



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98126437.9

[45] 授权公告日 2004 年 4 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1145237C

[22] 申请日 1998. 12. 25 [21] 申请号 98126437.9

[30] 优先权

[32] 1997. 12. 26 [33] JP [31] 358789/1997

[71] 专利权人 株式会社村田制作所

地址 日本京都府

[72] 发明人 齐藤笃 谷崎透 西田浩 高桑郁夫

田口义规

审查员 丰学民

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

代理人 张政权

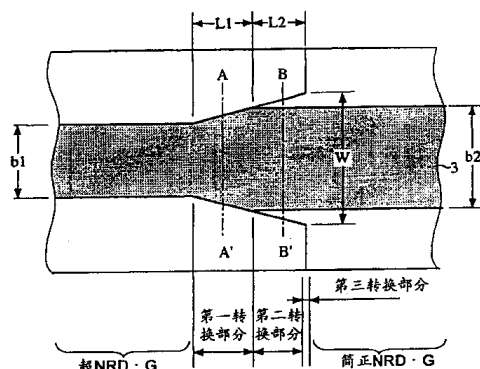
权利要求书 4 页 说明书 11 页 附图 14 页

[54] 发明名称 不同类型波导之间含线性转换部分的无辐射介质波导

[57] 摘要

在毫米波模块或混合有简正 NRD 波导与超 NRD 波导的模块中，不同类型无辐射介质波导的转换部分在两个 NRD 波导之间的连接处具有良好的转换特性。第一转换部分中，介质带宽度从超 NRD 波导部分的介质带宽度变化到简正 NRD 波导部分的介质带宽度，其深度大致与超 NRD 波导中槽的深度相同的槽延伸至第二转换部分，第三转换部分中，槽的宽度垂直于电磁波传播方向且平行于导电板表面而展宽。实现预定频段内辐射低的波导转换。

转换部分内部结构的俯视图



1. 一种不同类型无辐射介质波导的转换部分结构，用于将第一无辐射介质波导连接到第二无辐射介质波导，所述第一无辐射介质波导包括设置在两块相对导电板之间的介质带，所述第二无辐射介质波导包括在相对位置上将其槽设置在其中的两块导电板和插在相对槽之间的介质带，其特征在于该结构包括：

第一转换部分，其中，介质带的宽度从所述第二无辐射介质波导的所述介质带宽度变化到所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度；

第二转换部分，其槽的深度与所述槽的深度相同，介质带的宽度与所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度相同；及

第三转换部分，包括一个部分和所述第一无辐射介质波导的介质带，在所述部分中，所述第二转换部分的所述槽以垂直于电磁波传播的方向和平行于所述导电板表面的方向展宽。

2. 如权利要求1所述的不同类型无辐射介质波导的转换部分结构，其特征在于，在所述第一转换部分中，所述第二无辐射介质波导的所述槽的宽度展宽成喇叭形，而介质带的宽度沿所述槽展宽；而且，在所述第二转换部分中，所述第二转换部分的所述槽跟随已展宽成所述喇叭形的所述槽，并从所述第一转换部分向所述第一无辐射介质波导的所述介质带展宽。

3. 一种无辐射介质波导部件，包括设置在至少有两个第一无辐射介质波导相互选择性相对的连接处的开关，一个或两个所述第一无辐射介质波导包括不同类型无辐射介质波导的转换部分结构，所述转换部分结构用于将第一无辐射介质波导连接到第二无辐射介质波导，所述第一无辐射介质波导包括设置在两块相对导电板之间的介质带，所述第二无辐射介质波导包括在相对位置上将其槽设置在其中的两块导电板和插在相对槽之间的介质带，其特征在于该结构包括：

第一转换部分，其中，介质带的宽度从所述第二无辐射介质波导的所述介质带宽度变化到所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度；

第二转换部分，其槽的深度与所述槽的深度相同，介质带的宽度与所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度相同；及

第三转换部分，包括一个部分和所述第一无辐射介质波导的介质带，在所述部分中，所述第二转换部分的所述槽以垂直于电磁波传播的方向和平行于所述导

电板表面的方向展宽。

4. 如权利要求3所述的无辐射介质波导部件，其中所述两个在所述连接处相互选择性相对的第一无辐射介质波导之一旋转，从而以平行于第一无辐射介质波导的导电板表面且垂直于电磁波传播方向的方向作相对移动。

