

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H05B 6/72

H01P 3/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410065684. X

[43] 公开日 2005 年 4 月 13 日

[11] 公开号 CN 1606386A

[22] 申请日 2004. 11. 9

[21] 申请号 200410065684. X

[71] 申请人 中国科学院等离子体物理研究所

地址 230031 安徽省合肥市 1126 信箱

[72] 发明人 刘甫坤

[74] 专利代理机构 安徽合肥大夏专利事务所

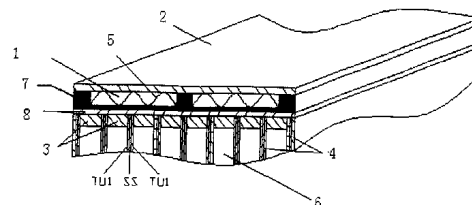
代理人 季 晟

权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

[54] 发明名称 一种用复合金属材料制成的天线单元及其匹配的水冷却板

[57] 摘要

本发明涉及的是一种用于低混杂波电流驱动天线的由复合金属材料制成的多结波导阵天线单元及其配合使用的水冷却板，所述多结波导阵天线单元包括一个由八个子波导(6)构成的波导阵单元和冷却水板，所述子波导(6)的波导窄壁(3)材料选用无氧铜(TU1)，宽壁(4)材料选用“无氧铜/不锈钢/无氧铜”(TU1/SS/TU1)三层爆炸复合板制成。所述水冷却板，包括沟槽(1)和用于封闭沟槽(1)的金属盖板(2)，水槽(1)选用的是不锈钢/无氧铜(SS/TU1)双层复合板材料，沟槽(1)内设置有金属波纹板(5)，该金属波纹板(5)与沟槽(1)、盖板(2)固定连接为一整体。本发明大幅度地降低了天线的造价，而且冷却水板的冷却效率大幅度提高，可以大幅度减薄，简化了整个天线的结构。



1. 本发明所述的一种用复合金属材料制成的多结波导阵天线单元，包括一个波导阵单元和两块水冷却板，所述波导阵单元由八个子波导（6）沿窄边并列固定为一个整体构成，该波导阵单元的两个窄边上分别安装有一块水冷却板，其特征在于所述子波导（6）的波导窄壁（3）材料选用无氧铜（TU1），宽壁（4）材料选用“无氧铜 / 不锈钢 / 无氧铜”（TU1/SS/TU1）三层爆炸复合板制成。
2. 一种用复合金属材料制成的与权利要求 1 所述多结波导阵天线单元匹配的水冷却板，包括一条以上沿波导阵纵向方向分布的沟槽（1）和用于封闭沟槽（1）的金属盖板（2），其特征在于所述水冷却板的水槽（1）选用的是不锈钢 / 无氧铜（SS/TU1）双层复合板材料，沟槽（1）内设置有金属波纹板（5），该金属波纹板（5）与沟槽（1）、盖板（2）固定连接为一整体。

一种用复合金属材料制成的天线单元及与其匹配的水冷却板

所属技术领域

本发明涉及的是受控磁约束热核聚变领域的非感应加热和电流驱动装置，具体地说就是一种用于低混杂波电流驱动天线的由复合金属材料制成的多结波导阵天线单元及与其配合使用的水冷却板。

背景技术

低混杂波驱动电流已经被实验证明为托卡马克型受控磁约束热核聚变装置上最为有效的非感应驱动电流方法，大型低混杂波系统中使用的天线大多数是相控多结波导阵天线。微波传输理论表明：1)、微波通过相同长度，但不同宽边尺寸的矩形波导时，其相位改变量不同；2)、在矩形波导中传播 TE_{10} 波时，引入与波导宽边平行的若干金属板（E 面结）将主波导分成若干子波导，不会破坏原来的场形分布，即各子波导中传输的也是 TE_{10} 波，且相位和主波导中传输的波相位相同。相控多结波导阵就是根据以上原理设计的，如将相邻子波导间相位差设计为 90° ，则四个子波导就构成了一个完整的移相周期，若干个这样的单元结构组合起来，便可以构成一个多结波导阵天线。

在波导阵天线材料的选取上，必须同时兼顾两方面的要求：一是良好的导电性能，以降低欧姆损耗；二是良好的机械强度，以保证天线阵的结构强度和稳定性。在波导阵材料的选取上，现在通常使用弥散强化铜，或是其它高强度、高电导率的特种合金材料，这些材料往往是非常昂贵的，使天线制造成本高居不下。

由于制造多结波导阵的材料电导率是有限的，那么，当在波导阵中通过微波能量时，材料的欧姆损耗便会产生热量，随着微波功率加大，以及试验时间加长，欧姆损耗产生的热量便会不断累积，造成波导阵的温度急剧上升。当温度上升到一定程度时，材料的机械强度就会下降，从而影响到天线阵结构的稳定性。因此，必须给波导阵配以合适的冷却装置，国际上通常采用的都是用水冷却的方式。波导阵和水冷却装置焊接成一体，就构成了一个天线单元或整个天线。国际上现有的多结波导阵天线中，水冷板装置通常是在一块较厚的不锈钢板上，沿天线阵纵向方向，开凿若干条管状通道，在通道内通水，这样，波导阵内产生的热量，通过热传导传到冷却水板上，再由通道里的水流带走，从而达到散热的目的。但这样的冷却水板的冷却效率很低，为了保证足够的散热量，就必须把冷却水板加厚，以获得足够大口径的冷却水通道。遗憾的是，水冷板加厚，其上的涡流就会随之增大。涡流增大，一方面会造成更多的热损耗，另一方面，涡流在托卡马克强大的磁场中，会产生非常大的扭曲力矩，影响天线的稳定性，使天线的装配结构变得复杂化。

