

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03109204.7

H01L 23/12 (2006.01)
H01L 23/34 (2006.01)
H01L 25/00 (2006.01)
H05K 1/18 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 10 月 31 日

[11] 授权公告号 CN 100346473C

[22] 申请日 2003.4.3 [21] 申请号 03109204.7

[30] 优先权

[32] 2002.4.3 [33] JP [31] 100959/2002

[73] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 岩城秀树 田口丰 小掠哲义

菅谷康博 朝日俊行 西山东作

井户川义信

[56] 参考文献

US6057600A 2000.5.2

CN1065660C 2001.5.9

JP11-220262A 1999.8.10

US5874321A 1999.2.23

审查员 王程远

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 黄剑锋

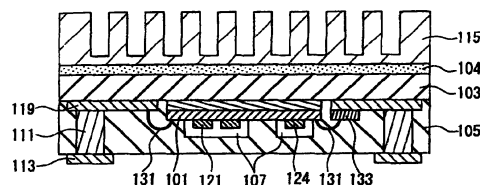
权利要求书 5 页 说明书 33 页 附图 12 页

[54] 发明名称

内装半导体的毫米波段模块

[57] 摘要

本发明的内装半导体的毫米波段模块，能有效地对来自工作在毫米波段的半导体元件的热进行散热，半导体元件和电路元件的安装密度高。具有：电气绝缘性基板，由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成；高热传导基板，由热传导率比上述电气绝缘性基板高的介质材料构成，重叠在上述电气绝缘性基板的一个面上；多个布线图形，形成在上述高热传导基板和上述电气绝缘性基板上；半导体元件，布置在上述电气绝缘性基板的内部，面朝上安装在上述高热传导基板上，且与上述布线图形电气连接，工作在毫米波段；及分布常数电路元件和有源元件，设置在上述半导体元件上；在上述电气绝缘性基板内部且在上述分布常数电路元件和上述有源元件的表面附近设置空隙。



- 1、一种内装半导体的毫米波段模块，其特征是，包括：
电气绝缘性基板，它由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成；
高热传导基板，它由热传导率比上述电气绝缘性基板高的介质材料构成，
多个布线图形，它形成在上述高热传导基板和上述电气绝缘性基板上；
半导体元件，它被布置在上述电气绝缘性基板的内部，面朝上安装在上述高热传导基板上，而且与上述布线图形电气连接，工作在毫米波段；以及
分布常数电路元件和有源元件，它们被设置在上述半导体元件上；
在上述电气绝缘性基板内部，而且在上述分布常数电路元件和上述有源元件的表面附近设置空隙。
- 2、如权利要求1所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：在上述电气绝缘性基板的另一面，还叠层第2高热传导基板。
- 3、如权利要求2所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：上述空隙扩展至上述第2高热传导基板。
- 4、如权利要求1所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：在接近上述空隙、与分布常数电路元件相对的面上，还设有屏蔽电极。
- 5、如权利要求4所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：上述屏蔽电极被多个空隙共用。
- 6、如权利要求1所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：具有布置在上述电气绝缘性基板的内部并与上述布线图形电气连接的电路元件。
- 7、如权利要求6所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：上述电路元件通过上述电气绝缘性基板与外部气体隔离。

8、如权利要求1所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：构成电气绝缘性基板的混合物中包含的无机填料包括从 Al_2O_3 、BeO、BN、SiC、AlN 和 SiO_2 中选出的至少一种无机填料。

9、如权利要求1所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：上述高热传导基板由从 Al_2O_3 、BeO、BN、AlN 和 SiC 中选出的至少一种陶瓷构成。

10、如权利要求1所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：上述半导体元件由包含 Si、GaAs、SiGe、InP 和 SiC 的物质中选出的至少一种半导体构成。

11、如权利要求1所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：在上述电气绝缘性基板的另一面上，还具有由介质损耗比上述电气绝缘性基板小的材料构成的低损耗基板。

12、如权利要求11所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：在上述低损耗基板上形成了多个布线图形。

13、如权利要求11所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：在上述低损耗基板上，且在上述电气绝缘性基板的内部设置滤波元件，在上述滤波元件的表面附近设置空间。

14、如权利要求13所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：设置在上述低损耗基板上的滤波元件、以及设置在上述半导体元件上的分布常数电路元件和有源元件均被设置在同一空隙内。

15、如权利要求13所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：在上述高导热基板或低损耗基板上，具有高频信号输出端子和外部信号输入端子；

上述外部信号输入端子和上述滤波元件的输入端子进行电气连接；上述滤波元件的输出端子和上述半导体元件的输入端子进行电气连接；上述半导体元件的输出端子和高频信号输出端子进行电气连接。

16、如权利要求11所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：

上述低损耗基板包括从 Al_2O_3 、 BeO 、 BN 、 AlN 和 SiC 中选出的至少一种陶瓷材料。

17、如权利要求 11 所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：上述低损耗基板是热变形温度不低于 180°C 的耐热性树脂。

18、如权利要求 17 所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：耐热性树脂是下列树脂中的至少一种：氟树脂、聚酰亚胺（PI）树脂、包含间位基团和对位基团的芳族聚酰胺树脂、聚酯树脂、聚酰胺聚酰亚胺树脂、聚酯聚酰亚胺树脂、聚醚酮（PEK）树脂、聚醚醚酮（PEEK）树脂、聚砜（PS）树脂、双马来酰亚胺三氮杂苯、对聚苯醚（PPE）树脂、聚苯硫醚（PPS）树脂、聚苯并咪唑树脂、液晶聚合物和聚苯环丁烯中选出的至少一种树脂。

19、如权利要求 1 所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：上述电气绝缘性基板由第 1 和第 2 电气绝缘性基板构成，由导热率高于第 1 电气绝缘性基板的介质材料构成；

该内装半导体的毫米波段模块具有：

高热传导基板，它重叠在上述第 1 电气绝缘性基板的一个面上；

第 1 和第 2 低损耗基板，其由介质损耗小于上述第 1 电气绝缘性基板的介质材料构成；

多个布线图形，它形成在上述高热传导基板、上述第 1 和第 2 电气绝缘性基板、第 1 和第 2 低损耗基板上；

半导体元件，它被布置在上述第 1 电气绝缘性基板的内部，且面朝上安装在上述高热传导基板上，而且与上述布线图形电气连接，工作在毫米波段；

分布常数电路元件和有源元件，它们被设置在上述半导体元件上，空隙，它在上述第 1 电气绝缘性基板内部，且在上述半导体元件上的分布常数电路元件和上述有源元件的表面附近设置；以及

电路元件，其被布置在上述第 2 电气绝缘性基板的内部，与上述

第 2 低损耗基板的布线图形电气连接，

上述第 1 低损耗基板被叠层在上述第 1 电气绝缘性基板的另一面上，上述第 2 电气绝缘性基板被叠层在上述第 1 低损耗基板和上述第 2 低损耗基板之间。

20、如权利要求 1 所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：在上述高热传导基板的外侧还具备具有散热功能的散热片。

21、如权利要求 1 所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：上述高热传导基板被布置在框体内，上述高热传导基板和上述框体由导热性树脂接合，还具有：背面安装在与上述接合面相对的面上的在毫米波段下工作的半导体元件、及与上述半导体元件的接地端子连接的母基板，上述母基板的接地端子与上述框体电气连接。

22、如权利要求 21 所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：上述导热性树脂具有可压缩性。

23、如权利要求 21 所述的内装半导体的毫米波段模块，其特征是：在上述框体内，还具有低损耗基板和在上述低损耗基板上的滤波元件，上述半导体元件安装在上述高热传导基板上；

在上述高热传导基板或低损耗基板上，具有高频信号输出端子、外部信号输入端子和外部连接用接地端子；

上述外部信号输入端子和上述滤波元件的输入端子电气连接；

上述滤波元件的输出端子和上述半导体元件的输入端子通过第 1 过孔导体电气连接；

上述半导体元件的输出端子和高频信号输出端子通过第 2 过孔导体电气连接；

上述外部连接用接地端子和上述滤波元件的滤波元件用接地端子电气连接；

上述半导体元件的半导体元件用接地端子、滤波元件用接地端子及外部连接用接地端子，通过上述框体电气连接。

-
24. 如权利要求 1 所述的内装半导体的毫米波段模块, 其特征是:
在上述空隙中有空气存在。
25. 如权利要求 1 所述的内装半导体的毫米波段模块, 其特征是:
上述空隙的介质常数为 1。
26. 如权利要求 1 所述的内装半导体的毫米波段模块, 其特征是:
上述电气绝缘性基板同上述分布常数电路元件和上述有源元件的
表面外侧的最小的空隙大于等于 $100\ \mu\text{m}$, 并且, 上述空隙的形状一定。

内装半导体的毫米波段模块

技术领域

本发明涉及内装半导体的模块，特别涉及在微米波段或毫米波段工作的半导体元件（以下简称为“工作在毫米波段的半导体元件”）被配置在电气绝缘性基板内部的内装半导体的模块。

背景技术

近年来，随着电子设备的高性能化和小型化的要求，迫切希望电路元件的高密度化和高性能化。因此，要求电路基板能适应电路元件的高密度、高功能化。特别是，作为使包括半导体元件在内的电路元件高密度化的方法而提出的内装电路元件的模块（特开平 11—220262 号公报、特许第 3051700 号），通过采用由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成的电气绝缘性基板，可内装半导体元件。

另一方面，作为对工作在毫米波段的半导体元件产生的热量能有效地向外部传导进行散热的封装，一般的结构是在内部设有多个布线层的凹型陶瓷封装的凹部安放半导体，用板状的盖设置空腔。另一种结构是在平坦的多层基板上安放半导体元件，采用设有凹部的盖在与平坦的多层基板之间设置空腔。再有，作为散热效率高的一例，提出用热传导率高的材料与半导体元件进行面接触的方法（特许第 2856192 号）。

但是，过去的用热传导率高的材料与半导体元件进行面接触的结构，在使半导体元件面朝上安装在布线基板上的情况下，由于热传导率高的材料与半导体元件的有源面相接触进行覆盖，所以有源面上的有效介质常数比空气高。这样就产生了半导体元件特性发生变化的问题。

并且，若对工作在毫米波段的半导体元件进行小型化，则不能有效地散热，因此，过去的结构存在的问题是不能充分散热，使内部装有器件的模块的可靠性降低。很难在提高散热效率的同时又能使工作在毫米波段的半导体元件和电路元件小型化。

发明内容

本发明是为了解决上述问题而提出的，目的在于提供一种内装半导体的毫米波段模块，它能使工作在毫米波段的半导体元件所产生的热量高效率地散出以提高散热效果，同时能提高半导体元件和电路元件的安装密度。

为了达到上述目的，本发明的内装半导体的毫米波段模块，其特征是，包括：电气绝缘性基板，它由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成；高热传导基板，它由热传导率比上述电气绝缘性基板高的介质材料构成，重叠在上述电气绝缘性基板的一个面上；多个布线图形，它形成在上述高热传导基板和上述电气绝缘性基板上；半导体元件，它被布置在上述电气绝缘性基板的内部，面朝上安装在上述高热传导基板上，而且与上述布线图形电气连接，工作在毫米波段；以及分布常数电路元件和有源元件，它们被设置在上述半导体元件上；在上述电气绝缘性基板内部，而且在上述分布常数电路元件和上述有源元件的表面附近设置空隙。

附图说明

图 1 是本发明第 1 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的概要剖面图。

图 2A~G 是示出本发明第 1 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的制造方法的概要的工序剖面图。

图 3 是本发明第 2 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的概要剖面图。

图 4 是本发明第 3 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的

概要剖面图。

图 5 是本发明第 4 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的概要剖面图。

图 6A~F 是示出本发明第 4 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的制造方法的概要的工序剖面图。

图 7 是本发明第 5 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的概要剖面图。

图 8 是本发明第 6 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的概要剖面图。

图 9 是本发明第 7 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的概要剖面图。

图 10 是本发明第 8 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的概要剖面图。

图 11 是本发明第 9 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的概要剖面图。

图 12 是本发明第 10 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的概要剖面图。

图 13 是本发明第 10 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的电路概要示意图。

图 14 是用于对本发明第 1 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的放大器的输出功率进行合成的分布常数线路图。

图 15 是本发明第 1 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的主要部分平面图。

图 16 是本发明第 10 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的电路概要示意图。

图 17 是本发明第 11 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的概要剖面图。

图 18 是本发明第 11 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的电路的概要示意图。

发明的详细说明

本发明包括：电气绝缘性基板，它由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成；高热传导基板，它由热传导率比上述电气绝缘性基板高的介质材料构成，多个布线图形，它形成在上述高热传导基板和上述电气绝缘性基板上；半导体元件，它被布置在上述电气绝缘性基板的内部，且面朝上安装在上述高热传导基板上，且与上述布线图形电气连接，工作在微米波或毫米波；在上述电气绝缘性基板的内部而且利用上述半导体元件上的布线图形而在无源电路元件和有源元件附近的区域设置了空隙。这样一来，能使工作在毫米波段的半导体元件的热量有效地散发而提高散热效果，同时能以高密度安装半导体元件和电路元件，能够实现小型化。

若采用本发明的内装半导体的毫米波段模块，则能以最短的距离对半导体元件和散热片进行连接，能按不同的方向来设置电气布线和散热路径。因此，与过去的将半导体元件键合在金属基板上的情况相比，能提高散热效率。并且，能自由地配置电气布线。再者，因为在半导体元件上设置的分布常数电路元件的面附近的区域形成了空洞，所以，通过内部安装半导体元件，能不受形成电气绝缘性基板的树脂组成物的影响，能使半导体元件的高频特性达到和裸芯片状态的特性相同。并且，因为半导体元件与外部气体隔断，所以能获得可靠性高的内装半导体的毫米波段模块。