5. 一种包含耦合器的无辐射介质波导部件，包括两个其间有一预定间隔的第一无辐射介质波导以及设置在所述第一无辐射介质波导两端的不同类型无辐射介质波导的转换部分结构，所述转换部分结构用于将第一无辐射介质波导连接到第二无辐射介质波导，所述第一无辐射介质波导包括设置在两块相对导电板之间的介质带，所述第二无辐射介质波导包括在相对位置上将其槽设置在其中的两块导电板和插在相对槽之间的介质带，其特征在于该结构包括：

第一转换部分，其中，介质带的宽度从所述第二无辐射介质波导的所述介质带宽度变化到所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度；

第二转换部分，其槽的深度与所述槽的深度相同，介质带的宽度与所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度相同；及

第三转换部分，包括一个部分和所述第一无辐射介质波导的介质带，在所述部分中，所述第二转换部分的所述槽以垂直于电磁波传播的方向和平行于所述导电板表面的方向展宽。

6. 一种无辐射介质波导部件，其特征在于，介质谐振器和振荡器都耦合至第一无辐射介质波导，所述第一无辐射介质波导包括同类型无辐射介质波导的转换部分结构，所述转换部分结构用于将第一无辐射介质波导连接到第二无辐射介质波导，所述第一无辐射介质波导包括设置在两块相对导电板之间的介质带，所述第二无辐射介质波导包括在相对位置上将其槽设置在其中的两块导电板和插在相对槽之间的介质带，其特征在于该结构包括：

第一转换部分，其中，介质带的宽度从所述第二无辐射介质波导的所述介质带宽度变化到所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度；

第二转换部分，其槽的深度与所述槽的深度相同，介质带的宽度与所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度相同；及

第三转换部分，包括一个部分和所述第一无辐射介质波导的介质带，在所述部分中，所述第二转换部分的所述槽以垂直于电磁波传播的方向和平行于所述导电板表面的方向展宽。

7. 一种应用所述第一与第二无辐射介质波导的集成电路部件, 包括: 同另一相邻的集成电路部件一起设置在连接处的第一无辐射介质波导, 所述第一无辐射介质波导包括不同类型无辐射介质波导的转换部分结构, 所述转换部分结构用于将第一无辐射介质波导连接到第二无辐射介质波导, 所述第一无辐射介质波导包括设置在两块相对导电板之间的介质带, 所述第二无辐射介质波导包括在相对位置上将其槽设置在其中的两块导电板和插在相对槽之间的介质带, 其特征在于该结构包括:

第一转换部分, 其中, 介质带的宽度从所述第二无辐射介质波导的所述介质带宽度变化到所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度;

第二转换部分, 其槽的深度与所述槽的深度相同, 介质带的宽度与所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度相同; 及

第三转换部分, 包括一个部分和所述第一无辐射介质波导的介质带, 在所述部分中, 所述第二转换部分的所述槽以垂直于电磁波传播的方向和平行于所述导电板表面的方向展宽。

8. 如权利要求7所述的无辐射介质波导集成电路部件, 其特征在于, 所述第一无辐射介质波导在所述连接处的介质带连接在多个表面上, 所述表面相互隔开的距离是电磁波传播方向上四分之一管内波长的奇数倍。

9. 一种无辐射介质波导集成电路, 其特征在于, 包括一无辐射介质波导部件的组合, 该无辐射介质波导部件, 包括设置在至少有两个第一无辐射介质波导相互选择性相对的连接处的开关, 一个或两个所述第一无辐射介质波导包括不同类型无辐射介质波导的转换部分结构, 所述转换部分结构用于将第一无辐射介质波导连接到第二无辐射介质波导, 所述第一无辐射介质波导包括设置在两块相对导电板之间的介质带, 所述第二无辐射介质波导包括在相对位置上将其槽设置在其中的两块导电板和插在相对槽之间的介质带, 其特征在于该结构包括:

第一转换部分, 其中, 介质带的宽度从所述第二无辐射介质波导的所述介质带宽度变化到所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度;

第二转换部分, 其槽的深度与所述槽的深度相同, 介质带的宽度与所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度相同; 及

