



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109548212 A

(43)申请公布日 2019. 03. 29

(21)申请号 201811381729.2

(22)申请日 2018.11.20

(71)申请人 成都赛纳微波科技有限公司  
地址 610015 四川省成都市成都高新区(西  
区)天辰路88号

(72)发明人 王清源 邓超

(51)Int.Cl.  
H05B 6/64(2006.01)  
H05B 6/70(2006.01)

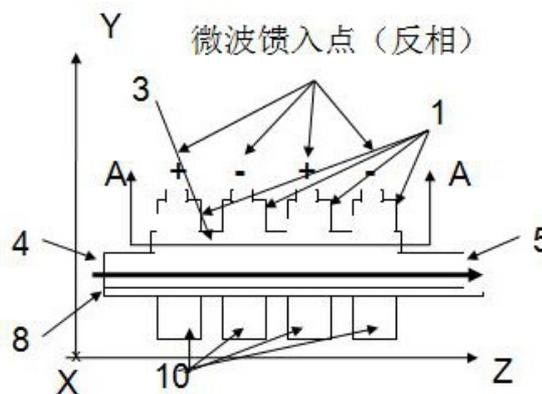
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

基模微波加热设备

(57)摘要

本发明将微波加热设备的主要部分分为若干加热模块沿Z轴串接。每个模块中的不同微波馈入波导中都只传播基模TE<sub>10</sub>模式,电场方向只有X轴分量。每个加热模块中的不同微波馈入波导中的工作微波是相干同相位的,不同加热模块的工作微波馈入波导之间的隔离度很高的。本发明得以通过控制微波加热设备的空腔中的微波模式来改进微波加热设备在三维空间中的加热的均匀性,防止从任意一个微波馈入波导注入的工作微波在其它微波馈入波导的溢出并导致能量损失,同时减小通过进料口和出料口的微波泄漏。本发明可以用于对各种材料的加热,或者用于加快化学反应的速度。



1. 一种基模微波加热设备,其特征在于,包括至少一个加热模块,所述加热模块包括一个空腔(3),位于所述空腔(3)上方,轴线沿Y轴方向的至少一个与所述空腔(3)连通并向所述空腔(3)馈入微波能量的微波馈入波导(1);所述各加热模块通过各自的所述空腔(3)沿Z方向依次连通;所述所有微波馈入波导为矩形波导;所述所有微波馈入波导(1)中基模TE<sub>10</sub>模式的功率是其中任意其它模式的功率的2倍以上;X轴、Y轴和Z轴构成直角坐标系。

2. 根据权利要求1所述的基模微波加热设备,其特征在于,在每个所述加热模块上,在所述空腔(3)的正下方,与每个微波馈入波导(1)对应设置有一个在水平面内的横截面的形状与对应的微波馈入波导(1)的形状相同的下端短路的短路波导(10);所有的短路波导(10)在Y轴方向的尺寸相同。

3. 根据权利要求1所述的基模微波加热设备,其特征在于,还包括一个位于最左边的加热模块的左边并与该加热模块的所述空腔(3)连通的进料口(4),和一个位于最右边的加热模块的右边并与该加热模块的所述空腔(3)连通的出料口(5),和一条贯穿所述进料口(4),所有所述空腔(3)和所述出料口(5)的用于沿Z轴输运被加热材料的传送带(8)。

4. 根据权利要求1所述的基模微波加热设备,其特征在于,所述每个加热模块上的微波馈入波导(1)的数目至少为2;每个加热模块上的所有微波馈入波导(1)沿X轴排列;不同加热模块沿Z轴排列;所述所有微波馈入波导(1)在水平面内的横截面的形状都相同;所述所有微波馈入波导(1)在水平面内的分别沿X轴和沿Z轴均匀分布。

5. 根据权利要求1所述的基模微波加热设备,其特征在于,所述任一微波馈入波导(1)中的工作模式TE<sub>10</sub>模式的电场在所述微波馈入波导(1)的沿Z轴的尺寸中心处的方向与X轴的角度在-30度和+30度之间,或者在150度和210度之间。

6. 根据权利要求1所述的基模微波加热设备,其特征在于,所述矩形微波馈入波导(1)沿Z轴的长度L<sub>z</sub>为工作微波自由空间的波长的3/5~9/10倍。