而且，构成电气绝缘性基板的混合物中所包含的无机填料，最好包含从 A_2O_3 、 BeO 、 BN 、 SiC 、 AlN 和 SiO_2 中选出的至少一种无机填料。通过采用这些无机填料可以获得散热性良好的电气绝缘性基板。并且，通过选择无机填料能调节电气绝缘性基板的热膨胀系数，使其与半导体元件的热膨胀系数相匹配，因此，能获得可靠性高的内

装半导体的毫米波段模块。在此，电气绝缘性基板的电阻值在室温（25℃）时大于等于 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot m$ 。

并且，高热传导基板最好是由 Al_2O_3 、BeO、BN、AlN 和 SiC 中选出的至少一种陶瓷构成。通过采用这些材料能获得散热性良好的高热传导基板。在此，高热传导基板有的是用热传导率比电气绝缘性基板高的介质材料形成，例如 Al_2O_3 （18~33W/m·K）、BeO（260W/m·K）、BN（600W/m·K）、AlN（150~210W/m·K）、SiC（200~280W/m·K）。

并且，半导体元件最好是由含有 Si、GaAs、SiGe、InP 和 SiC 的物质中选出的至少一种半导体构成的。通过采用这些半导体元件能获得在高频区内频率特性良好的内装半导体的毫米波段模块。

再者，半导体元件最好通过上述电气绝缘性基板与外部气体隔离。通过半导体元件与外部气体隔离，能避免因湿度而使半导体元件可靠性降低。

在本发明的模块中，也可以在电气绝缘性基板的另一面重叠第 2 高热传导基板。这样一来，由于在电气绝缘性基板的两侧具有高热传导基板，所以能防止因使用时温度变化而使模块整体翘曲的影响。再有，在高热传导基板变薄时也能防止翘曲的影响。并且，在使用薄膜状树脂材料时也能防止翘曲，能减小模块的总高度或总厚度。其结果，能缩短半导体元件和散热片之间的物理距离，因此，在半导体元件正下面的高热传导基板内设置了散热用导热过孔时，能更有效地使半导体元件散热。

在上述模块中，空隙也可以扩展到上述第 2 高热传导基板。这样一来，在制造内装半导体的毫米波段模块的工序中，按照下面第 1 实施方式的制造方法进行说明的，制造在用于形成空洞的第 1 通孔和第 2 通孔内充填了导电性树脂组成物的板状体时，在制作时可以在一块混合物上形成了第 2 通孔之后充填导电性树脂组成物，然后形成用于形成空洞的第 1 通孔，从而制作板状体，能更有效地制造

内装半导体的毫米波段模块。

并且，在上述电气绝缘性基板的另一面上具有介质损耗比上述电气绝缘性基板低材料所构成的低损耗基板，也可以设置形成于上述低损耗基板的多个布线图形、布置在上述电气绝缘性基板的内部而且设置在上述低损耗基板上的滤波元件、设置在上述滤波元件附近区域的空隙。这样一来，能高效率地散热，同时能自由地进行电气布线。并且，半导体元件的高频特性能达到与裸芯片状态的特性相同。再有，即使内部安装滤波元件也能在滤波元件附近的区域内形成空隙，所以，内部安装滤波元件也不受形成电气绝缘性基板的树脂组成物的影响。因此，能把低损耗的滤波元件内置，能以最短距离与半导体元件相连接。其结果能减小连接所造成的损耗。

而且，上述低损耗基板最好是从 Al_2O_3 、 BeO 、 BN 、 AlN 和 SiC 中选出的至少一种陶瓷材料。并且，上述低损耗基板，热变形温度不低于 180°C ，最好不低于 200°C 。热变形温度需要在 180°C 以上是因为形成本发明的模块时的积层工序中有时要加热至 175°C 的温度。能用于本发明的耐热性树脂可以是氟树脂、聚酰亚胺 (PI) 树脂、芳族聚酰胺树脂 (包含间位基团和对位基团)、聚酯树脂、聚酰胺聚酰亚胺树脂、聚酯聚酰亚胺树脂、聚醚酮、(PEK) 树脂、聚醚醚酮 (PEEK) 树脂、聚砜 (PS) 树脂、双马来酰亚胺三氮杂苯树脂、对聚苯醚 (PPE) 树脂、聚苯硫醚 (PPS) 树脂、聚苯并咪唑树脂、液晶聚合物和聚苯环丁烯中选出的至少一种树脂。氟树脂有：聚四氟乙烯 (PTFE)、三氟乙烯-全氟 (代) 烷基乙烯醚共聚物 (PFA)、聚邻苯二甲酸二烯丙酯 (PCTFE)、聚偏二氟乙烯 (PVDF)、聚氟乙烯 (PVF)、四氟乙烯-六氟丙烯共聚物 (FEP)、聚氟乙烯-乙烯共聚物 (PETFE) 等。若是上述材料，则能降低在低损耗基板上制作的滤波元件的插入损耗，获得高性能滤波器。

在上述材料中，例如按照平均粒径 $12\ \mu\text{m}$ 的氧化铝粉末 90 重量

%、双酚类 A 型环氧树脂 8 重量%、固化剂 2 重量%的比例进行配料，形成的电气绝缘性基板的介质常数约为 0.02，但上述低损耗基板的介质常数约为 0.002。

并且，本发明的内装半导体的毫米波段模块也可以在同一空隙内，设置位于半导体元件上的分布常数电路元件和有源元件、以及位于上述低损耗基板上的滤波元件。这样一来，能高效地制造出内置半导体元件和滤波元件的内装半导体的毫米波段模块。

再者，也可以在上述空隙内与分布常数电路元件相对一侧设置屏蔽导体。这样，除了能利用屏蔽导体来防止半导体元件和滤波元件之间等的信号漏泄外，还能减少因制造内装半导体的毫米波段模块之际形成空隙时的树脂软化引起的空隙形状的变形。

并且，上述屏蔽电极也可以在多个空隙中共用。这样，能减少电气绝缘性基板的层数，并提高制造效率。

再者，也可以具有布置在上述电气绝缘性基板的内部、与上述布线图形电气连接的电路元件。这样，即使将电路元件内置，也能通过缩短半导体元件和电路元件之间的连接距离来减小电信号杂波，能获得高频特性良好的内装半导体的毫米波段模块。再者，由于预先将特性有保证的电路元件装入内部，所以，在制成模块时，能提高制造时的合格率，能够实现可靠性高的模块。

而且，电路元件最好通过上述电气绝缘性基板与外部气体隔离。通过与外部气体隔离，能避免湿度造成的电路元件的可靠性降低。

本发明的另一种内装半导体的毫米波段模块具有：第 1 和第 2 电气绝缘性基板，它由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成；高热传导基板，它由热传导率比上述第 1 电气绝缘性基板高的介质材料构成，重叠在上述第 1 电气绝缘性基板的一个面上；第 1 和第 2 低损耗基板，其由介质损耗小于上述第 1 电气绝缘性基板材料构成；多个布线图形，它形成在上述高热传导基板、上述第 1 和第 2

电气绝缘性基板以及第 1 和第 2 低损耗基板上；半导体元件，它被布置在上述第 1 电气绝缘性基板的内部，且面朝上安装在上述高热传导基板上，且与上述布线图形电气连接，工作在毫米波段；分布常数电路元件和有源元件，它们被设置在上述半导体元件上；空隙，它在上述第 1 电气绝缘性基板内部，而且在上述半导体元件上的分布常数电路元件和上述有源元件的附近；以及电路元件，其被布置在上述第 2 电气绝缘性基板的内部，与上述第 2 低损耗基板的布线图形电气连接；上述第 1 低损耗基板被叠层在上述第 1 电气绝缘性基板的另一面上，上述第 2 电气绝缘性基板被叠层在上述第 1 低损耗基板和上述第 2 低损耗基板之间。

若采用该内装半导体的毫米波段模块，则能使半导体元件有效地散热，能获得与裸芯片状态的特性相同的特性。并且，能以短布线与低损耗的滤波器相连接，高频特性良好。再者，制造时合格率高、可靠性高，此外，安装在低介质损耗基板上的多个电路元件和半导体元件或滤波元件等之间的布线长度，与不是将低介质损耗基板重叠多层而是二维配置时比较，能大大缩短。因此，能减小因布线而产生的信号损耗，而且能减小具有同样功能的模块的安装面积，从而实现小型化，使电路元件安装密度提高。

本发明的另一种内装半导体的毫米波段模块具有：电气绝缘性基板，它由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成；高热传导基板，它由热传导率比上述电气绝缘性基板高的介质材料构成，重叠在上述电气绝缘性基板的一个面上；低损耗基板，其由介质损耗小于上述电气绝缘性基板的材料构成，重叠在上述电气绝缘性基板的另一面上；多个布线图形，它形成在上述高热传导基板和上述电气绝缘性基板以及低损耗基板上；高频信号输出端子和外部信号输入端子，它设置在上述高热传导基板或上述低损耗基板上；半导体元件，它被布置在上述电气绝缘性基板的内部，且面朝上安装在上

述高热传导基板上，且与上述布线图形电气连接，工作在毫米波段；滤波元件，它配置在上述电气绝缘性基板的内部且设在上述低损耗基板上分布常数电路半导体元件；以及空隙，它在上述电气绝缘性基板内部，而且在上述半导体元件上的分布常数电路元件和上述有源元件的附近；上述外部信号输入端子和上述滤波元件的输入端子进行电气连接，上述滤波元件的输出端子和上述半导体元件的输入端子进行电气连接，上述半导体元件的输出端子和上述高频信号输出端子进行电气连接。

若采用该内装半导体的毫米波段模块，则在半导体元件为高输出用的功率放大器的情况下，可以获得用一个内装半导体的毫米波段模块把发送功能制成一个整体的发送模块，在构成毫米波段信号的通信机的情况下，能减小部件数量。并且，在半导体元件是低噪音放大器的情况下，能获得接收模块。再者，通过采用多个半导体元件的内装半导体的毫米波段模块，能制成使收发功能一体化的毫米波段前端模块。

如以上说明的那样，本发明的内装半导体的毫米波段模块能以最短距离使散热片与半导体元件相连接，能把电气布线和热的散热路径设置在其他方向上，所以，能高效率地散热，能自由进行电气布线。并且，在与设置了半导体元件上的分布常数电路元件的面相邻的区域内形成空洞，所以，把半导体元件装入内部，能不受形成电气绝缘性基板的树脂组成物的影响，半导体元件的高频特性能达到与裸芯片状态的特性相同。

并且，本发明的内装半导体的毫米波段模块，由于能把滤波元件和电路元件装入内部，所以能缩短半导体元件和电路元件之间的连接距离，因此，能获得可降低电信号杂波等高频特性良好的内装半导体的毫米波段模块。再者，由于预先把特性有保证的电路元件装入内部，所以制成模块时，能实现生产合格率高，可靠性高的模

块。

再者，本发明的内装半导体的毫米波段模块，由于采用多层结构，所以能够以最短距离来连接半导体元件和电路元件。因此，能减小布线所造成的信号损耗，而且能减小具有相同功能的模块的安装面积，从而实现小型化，实现电路元件的高精度安装。

具体实施方式

以下，利用附图具体说明涉及本发明的内装半导体的毫米波段模块的具体实施方式。而且，在下述实施方式中，标注同一符号的部件表示同一部件，所以有时其说明从略。

[第1实施方式]

图1是表示本发明第1实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的结构概要的剖面图。

以下，参照图1详细说明本实施方式中的内装半导体的毫米波段模块。在图1中，半导体元件101面朝上安装在高热传导基板103上，在高热传导基板103上形成的布线图形119，与在布线图形119上安装的旁路电容，经引线131通过键合进行电气连接。

半导体元件101是工作在毫米波段的半导体元件，毫米波段一般在30GHz以上，例如32GHz、60GHz、72GHz等。特殊时也有26GHz。

在半导体元件101上，形成了有源元件124和无源电路元件（以下称为“分布常数电路元件”）121，该无源电路元件121采用图形形成用于连接该有源元件之间的布线和采用短截线（stub）的匹配电路、耦合电路、滤波器、偏置用短截线等。上述所谓短截线是指用于调整布线阻抗的设置了分支部的布线，端部用开放终端或过孔过孔等与接地层进行电连接。例如，把从分支部开始的布线长度调整到传播的信号的波长的1/4长度，使布线端开路或短路，以便使分支部分别处于短路或开路状态。特别是，它们与晶体管的输入端子和输出端子连接，用于调整输出阻抗。并且，有源元件124可

以是一个或者更多，例如是双极晶体管、场效应晶体管（FET）或二极管等。

在由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成的电气绝缘性基板 105，与设置在半导体元件 101 上的分布常数电路元件 121 和有源元件 124 相邻的区域，形成了空隙 107。

该空隙 107 是为了至少半导体元件上的分布常数电路元件 121 和有源元件 124 不与电气绝缘性基板 105 相接触，对空隙的大小和形状没有特别限制。空隙 107 的壁和各元件之间的最小空间最好基本不小于 $100\ \mu\text{m}$ 。分布常数电路元件和有源元件是以通常与空气（介质常数为 1）相接触为前题而设计制造的，所以，需要设置空隙。但是，空隙的形状最好是一定的。为了制造更加小型化的模块，最好是必须的最小限度的空隙，是一定的空间。