第三转换部分, 包括一个部分和所述第一无辐射介质波导的介质带, 在所述部分中, 所述第二转换部分的所述槽以垂直于电磁波传播的方向和平行于所述导

电板表面的方向展宽。

## 不同类型波导之间含线性转换部分的无辐射介质波导

本发明涉及一种无辐射介质波导(“NRD”),特别涉及一种在不同类型无辐射介质波导之间具有线性转换部分的无辐射介质波导,它例如用于毫米波段或微波波段通信设备。

如图2所示,包括设置在两块大体上平行的导电板1与2之间的介质带3的介质波导,一般在毫米波段和微波波段用作传输线。特别是已经开发了一种无辐射介质波导,其中导电板1与2的间距 $a_2$ 小于电磁波传播波长的一半,因而波只通过介质带传播。这类NRD波导称为简正NRD波导。

使用NRD波导的毫米波模块是把振荡器、混频器和耦合器(定向耦合器)等无辐射介质波导元件(下称“元件”)集成起来而形成的,而且首先把简正NRD波导用作诸元件的NRD波导。

另一方面,上述的简正NRD波导有一缺点,即在弯曲处的LSM01模与LSE01模之间的模转换导致传输损失,不能以给定的曲率半径设计弯曲,因此,为避免模转换造成的传输损失,曲率半径不能做得很小,从而模块的总尺寸做不小。所以,如图1所示,已开发了一种以单一LSM01模传输的NRD波导(下称“超NRD波导”),其中在导电板1与2的相对表面设置了槽,槽中置有介质带3,该结构已在待公开日本专利申请No.09102706中作了揭示。

根据该超NRD波导,能设计出具有给定曲率半径和极小传输损失的弯曲,使整个模块做得很小。然而,暂且不说模转换在弯曲处造成传输损失的事实,简正NRD波导的传输损失一般是很小的。

此外,当一个毫米波模块包括上述诸元件的组合时,根据诸元件的尺寸精度与装配精度,在导电板与介质带的连接表面不可避免地在电磁波传播方向或垂直于电磁波传播方向的方向上出现位置偏差,而且这种偏差程度是变化的。根据偏差程度,简正NRD波导在元件连接处具有较佳的反射特性和通过特性。

再者,在NRD波导开关中,其中可以选择性连接两个NRD波导,当把简正NRD波导用作这两个NRD波导时,在接通期间(连接状态),反射和通过特性是良好的。

还有,在定向耦合器中,例如在两个简正NRD波导保持预定间距时,与使用

超NRD波导相比，其场能量分布更宽，因而无需很高的尺寸精度就能获得良好的特性。

这样，若在能最佳地利用简正NRD波导特性的部分使用NRD波导，而在能最佳地利用超NRD波导特性的部分使用超NRD波导，就能实现整体尺寸小而且特性优良的毫米波集成电路。

因此，本发明的一个目的是为不同类型的无辐射介质波导提供一种转换部分结构，它在形成无辐射介质波导元件的使用，在两个NRD波导之间的界面与连接处具有优良的波导特性，该结构混合有简正NRD波导、超NRD波导以及组合有多个元件的集成电路。

本发明的另一个目的是提供一种无辐射介质波导元件和一集成电路，前者包括简正NRD波导与超NRD波导的波导转换部分，后者包括多个元件的组合。

本发明的第一方面是对不同类型的无辐射介质波导提供一种转换部分结构，用于把第一无辐射介质波导连接到第二无辐射介质波导，所述第一无辐射介质波导包括设置在两相对导电板之间的介质带，所述第二无辐射介质波导包括两块导电板，在其中的相对位置上设置了槽，并且提供插在相对槽之间的介质带，所述转换部分结构包括：第一转换部分，其中的介质带宽度由第二无辐射介质波导的介质带宽度变化到第S无辐射介质波导的介质带宽度；第二转换部分，具有与这些槽基本上同样深度的槽和与第一无辐射介质波导的介质带基本上同样宽度的介质带；以及第三转换部分，包括某一部分和第一无辐射介质波导的介质带，在所述某一部分中，第二转换部分的槽在大体上垂直于电磁波传播方向且并行于导电板表面的方向上展宽。

根据这种结构，第一转换部分把第一无辐射介质波导的介质带宽度转换到第二无辐射介质波导的介质带宽度，而第二转换部分执行与设置在第一和第二辐射介质波导中的槽相关的转换。此外，第三转换部分在第一无辐射介质波导与具有中间槽的波导部分之间执行转换。

