



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110767971 A

(43)申请公布日 2020.02.07

(21)申请号 201911042430.9

(22)申请日 2019.10.30

(71)申请人 中国电子科技集团公司第十二研究所

地址 100015 北京市朝阳区酒仙桥路13号

(72)发明人 杜英华 蔡军 董芮彤

(74)专利代理机构 北京正理专利代理有限公司  
11257

代理人 王喆

(51) Int. Cl.

H01P 1/22(2006.01)

H01J 25/34(2006.01)

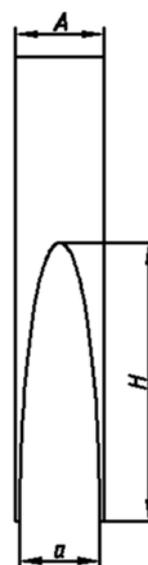
权利要求书1页 说明书5页 附图8页

(54)发明名称

一种集中衰减器及包括其的行波管

(57)摘要

本发明公开一种集中衰减器及包括其的行波管,所述集中衰减器包括厚度一致的基板,以及形成在基板中自一侧沿长度方向延伸的凹槽,所述凹槽的长度小于所述集中衰减器的长度。本发明提供的集中衰减器,无需在高度方向加工出楔形渐变过渡结构,而仅需在平面进行椭圆形开槽,加工简单且易于实现,可有效提高加工效率,而且该结构可增强集中衰减器的整体结构强度,防止使用过程中集中衰减器结构断裂或者变形导致的匹配变差;另外,本发明提供的集中衰减器可有效降低在全频带内特别是低频端的驻波系数,减小对电磁波的扰动,提高集中衰减器吸收微波功率的能力。



1. 一种集中衰减器,其特征在於,所述集中衰减器包括厚度一致的基板,以及形成在基板中自一侧沿长度方向延伸的凹槽,所述凹槽的长度小于所述集中衰减器的长度。
2. 根据权利要求1所述的集中衰减器,其特征在於,所述凹槽为通槽。
3. 根据权利要求1所述的集中衰减器,其特征在於,所述凹槽为椭圆形凹槽,所述凹槽的宽度沿所述基板的长度的延伸方向变小。
4. 根据权利要求1所述的集中衰减器,其特征在於,所述凹槽为椭圆形凹槽,所述凹槽的长轴沿基板长度的延伸方向设置。
5. 根据权利要求1所述的集中衰减器,其特征在於,基板所述一侧宽度方向的壁厚不大于0.5mm。
6. 根据权利要求3或4所述的集中衰减器,其特征在於,所述椭圆形凹槽的长轴为8mm-5cm,短轴为1mm-2cm。
7. 根据权利要求3或4所述的集中衰减器,其特征在於,所述椭圆形凹槽的长轴与所述基板长度方向的中心线重合。
8. 根据权利要求1所述的集中衰减器,其特征在於,所述凹槽的中心线与所述基板的长度方向的中心线重合或者不重合。
9. 一种行波管,其特征在於,所述行波管包括如权利要求1-8中任一项所述的集中衰减器和慢波结构,所述集中衰减器设置于所述慢波结构的切断处。

## 一种集中衰减器及包括其的行波管

### 技术领域

[0001] 本发明专利涉及微波真空电子技术领域。更具体地,涉及一种集中衰减器及包括其的行波管。

### 背景技术

[0002] 行波管是一种将输入的微波信号进行放大的电真空器件,具有宽带大功率和高增益的特点,已广泛用于电子对抗、雷达系统和高速无线通讯领域。

[0003] 行波管这种宽带高增益放大器件,由于其输入输出端的反射难以完全消除,很容易形成反馈回路而产生自激振荡,破坏行波管的正常工作。为了提高行波管的工作稳定性,抑制自激振荡,必须在管内加入衰减器,以切断输入、输出反馈途径,使其吸收掉进入衰减器的微波功率和减小不匹配造成的反射波,使得正常的输入信号得到放大。

[0004] 集中衰减器是指一种含有吸收微波的材料,并将其加工成某种形状的产品,得到微波吸收体。已知的微波吸收材料包括衰减陶瓷,例如渗碳的氧化铍陶瓷等。行波管对集中衰减器的基本要求是在给定的频率范围内,具有足够的衰减量,还要求其驻波系数尽可能小,例如一般希望小于1.25。目前已知的用于以一段波导作为终端的慢波结构的集中衰减器有两种,一种为楔形结构吸收体,见图1A和1B,该楔形结构在高度方向上采用楔形渐变过渡以减轻吸收体对电磁波的扰动,减小反射。另一种为开槽式楔形结构吸收体,如图2A和图2B,该结构在楔形结构吸收体的基础上,采用表面开槽的方式来改善匹配。