空隙的形状因其设置的部位是用于布置设置在半导体元件上的布线和有源元件，所以，也可以根据布线和元件的布置情况而任意更改。例如 GaAs 制 26GHz 波段高输出放大半导体元件（消耗功率 5W，1dB 增益压缩点时的输出为 30dBm），在一个芯片内安装多个放大器，对各个放大器的输出功率进行合成用的分布常数线路（参见图 14）也在同一芯片内，从而构成 MMIC（单片微波集成电路）。图 14 是采用分布常数线路的威尔金森（Wilkinson）型分配合成器例的示意电路图。从输入端口 161 输入波长为 λ 的信号，从第 1 输出端口 162 和第 2 输出端口 163 分别分配、输出信号。在第 1 输出端口和第 2 输出端口上分别连接了 $50\ \Omega$ 负载的情况下，在输入端口和输出端口之间分别设置了第 1 分布常数线路 171 和第 2 分布常数线路 172，它们的特性阻抗分别为 $70.7\ \Omega$ 且具有输入信号的波长的 $1/4$ 的长度。而且在第 1 输出端口和第 2 输出端口之间连接 $100\ \Omega$ 的电阻 173。由于采用这种结构，输入的信号的一半的功率以同相位分别从第 1 输出端口和第 2 输出端口输出。这种在半导体元件上设置第 1 分布常

数线路和第2分布常数线路的情况，通常采取微波传输带线路结构。在这种情况下，将传输信号的线路制作成在与空气层相接触的状态下使阻抗达到希望值。与微波传输带线路相连接区域内形成了树脂层的情况与设置了空气层的状态比较，有效介质常数发生变化，所以特性阻抗偏离希望值。并且，电磁波具有波长在介质中随介质的介质常数变化的性质，所以在微波传输带线路的表面上设置了树脂层的情况与设置了空气层的情况比较，波长缩短。因此，第1分布常数线路和第2分布常数线路的长度不是波长的 $1/4$ 。这样，输入的信号的一部分输出到输入端口，其余输出到输出端口，所以不能有效地进行分配。因此，在设置在半导体元件内的有源元件和分布常数线路形成的区域设置空隙。

图15是表示半导体元件和设置在半导体元件上的有源元件以及分布常数电路元件和空隙的关系的示意俯视图。半导体元件101面朝上安装在高热传导基板103上。设置在高热传导基板103上的输入侧布线图形181以及输出侧布线图形182，通过半导体元件101上的焊盘191a、191b和引线131a、131b进行键合。并且，安装在布线图形119上的旁路电容133和焊盘191c也通过引线131c进行连接。在半导体元件101上，设置了多个有源元件124和多个分布常数电路元件121。有源元件124例如都是场效应晶体管，为了对由场效应晶体管放大的信号的功率有效地进行分配和合成，通过分布常数电路元件121进行电气连接。在虚线A围住的部分的内部设置了空隙。有源元件124以及对有源元件之间进行连接的分布常数电路元件121应该形成在空隙内。

再有，将电气绝缘性基板设置成与半导体元件上的一部分区域相连接，并使空隙尺寸的最小宽度小于半导体元件，由此能使空隙稳定地形成。其结果，设置在半导体元件上的有源元件和分布常数线路的有效介质常数保持稳定。在这种情况下，半导体元件的一部

分处于被埋入电气绝缘性基板内的状态。若空隙尺寸变形，则有源元件和分布常数线路的电磁场分布发生变化，所以有效介质常数发生变化。因此，在空隙部分内形成的布线为分布常数线路时，特性阻抗发生变化，所以信号特性发生变化。

而且，在半导体元件上不存在分布常数电路元件 121 和有源元件 124 的区域，如图 1 所示，电气绝缘性基板 105 与半导体元件 101 的表面相接触也没有关系。

并且，通过过孔导体 111，形成在高热传导基板 103 上的布线图形 119 与设置在电气绝缘性基板 105 上的外部电极 113 电连接。在高热传导基板 103 与半导体元件 101 相对置的面上，用于散热的散热片 115 利用粘接剂层 104 形成一个整体来进行安装。散热片利用铝铸造等方法来制作翅片，来增加表面积以便散热，翅片形状根据发热元件的发热量、使用时的周围温度、从发热元件到散热片连接部的热阻，可任意选用。例如，翅片形状根据需要来选用，厚度为 0.5 至 2mm，高度为 2 至 90mm。高热传导基板和散热片的接合，采用信越化学工业制造的高导热性硅油混合物（商品名）“G765”，用印刷等方法在高热传导基板上与散热片相接合的区域内涂敷厚度为 $200\ \mu\text{m}$ 以下，然后重叠散热片，例如用 $1 \times 10^5\text{Pa}$ 的压力来加压。这样，能使散热片与高热传导基板相接合。并且，散热片也可共用框体，该框体采用了能传导内装半导体的毫米波段模块的热量的铝等金属（图 17）。该散热片 115 可根据需要进行安装。这在以下的实施方式中也是一样。

在图 1 中，电气绝缘性基板 105 由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成。无机填料例如可使用从 Al_2O_3 、 BeO 、 BN 、 SiC 、 AlN 和 SiO_2 等中选出的至少一种。无机填料在混合物中所占的比例最好是不小于 70 重量%、不大于 95 重量%的范围。并且，无机填料的平均粒径最好为 $0.1\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ 。热固化性树脂例如可选用耐热性好

的环氧树脂、酚醛树脂或氰酰树脂。环氧树脂耐热性特别好，所以尤其适合。混合物还可以包括分散剂、着色剂、连接剂或脱模剂。

具体来说，以平均粒径 $12\ \mu\text{m}$ 的氧化铝粉 90 重量%、双酚类 A 型环氧树脂 8 重量%、固化剂 2 重量%的配合比例，制成了厚度 $200\ \mu\text{m}$ 的电气绝缘性基板。

布线图形 119 由导电性物质构成，例如用铜箔或导电性树脂组成物形成。在利用薄膜导体来作为布线图形的情况下，利用溅射法等在高热传导基板 103 上形成 Ni/Cr、Au 导体。

并且，传送高频信号的高热传导基板 103 上的布线图形 119，采用微波传输带线路和共面线路等高频用传输线路。

利用树脂组成物和焊锡，将半导体元件 101 等粘合在高热传导基板 103 上，该树脂组成物由混合物构成，其中包括金属填料或无机填料和热固化性树脂。焊锡可采用铅锡系共晶焊锡、高温焊锡或金锡焊锡等，树脂组成物可采用例如耐热性好的环氧树脂、酚醛树脂或氰酰树脂，填料可采用例如银、银钯、铜、 Al_2O_3 、BeO、BN、SiC、AlN 和 SiO_2 等。金锡焊锡等在半导体元件 101 和高热传导基板 103 之间的热阻小，所以特别适合。具体来说，在厚度 $500\ \mu\text{m}$ 的 AlN 制基板上，利用厚度 $30\ \mu\text{m}$ 的带状 AuSn 焊锡（Au80 重量%）对 GaAs 制成的半导体元件进行粘片（diebonding）。

图 1 所示的内装半导体的毫米波段模块，在半导体元件 101 上所设置的有源元件和采用图形的无源电路元件 121 的附近区域形成了空隙 107，所以与半导体元件 101 单体的高频特性相比，在制成内装半导体的毫米波段模块时也不会出现特性变化。

同时，由于半导体元件 101 的背面利用低热阻的材料与高热传导基板 103 相接合，所以能有效地散热，从而提高散热效果。

并且，在内装半导体的毫米波段模块中，通过选择电气绝缘性基板 105 中使用的无机填料，可容易地控制电气绝缘性基板 105 的

线膨胀系数、热传导率、介质常数等。若使电气绝缘性基板 105 的线膨胀系数大体上等于热传导性基板 103, 则能防止由于温度变化而发生裂纹, 因此能获得可靠性高的内装半导体的毫米波段模块。

再者, 在内装半导体的毫米波段模块中, 利用电气绝缘性基板 105 使半导体元件 101 与外部气体隔离, 所以能防止因湿度引起的可靠性降低。并且, 本实施方式的内装半导体的毫米波段模块, 由于采用无机填料和热固化性树脂的混合物作为电气绝缘性基板 105 的材料, 所以不同于陶瓷基板, 不必在高温下烧结。

以下, 利用图 2A~图 2G 详细说明本发明的内装半导体的毫米波段模块的制作方法的一例。图 2A~图 2G 是表示内装半导体的毫米波段模块的制作工序的实施方式的剖面图。

首先, 如图 2A 所示, 通过对包含无机填料和热固化性树脂的混合物进行加工而形成板状混合物薄片 150a。板状的混合物薄片 150a 可如下形成: 对无机填料和未固化状态的热固化性树脂进行混合, 制成膏状混炼物, 按一定厚度对该膏状混炼物进行成型。而且, 也可以在热固化性树脂的固化温度下对板状混合物薄片进行热处理。例如在使用热固化性环氧树脂时, 热处理条件为温度 120°C 保持 15 分钟。上述热固性环氧树脂的固化开始温度是 130°C, 所以在上述热处理条件下是半固化或部分固化状态 (B 阶段), 在以后的工序中通过加热能再熔融。如上所述, 通过热处理, 能保持混合物薄片 150a 的挠性, 同时除去粘结性, 所以以后的处理变得容易。并且, 在利用溶剂来溶解热固化性树脂的混合物中, 通过热处理能除去溶剂的一部分。

然后, 如图 2B 所示, 在混合物薄片 150b 的预期位置形成第 1 通孔 140。第 1 通孔 140 例如可以通过激光加工、钻头加工或模具加工来形成。激光加工能以微细的间距来形成第 1 通孔 140, 不产生切削碎屑, 故较为理想。激光加工若采用 CO₂ 激光器或受激准分子激光

器则容易进行加工。

第1通孔140最好在与下面说明的设置了半导体元件的高热传导基板重合后进行叠层时，在半导体元件上的有源元件和采用布线图形的分布常数电路元件相接触的区域形成。

然后，将设置了第1通孔140的混合物薄片150b和未设置通孔的混合物薄片150a对准位置进行重叠，例如以 $9.8 \times 10^5 \text{Pa}$ 加压形成整体。

然后，如图2C所示，在一体化的混合物薄片150c的预期位置上形成第2通孔141。第2通孔141采用和第1通孔140相同的方法形成。而且，第2通孔141也可以在使膏状混炼物成型而形成板状混合物薄片150c时，同时进行形成。

然后，如图2D所示，在第2通孔141内充填导电性树脂组成物142，形成在第2通孔141中充填了导电性树脂组成物142的板状体。

与图2A~图2D的工序平行，如图2E所示，准备高热传导基板103。其材料可采用 Al_2O_3 、 BeO 、 BN 、 SiC 、 AlN 和 SiO_2 等。 AlN 和 SiC 等散热效果好，较为理想。在将由GaAs或InP等构成的半导体元件101接合到上述高热传导基板103上后，利用引线131与布线图形119键合。

半导体元件101例如采用尺寸为长4mm、宽2.5mm、厚 $50 \mu\text{m}$ 、功耗为5W的GaAs制成的半导体元件。使用 $30 \mu\text{m}$ 的带状AnSn焊锡（Au80重量%）在厚 $500 \mu\text{m}$ 的AlN制基板上进行粘片。粘片时，在氮气氛中用碳制夹具对半导体元件进行定位，以 320°C 下保持10种的条件进行。若在对半导体元件进行粘片时采用合金系焊料来接合，则由于热膨胀系数不同而在接合部产生应力。因此，可以选择半导体元件和用于粘片的基板的热膨胀系数相符合的材料系。然后，通过扩散的方法把环氧树脂技术有限公司（Epoxy Technology Inc.）生产的导电性环氧粘合剂（商品名）“H20E”涂敷到AlN基板上后，

安装 0.5mm 见方的旁路电容,在温度 150°C 下保持 15 分钟进行固化,把旁路电容 133 安装到 AlN 基板上。然后,利用线径为 25 μm 的 Au 线在温度 150°C 的加热台上对半导体元件、AlN 基板上的布线 119 以及旁路电容 133 进行键合。粘片可采用分散了银等金属的树脂组成物。但为了提高散热效果,可以采用金锡焊料和铅锡焊料等。分布常数电路元件 121 和有源元件 124 也同样可以通过粘片安装到 AlN 基板上。

然后,将安装了半导体元件 101 的高散热基板 103 和图 2D 所示的板状体的混合物薄片 150c 以及铜箔 143 对准位置来进行重叠。

然后,如图 2F 所示,例如通过热压在按压温度为 120°C、压力为 9.8×10^5 Pa 下加热加压 5 分钟。这样,混合物薄片 150c 中的热固化性树脂由于加热而熔融软化,所以能形成埋入了半导体元件 101 的板状体 105,导电性树脂组成物 142 也被压缩,形成过孔导体 111。然后,对其进行加热,使板状体 105 和过孔导体 111 中的热固化性树脂固化。这样,半导体元件被埋入设置,在半导体元件上的有源元件 124 和分布常数电路元件 121 附近的区域,分别形成空洞 107。

上述加热温度以混合物薄片 150c 和导电性树脂组成物 142 中的热固化性树脂进行固化的温度以上的温度(例如 150°C~260°C)进行加热。通过该工序使铜箔 143 和热传导性基板 103 以及电气绝缘性基板 105 以更牢固的机械强度进行粘接。并且,利用过孔导体 111 对铜箔 143 进行电连接。而且,在通过加热而使混合物薄片 150c 和导电性树脂组成物 142 中的热固化性树脂进行固化时,在加热的同时,以 9.8×10^5 Pa (最佳)~ 1.96×10^7 Pa 的压力加压,这样能进一步提高内装半导体的毫米波段模块的机械强度。加热条件是在 175°C 下保持 60 分钟。这样一来,混合物薄片 150c 中的环氧树脂和导电性树脂组成物中的环氧树脂被固化。这在以下的实施方式中是一样的。

然后，如图 2G 所示，通过对铜箔 143 进行腐蚀加工而形成外部电极 113。如上所述，形成内装半导体的毫米波段模块。而且，在本实施方式中，采用导电性树脂组成物 142 作为充填到通孔 141 内导电性物质，只要是热固化性的导电性物质即可，没有特别限制。