再者，在上述结构中，通过确定第二转换部分的长度，使第一转换部分中辐射的波与第三转换部分中辐射的波反相合并，就能得到可转换不同类型无辐射介质波导的低辐射结构。

上述的第二和第三转换部分的槽宽度都从第二无辐射介质波导向第一无辐射介质波导展宽，因而可以连续地设置。

在不同类型无辐射介质波导的转换部分结构的第二方面，是在第一转换部分中，第二无辐射介质波导的槽宽度展宽成喇叭形，介质带宽度沿槽展宽；而在第二转换部分中，第二转换部分的槽跟随展宽成喇叭形的槽，并从第一转换部分向第一无辐射介质波导的介质带展宽。根据这一结构，在第一和第二无辐射介质波导中，介质带宽度逐渐变化，降低了这些部分中大量的辐射。此外，在第二转换部分中，槽宽度从其中不设置槽的第一无辐射介质波导部分逐渐变化到其中设置槽的第二无辐射介质波导部分，所以也降低了这一部分内的辐射。

在第三方面，无辐射介质波导部件包括一只开关，其中至少有两个第一无辐射介质波导相互选择性相对，所述第一无辐射介质波导的任何一个或两个都包括不同类型无辐射介质波导的转换部分结构，所述转换部分结构用于将第一无辐射介质波导连接到第二无辐射介质波导，所述第一无辐射介质波导包括设置在两块相对导电板之间的介质带，所述第二无辐射介质波导包括在相对位置上将其槽设置在其中的两块导电板和插在相对槽之间的介质带，其特征在于该结构包括：

第一转换部分，其中，介质带的宽度从所述第二无辐射介质波导的所述介质带宽度变化到所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度；

第二转换部分，其槽的深度与所述槽的深度相同，介质带的宽度与所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度相同；及

第三转换部分，包括一个部分和所述第一无辐射介质波导的介质带，在所述部分中，所述第二转换部分的所述槽以垂直于电磁波传播的方向和平行于所述导电板表面的方向展宽。因此，在无辐射介质波导之间的连接处，可在开关连接状态下得到优良的传播特性，此外，由于第二无辐射介质波导被用作通向开关部分的波导，所以在对构成第二无辐射介质波导的部件设置无辐射介质波导开关时，这是有效的。

在无辐射介质波导部件的第四方面，两个在连接处相互选择性相对的第一无辐射介质波导中的一个波导旋转，以在平行于第一无辐射介质波导的导电板表面且垂直于电磁波传播方向的方向上相对移动。根据这一结构，在相对移动期间可实现辐射小、传输损失小的连接。因此，在通向第二无辐射介质波导(超NRD波导)的开关处，当在上述旋转期间连续开关时，连接是有效的。

在第五方面，一种包含耦合器的无辐射介质波导部件，包括两个其间有一预定间隔的第一无辐射介质波导以及设置在所述第一无辐射介质波导两端的不同

类型无辐射介质波导的转换部分结构，所述转换部分结构用于将第一无辐射介质波导连接到第二无辐射介质波导，所述第一无辐射介质波导包括设置在两块相对导电板之间的介质带，所述第二无辐射介质波导包括在相对位置上将其槽设置在其中的两块导电板和插在相对槽之间的介质带，其特征在于该结构包括：

第一转换部分，其中，介质带的宽度从所述第二无辐射介质波导的所述介质带宽度变化到所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度；

第二转换部分，其槽的深度与所述槽的深度相同，介质带的宽度与所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度相同；及

第三转换部分，包括一个部分和所述第一无辐射介质波导的介质带，在所述部分中，所述第二转换部分的所述槽以垂直于电磁波传播的方向和平行于所述导电板表面的方向展宽。

在无辐射介质波导部件的第六方面，一种无辐射介质波导部件，其特征在于，介质谐振器和振荡器都耦合至第一无辐射介质波导，所述第一无辐射介质波导包括同类型无辐射介质波导的转换部分结构，所述转换部分结构用于将第一无辐射介质波导连接到第二无辐射介质波导，所述第一无辐射介质波导包括设置在两块相对导电板之间的介质带，所述第二无辐射介质波导包括在相对位置上将其槽设置在其中的两块导电板和插在相对槽之间的介质带，其特征在于该结构包括：

第一转换部分，其中，介质带的宽度从所述第二无辐射介质波导的所述介质带宽度变化到所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度；

第二转换部分，其槽的深度与所述槽的深度相同，介质带的宽度与所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度相同；及