7. 根据权利要求1所述的基模微波加热设备,其特征在于,所述矩形微波馈入波导(1)沿X轴的长度L<sub>x</sub>小于工作微波的自由空间的波长的1/2。

8. 根据权利要求1所述的基模微波加热设备,其特征在于,属于同一加热模块上的沿X轴排列的所有所述微波馈入波导(1)中向下传输的工作微波为相干波,其频谱相同或相近,其在同一水平面内的相位相同或者相差小于30度。

9. 根据权利要求1所述的基模微波加热设备,其特征在于,沿Z轴相邻的加热模块上的所述微波馈入波导(1)中向下传输的工作微波为相干波,其频谱相同或相近,其在同一水平面内的相位相反。

10. 根据权利要求1所述的基模微波加热设备,其特征在于,所述加热模块包括至少两个与所述空腔(3)连通并向所述空腔(3)馈入微波能量的微波馈入波导(1)。

## 基模微波加热设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微波加热设备。具体地,涉及一种利用高次模高效率均匀加热材料的紧凑型微波加热设备。

### 背景技术

[0002] 微波能可以用于代替各种传统加热方式。微波加热设备利用微波能加热各种材料,包括但不限于木材、粮食、调料、乳制品。在微波化学领域,微波能量被用于加快各种化学反应。微波能还被用于纳米材料、人造金刚石等各种材料的生产。

[0003] 在传统加热过程中,热量通过被加热物外部向其内部传导,属于表面加热,导致被加热物内外温度不均匀。微波能加热中,微波通过电场作用被加热材料,导致其中极性分子的阻尼振动产生热量,属于体加热。因此在被加热物内外同时加热。

[0004] 但是,传统微波加热设备存在三个主要问题。

[0005] 第一,加热的整体均匀性问题。

[0006] 在加热腔之类的任何有限空间内,电磁波将因为共振现象以该空腔的各种固有谐振模式的形式存在。在其中任意一个谐振模式中,电磁波都以驻波形式存在,导致空间某些固定位置处的电场的幅值为最大,另外某些固定位置处的幅值为零。在2450MHz的典型微波能应用频率,这些电场集中处之间的距离为所用工作微波的波长的一半或稍大,大致在61~100毫米之间,导致被加热材料在对应尺度上的不均匀。

[0007] 普通的家用微波炉的尺寸比上述尺度大5~10倍。工业微波加热设备中的大型加热炉的尺寸比上述尺度大30~300倍。在这些空腔中的工作频率附近可以激励起来的谐振模式数为几个到几百个。人们普遍相信,采用高度过模的加热腔有利于微波加热的均匀性。但是,为数众多的谐振模式的任意叠加可能在加热腔的某些位置产生远大于其它位置的电场集中,导致微波加热的极度不均匀。

[0008] 为了解决微波能加热的均匀性问题,国际国内的技术人员进行了不懈的努力。人们试图通过增加工作微波的馈口数目,改变馈口形状,改变工作微波的馈口在加热腔外表面的位置,或者改变工作微波的馈口的极化方向,或者同时随机改变上述几个变量,通过计算或实测找到改善加热均匀性的方法。但是到目前为止,微波炉,特别是大型微波加热设备中加热的均匀性问题没有得到很好地解决。

[0009] 让我们来理解一下大型微波加热设备中我们面临的加热均匀性技术难题。在工作微波的频率,对于某一微波馈口,选定其位置、形状、极化方向后,加热腔中上百模式分别被激励的强度的确定在计算上都是非常困难的,在实际测量中也是极其复杂的。而大型微波加热设备中需要采用上百个磁控管作为微波源,因此对应的微波馈口的数目可以多达上百个!上述问题的复杂程度超出人们的想象。

[0010] 第二,加热效率问题。

[0011] 由于固态放大器的整体效率,特别是其昂贵的造价,微波加热设备普遍采用磁控管提供微波能量。就目前的技术发展状况,磁控管的电源的效率为90%左右,磁控管本身从

高压电源到微波的转换效率为70%左右。所以,磁控管从220V的交流电到微波的转换效率为63%左右。微波加热设备的实际效率则要低得多。家用微波炉等采用小型加热腔和单只磁控管。由于被加热材料的体积、形状和密度等的变化导致微波馈口处的输入阻抗变化很大,导致磁控管经常处于阻抗失配状态,从磁控管输入到加热腔中的微波很大部分被反射回来。这些反射回来的能量会直接影响磁控管的工作。为了保护磁控管,有时在磁控管和加热腔之间安装了波导环形器。这时,反射回来的微波通过波导环形器被引导到匹配负载并被吸收。因此,微波馈口的失配都会造成微波加热设备的总体加热效率的进一步降低。