这样构成的内装半导体的毫米波段模块，能以最短距离连接半导体元件和散热片，能把电气布线和热的散热路径设置在其他方向。因此，与过去的将半导体元件接合在金属基材板上的情况比较，能高效率地散热、自由地进行电气布线。并且，因为在半导体元件上的分布常数电路元件所设置的面邻近的区域内形成空洞，所以通过将半导体元件安装在内部，不会受形成电气绝缘性基板的树脂组成物的影响，半导体元件的高频特性能达到与裸芯片状态的特性相同。并且，因为半导体元件与外部气体相隔离，所以能获得可靠性高的内装半导体的毫米波段模块。

[第 2 实施方式]

图 3 是表示本发明第 2 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的构成概要的剖面图。

以下，参照图 3 详细说明本实施方式中的内装半导体的毫米波段模块。在图 3 中，半导体元件 101 面朝上安装在高热传导基板 103 上，形成在高热传导基板 103 上的布线图形 119 和安装在布线图形 119 上的旁路电容 133，通过引线 131 用键合进行电气连接。

在包含无机填料和热固化性树脂的混合物所构成的电气绝缘性基板 105，与半导体元件 101 上所形成的分布常数电路元件 121 和有源元件 124 邻近的区域，形成了空隙 107。在电气绝缘性基板 105 的两侧，设置了高热传导基板 103、103a，设置在高热传导基板 103 上的布线图形 119，通过设置在电气绝缘性基板 105 上的过孔导体 111 和设置在下侧高热传导基板 103 上的过孔导体，与外部电极 113 电气连接。在电气绝缘性基板 103 的外侧的面上，通过导热性粘合

剂 104 安装用于散热的散热片 115。

高热传导基板除采用第 1 实施方式中说明的材料外，也可以采用 PTFE、双马来酰亚胺三氮杂苯、PPO、PPE、液晶聚合物，聚苯环丁烯、聚酰亚胺等中选择的薄片状树脂材料。

采用了陶瓷材料的高热传导基板，在内装半导体的毫米波段模块的制造工序中，根据基板的使用处理性能，基板厚度通常可选定为不小于 $100\ \mu\text{m}$ 。但在采用薄片状树脂材料时可以采用 $100\ \mu\text{m}$ 或以下的厚度，所以为了小型化，最好采用薄片状的树脂材料。

上述结构的内装半导体的毫米波段模块，除了第 1 实施方式中说明的效果外，由于电气绝缘性基板的两侧具有相同的材料，所以能防止使用时温度变化引起的模块整体翘曲的影响。再有，在使电气绝缘性基板变薄的情况下也能防止翘。并且，能减小模块的总高度或总厚度。其结果，能缩短半导体元件和散热片之间的物理距离，所以在半导体元件正下面的电气绝缘性基板内设置了用于散热的导热过孔的情况下，能使半导体元件有效地散热。在这里，所谓导热过孔是指在通孔中充填了用于散热的填料，而普通的过孔用于电气导通，使用时可兼为导热过孔。

[第 3 实施方式]

图 4 是表示本发明第 3 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的结构概要剖面图。

以下，参照图 4 详细说明本实施方式中的内装半导体的毫米波段模块。在图 4 中，半导体元件 101 面朝上安装在高热传导基板 103 上，形成在高热传导基板 103 上的布线图形 119 和安装在布线图形 119 上的旁路电容 133，通过引线 131 用键合进行电气连接。

在电气绝缘性基板 105 的两侧设置了第 1 和第 2 高热传导基板 103、103a，设置在第 1 高热传导基板 103 上的布线图形 119，通过过孔导体 111 以及设置在作为第 2 高热传导基板的下侧高热传导基

板 103a 上的过孔导体，与外部电极 113 进行电气连接。在第 1 高热传导基板 103 的外侧的面上，通过导热性粘合剂 104 安装用于散热的散热片 115。

在半导体元件 101 上形成的分布常数电路元件 121 和有源元件 124 附近的区域内形成空隙 107，空隙形状的与半导体元件 101 相对的一侧与高热传导基板相接触，空隙的侧壁与包含无机填料和热固化性树脂的混合物所构成的电气绝缘性基板 105 接触，也就是说，空隙 107 形成为穿通电气绝缘性基板 105 的状态。

[第 4 实施方式]

图 5 是本发明第 4 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的结构概要剖面图。

以下参照图 5，详细说明本实施方式中的内装半导体的毫米波段模块。在图 5 中，半导体元件 101 面朝上安装在高热传导基板 103 上，形成在高热传导基板 103 上的布线图形 119 和安装在布线图形 119 上的旁路电容 133，通过引线 131 用键合进行电气连接。

在半导体元件 101 上除有源元件 124 外，还形成分布常数电路元件 121。并且，在低介质损耗基板 117 上，形成了布线图形和采用布线图形的滤波元件 125。

由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成的电气绝缘性基板 105 被夹在低介质损耗基板 117 和高热传导基板 103 之间进行叠层，分别设置在低介质损耗基板 117 和高热传导基板 103 上的布线，通过设置在电气绝缘性基板 105 上的过孔导体 111 进行电气连接。

在半导体元件 101 上的采用布线图形的分布常数电路元件 121 和有源元件 124 的邻近区域、以及设置在低介质损耗基板 117 上的滤波元件 125 的邻近区域形成了空隙 107。在高热传导基板 103 的外侧的面上，通过导热性粘合剂 104 安装用于散热的散热片 115。

以下，利用图 6A~图 6F 详细说明本发明的内装半导体的毫米波

段模块的制作方法的一例。图 6A~图 6F 是表示内装半导体的毫米波段模块的制造工序的实施方式的剖面图。

首先，按照第 1 实施方式中说明的方法，制作 3 层板状体 150a（图 6A）。其中，在 1 层第 1 板状体 150b 上，在半导体元件上的有源元件和采用布线图形的分布常数电路元件的邻近区域，形成第 1 通孔 140。

然后，在另一层第 2 板状体 150d 上，在叠层时与设置在低介质损耗基板上的滤波元件邻近的区域，形成了第 3 通孔 144。然后，以剩余的未形成通孔的第 3 板状体 150c 为中心，从两侧对准第 1 板状体和第 2 板状体来进行重叠，进一步在其外侧重叠由聚乙烯对苯二甲酸酯等构成的树脂薄膜 145 并加压，使其形成为一整体（图 6B）。

然后，如图 6C 所示，在一体化的板状体 150e 的预期位置上形成第 2 通孔 141，从而形成已形成了第 2 通孔 141 的板状体。第 2 通孔采用和第 1 通孔相同的方法形成。

之后，如图 6D 所示，在第 2 通孔 141 内填充导电性树脂组成物 142，形成在第 2 通孔 141 内填充导电性树脂组成物 142 的板状体的 150e。

与图 6A~图 6D 的工序平行，如图 6E 所示，在由 AlN 等构成的高热传导基板 103 上形成布线图形 119，在其上对由 GaAs 和 InP 等构成的半导体元件 101 进行粘片后，用引线 131 进行键合。半导体元件 101 和旁路电容 133 均通过引线 131 利用键合进行电气连接。再在半导体元件 101 上对分布常数电路元件 121 和有源元件 124 进行粘片。

然后，将安装了半导体元件 101 的高热传导基板 103、图 6D 的板状体、形成了滤波元件 125、布线 113 和过孔导体的低介质损耗基板 117 对准位置进行重叠。

低损耗基板 117 使用上述陶瓷材料或耐热性树脂形成，理想的

厚度在 0.1mm~1mm 的范围内。

然后，如图 6F 所示，对准位置、重叠，例如利用热压在热压温度 120℃、压力 $9.8 \times 10^5 \text{Pa}$ 的条件下加热加压 5 分钟。如上所述，形成埋入设置了半导体元件 101 的板状体。然后，对其进行加热，使板状体和导电性树脂组成物中的热固化性树脂固化。如上所述，埋入设置半导体元件 101，在半导体元件 101 上的有源元件 124 和分布常数电路元件 121 邻近的区域、以及低介质损耗基板 117 上形成了滤波元件 125 的区域的邻近区域形成空隙 107，制成板状体 105。加热在加热温度超过板状体 150a~150e 和导电性树脂组成物 142 中的热固化性环氧树脂固化的温度（例如 150℃~260℃）下进行，板状体变成电气绝缘性基板 105，导电性树脂组成物变成过孔导体 111。利用该工序机械强度高地粘接低介质损耗基板、高热传导基板 103 和电气绝缘性基板 105。

如上所述构成的内装半导体的毫米波段模块的半导体元件表面的有源元件产生的热量，从半导体元件经用于粘片的接合材料和高热传导基板进行散热。通过将半导体元件与导热率高于电气绝缘性基板的高热传导基板相接合，在平面方向上能扩大散热路径，减小实质的热阻。并且，在这种情况下，通过将和半导体元件的背面接合的高热传导基板与散热片接合，与将高热传导基板安装到母基板上对母基板和散热片进行接合的结构比较，可以缩短热路径，进而减小热阻，所以能高效率地散热。

并且，散热片还与安装内装半导体的毫米波段模块的框体整体形成，于是能降低部件成本和装配成本。

再者，能自由地布置电气布线，半导体元件的高频特性能达到与裸芯片状态的特性相同。此外，即使把滤波元件安装在内部，也能在滤波元件邻近的区域形成间隙，所以，把半导体元件和滤波元件安装在内部也不受形成电气绝缘性基板的树脂组成物的影响。因

此，能把低损耗的滤波元件安装到内部，能以最短距离连接半导体元件，所以能减小连接的损耗。

[第5实施方式]

图7是本发明第5实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的结构概要剖面图。

以下，参照图7详细说明本实施方式中的内装半导体的毫米波段模块。在图7中，半导体元件101面朝上安装在高热传导基板103上，形成在高热传导基板103上的布线图形119和安装在布线图形119上的旁路电容133，通过引线131利用键合进行电气连接。

在半导体元件101上除有源元件124外，还形成分布常数电路元件121。并且，在低介质损耗117上，形成了布线图形和采用布线图形的滤波元件125。在低介质损耗基板117的外侧，形成了与过孔导体相连接的外部电极113。

由包含无机填料和热固化性树脂的混合物所构成的电气绝缘性基板105，被夹持在低介质损耗基板117和高热传导基板103之间进行叠层，分别设置在低介质损耗基板117和高热传导基板103上的布线，通过设置在电气绝缘性基板105上的过孔导体111进行电气连接。在高热传导基板103的外侧的面上，通过导热性粘合剂104安装用于散热的散热片115。

在半导体元件101上的采用布线图形的分布常数电路元件121和有源元件124的邻近区域、以及设置在低介质损耗基板117上的滤波元件125的邻近区域形成了空隙107，在一个空隙内设有在半导体元件101上形成的分布常数电路元件121、有源元件124、及在不同的层即低介质损耗基板117上形成的滤波元件125，设有分布常数电路元件121和有源元件124以及滤波元件125的空隙107被设置在形成了单一通孔的电气绝缘性基板内。也就是说，与图5所示的结构不同，分布常数电路元件邻近的空隙和滤波元件邻近的空隙是

共用的。

这样形成的内装半导体的毫米波段模块，本实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的制造工序，如第4实施方式的制造方法中说明过的，在制作在如图6D所示的形成空洞的第1通孔和第2通孔中充填了导电性树脂组成物的板状体时，可以如下制造板状体，即在1块混合物150上形成第2通孔后，充填导电性树脂组成物，然后形成第1通孔以便形成空洞，如此则可更容易地制作内部安装半导体元件和滤波元件的内装半导体的毫米波段模块。

[第6实施方式]

图8是本发明第6实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的结构概要剖面图。

以下，参照图8详细说明本实施方式中的内装半导体的毫米波段模块。在图8中，半导体元件101面朝上安装在高热传导基板103上，形成在高热传导基板103上的布线图形119和安装在布线图形119上的旁路电容133，通过引线131利用键合进行电气连接。

在半导体元件101上除有源元件124外，还形成用于连接有源元件之间的布线和使用短截线的匹配电路、耦合电路、滤波器、旁路用短截线、电容电感等采用了图形的分布常数电路元件121。并且，在低介质损耗基板117上，形成了布线图形和采用布线图形的滤波元件125。在低介质损耗基板117的外侧，形成了与过孔导体相连接的外部电极113。由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成的电气绝缘性基板105，被夹持在低介质损耗基板117和高热传导基板103之间进行叠层，分别设置在低介质损耗基板117和高热传导基板103上的布线，通过设置在电气绝缘性基板105上的过孔导体111进行电气连接。在高热传导基板103的外侧的面上，通过导热性粘合剂104安装用于散热的散热片115。

在半导体元件101上的采用布线图形的分布常数电路元件121

和有源元件 124 的邻近区域、以及设置在低介质损耗基板 117 上的滤波元件 125 的邻近区域内分别形成空隙 107。分布常数电路元件 121 和有源元件 124 以及滤波元件 125 邻近的面的相对的面空隙 107 的开口靠近屏蔽导体 126。

在此，屏蔽导体 126 可采用金属，尤其最好采用金属箔。而且，在本实施方式中采用铜箔作为屏蔽导体。

而且，采用上述屏蔽导体并非仅限于本实施方式，也可用于上述各实施方式以及下述实施方式等其他实施方式。

上述结构的内装半导体的毫米波段模块，除第 4 实施方式说明的效果外，还能利用屏蔽导体防止半导体元件和滤波元件之间的信号漏泄，并且还能减少在制造内装半导体的毫米波段模块时由于形成空隙时树脂软化而造成空隙形状的变形。另外，使屏蔽导体与接地端子进行电气连接，可提高滤波元件的特性。例如，可以获得具有陡峭衰减特性的滤波特性。

[第 7 实施方式]

图 9 是本发明第 7 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的结构概要剖面图。

以下，参照图 9 详细说明本实施方式中的内装半导体的毫米波段模块。在图 9 中，半导体元件 101 面朝上安装在高热传导基板 103 上，形成在高热传导基板 103 上的布线图形 119 和安装在布线图形 119 上的旁路电容 133，通过引线 131 利用键合进行电气连接。