发明内容

本发明为了解决上述问题，提供一种低成本、用复合金属材料制成的多结波

导阵天线单元，以及一种冷却效率比现有技术大为提高的用复合金属材料制成的用于该天线单元的冷却水板。

本发明采取的技术方案是：一种用复合金属材料制成的多结波导阵天线单元，包括一个波导阵单元和两块冷却水板，所述波导阵单元由八个子波导沿窄边并列固定为一个整体构成，该波导阵单元的两个窄边上分别安装有一块冷却水板，其特征在于所述子波导的波导窄壁材料选用无氧铜，宽壁材料则选用“无氧铜 / 不锈钢 / 无氧铜”（TU1/SS/TU1）三层爆炸复合板制成。

由于波导阵子波导窄壁材料选用无氧铜，宽壁材料选用“无氧铜 / 不锈钢 / 无氧铜”（TU1/SS/TU1），无氧铜作为子波导内壁材料，保证了良好的导电特性，降低了通波时的欧姆损耗。而宽壁材料选用“无氧铜 / 不锈钢 / 无氧铜”三层爆炸复合板的优点在于：不锈钢板夹在两层无氧铜板中间，保证了复合板的整体刚性，使天线阵具有很好的机械稳定性，由于微波的趋肤效应，该不锈钢夹层不会对微波传输产生任何影响。

一种用复合金属材料制成的用于所述多结波导阵天线单元的水冷却板，包括一条以上沿波导阵纵向方向分布的沟槽和用于封闭沟槽的金属盖板，其特征在于所述水冷却板的水槽选用的是“不锈钢 / 无氧铜”双层复合板材料，沟槽内设置有金属波纹板，该金属波纹板与沟槽、盖板固定连接为一整体。

冷却水在沟槽内流动时，沟槽内的波纹板能起到紊流和加大散热面积的双重功效，极大地提高了冷却效率。组成冷却水板的三个部件—沟槽、波纹板和盖板，是通过焊接等方法连成一个整体的，从而使该冷却板的强度得以增强，提高了耐压力能力。由于这两方面的特点，就可以把该冷却水板的厚度大大减小，从而减小了其可能产生的涡流。而且由于冷却水板水槽选用的是“不锈钢 / 无氧铜”双层复合板材料，其无氧铜板基层和无氧铜做成的波导阵窄壁互相连接，由于无氧铜的可塑性强，使得二者的贴合非常严密，进一步增强了二者之间的热传导性能。

本发明的有益效果如下：

1)、由于本发明采用无氧铜和不锈钢爆炸复合板材料代替通用的弥散强化铜等高强度、高电导率特种材料，大幅度地降低了天线的造价。

2)、本发明所使用的冷却水板的冷却效率大幅度提高，在同样的散热要求下，冷却水板的厚度可以大幅度减薄，从而降低了冷却水板上可能产生的涡流，简化了整个天线的结构。

附图说明

下面结合附图和实施例，对本发明作进一步的说明。

图 1 是现有的多结波导阵天线单元结构示意图。

图 2 是现有的多结波导阵天线水冷板及波导阵结构示意图。

图 3 是本发明的水冷板及波导阵结构示意图。

具体实施方式

参见附图 1、2，从图 1 中可以看出，现有多结波导阵天线通常由两块冷却板和一个多结波导阵组成，三者之间通过焊接的方法联结成一个整体，多结波导

阵由八个子波导组成。图 2 中的水冷却板和波导阵均是由单一一种材料制成，在不锈钢材料做成的冷却板上，有四条管状冷却水通道，其中流过的水流可以把天线上的热量带走。但是由于冷却板厚度的限制，冷却水通道的口径无法开得很大，管状通道也无法开得太多，这使得它的冷却效率很低。图 2 中，波导阵的宽边和窄壁都是由弥散强化铜等特种材料做成。

附图 3 中，子波导 6 的波导窄壁 3 材料选用无氧铜，宽壁材料 4 则选用“无氧铜 / 不锈钢 / 无氧铜”（TU1/SS/TU1）三层爆炸复合板制成。冷却水板由盖板 2、波纹板 5 和水槽 1 三部分焊接而成，盖板 2、波纹板 5 均由不锈钢制成，冷却水板的不锈钢层 7 上铣有很宽的水槽 1，作为冷却水通道，水槽 1 的无氧铜板基层 8 与波导阵窄壁 3 焊接在一起，使得二者之间可以很好地传导热量。与图 2 中的现有冷却水板相比，可以清楚地看出，本发明具有大得多的冷却通道和散热面积。波导阵子波导宽壁材料 4 为“TU1/SS/TU1”三层爆炸复合板，子波导 6 的内壁材料是 TU1，它具有很高的电导率，通波时产生的欧姆损耗非常小，由于微波的趋肤效应，复合板中间的不锈钢板 SS 对微波传输没有任何影响，但不锈钢夹层大大地增强了天线阵的机械强度。