[0005] 但是现有技术中的集中衰减器结构存在以下两点缺陷:一是加工困难,由于集中衰减器的各尺寸较小,而且还需要在高度方向上形成有楔形渐变过渡,目前只能通过手工打磨的方式来完成高度方向上的楔形斜劈加工,使得楔形斜劈的加工效率较低,而且一致性较差;另外一点是楔形渐变结构的底部厚度 $t$ 必须很小,否则会引起较大反射,而 $t$ 很小又使楔形结构强度较差容易造成断裂,而使反射增加,导致频带内匹配变差,例如楔形渐变结构的底部厚度 $t$ 最大仅允许0.05mm,而当底部厚度尺寸大于0.05mm时,则会导致频带内匹配总体变差,尤其是低频段更为明显。利用三维电磁仿真软件CST微波工作室对如图1A和1B和图2A和图2B所示的集中衰减器结构进行仿真,如图4和图5所示。对于图1A和图1B所示的楔形结构衰减器,仿真结果如图4所示,当楔形结构底部厚度 $t$ 为0.05mm时其在低频端(75GHz-102GHz频率范围内)的驻波系数VSWR达到1.25以上;而当楔形结构底部厚度 $t$ 大于0.05mm时,驻波系数会整体向上偏移,当楔形结构底部厚度 $t$ 为0.1mm时,全频带的驻波系数VSWR均大于1.35。而对于图2A和图2B的开槽楔形结构衰减器,仿真结果如图5所示,当楔形结构底部厚度 $t$ 为0.05mm时,其在全频带内均可实现较好的匹配。但是同样当楔形结构底部厚度 $t$ 为0.1mm时,其在低频端(75GHz-87.5GHz频率范围内)的驻波系数VSWR大于1.25,对电磁波扰动较大,不利于吸收微波功率。但是,楔形结构底部厚度 $t$ 为0.05mm的结构强度较差,使用过程中容易断裂或者变形,造成形貌不规则从而使得匹配变差。

[0006] 因此,为了克服现有技术存在的技术缺陷,需要提供一种可改善微波吸收效率的集中衰减器及包括其的行波管。

[0007] 发明专利内容

[0008] 本发明专利的目的之一在于提供一种集中衰减器,使得集中衰减器加工简单、易于实现,从而提高加工效率;同时增强集中衰减器的整体结构强度,防止衰减器结构断裂或变形。本发明专利的进一步目的在于提供一种可有效降低在全频带内特别是低频端的驻波系数,提高集中衰减器对微波的吸收效率的集中衰减器。

[0009] 为达到上述目的之一,本发明提供一种集中衰减器,所述集中衰减器包括厚度一致的基板,以及形成在基板中自一侧沿长度方向延伸的凹槽,所述凹槽的长度小于所述集中衰减器的长度。

[0010] 优选地,所述凹槽为通槽。

[0011] 优选地,所述凹槽为椭圆形凹槽,所述凹槽的宽度沿所述基板的长度的延伸方向变小。

[0012] 优选地,所述凹槽为椭圆形凹槽,所述凹槽的长轴沿基板长度的延伸方向设置。

[0013] 优选地,基板所述一侧宽度方向的壁厚不大于0.5mm。

[0014] 优选地,所述椭圆形凹槽的长轴为8mm-5cm,短轴为1mm-2cm。

[0015] 优选地,所述椭圆形凹槽的长轴与所述基板长度方向的中心线重合。

[0016] 优选地,所述凹槽的中心线与所述基板的长度方向的中心线重合或者不重合。

[0017] 根据本发明的另一方面,本发明提供一种行波管,所述行波管包括如上所述的集中衰减器和慢波结构,所述集中衰减器设置于所述慢波结构的切断处。

[0018] 本发明专利的有益效果如下:

[0019] 本发明专利提供的集中衰减器,无需在高度方向加工出楔形渐变过渡结构,仅需在平面进行椭圆形开槽,相比于现有技术中楔形部分的最薄处必须不大于0.05mm的楔形结构衰减器,本发明提供的集中衰减器降低了对设计精度的要求并降低了加工难度,加工简单且易于实现,可有效提高加工效率;同时还可以实现集中衰减器与慢波结构的良好匹配。而且该集中衰减器可增强整体结构强度,防止使用过程中集中衰减器结构断裂或者变形而导致的匹配不良;另外,本发明专利提供的集中衰减器可有效减小对电磁波的扰动,从而降低在全频带内特别是低频端的驻波系数,提高集中衰减器吸收微波功率的能力;另外,本发明专利提供的集中衰减器中的凹槽沿基板的长度方向延伸,扩展了电磁波在集中衰减器上的分布,有利于分散多数电磁波能量,使其更好地向前传输,进而被逐步吸收,进一步提高集中衰减器吸收微波功率的效率。

## 附图说明

[0020] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细的说明。

[0021] 图1A和1B示出现有技术中楔形结构集中衰减器的结构主视和俯视图。

[0022] 图2A和2B示出现有技术中开槽楔形结构集中衰减器的结构主视和俯视图。

[0023] 图3A和3B示出根据本发明优选的实施方式的集中衰减器的结构主视和俯视图。

[0024] 图4示出三维电磁仿真软件CST对现有技术楔形结构集中衰减器的驻波系数VSWR仿真计算结果图。

[0025] 图5示出三维电磁仿真软件CST对现有技术开槽楔形结构集中衰减器的驻波系数VSWR仿真计算结果图。

[0026] 图6示出根据本发明优选实施例的集中衰减器和现有技术的集中衰减器的驻波系数的仿真结果对比图。

### 具体实施方式

[0027] 为了更清楚地说明本发明专利,下面结合优选实施例和附图对本发明做进一步的说明。附图中相似的部件以相同的附图标记进行表示。本领域技术人员应当理解,下面所具体描述的内容是说明性的而非限制性的,不应以此限制本发明专利的保护范围。

[0028] 在下述的描述中,出于说明的目的,为了提供对一个或者多个实施方式的全面理解,阐述了许多具体细节。然而,很明显,也可以在没有这些具体细节的情况下实现这些实施方式。

[0029] 图1A和图1B示出一种常规的楔形衰减器,衰减器具有长度L和宽度A,包括长度为l厚度为b的矩形本体部,和长度为L-l、由厚度b渐变减小到t的楔形过渡部。图2A和图2B示出另一种现有的开槽式楔形衰减器,是对图1A和图1B所示的楔形衰减器的一种改进,在楔形衰减器厚度t的一侧形成关于衰减器沿长度的中心面对称的开槽。

[0030] 下面结合图3A和图3B对根据本发明专利优选实施方式的集中衰减器进行详细阐述。

[0031] 如图3A和图3B所示,本优选的实施方式提供一种集中衰减器,不同于图1A和1B、图2A和图2B所示的衰减器,所述集中衰减器包括有厚度t一致的基板,具有长度L和宽度A,以及形成在基板中的自一侧沿长度方向延伸的凹槽。该凹槽具有宽度a,和长度H,该凹槽的宽度a小于衰减器的宽度A,该凹槽长度H小于衰减器的长度L,优选地,基板所述一侧宽度方向的壁厚可大于0.05mm,不大于0.5mm,即基板所述一侧宽度方向上,所述凹槽距离所述基板的两长边的距离可大于0.05mm,不大于0.5mm。相比于现有技术而言,本发明提供的集中衰减器,无需在高度方向加工出楔形渐变过渡结构,而仅需在平面进行椭圆形开槽,相比于现有技术中楔形部分的最薄处必须不大于0.05mm的楔形结构衰减器,本发明提供的集中衰减器降低了对设计精度的要求并降低了加工难度。该集中衰减器的厚度可实现大于0.05mm,加工简单且易于实现,可有效提高加工效率;同时还可以实现集中衰减器与慢波结构的良好匹配,保证频带内匹配良好,既可确保符合集中衰减器的要求,又可增强集中衰减器的整体结构强度,防止使用过程中集中衰减器结构断裂或者变形从而导致的匹配不良。