[0012] 在大型微波加热设备中普遍采用多个磁控管作为微波源。这些磁控管通过大型的加热腔表面上的多个微波馈口向加热腔中注入微波能量。在这些大型微波加热设备中,微波馈口的数目多达上百个。由于加热腔上采用的不同磁控管是相互独立的,它们产生的微波之间不相干,彼此的频谱之间相互独立,对于任意一个磁控管产生的微波,由于加热腔中的上百个模式的幅度和相位难以控制,可能从其它多个馈口溢出。虽然大型微波加热设备可以通过选定被加热材料的体积、形状和密度等降低微波馈口的失配反射,但是多个微波馈口之间的微波溢出损失难以避免。

[0013] 第三,大型微波加热设备能量泄露问题。

[0014] 大型微波加热设备的被加热材料用传送带通过进料口输入微波加热腔,被加热后通过出料口输出。一般情况下,进料口和出料口的宽度都是工作微波波长的10倍甚至以上。作为微波通道,进料口和出料口都是高度过模的波导。对应于任何一个微波馈口加热腔中都有上百个谐振腔模式。上百个微波馈口,形状、位置和极化方向不同,加上从各馈口馈入的微波信号互不相干,使微波能量通过进料口和出料口的严重的能量泄漏问题,导致微波能量的丧失,特别是导致大型微波加热设备对环境的电磁干扰,甚至对人身安全造成威胁。为了降低能量泄漏,往往需要在进料口和出料口安装很长的滤波结构,导致设备长度的大大增加。

## 发明内容

[0015] 本发明通过控制过模加热腔中的工作模式,提供一种加热均匀、总体效率高、微波泄漏小或体积紧凑的基模微波加热设备。

[0016] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

一种基模微波加热设备,包括至少一个加热模块。所述任一加热模块包括一个空腔,位于所述空腔上方的至少一个与所述空腔连通并向所述空腔馈入微波能量的微波馈入波导。来自外界的工作微波首先通过各微波馈入点向各微波馈入波导供给微波能量。不同加热模块沿Z轴排列,它们的所述空腔沿Z轴依次连通,构成基模微波加热设备的加热腔。这种模块化设计,使不同用途的基模微波加热设备易于完成模块化组装。根据不同加热功率的需要,我们可以选择采用一个加热模块,也可以采用两个或多个加热模块沿Z轴串接。

[0017] 为了改进基模微波加热设备在垂直方向上加热均匀性,在每个所述加热模块上,在所述空腔的下方,与每个微波馈入波导对应设置有一个水平面内的横截面的形状与对应的微波馈入波导的形状相同的下端短路的短路波导。较佳的设计,各短路波导在Y轴上的尺寸相同。通过调节短路波导的长度和各微波馈入波导的沿Z轴的长度,我们可以使每个模块中工作微波在空腔中沿垂直方向的变化最小。

[0018] 构成基模微波加热设备,还包括一个位于最左边的加热模块的左边并与该加热模块的所述空腔连通的进料口,和一个位于最右边的加热模块的右边并与该加热模块的所述空腔连通的出料口,和一条贯穿所述进料口,所有所述加热模块的所述空腔和所述出料口的用于沿Z轴输运被加热材料的传送带。

[0019] 我们也可以不设置任何进料口和出料口。这时可以将所有沿Z轴串接的加热模块作为整体制造。最左的一个加热模块的左面和最右加热模块的右面用金属板封闭,同时将所有加热模块的前面板结合成为一体,成为基模微波加热设备的门板。该门板可以向外打开,便于送入或取出被加热材料。

[0020] 较简单的设计,所述加热模块的数目为1,所述加热模块上的微波馈入波导的数目为1,所述微波馈入波导在水平面内的横截面的形状为矩形。这时,微波馈入波导中的工作模式为TE<sub>10</sub>模式。

[0021] 如果我们需要更大的微波能量,所述加热模块的数目可以为2或以上,但每个所述加热模块上的微波馈入波导的数目都为1;所有加热模块上的所有微波馈入波导在水平面内的横截面的形状为矩形。

[0022] 对于大型基模微波加热设备,所述加热模块的数目至少为2,所述每个加热模块上的微波馈入波导的数目大于等于2。每个加热模块上的多个微波馈入波导沿X轴排列;所有加热模块上的所有微波馈入波导在水平面内的横截面的形状为矩形。