在半导体元件 101 上除有源元件 124 外，还形成分布常数电路元件 121。并且，在低介质损耗基板 117 上，形成了布线图形和采用布线图形的滤波元件 125。由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成的电气绝缘性基板 105，被夹持在低介质损耗基板 117 和高热传导基板 103 之间进行叠层，分别设置在低介质损耗基板 117 的布线 113 和高热传导基板 103 上的布线 119，通过设置在电气绝缘性基板

105 上的过孔导体 111 以及设置在低介质损耗基板 117 上的过孔导体进行电气连接。在高热传导基板 103 的外侧的面上, 通过导热性粘合剂 104 安装用于散热的散热片 115。

在半导体元件 101 上的采用布线图形的分布常数电路元件 121 和有源元件 124 的邻近区域、以及设置在低介质损耗基板 117 上的滤波元件 125 的邻近区域形成了空隙 107。空隙 107 的分布常数电路元件 121 和有源元件 124 以及滤波元件 125 邻近的面的相对的面, 形成了共用的屏蔽导体 126, 形成在不同层上的空隙 107 与同一屏蔽导体 126 的正面和背面相接触。这样, 各空隙共用屏蔽导体。

上述结构的内装半导体的毫米波段模块, 与第 6 实施方式相比, 能减少电气绝缘性基板的层数、容易制造。

[第 8 实施方式]

图 10 是本发明第 8 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的结构概要剖面图。

以下参照图 10, 详细说明本实施方式中的内装半导体的毫米波段模块。在图 10 中, 半导体元件 101 面朝上安装在高热传导基板 103 上, 形成在高热传导基板 103 上的布线图形 119 和安装在布线图形 119 上的旁路电容 133, 通过引线 131 利用键合进行电气连接。

在半导体元件 101 上除有源元件 124 外, 还形成着分布常数电路元件 121。并且, 在低介质损耗基板 117 上, 形成布线图形和采用布线图形的滤波元件 125, 在电气绝缘性基板 105 内部布置了电路元件 123a、123b, 与低介质损耗基板 117 上的布线图形电气连接。

由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成的电气绝缘性基板 105, 被夹在低介质损耗基板 117 和高热传导基板 103 之间进行叠层, 分别设置在低介质损耗基板 117 的布线 113 和高热传导基板 103 上的布线 119, 通过设置在电气绝缘性基板 105 上的过孔导体 111 以及低介质损耗基板 117 进行电气连接。在高热传导基板 103 的外

侧的面上，通过导热性粘合剂 104 安装用于散热的散热片 115。

在半导体元件 101 上的采用布线图形的分布常数电路元件 121 和有源元件 124 的邻近区域、以及设置在低介质损耗基板 117 上的滤波元件 125 的邻近区域形成了空隙 107。

另一方面，安装在低介质损耗基板 117 上的电路元件 123a、123b 与电气绝缘性基板 105 相连接进行埋设。

电路元件例如包括有源元件 123a 和无源元件 123b。有源元件 123a 例如也可采用晶体管、IC、LSI 等半导体元件，半导体元件也可以是半导体裸芯片。无源元件 123b 可采用片状电阻、片状电容或片状电感等。而且，电路元件有时也不包括无源元件 123b。

布线图形和有源元件 123a 的连接可采用已知的倒装片粘接法等。过孔导体 111 例如由热固化性导电物质构成。热固化性导电物质例如可采用对金属颗粒和热固化性树脂进行混合而制成的导电性树脂组成物。金属颗粒可采用金、银、铜或镍等。金、银、铜或镍导电性好，故比较理想，尤其是铜导电性良好、迁移率低，所以尤其适用。热固化性树脂例如可采用环氧树脂、酚醛树脂或氰酰树脂。环氧树脂耐热性良好，所以尤其适用。

而且，也可以在低介质损耗基板 117 上安装的电路元件和低介质损耗基板 117 之间注入封装树脂。在以下的实施方式中，同样也可以在电路元件和铜箔之间或者电路元件和布线图形之间注入环氧树脂。封装树脂可以采用通常倒装片粘接所使用的不充满树脂。

上述结构的内装半导体的毫米波段模块，由于内部还安装其他电路元件，所以能缩短半导体元件和电路元件之间的连接距离，因此能减少电信号噪音，制成高频特性良好的内装半导体的毫米波段模块。再者，由于内部安装了预先保证特性的电路元件，所以在制成模块时制造合格率高，能实现可靠性高的模块。

而且，在本实施方式中示出了在电气绝缘性基板内安装别的电

路元件的例子，但也可用于其他实施方式。

[第9实施方式]

本实施方式说明具有本发明的多层结构的内装半导体的毫米波段模块的一实施方式。

图11是第9实施方式的内装半导体的毫米波段模块的剖面图。

本实施方式的内装半导体的毫米波段模块包括：高热传导基板103、面朝上安装在高热传导基板103上的半导体元件101、以及多层低损耗基板（第1低损耗基板117a和第2低损耗基板117b）。在低损耗基板117a上安装电路元件123，在低损耗基板117b上安装电路元件123a、123b。在高热传导基板103和多层低损耗基板117a、117b之间，叠层第1电气绝缘性基板105a和第2电气绝缘性基板105b。在第1电气绝缘性基板105a内的高热传导基板103上的半导体元件101上，安装分布常数电路元件121，在高热传导基板103上安装有源元件124，在各自的外围形成空隙107。同样，在低损耗基板117a上形成滤波元件125，其外围形成空隙107，在低损耗基板117b上安装电路元件123a，其外围形成空隙107。

电气绝缘性基板105a、105b由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成。无机填料例如可选择从 Al_2O_3 、BeO、BN、AlN和 SiO_2 等。无机填料在混合物中所占的比例最好是70重量%~95重量%。并且，无机填料的平均粒径最好为 $0.1\mu m\sim 100\mu m$ 。热固化性树脂例如可选用耐热性好的环氧树脂、酚醛树脂或氰酰树脂。环氧树脂耐热性特别好，所以尤其适合。并且，混合物还可以包括分散剂、着色剂、连接剂或脱模剂。

电路元件123例如包括有源元件123a和无源元件123b。有源元件123a例如可以采用晶体管、IC、LSI等半导体元件。半导体元件也可以是半导体裸芯片。无源元件123b可以采用片状电阻、片状电容或片状电感等。而且，电路元件123也可以不包括无源元件123b。

将有源元件 123a 安装在低损耗基板 117 上时,例如采用倒装片粘接方法。图 11 所示的内装半导体的毫米波段模块示出了 3 层结构,但也可以根据设计为多层结构。

在本实施方式中,至少在第 2 电气绝缘性基板内埋入电路元件即可,也可以进一步在第 1 电气绝缘性基板内埋入电路元件。

上述结构的内装半导体的毫米波段模块,能使半导体元件有效地散热,能获得与裸芯片状态的特性相同的特性,能以较短的布线与低损耗滤波器相连接,高频特性良好,制造合格率高,可靠性高,此外,安装在多块低介质损耗基板上的电路元件和半导体元件或滤波元件等之间的布线长度,与不讲低介质损耗基板重叠多层而配置成二维的情况比较,可以极短地进行连接,因此能减少布线造成的信号损耗,而且能减小具有同样功能的模块的安装面积,实现小型化,提高电路元件安装密度。

[第 10 实施方式]

在本实施方式中说明本发明具有多层结构的内装半导体的毫米波段模块的一种实施方式。

图 12 是本发明第 10 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的剖面图。图 13 是表示其电路结构的示意图。

半导体元件 101 面朝上安装在高热传导基板 103 上,形成在高热传导基板 103 上的布线图形 119 和安装在布线图形 119 上的旁路电容 133,通过引线 131 利用键合进行电气连接。

在半导体元件 101 上除有源元件 124 外,还形成分布常数电路元件 121。

并且,在低介质损耗基板 117 上,形成了布线图形和采用布线图形的滤波元件 125。由包含无机填料和热固化性树脂的混合物构成的电气绝缘性基板 105,被夹在低介质损耗基板 117 和高热传导基板 103 之间进行叠层,分别设置在低介质损耗基板 117 和高热传导基板

103 上的布线，通过设置在电气绝缘性基板 105 上的过孔导体 111 进行电气连接。

在半导体元件 101 上的采用布线图形的分布常数电路元件 121 和有源元件 124 的邻近区域、以及设置在低介质损耗基板 117 上的滤波元件 125 的邻近区域形成了空隙 107。在高热传导基板 103 的外侧，通过导热性粘合剂 104 安装用于散热的散热片 115。

高频信号输出端子 127 和外部信号输入端子 128 分别是布线图形的一部分，设置在低损耗基板 117 的表面。而且，也可以把该高频信号输出端子 127 和外部信号输入端子 128 设置在高热传导基板 103 上。

外部信号输入端子 128 通过布线图形和过孔导体等与滤波元件 125 的输入端子 125a 进行电气连接，再有，滤波元件 125 的输出端子 125b 和半导体元件 101 的输入端子 101a 进行电气连接。然后，半导体元件 101 的输出端子 101b 与高频信号输出端子 127 进行电气连接。这些电气连接关系示于图 13。如图 13 所示，各器件在内装半导体的毫米波段模块内部进行电气连接，设计成一个模块供使用。

上述结构的内装半导体的毫米波段模块，在半导体元件为高输出用的功率放大器的情况下，可以用一个内装半导体的毫米波段模块来制成一种将发送功能集中在一起的发送模块，在构成毫米波段信号的通信机时，能减少部件数量。

并且，在半导体元件是低噪声放大器的情况下，同样能获得接收模块。再者，采用多个半导体元件的内装半导体的毫米波段模块，可以获得使收发功能一体化的毫米波段前端模块。

例如，内装半导体的毫米波段模块的其他电路结构一例的示意图如图 16 所示，外部连接用接地端子 160 通过布线图形和过孔导体与滤波元件 125 的滤波元件用接地端子 160a 进行电气连接，进一步通过过孔导体 111b 和布线图形等与滤波元件用接地端子 160a 和半

导体元件 101 的半导体元件用接地端子 160b 进行电气连接。滤波元件例如可以使用那种采用了耦合线路的微波传输带带通滤波器。这时，在低损耗基板上形成用于构成滤波器的布线，与其相对置的低损耗基板的背面的电极成为滤波元件用的接地层，其一部分成为滤波元件用接地端子。滤波元件用的接地端子通过设置在低损耗基板上的通孔和设置在电气绝缘性基板上的过孔导体、及设置在高热传导基板上的布线图形，与半导体元件用接地端子相连接。

如上所述，利用设置在电气绝缘性基板 105 中的多个过孔导体 111b，以最短的距离连接滤波元件用接地端子 160a 和半导体元件用接地端子 160b，由此滤波元件 125 和半导体元件 101 的接地端子在高频段也能作为接地端子稳定地功能，所以能够实现稳定的工作。

而且，在上述各实施方式中，各基板并非仅限于单层基板，也可以是多层布线基板。

[第 11 实施方式]

本实施方式说明本发明的内装半导体的毫米波段模块的安装体的一实施方式。

图 17 是表示本发明第 11 实施方式中的内装半导体的毫米波段模块的安装体结构的概要剖面图。

本实施方式中的内装半导体的毫米波段模块，在第 1 实施方式中说明的内装半导体的毫米波段模块的外部电极 113，利用铅锡系焊料等与母基板用端子 161 进行连接。外部电极 113 中的接地电极与母基板用接地端子 162 连接。母基板可以使用那种采用了氟树脂的印制电路板。母基板用接地端子 162 利用通孔 165 与母基板 160 的与安装了内装半导体的毫米波段模块 100 的面相对置的一侧进行电气连接。再者，母基板用接地端子 162 利用导电性粘合剂 104a 与下侧框体 171 进行电气连接。下侧框体 171 利用铸铝等金属，也兼作为散热片使用。利用螺钉等将下侧框体 171 与上侧框体 172 和侧面

框体 173 固定成一个整体，在电气上也是相同电位。再有，上侧框体 172 通过粘接剂层 104 与背面上形成了接地层的高热传导基板 103 进行电气连接。粘接剂层可以采用和导电性粘合剂 104a 相同的材料。导电性粘合剂 104、104a 例如可采用电导率为 $1 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 的日本焊锡公司制造的“DOHDENT”（商品名）。而且，图 17 中和上述相同的符号表示相同的部件，故其说明从略。

若采用该内装半导体的毫米波段模块的安装体，则能使加热板和框体一体化，能减少部件数量，同时通过框体能使内装半导体的毫米波段模块的接地电极和母基板的接地电极通用，能使接地电位稳定通用。因此，能使内装的半导体元件稳定工作。

以下说明本发明内装半导体的毫米波段模块的安装体的制造方法的一例。内装半导体的毫米波段模块的外部电极 113 是在母基板用端子 161 上印刷一层焊料膏之后，用回流焊等方法安装到母基板上，然后用调合器在下侧框体的规定位置上涂敷导电性粘合剂，其上放置已安装了内装半导体的毫米波段模块的母基板。然后，利用调合器在上侧框体的规定位置上涂敷形成粘接剂层，通过侧面框体对下侧框体和上侧框体进行柠固。这时，上侧框体同时通过粘合剂层与高热传导基板相接合。这时，把粘合剂层作为薄膜状且具有可压缩性的热可塑性薄片，例如，可以采用在常温附近具有橡胶状弹性的热可塑性弹性聚合物作为具有可压缩性的热可塑性薄片。为了提高导热性，把导电性和导热性填料分散到薄片。填料可采用银、碳黑、石墨等，在把银作为填料使用时，热可塑料弹性聚合物的比重约为 3~4，体积电阻率大致不大于 $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 。在这种情况下，在固定上侧框体和下侧框体之前面的状态下，使安装在母基板上的内装半导体的毫米波段模块的包括母基板在内的整体厚度、以及导电性粘合剂和热可塑性薄片的粘合剂层相结合的合计厚度，大于侧面框体的厚度，通过侧面框体固定上侧框体和下侧框体时，粘合剂