[0032] 本领域技术人员可理解的是,集中衰减器放置于行波管的末端矩形波导处吸收电磁波,矩形波导场强分布特点是中间场强较强,而两边的场较弱。集中衰减器遇到的电磁波越强,则场越强,使得集中衰减器对场的扰动也就越大,从而导致驻波系数越高;而本发明提供的集中衰减器通过激光切割方式在基板上直接形成凹槽,使得电磁波直接从集中衰减器的凹槽的两个侧壁中进入,即从电场较弱处进入,沿集中衰减器的长度方向向前传输,从而减少集中衰减器对电场的扰动;同时集中衰减器的凹槽的两个侧壁处还将衰减部分信号,从而减小集中衰减器所引起的反射。同时信号的反射功率在回传的时候又会被集中衰减器所衰减,从而起到改善匹配的作用,有效降低在全频带内特别是低频端的驻波系数,减小对电磁波的扰动,提高集中衰减器吸收微波功率。

[0033] 本领域技术人员可以理解,针对不同频段、不同功率、不同尺寸的行波管,以及针对所使用的不同的衰减材料,集中衰减器的宽度、长度、楔形渐变长度以及开槽的长度和宽

度,可以不同。优选地,所述椭圆形凹槽的长轴可为8mm-5cm,短轴为1mm-2cm。再者,所述凹槽的中心线与所述基板的长度方向的中心线重合或者不重合。基板的长度越长,同时凹槽沿楔形结构的长度越长,将扩展电磁波在集中衰减器上的分布,有利于分散多数电磁波能量,使其更好地向前传输,进而被逐步吸收,吸收体对电磁波的扰动减小,驻波系数也越小;另外,凹槽的宽度越宽,衰减器对电磁波的扰动越小,驻波系数也可以越小。所述凹槽的深度可以小于基板的厚度,也可以是贯穿基板厚度的通槽。优选地,如图3B所示,本发明的集中衰减器的凹槽的形状为椭圆形凹槽,所述凹槽的宽度沿所述基板的长度的延伸方向变小;或者,本发明的集中衰减器的凹槽的形状也可以为椭圆形凹槽,所述凹槽的长轴沿基板长度的延伸方向设置,进一步优选地,所述椭圆形凹槽的长轴与所述基板长度方向的中心线重合或者不重合,本发明对此不做进一步的限定。本发明专利集中衰减器的各尺寸和形状,本领域技术人员可根据行波管工作频段、功率和选择的衰减材料具体情况进行设计。

[0034] 下面通过实施例1和对比例对本发明专利进行进一步阐述。

[0035] 对比例为现有技术中的两种集中衰减器,其中第一种集中衰减器包括有楔形过渡部和平台部,以衰减材料为氧化铝衰减陶瓷,具有长度L为10mm和宽度B宽度为1.9mm,包括长度l为5mm,厚度b为0.3mm的矩形本体部,和长度L-l为5mm、由厚度b 0.3mm渐变减小到厚度t 0.1mm的楔形过渡部的楔形衰减器。第二种集中衰减器在第一种集中衰减器的基础上,以所述集中衰减器长度方向的中心平面为对称面,从楔形过渡部中厚度t为0.1mm的一侧开始,在对比例衰减器中形成一个中心对称的宽度为1.25mm、向平台部延伸长度为5.8mm的通槽。

[0036] 实施例1

[0037] 本发明专利提供的优选的实施方式的集中衰减器,具体地,衰减材料为氧化铝衰减陶瓷,具有长度L为10mm,宽度为B为1.9mm,厚度为0.3mm的基板,从该基板的一侧开始,形成一种中心对称的宽度为1.7mm,向内延伸长度为6mm的椭圆形通槽。

[0038] 通过CST电磁仿真软件对对比例中的两种集中衰减器及本实施例1提供的集中衰减器的驻波系数进行仿真计算,结果如图6所述,可以看出,本实施例1中的集中衰减器的厚度0.3mm明显大于对比例中的集中衰减器的楔形部分的最薄处的厚度0.1mm,但是对比例的楔形集中衰减器结构在全频带的驻波系数都大于1.25,已经超出了对集中衰减器的基本要求;另外,对比例中的开有凹槽的楔形集中衰减器在低频段(75GHz-85 GHz)的驻波系数同样都大于1.25,也不符合集中衰减器的要求。而本实施例1的集中衰减器在全频带内的反射系数都有了显著降低,均低于1.1以下,特别是在低频段(75GHz-90GHz)远低于楔形开槽集中衰减器,符合集中衰减器的要求。