[0023] 为了便于设计和安装,所述所有微波馈入波导在水平面内的横截面的形状都相同;所述所有微波馈入波导在水平面内的分别沿X轴和沿Z轴均匀分布。

[0024] 本发明的主要特点之一是控制空腔中的工作微波的模式。准确地说,让空腔中的向下沿-Y轴传输的入射微波和向上沿Y轴传输的反射微波的模式都是TE<sub>10</sub>模式。这时,我们将加热模块称为基模加热模块。理想情况下,基模加热模块中所述所有微波馈入波导中基模TE<sub>10</sub>模式为唯一工作模式。或者基模TE<sub>10</sub>模式为主要工作模式,其功率是任意其它模式的功率的2倍以上。

[0025] 以上几种情况中,所述所有微波馈入波导中的工作模式也可以为TE<sub>n0</sub>模式,n为整数,大于等于2。这时,空腔中微波模式的电场在水平的X轴方向仍然均匀,在Z轴有n个电场幅值极大值点。这时,加热模块称为n模加热模块。实际上,一个n模加热模块相当于n个相干的基模加热模块沿Z轴串接。

[0026] 在本发明中,所述所有微波馈入波导中的TE<sub>n0</sub>模式的电场在所述微波馈入波导中的工作微波的电场方向沿X轴或沿-X轴,或者与X轴的角度在-30度和+30度之间,或者在150度和210度之间。

[0027] 对于基模加热模块,为了保证所述矩形微波馈入波导中工作微波的传播,微波馈入波导的水平面内的横截面沿Z轴的长度L<sub>z</sub>大于工作微波的自由空间的波长的1/2。

[0028] 为了保证所述矩形微波馈入波导中实现基模TE<sub>10</sub>单模传输,微波馈入波导的水平面内的横截面沿Z轴的长度L<sub>z</sub>小于工作微波的自由空间的波长。

[0029] 为了保证所述矩形微波馈入波导中基模TE<sub>10</sub>的电场在垂直方向沿Y轴变化比较缓慢,从而改善微波加热在垂直方向沿Y轴的均匀性,微波馈入波导的水平面内的横截面沿Z轴的长度L<sub>z</sub>设置为工作微波的真空中波长的3/5~9/10倍。

[0030] 为了保证所述矩形微波馈入波导中实现基模TE<sub>10</sub>单模传输,微波馈入波导的水平

面内的横截面沿X轴的长度 $L_x$ 一般应小于工作微波的自由空间的波长。

[0031] 较佳的设计,微波馈入波导的水平面内的横截面沿X轴的长度 $L_x$ 小于工作微波的自由空间的波长的 $1/2$ 。

[0032] 为了保证基模微波加热设备在横向沿X轴加热的均匀型,属于同一加热模块上的沿X轴排列的所述微波馈入波导中的微波为相干波,其频谱相同或相近,其在同一水平面内的相位相同或者相差小于 $30^\circ$ 。

[0033] 同时,沿Z轴相邻的加热模块上的所述微波馈入波导中的微波为相干波,其频谱相同或相近,其在同一水平面内的相位相同或相反。准确说来,微波馈入波导中的微波的工作模式为 $TE_n0$ 模式,  $n$ 为整数,大于等于1。当 $n$ 为奇数时,沿Z轴相邻的加热模块上的所述微波馈入波导中的微波在同一水平面内的相位相反。当 $n$ 为偶数时,沿Z轴相邻的加热模块上的所述微波馈入波导中的微波在同一水平面内的相位相同。

[0034] 有时为了降低设计要求,沿Z轴相邻的加热模块上的所述微波馈入波导中的工作微波也可以为不相干波,分别来源于不同微波源。

[0035] 一般情况下,所述进料口和所述出料口在XY平面内的横截面的形状相同,而且为矩形。

[0036] 为了降低基模微波加热设备通过所述进料口和所述出料口的辐射泄漏,或者降低其屏蔽要求,所述进料口和所述出料口在XY平面内的横截面的沿Y轴的最大高度小于工作微波的自由空间的波长的 $1/2$ 。

