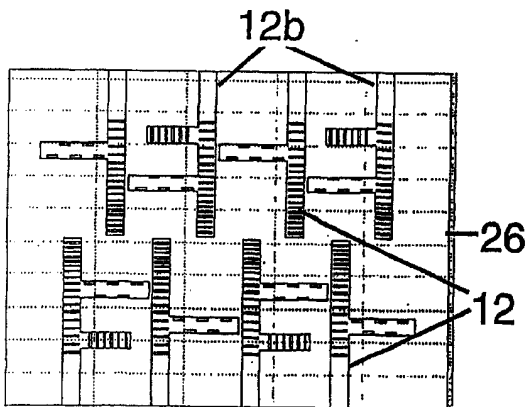


图 7

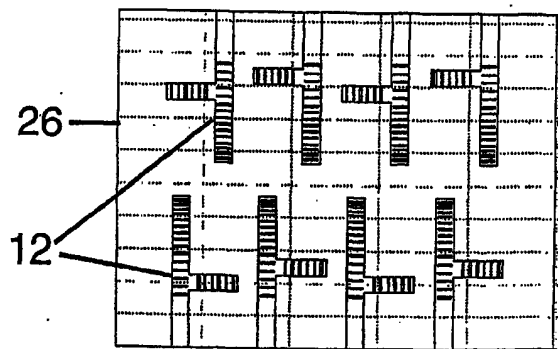


图 8