第三转换部分，包括一个部分和所述第一无辐射介质波导的介质带，在所述部分中，所述第二转换部分的所述槽以垂直于电磁波传播的方向和平行于所述导电板表面的方向展宽。

这样就形成一振荡器，而且可把介质谐振器强耦合到无辐射介质波导，此外，通向振荡器的电路包括第二无辐射介质波导，因而可把包含该振荡器的部件做成总体尺寸很小。

在第七方面，一种应用所述第一与第二无辐射介质波导的集成电路部件，包括：同另一相邻的集成电路部件一起设置在连接处的第一无辐射介质波导，所述

第一无辐射介质波导包括不同类型无辐射介质波导的转换部分结构，所述转换部分结构用于将第一无辐射介质波导连接到第二无辐射介质波导，所述第一无辐射介质波导包括设置在两块相对导电板之间的介质带，所述第二无辐射介质波导包括在相对位置上将其槽设置在其中的两块导电板和插在相对槽之间的介质带，其特征在于该结构包括：

第一转换部分，其中，介质带的宽度从所述第二无辐射介质波导的所述介质带宽度变化到所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度；

第二转换部分，其槽的深度与所述槽的深度相同，介质带的宽度与所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度相同；及

第三转换部分，包括一个部分和所述第一无辐射介质波导的介质带，在所述部分中，所述第二转换部分的所述槽以垂直于电磁波传播的方向和平行于所述导电板表面的方向展览。

根据这一结构，可以消除集成电路部件之间连接处的位置偏差造成的特性劣化与变化问题，而且不存在波导转换引起的特性劣化，所以容易获得全特性优良的无辐射介质波导集成电路。

在无辐射介质波导集成电路部件的第八方面，把连接处的第一无辐射介质波导的介质带连接在多个表面上，表面的相互间隔距离是电磁波传播方向上四分之一管内波长的奇数倍。根据这一结构，连接处的辐射被抵消了，因而能以低的辐射连接电路。

在第九方面，一种无辐射介质波导集成电路，其特征在于，包括一无辐射介质波导部件的组合，该无辐射介质波导部件，包括设置在至少有两个第一无辐射介质波导相互选择性相对的连接处的开关，一个或两个所述第一无辐射介质波导包括不同类型无辐射介质波导的转换部分结构，所述转换部分结构用于将第一无辐射介质波导连接到第二无辐射介质波导，所述第一无辐射介质波导包括设置在两块相对导电板之间的介质带，所述第二无辐射介质波导包括在相对位置上将其槽设置在其中的两块导电板和插在相对槽之间的介质带，其特征在于该结构包括：