[0037] 考虑到模块化设计的灵活性,为了适应不同加热要求,所述不同加热模块可以是分离部件,沿Z轴串接,数目可以方便地增加或减少。

[0038] 当然,对于特定加热要求,所有加热模块也作为整体加工完成,以节约制造成本。

[0039] 同时,对于已有设计,我们可以根据被加热材料具体情况,灵活地选择关闭部分加热模块的微波源,以节省能源。

[0040] 为了增加被加热材料与工作微波相互作用的时间,所述基模微波加热设备中的被加热物可以在位于空腔底部的传送带的带动下平行于Z轴左右周期摆动。

[0041] 为了保证被加热过程沿Z轴的均匀性,所述平行于Z轴左右周期摆动的摆幅等于基模微波加热设备中微波沿Z轴相邻电场极大值点之间的距离的整数倍。

[0042] 本发明通过控制基模微波加热设备的空腔中的工作微波模式来改进被加热材料在加热腔中在三维空间中的加热的均匀性,防止从任意一个微波馈入波导注入的微波在其它微波馈入波导的溢出并导致能量损失,同时减小通过进料口和出料口的微波泄漏。

[0043] 为了达到以上目的,我们将基模微波加热设备的主要部分分为若干加热模块沿Z轴串接。较佳的设计,每个模块中的不同微波馈入波导中都只传播基模 $TE_{10}$ 模式,电场方向只有X轴分量而且不随X轴变化。这样,基模微波加热设备沿X轴方向的均匀性得到了保障。为了达到这个目的,每个加热模块中的不同微波馈入波导中的工作微波是相干同相位的,可以通过同一个微波种子源经等幅同相功分网络来获得,也可以由一个微波种子源等幅同相分为多路,每路分别经固态放大器获得。同时从降低系统造价考虑,磁控管锁相技术或主振放大器技术在微波能应用方面有很好的应用前景。

[0044] 虽然不同加热模块之间的微波之间通过各自的空腔相互连通,但是由于本发明的特殊的结构安排,不同加热模块的微波之间的隔离度是很高的。在这里,每个微波加热模块

的空腔中的微波主要为向下传播的入射波和向上传播的反射波,它们的模式都是TE<sub>n0</sub>模式。各加热模块之间相互连通的通道实际上相当于是在开在矩形波导的窄边上的缝隙。该缝隙的长边与该矩形波导上工作模式TE<sub>n0</sub>模式的表面电流平行。根据微波理论,从该缝隙辐射出来的微波能量很小。一般情况下我们设定不同加热模块之间的通道的横截面形状为矩形。如果该矩形的长边在水平面内并平行于X轴,其沿Y轴的高度小于工作微波的真空中波长的一半,被加热材料在加热腔中沿X轴成镜像对称分布,各加热模块中的TE<sub>n0</sub>模式与连通各加热模块的通道中的波导模式之间是正交的,二者之间没有相互耦合。因此,本发明中,不同加热模块之间的微波之间有很好的隔离。同理,加热模块通过进料口和出料口泄漏出来的微波也很小,可以大大缩短普通基模微波加热设备中用于的微波屏蔽的滤波器的长度。

[0045] 因此,本发明的这种设计大大加强了不同加热模块的微波馈入波导之间的隔离度,降低了设备通过进料口和出料口的微波泄漏,或者降低了相邻微波加热模块的隔离要求。同时,我们也可以在不同的加热模块中采用非相干的微波源,比如磁控管。也可以根据被加热功率的需求变化灵活地选择关闭某些加热模块的微波源。

[0046] 我们也可以在沿Z轴排列的不同加热模块中采用相干的微波源,比如来源于同一微波源的固态放大器阵列。这时,一种较佳的设计是让沿Z轴对齐并沿Z轴相邻的属于不同加热模块中的微波馈入波导中的工作微波等幅反相,从而在由属于不同加热模块的空腔构成的加热腔中激励起从上到下沿-Y方向传播和从下到上沿Y轴传播的TE<sub>n0</sub>波,n为整数,大于等于2。采用固态放大器的另一个优点,是我们可以监控每个加热模块中被加热材料被微波加热的情况,采用实时可调匹配电路让固态放大器与加热模块之间实现匹配以降低失配损耗,实时调节放大器的输出功率,也可以工作在连续脉冲状态并调整其信号占空比,达到更加理想的加热状态,或者进一步提高基模微波加热设备的整体能效。