[0039] 可以看出,在相同衰减材料、相同外形尺寸,长度、宽度、厚度的集中衰减器的情况下,甚至在比对比例的集中衰减器的楔形部分的最薄处厚度更大的情况下,根据本发明提供的集中衰减器比常规衰减器的驻波系数显著降低,并在低频段具有更低的驻波系数;同时加工简单且易于实现,且具有较好的结构强度,不易断裂或者变形。

[0040] 根据本发明的一种优选的实施方式,进一步提供了一种行波管,所述行波管包括如上所述的集中衰减器和慢波结构,其中该集中衰减器设置于所述行波管的慢波结构的切断处中,该集中衰减器的开槽方向朝向微波输入的方向。本领域技术人员可理解的是,本发明提供的集中衰减器不只适用于折叠波导行波管,也适用于其它具有金属慢波结构的行波

管,比如说交叉指,T形线等。

[0041] 显然,本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定,对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动,这里无法对所有的实施方式予以穷举,凡是属于本发明的技术方案所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明的保护范围之列。

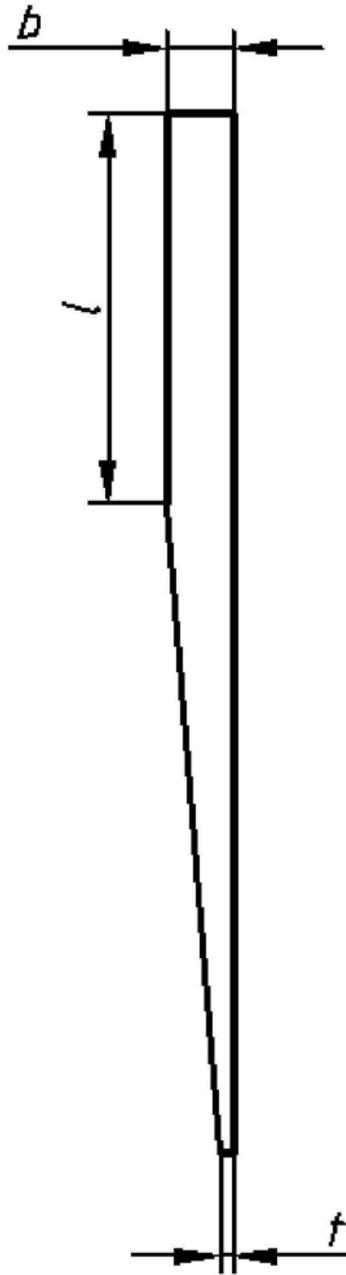


图1A

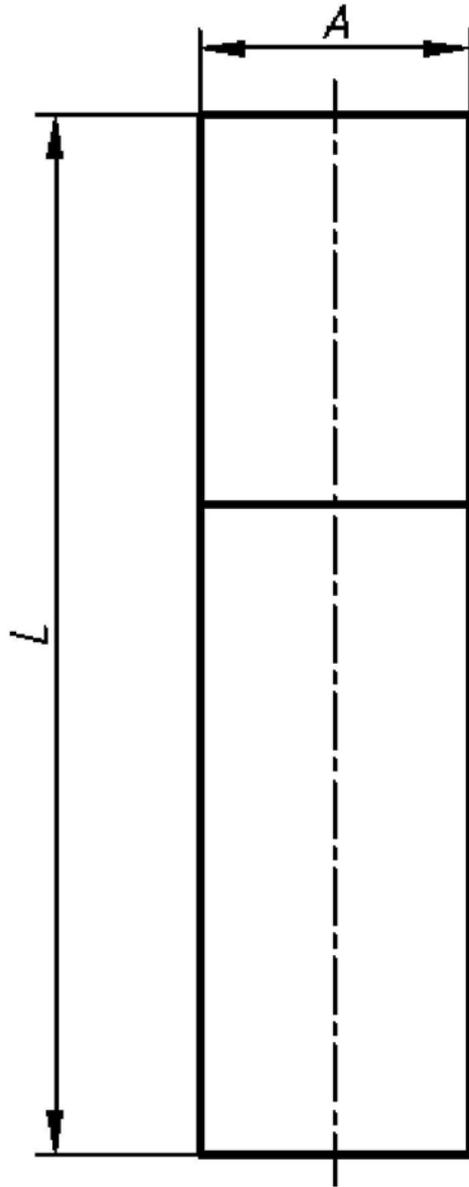


图1B

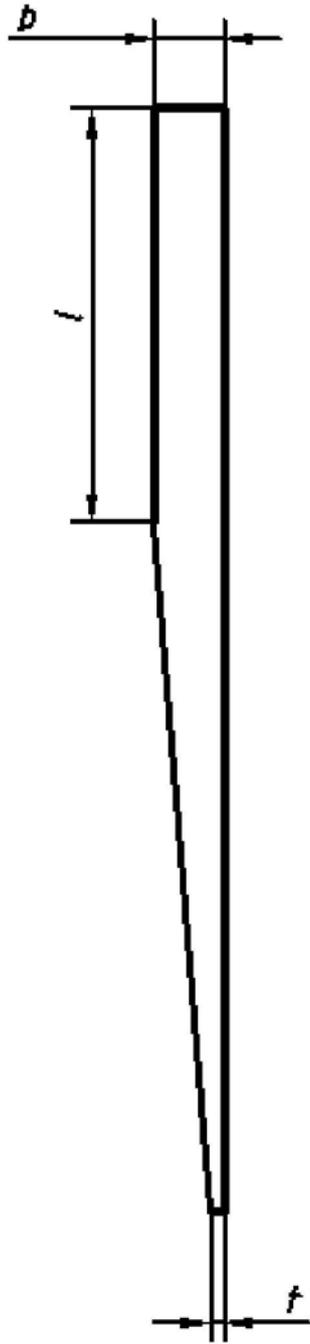


图2A

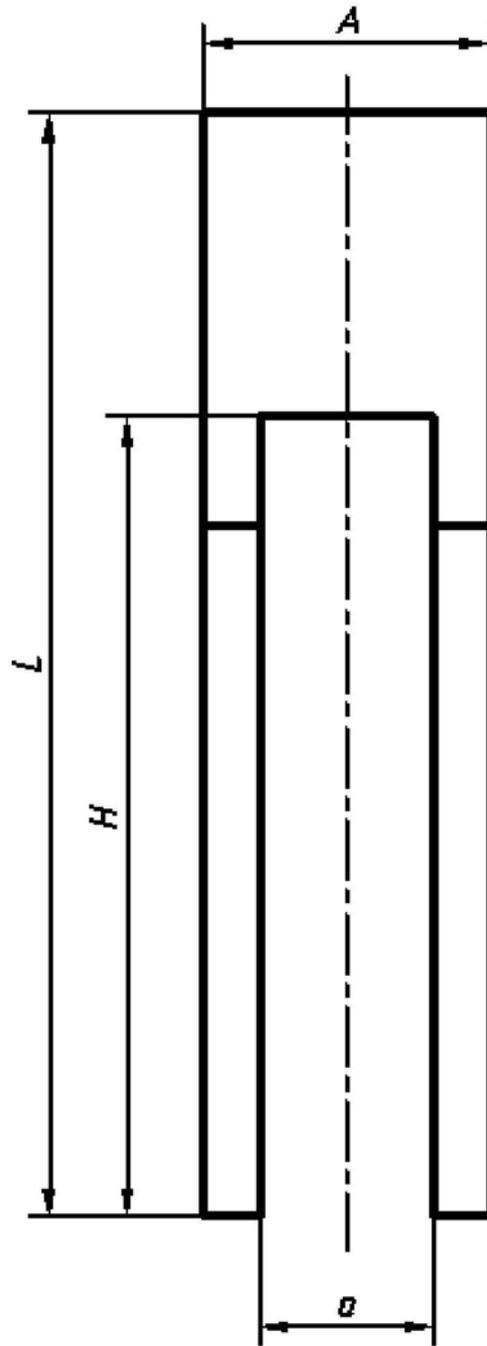