第一转换部分，其中，介质带的宽度从所述第二无辐射介质波导的所述介质带宽度变化到所述第一无辐射介质波导的所述介质带宽度；

第二转换部分，其槽的深度与所述槽的深度相同，介质带的宽度与所述第一

无辐射介质波导的所述介质带宽度相同；及

第三转换部分，包括一个部分和所述第一无辐射介质波导的介质带，在所述部分中，所述第二转换部分的所述槽以垂直于电磁波传播的方向和平行于所述导电板表面的方向展宽。

因此，获得的集成电路能很好地利用第一与第二无辐射介质波导的特性，且在波导转换部分无特性劣化。

图 1 是根据本发明第一实施例的超 NRD 波导的剖面结构图；

图 2 是简正 NRD 波导的剖面结构图；

图 3A 至 3C 是不同类型无辐射介质波导的转换部分的结构图；

图 4 示出图 3A 至 3C 中波导转换部分的反射特性；

图 5 表示作为对比例的超 NRD 波导和简正 NRD 波导的转换部分的结构；

图 6 示出图 5 中转换部分的反射特性；

图 7 是根据第二实施例的波导转换部分的结构图；

图 8 示出图 7 中波导转换部分的反射特性；

图 9 是根据第三实施例的波导转换部分的结构图；

图 10 是毫米波雷达模块的构成图；

图 11 是包括振荡器与隔离器的元件的分解透视图；

图 12 示出耦合器部分的构成；

图 13 是毫米波雷达模块总体结构垂直剖视图；

图 14 是旋转单元构成透视图；

图 15A 与 15B 表示一次辐射器部分的构成；

图 16 表示在旋转单元侧与电路侧的 NRD 波导连接的结构；

图 17 是雷达模块旋转单元部分的等效电路图；

图 18 示出诸元件之间的连接结构；

图 19 是元件之间连接结构的部分透视图；

图 20 是元件之间连接结构的平面图；以及

图 21A 和 21B 示出简正 NRD 波导和超 NRD 波导中的场能量分布。

下面参照图 1 至图 4 详细描述本发明不同类型无辐射介质波导转换部分的第一较佳实施例。

如上所述，图 1 是超 NRD 波导部分的剖视图，图 2 是简正 NRD 波导部分的剖

视图。在每个 NRD 波导中，在上下导电板 1 与 2 之间设置有介质带 3。在图 2 的简正 NRD 波导中，介质带 3 的高度  $a_2$  等于导电板 1 与 2 之间的间距，而在图 1 的超 NRD 波导中，在导电板 1 与 2 中设置了深度为  $g$  的槽，因而在无介质带 3 的区域里，导电板 1 与 2 之间的间距小于介质带 3 的高度  $a_1$ ，有介质带 3 的区域作为以单一 LSM01 模传播的传播区。

图 3A 至 3C 表示简正 NRD 波导和超 NRD 波导的波导转换部分的结构，图 3A 是拿掉上导电板后的平面图，图 3B 是沿图 3A 中 A—A' 线截取的剖视图，而图 3C 是沿图 3A 中 B—B' 线截取的剖视图。如这些图所示，在超 NRD 波导和简正 NRD 波导的中间部分，第一转换部分转换从介质带 3 的超 NRD 波导部分的宽度  $b_1$  到简正 NRD 波导部分的宽度  $b_2$  的距离  $L_1$ 。鉴于这种方式的介质带 3 的宽度是逐渐减小的，所以设置在上下导电板 1 和 2 中的槽的宽度也转换从  $b_1$  到  $b_2$  的距离  $L_1$ 。第二转换部分具有深度与超 NRD 波导部分中的槽深度一样的槽，这些槽的宽度从第一转换部分引导超过距离  $L_2$  并展宽成锥形(或喇叭形)，最后在第三转换部分中展宽成  $W$ 。此外，在这个第二转换部分中，介质带 3 的宽度  $b_2$  同简正 NRD 波导部分中介质带的宽度一样。在第三转换部分中，上下导电板 1 和 2 中槽的宽度以大体上垂直电磁波传播方向且并行于导电板 1 和 2 表面的方向展宽。

在这种结构中，通过设置第二转换部分的长度  $L_2$ ，使在第一转换部分中辐射的波与在第三转换部分中辐射的波反相，可以得到在预定频段中辐射小的不同类型无辐射介质波导的转换部分结构。而且，通过设置第一转换部分的长度  $L_1$ ，可使第一转换部分的辐射量近似于第三转换部分的辐射量。

图 4 表示，在图 1 至图 3C 所示部件具有下述尺寸时，用三维有限元方法确定的辐射特性：

超 NRD 波导尺寸： $a_1=2.2\text{mm}$ ， $b_1=1.8\text{mm}$ ， $g=0.5\text{mm}$

简正 NRD 波导尺寸： $a_2=2.2\text{mm}$ ， $b_2=3.0\text{mm}$

转换部分尺寸： $L_1=3.0\text{mm}$ ， $L_2=2.5\text{mm}$ ， $W=4.0\text{mm}$

介质带 3 的介电常数  $\epsilon_r=2.04$

通过比较，图 5 和图 6 表示在超 NRD 波导直接转换到简正 NRD 波导时的结构和辐射特性。如上所示，超 NRD 波导与简正 NRD 波导每个部件的尺寸都相同。如图 6 所示，当超 NRD 波导直接转换到简正 NRD 波导时，在整个宽波段内有相当大的辐射。相反地，在第一实施例中，可以预定的频段内获得小的辐射。

下面根据图 7 和图 8 说明根据第二实施例的不同类型无辐射介质波导的转换部分结构。

在第一实施例中，第一转换部分具有预定的长度  $L_1$ ，但是如图 7 所示，第一转换部分的长度也可以是 0。图 8 表示在这种情况下用三维有限元方法确定的辐射特性。除了  $L_1=0$  以外，所有部件的尺寸与第一实施例的相同。