[0047] 在本发明中,我们可以通过设置微波馈入波导在Z轴的尺寸L<sub>z</sub>,使微波在加热腔中沿Y轴很均匀。为此,我们设置L<sub>z</sub>大于但接近于工作微波的真空中波长的一半,使得工作微波在微波馈入波导、空腔和短路波导中沿Y轴的波导波长比较长,减小微波电场在基模微波加热设备的加热腔的垂直高度上的变化,从而改善微波加热沿Y轴方向的均匀性。当然,L<sub>z</sub>过于靠近工作微波的真空中波长的一半,会导致微波器件的金属损耗增加,功率容量下降,同时导致短路波导的在Y轴的尺寸太大,不利于设备的小型化。一般情况下,我们设置L<sub>z</sub>为工作微波的真空中波长的3/5~9/10倍是比较合适的。这种设计,改善了加热腔在垂直方向加热的均匀性。

[0048] 微波加热沿Z轴方向的均匀性则是通过传送带让被加热材料从左到右运动或左右往返运动实现的。

## 附图说明

[0049] 此处所说明的附图用来提供对本发明实施例的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明实施例的限定。

[0050] 图1为加热模块侧视示意图。

[0051] 图2为图1的AA方向示意图。

[0052] 图3为5加热模块基模微波加热设备侧视示意图。

- [0053] 图4为单加热模块基模微波加热设备侧视示意图。
- [0054] 图5为单微波馈入波导时图4的AA方向示意图。
- [0055] 图6为为4微波馈入波导时图4的AA方向示意图。
- [0056] 图7为相干的4加热模块基模微波加热设备侧视示意图。
- [0057] 图8为图7的AA方向示意图。
- [0058] 图9为没有设置短路波导的相干的4加热模块基模微波加热设备侧视示意图。
- [0059] 附图中标记及对应的零部件名称:1-微波馈入波导,3-空腔,4-进料口,5-出料口,8-传送带,10-短路波导。
- [0060] 图中采用的各方向规定如下:上方,即Y轴方向。下方,即与Y轴相反的方向。右方,即Z轴方向。左方,即与Z轴相反的方向。

### 具体实施方式

[0061] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面结合实施例和附图,对本发明作进一步的详细说明。本发明的示意性实施方式及其说明仅用于解释本发明,并不作为对本发明的限定。

#### [0062] 实施实例1

如图1-3所示。

[0063] 一种基模微波加热设备,包括5个加热模块。所述任一加热模块包括一个空腔3,位于所述空腔3上方的沿X轴排列的4个与所述空腔3连通并向其馈入微波能量的微波馈入波导。来自外界的工作微波首先通过各微波馈入点向各微波馈入波导供给微波能量。不同加热模块沿Z轴排列,所述空腔3沿Z轴依次连通。

[0064] 在每个所述加热模块上,在所述空腔3的下方,与每个微波馈入波导对应设置有一个在水平面内的横截面的形状与对应的微波馈入波导的形状相同的下端短路的短路波导。所有的短路波导在Y轴方向的尺寸都相同。

[0065] 构成基模微波加热设备,还包括一个位于最左边的加热模块的左边并与该加热模块的所述空腔3连通的进料口4,和一个位于最右边的加热模块的右边并与该加热模块的所述空腔3连通的出料口5,和一条贯穿所述进料口4,所有所述加热模块的所述空腔3和所述出料口5的用于沿Z轴输运被加热材料的传送带8。