层若使用被压缩的具有可压缩性的薄片，则粘合剂层的胶片内的填料被压缩，填料的充填量密度增加，所以与压缩之前的状态相比，导电率上升，同时导热率也上升。

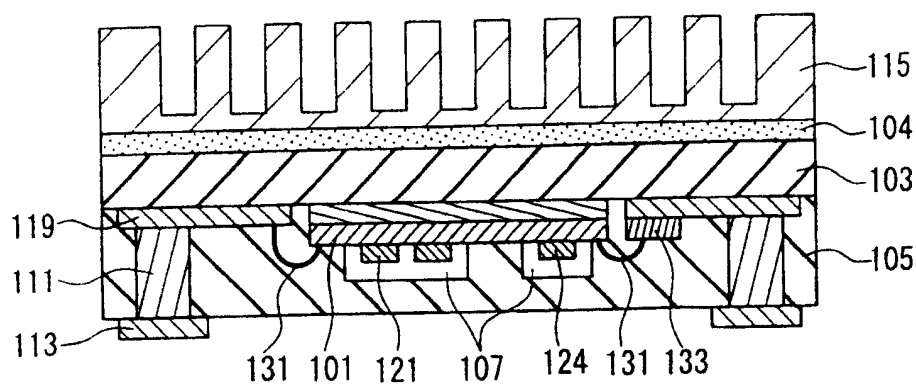
以下，利用图 18 详细说明如下电路结构，即，将内部安装利用布线图形在低损耗基板上形成的滤波元件后形成的内装半导体的毫米波段模块，安装到母基板上而形成的安装体和框体进行电气连接时的电路结构。

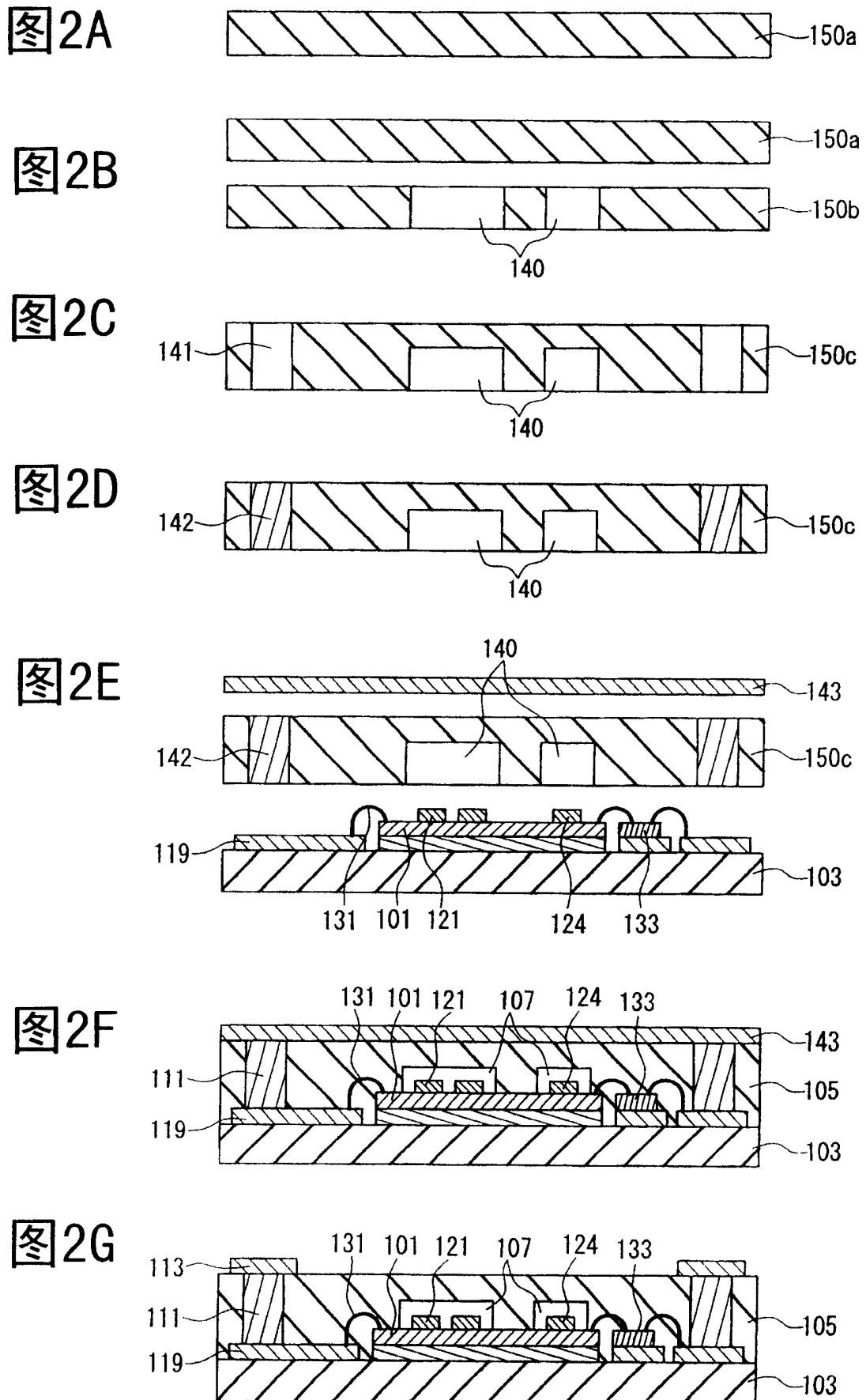
高频信号输出端子 127 和外部信号输入端子 128 分别是布线图形的一部分，设置在低损耗基板 117 上。外部信号输入端子 128 通过布线图形和过孔导体等，与滤波元件 125 的输入端子 125a 进行电气连接。再者，滤波元件 125 的输出端子 125b 和半导体元件 101 的输入端子 101a，通过设置在电气绝缘性基板上的过孔导体和布线图形进行电气连接。另外，半导体元件 101 的输出端子 101b 与高频信号输出端子 127 进行电气连接。

另一方面，外部连接用接地端子 160 通过布线图形和过孔导体与滤波元件 125 的滤波元件用接地端子 160a 进行电气连接，再者，通过过孔导体 111b 和布线图形等与滤波元件用接地端子 160a 和半导体元件 101 的半导体元件用接地端子 160b 进行电气连接。滤波元件可以采用这样一种微波传输带带通滤波器，它采用例如在低损耗基板的背面设置接地层，在另一面在环上形成的布线图形的环形谐振器。这时，在低损耗基板上形成用于构成滤波器的布线，与其相对置的低损耗基板的背面的电极成为滤波元件用的接地层，其一部分变成滤波元件用的接地端子。滤波元件用的接地端子，通过采用金属制的例如铝铸件的框体与设置在高热传导基板上的接地用布线图形电气连接，再与半导体元件用接地端子连接。

这样，通过框体对滤波元件用接地端子 160a 和半导体元件用接地端子 160b 进行连接，能使接地电位稳定，能使模块工作稳定。

图1





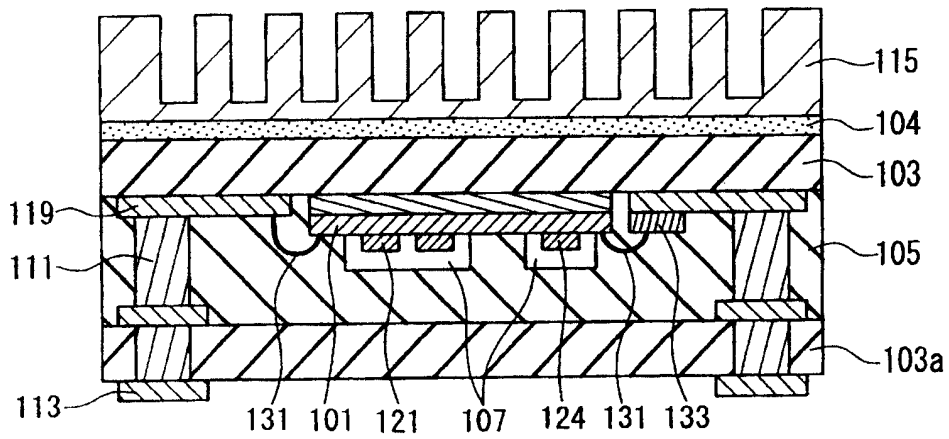


图3

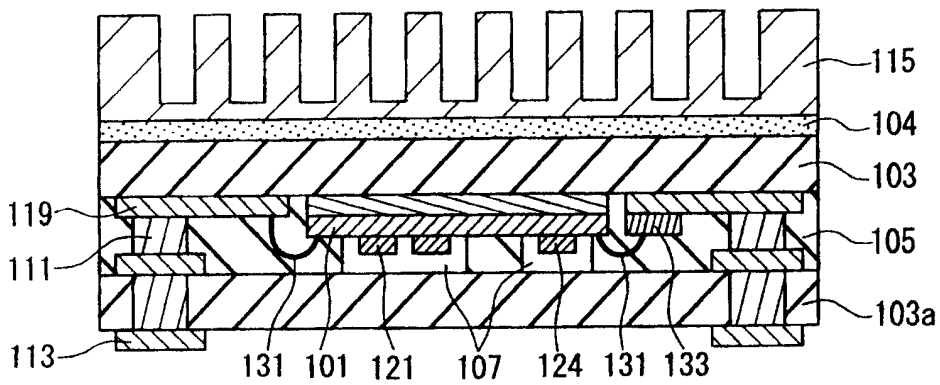


图4

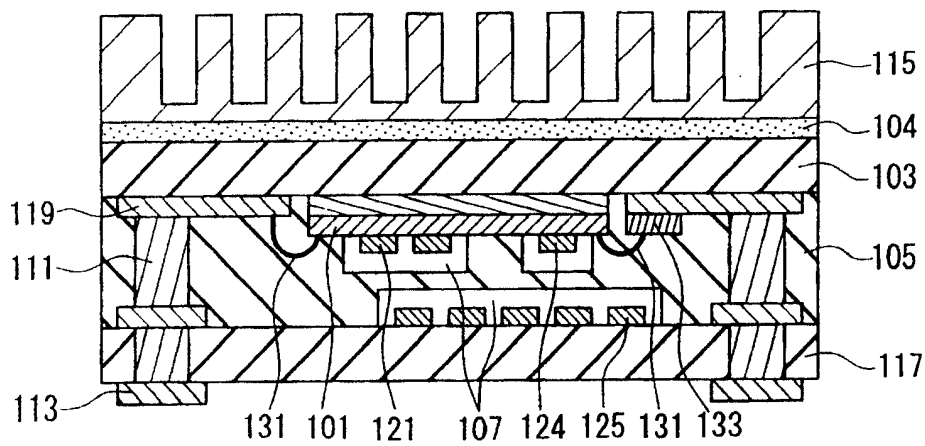


图5

图6A

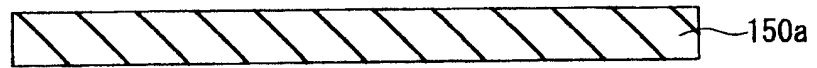


图6B

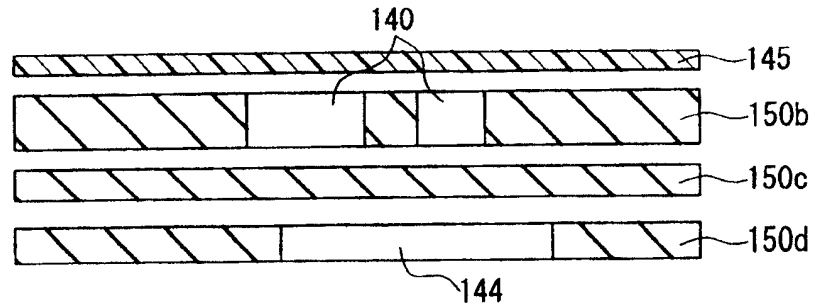


图6C

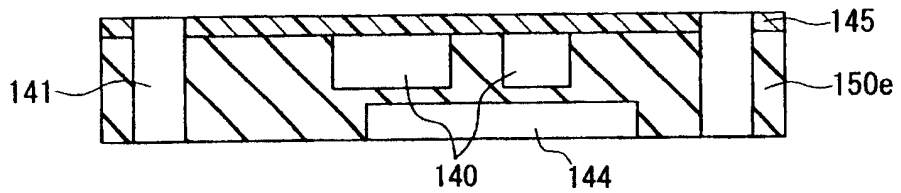


图6D

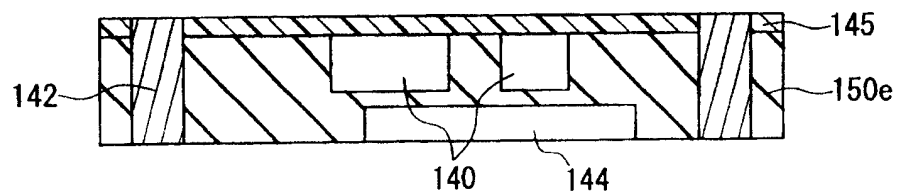


图6E

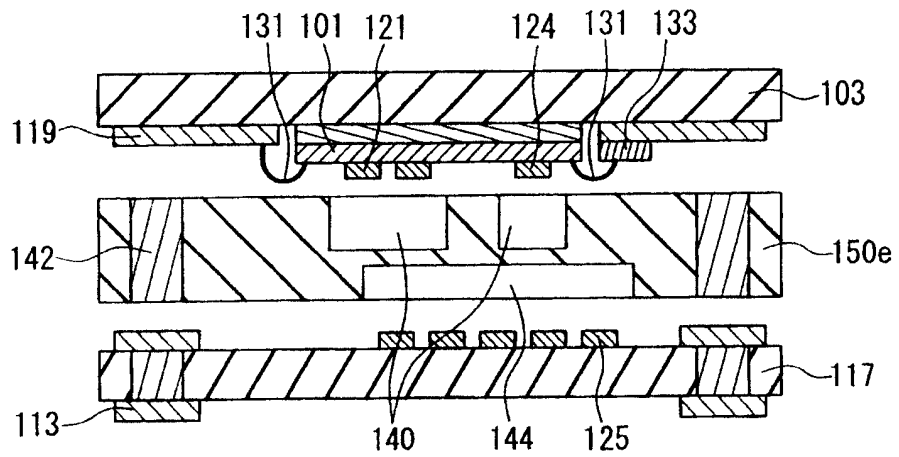
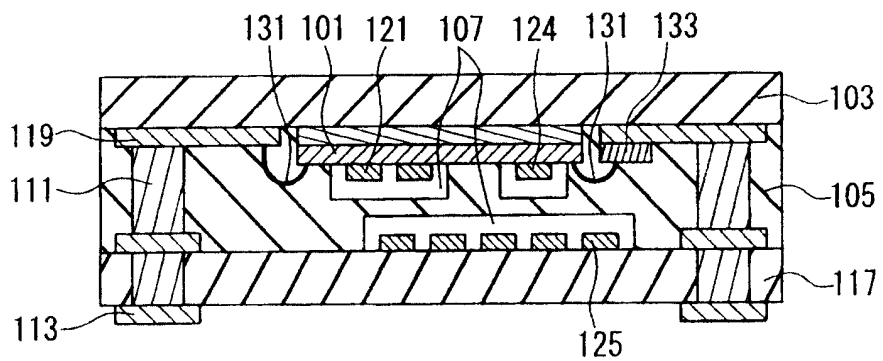