图2B

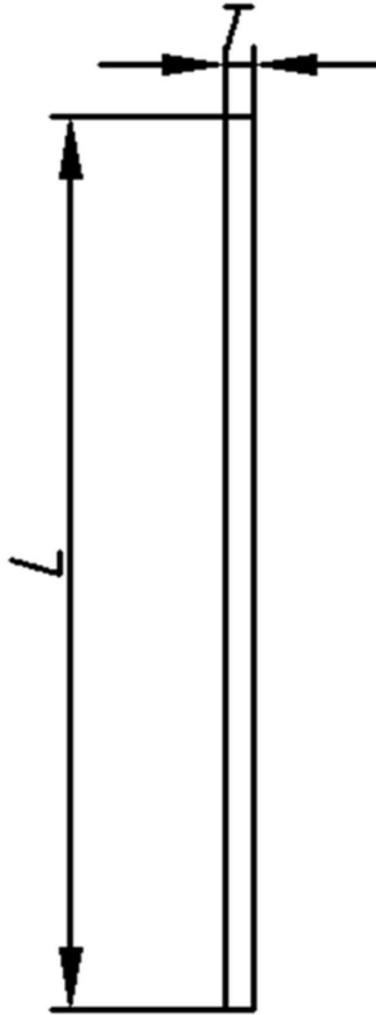


图3A

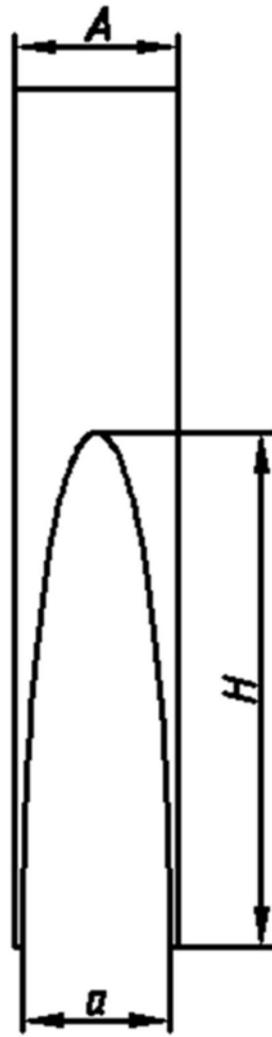


图3B

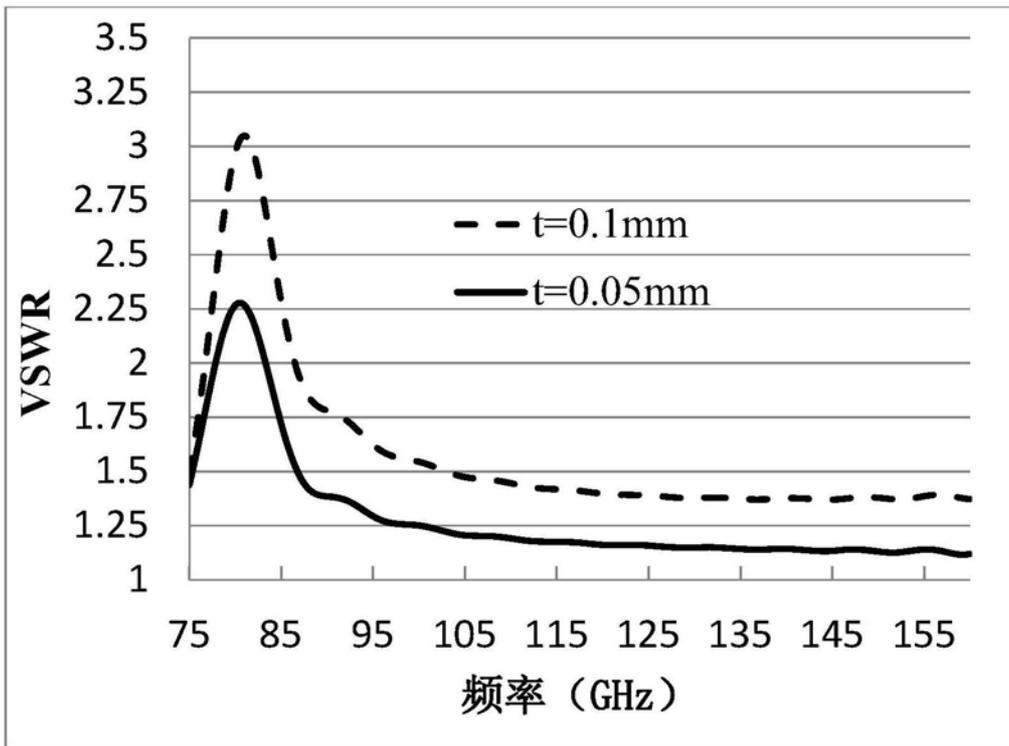


图4

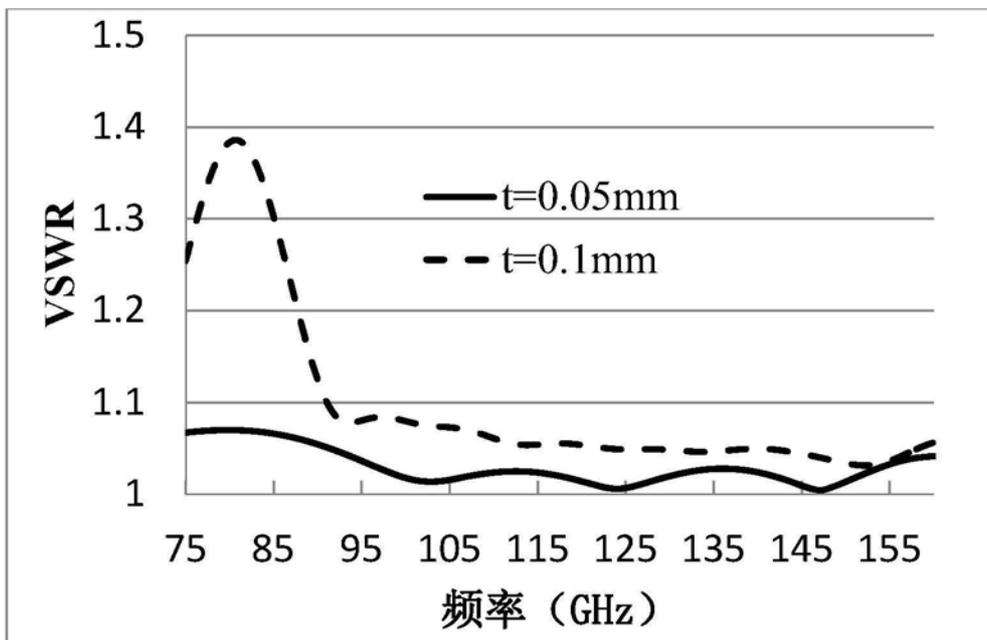


图5

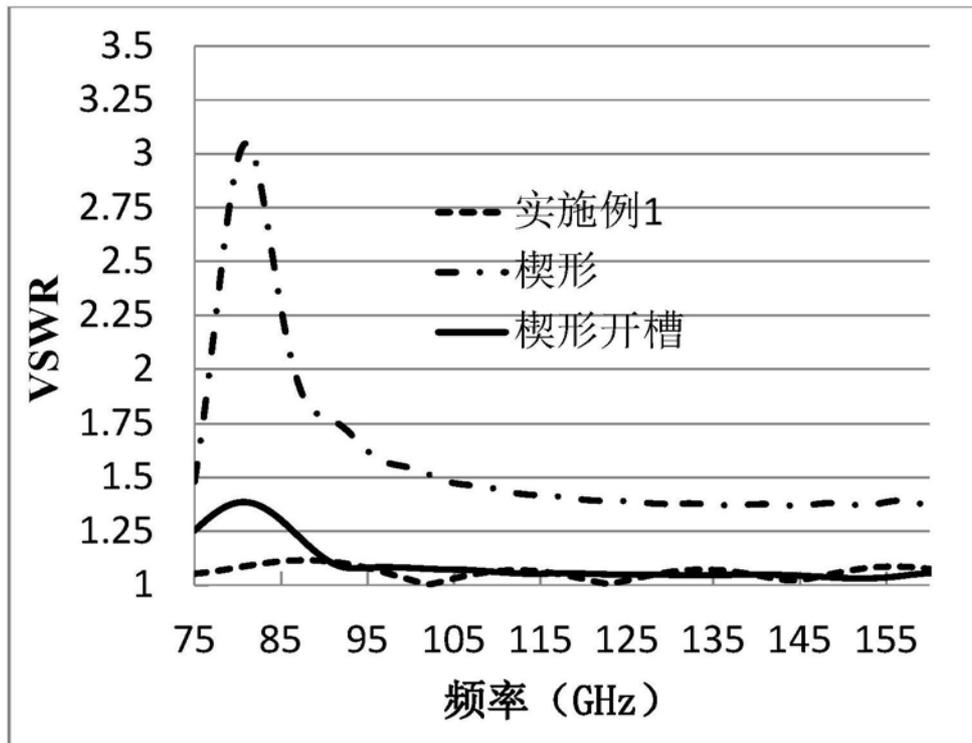


图6