[0066] 所有加热模块上的所有微波馈入波导在水平面内的横截面的形状为矩形。

[0067] 所述所有微波馈入波导在水平面内的横截面的形状都相同;所述所有微波馈入波导在水平面内的分别沿X轴和沿Z轴均匀分布。

[0068] 微波馈入波导的水平面内的横截面沿X轴的长度 $L_x$ 小于工作微波的自由空间的波长的 $1/2$ 。

[0069] 属于同一加热模块上的沿X轴排列的所述微波馈入波导中的工作微波为相干波,其频谱相同,其在同一水平面内的相位相同。

[0070] 沿Z轴相邻的加热模块上的所述微波馈入波导中的工作微波为不相干波,分别来源于不同微波源。

[0071] 所述进料口4和所述出料口5在XY平面内的横截面的形状相同,而且为矩形。

[0072] 所述进料口4和所述出料口5在XY平面内的横截面的沿Y轴的高度小于工作微波的

自由空间的波长的 $1/2$ 。

[0073] 所述不同加热模块是分离部件,沿Z轴串接。

[0074] 我们可以根据被加热材料具体情况,灵活地选择关闭部分加热模块的微波源,以节省能源。

[0075] 为了增加被加热材料与微波相互作用的时间,所述基模微波加热设备中的被加热物可以在位于空腔底部的传送带的带动下平行于Z轴左右周期摆动。

[0076] 所述平行于Z轴左右周期摆动的摆幅等于工作微波沿Z轴相邻电场极大值点之间的距离的3倍。

[0077] 实施实例2

如图4和图5所示。

[0078] 与实施实例1相比,不同之处仅在于,只采用了一个加热模块,该加热模块只采用了一个微波馈入波导1和短路波导10。

[0079] 该实施实例可以构成一台微波炉。这时,可以不设置任何进料口4和出料口5。微波门板设在空腔的-X轴的一侧。与一般的微波炉从侧面馈入工作微波而且微波炉中的工作微波的多模式工作相比,本实施实例从上方馈入工作微波。同时,通过控制工作微波在空腔中的波导模式为基模TE<sub>10</sub>波,保证了微波在X方向的均匀性。

[0080] 实施实例3

如图4和图6所示。

[0081] 与实施实例2相比,不同之处仅在于,一个加热模块上沿X方向布置了4个微波馈入波导1。所有的微波馈入波导中的工作微波为相干波,频谱相同,幅度相同,相位相同。可以作为基模微波加热设备,用在X方向比实施实例2更宽的场合。

[0082] 实施实例4

如图7和图8所示。

[0083] 与实施实例3相比,不同之处仅在于,沿Z方向采用了4个加热模块,而且所有的微波馈入波导1中的工作微波为相干波,频谱相同,幅度相同。沿X方向排列的所有微波馈入波导1中的工作微波相位相同。沿Z方向相邻的任意两个微波馈入波导1中的工作微波的相位相反。可以作为基模微波加热设备,用在比实施实例3要求更大加热功率的场合。