图6F



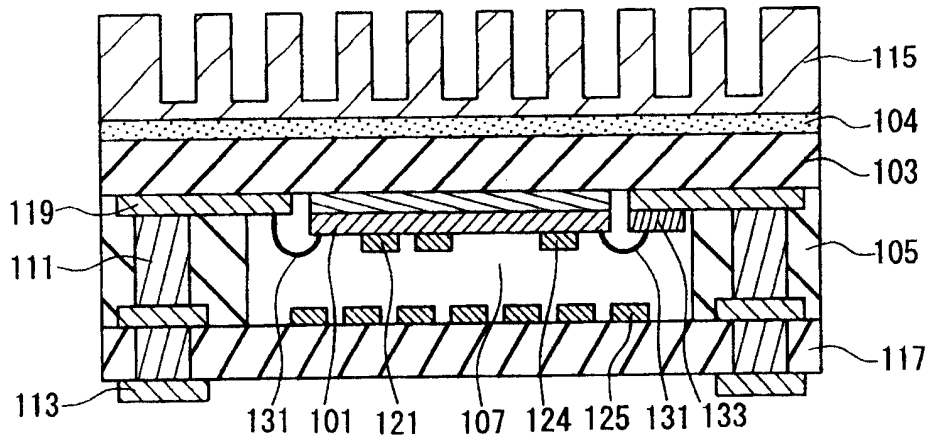


图7

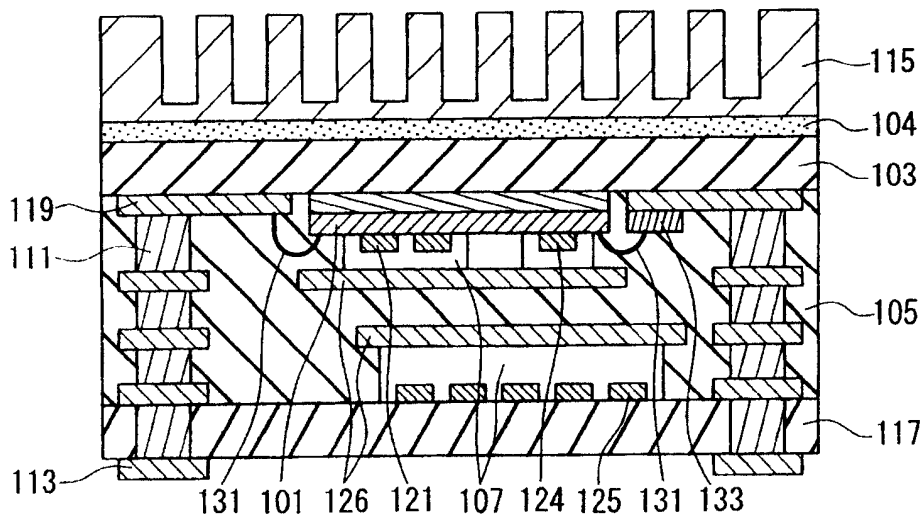


图8

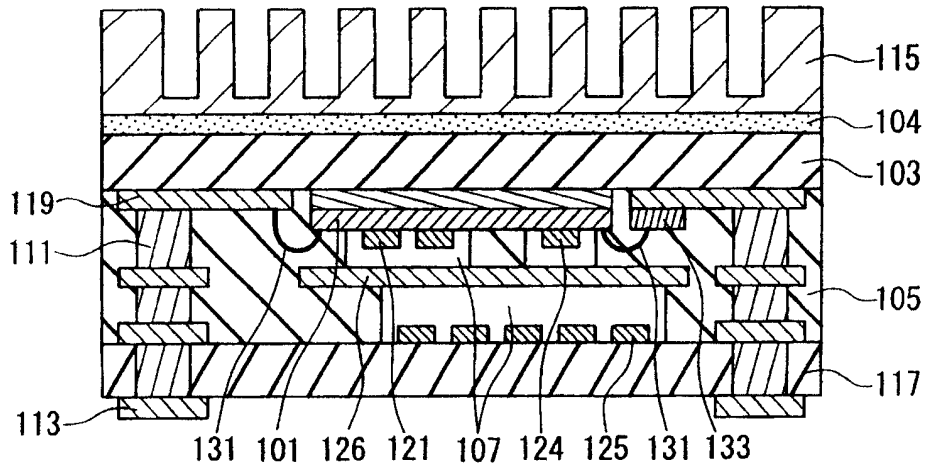


图9

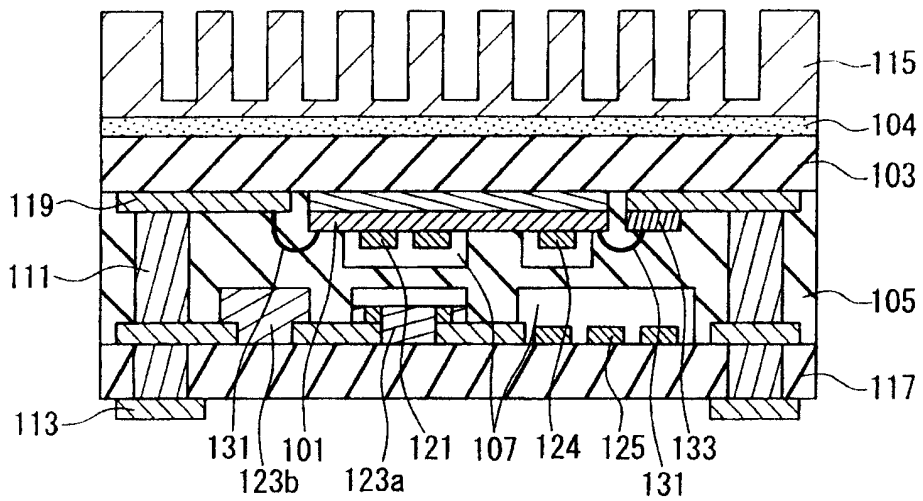


图10

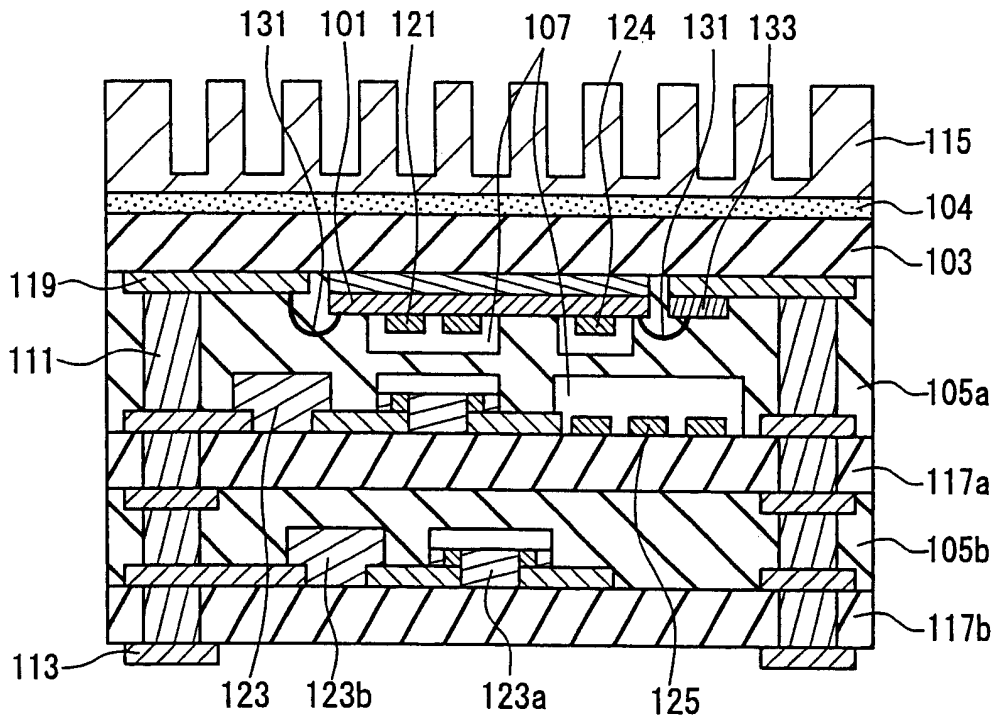


图 11

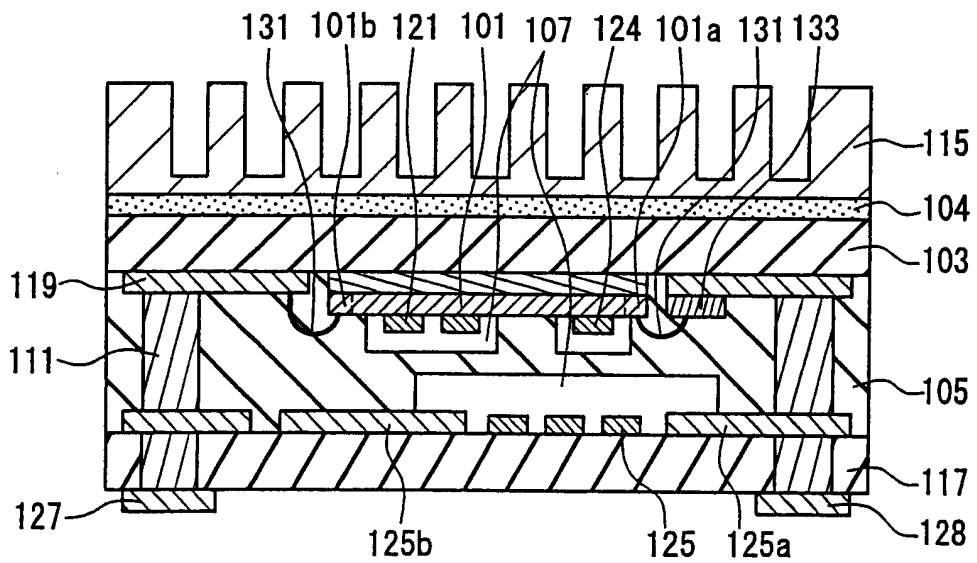