冷却水板制作过程如下：在一块由无氧铜 TU1 和不锈钢 SS 通过爆炸复合而成的双层复合板之不锈钢层上，用机械加工的方法，沿波导阵纵向方向，铣出两条几十毫米宽，数毫米深的沟槽 1，在沟槽 1 内焊接上用不锈钢薄板压制而成的波纹板 5，再在沟槽 1 及沟槽 1 内的波纹板 5 上用氩弧焊的办法焊接上一块不锈钢盖板 2，即可得到本发明所述的水冷却板。

制作本发明是将八个子波导 6 沿窄边并列，用真空钎焊的方法焊接到一起，组成一个波导阵单元，再在波导阵单元的两个窄边上分别焊接一块冷却水板，这样，一个波导阵单元和两块冷却水板便构成了一个所述的多结波导阵天线单元。

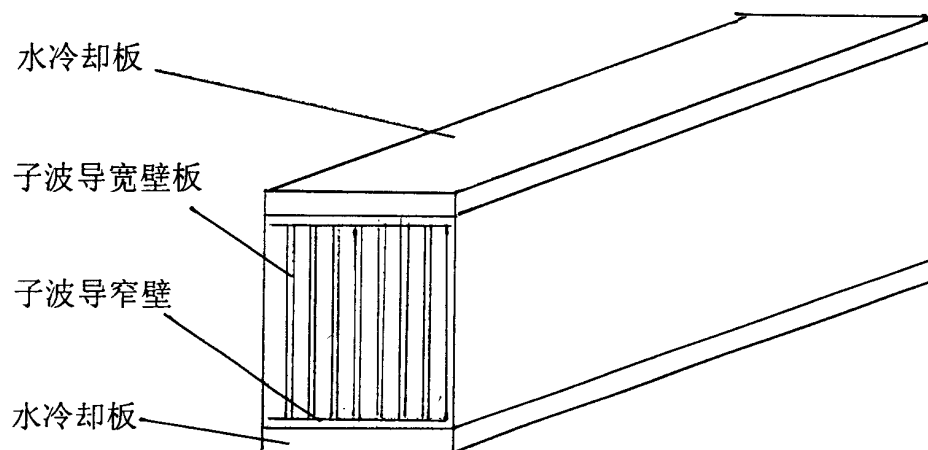


图 1

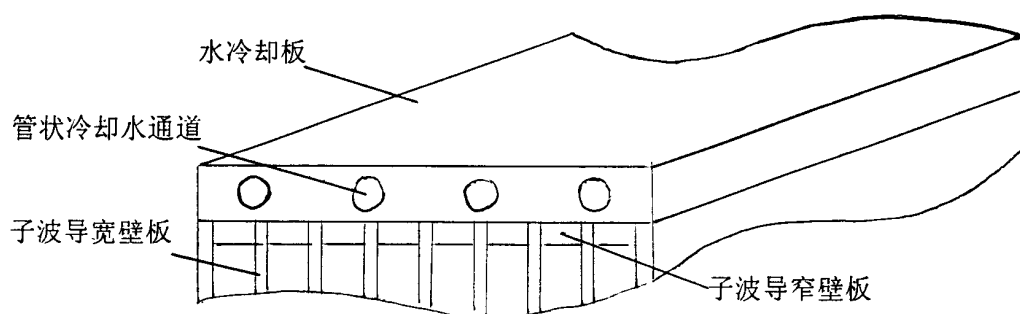


图 2

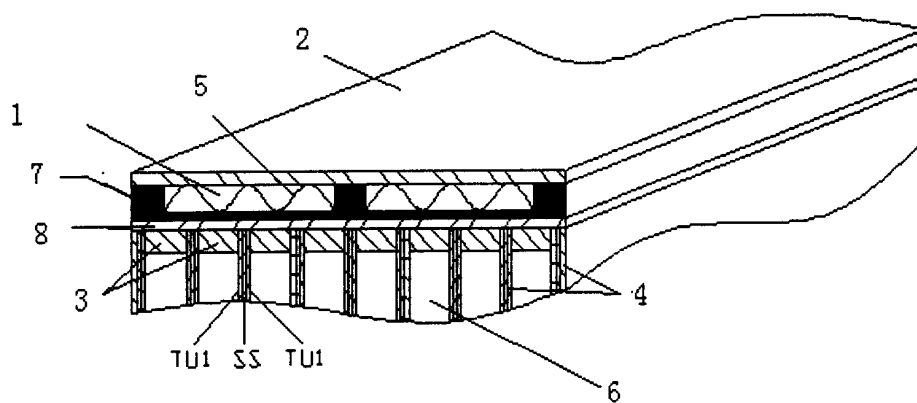


图 3