[0084] 实施实例5

如图9所示。

[0085] 与实施实例4相比,不同之处仅在于,没有设置任何短路波导10。优点是结构更加简单了。缺点是在Y轴方向材料的加热均匀性差了。

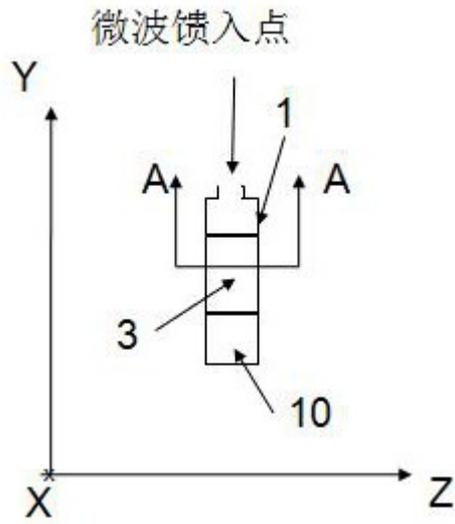


图1



图2

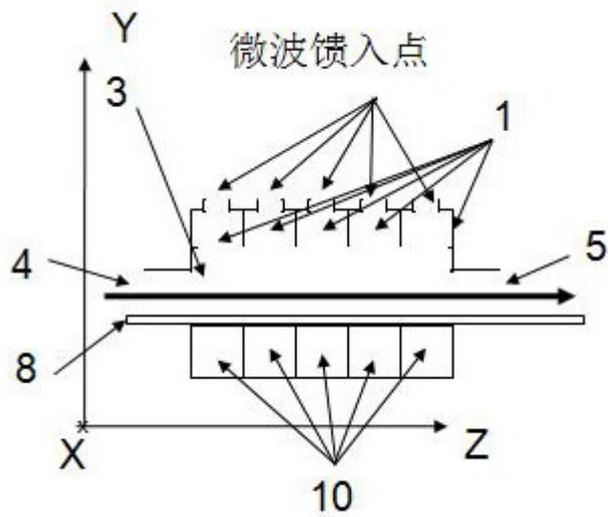


图3

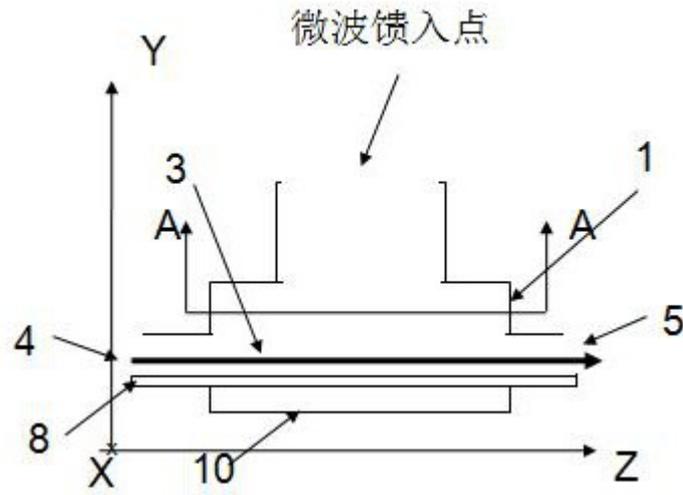


图4

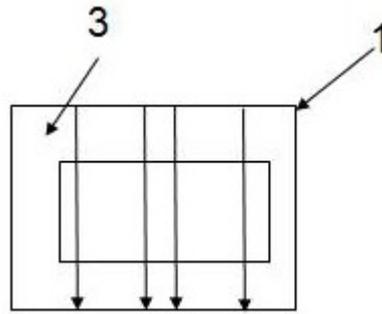


图5

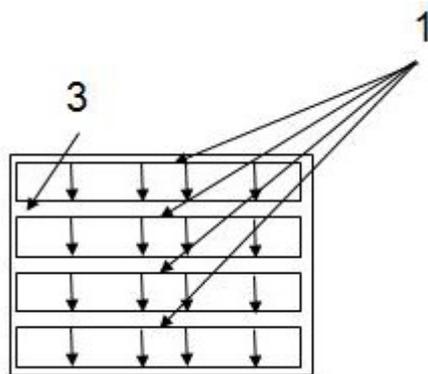


图6

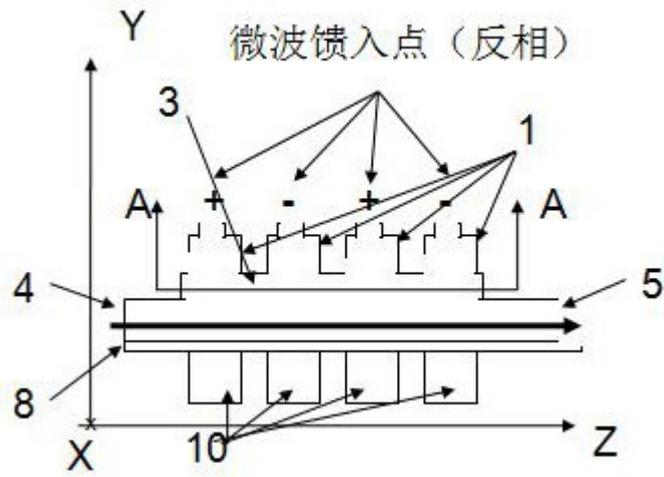


图7

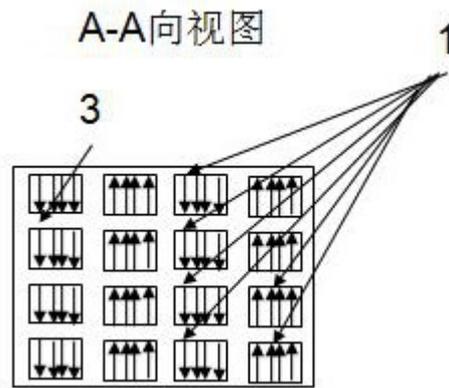


图8

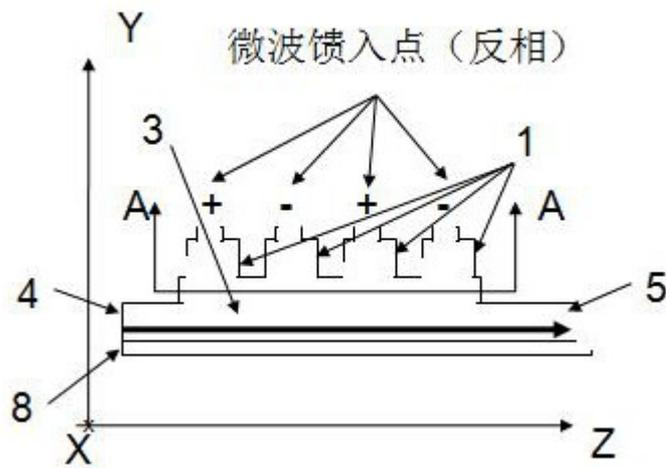


图9