图 12

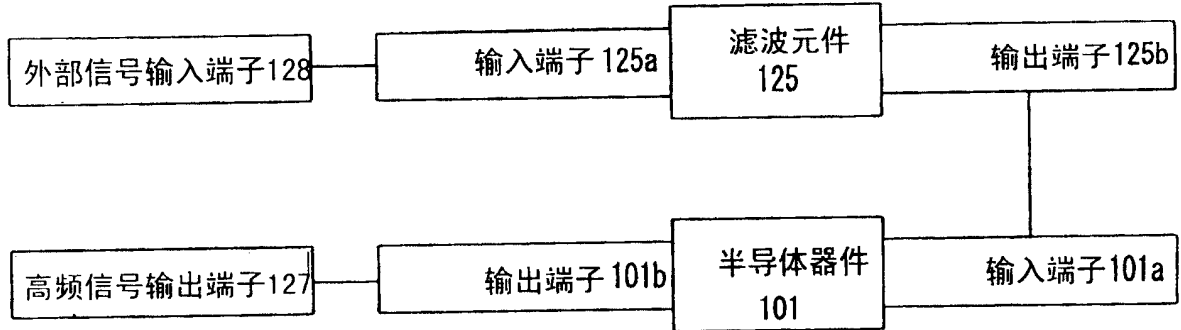


图13

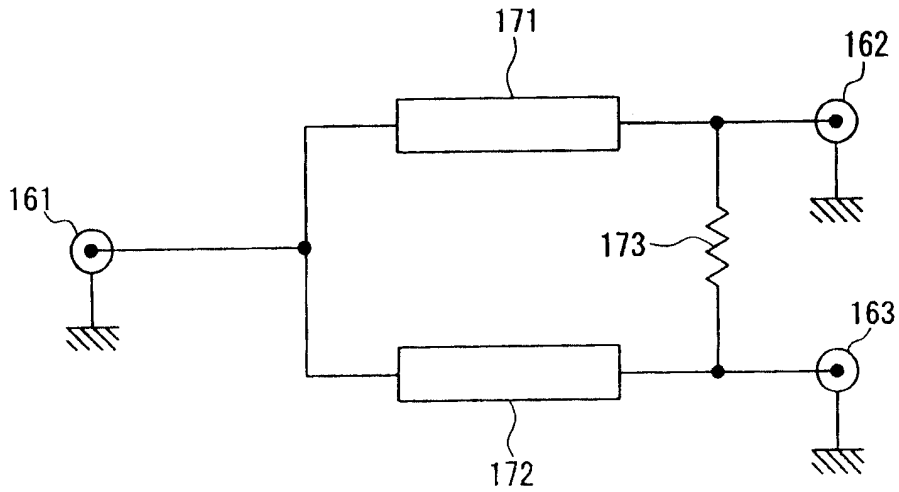


图14

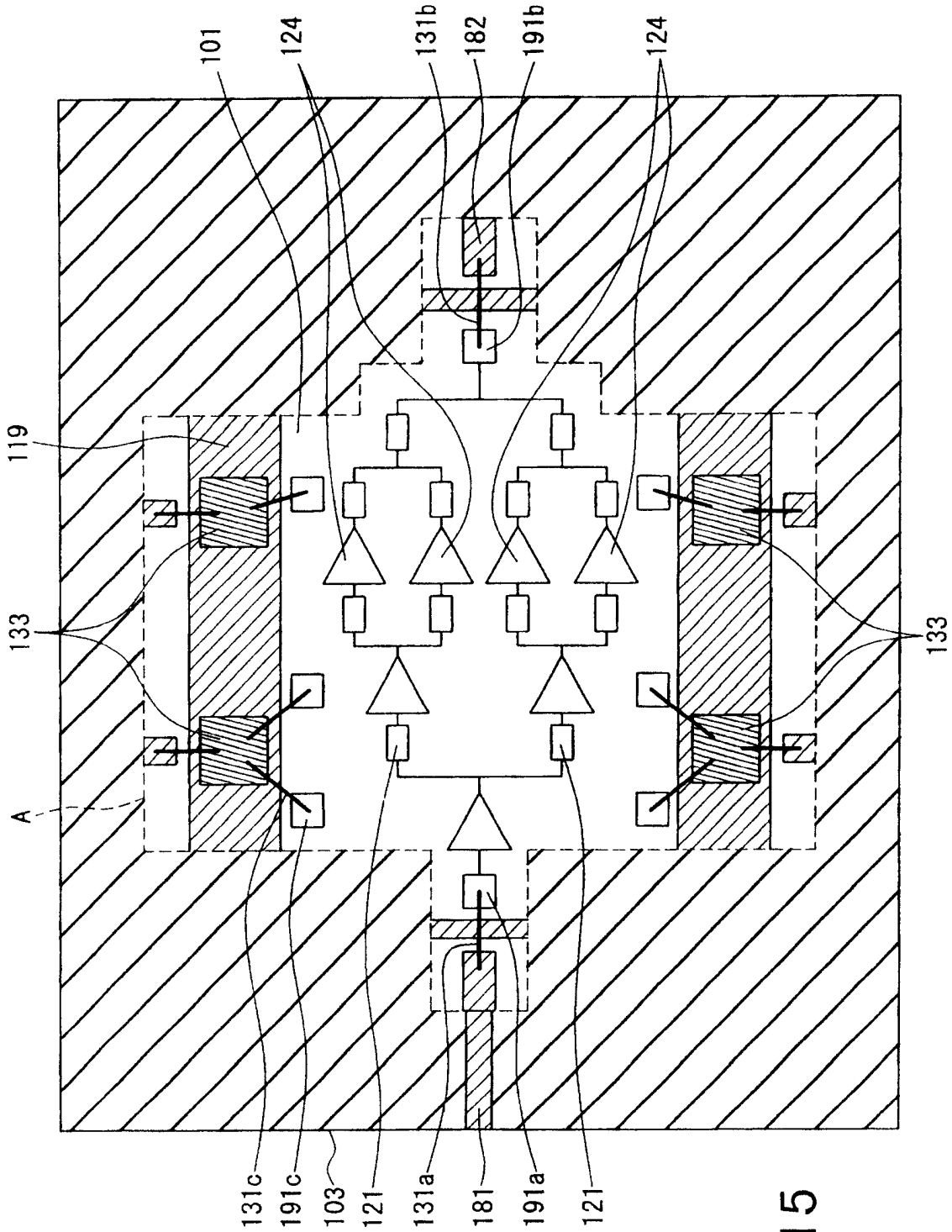


图15

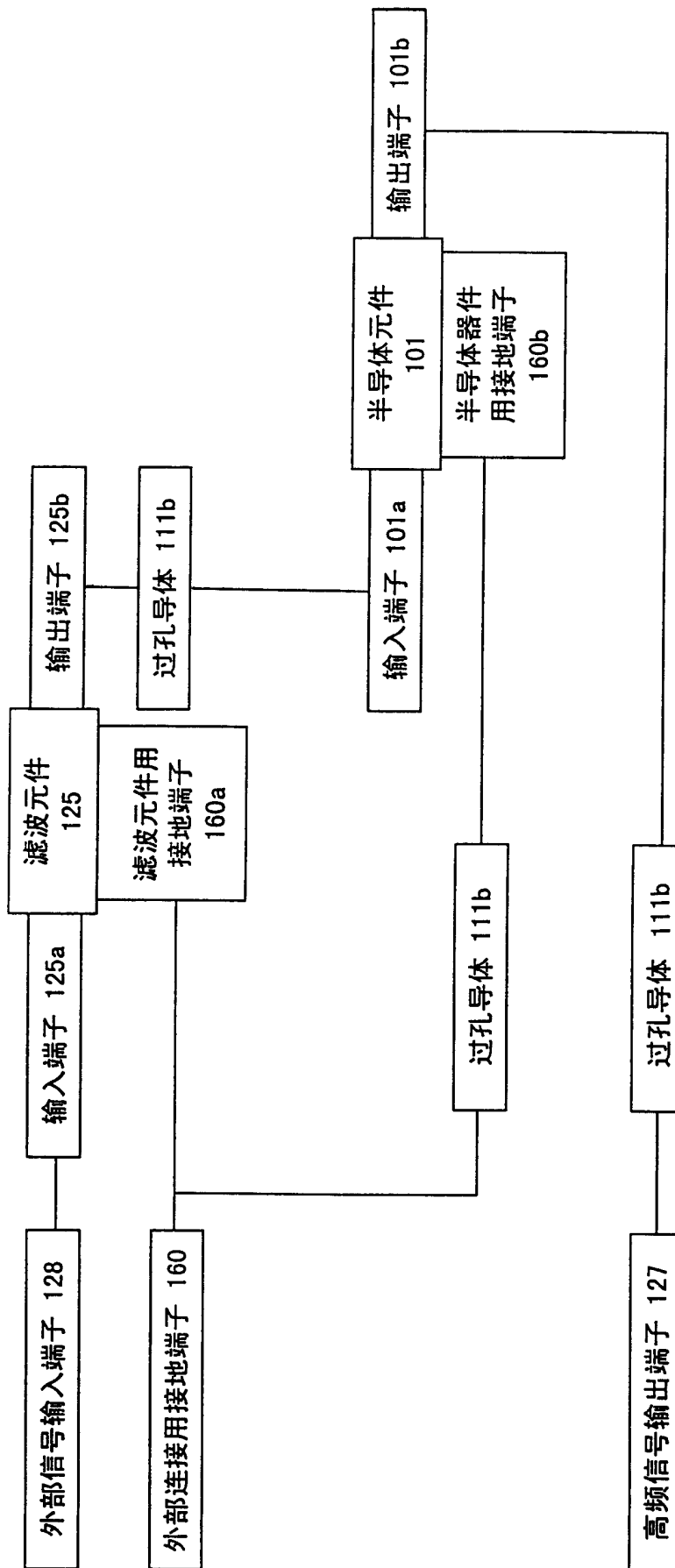


图 16

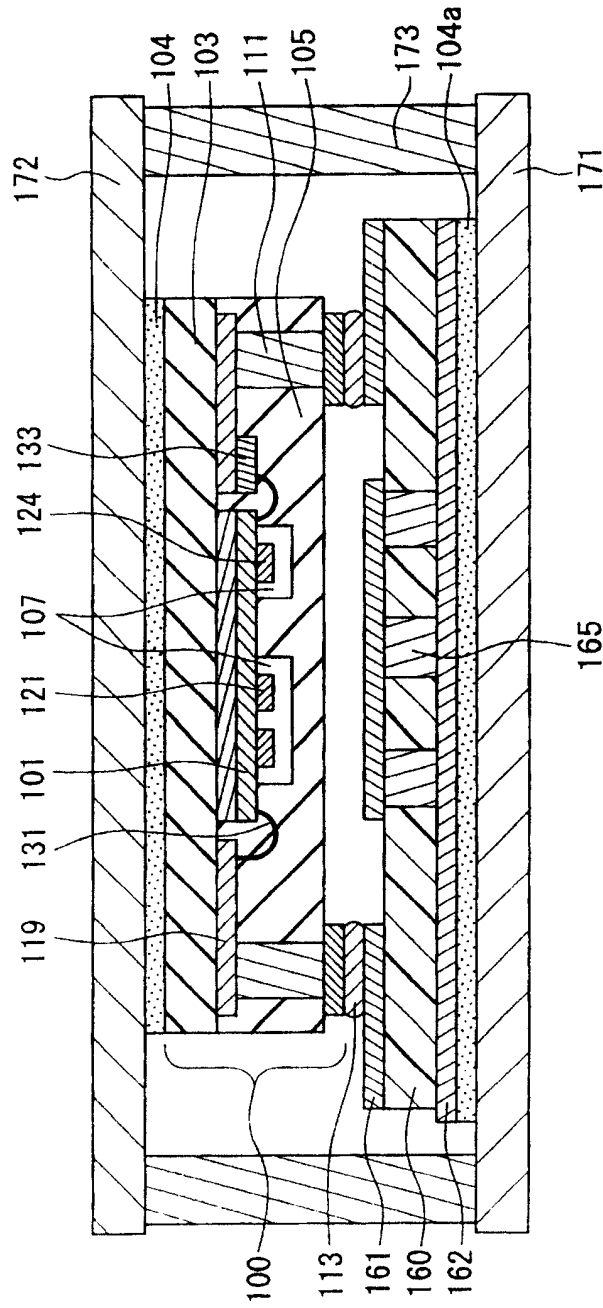


图17

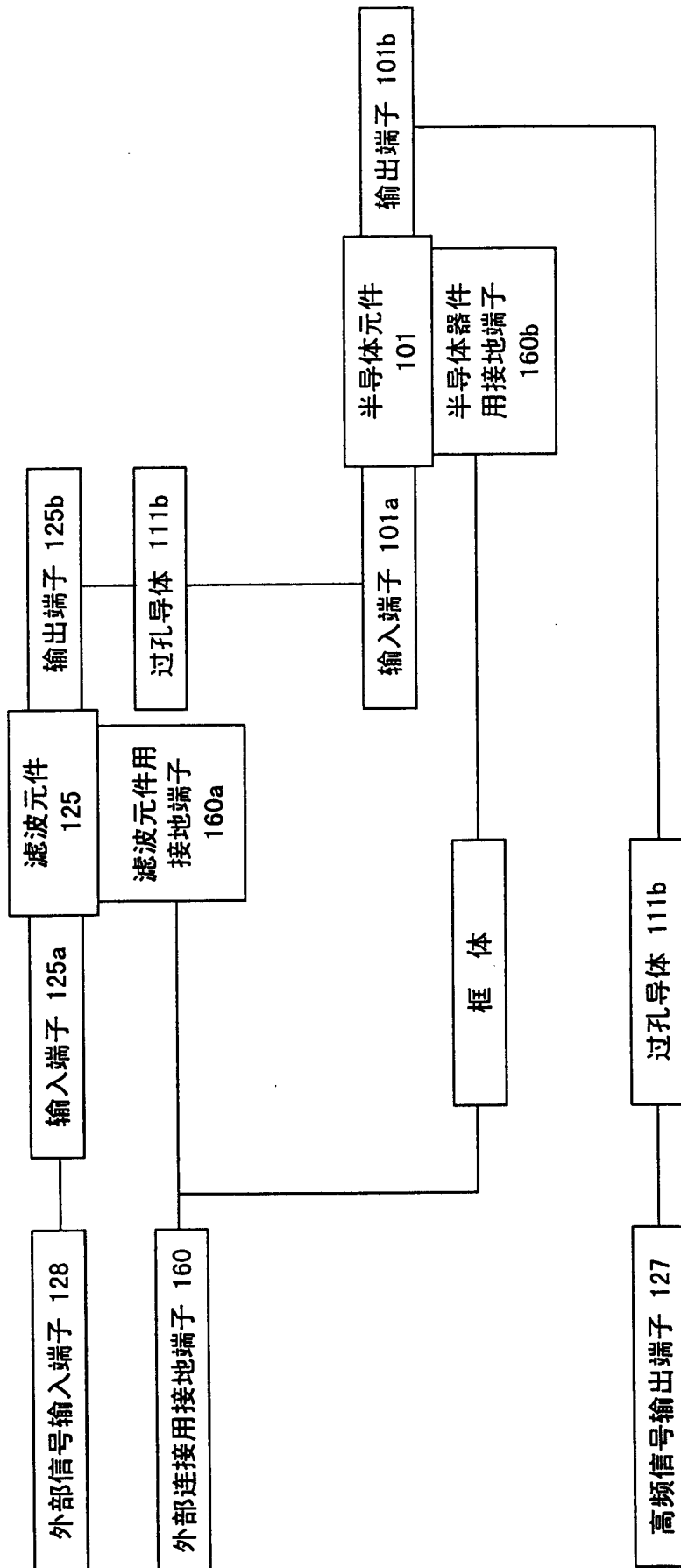


图 18