可以看出，即使第一转换部分沿着电磁波传播方向没有宽度，也可在预定的频段内保持低的辐射特性。即，通过设定第二转换部分的长度  $L_2$ ，使第一转换部分辐射的波与第三转换部分辐射的波反相，就能获得在预定频段中辐射小的不同类型无辐射介质波导的转换部分结构。

在图 7 所示的第二实施例中，第二转换部分槽的宽度变为锥形，但是这些槽的宽度不要求改变，可以同简正 NRD 波导部分中介质带沿第二转换部分的整个长度的宽度一样。

于是，图 9 示出了根据第三实施例的不同类型无辐射介质波导转换部分的结构。在第一和第二实施例中，第一至第三转换部分中槽的宽度呈线性变化，但是，当以这种方式在导电板 1 与 2 中设置槽时，就出现了拐角无法变锐的情况，例如，当使用端铣刀切割时，就形成了图 9 所示的圆角；而且，还会出现介质带拐角变圆与端铣刀半径相一致的情况。例如，在使用端铣刀将 PTFE 板材切割成介质带的时候；在这类情况下，得出的效果与第一和第二实施例中的相同。

在第一至第三实施例中，在两块导电板之间简单地设置了介质带 3，但是也可把介质衬底设置到超 NRD 与简正 NRD 波导中的一个或两个，平行于导电板。即，若把介质衬底夹在两块导电板中间，在其间设置上下介质带，并在介质衬底上设置预定的电路，可取得同样的效果。

再者，第一至第三实施例举了一个在简正 NRD 波导的两块导电板中不设置槽的例子，但是，提供相对浅的槽以固定介质带也是可接受的。

下面参照图 10 至图 17 说明根据本发明第四实施例的毫米波雷达模块的结构。

图 10 示出去掉毫米波雷达模块的上表面介质透镜部分(发射与接收毫米波的表面)且去掉上导电板后的情况。该毫米波雷达模块包括元件 101 与 102、旋转单元 103、电机 104、容纳这些部件的机壳 105、介质透镜(未示出)等。元件 101 包括振荡器、隔离器和终端负载。元件 102 包括耦合器、回转器和混频器。

图 11 是表示元件 101 结构的分解透视图。在图 11 中，介质带 31、32、33 和 46 设置在下导电板 1 与上导电板(未示出)之间。在介质衬底 38 表面上设置了激励探针 39 一类的各种类型的导电图案。该介质衬底 38 夹在介质带 31 与 31' 之间。而且，在介质带 31 和 31' 的某预定点耦合了介质谐振器 37。耿氏二极管组件 36 的一根电极接到介质衬底 38 上的激励探针 39。还设置了铁氧体谐振器 35，它与三条介质带和磁铁(未示出)一起形成回转器。另外，在介质带 33 端部设置一终端负载 34，由此形成隔离器。当应用这类介质谐振器形成振荡器时，通过用简正 NRD 波导作为耦合到介质谐振器 37 的 NRD 波导，就能在这两者之间得到强耦合。介质带 46 连接到形成元件 102 的耦合器的介质带之一，在该介质带 46 的端部设置终端负载 42。

这里，图 21A 和 21B 示出从介质带中心通过简正 NRD 波导与超 NRD 波导的横截面水平散布的场能量分布。两者作一比较，显而易见，当以等距离设置介质带时，简正 NRD 波导中的耦合强于超 NRD 波导，耦合强度随距离变化而平稳地变化，因此在图 11 所示的介质谐振器 37 与介质带 31 和 31' 的相对定位方面不需要高的尺寸精度。

在图 11 中，由于必须做成弯曲状，所以为了避免模式改变成 LSE<sub>01</sub> 模而产生问题，就把超 NRD 波导用作回转器部分的介质波导。另外，让元件 102 靠近元件 101，把介质带 32 设置成同元件 102 的介质带相对，以便连接该波导。这样，该部分就包含一简正 NRD 波导。如图 11 所示，在这两个地方都设置了波导转换部分。

图 12 示出图 10 耦合部分的结构，去掉上导电板后是一个平面图。如图 12 所示，简正 NRD 波导的介质带 40 与 41 之间的空间沿长度  $L$  做得很窄，故两波导在这一部分相耦合。波导转换部分设置在该耦合器的输入侧与输出侧，将波导改成超 NRD 波导。对于 60GHz 波段内的 3 分贝耦合器， $L=12.8\text{mm}$ ， $g=1.0\text{mm}$ 。若  $g=0.5\text{mm}$ ，则  $L=7.7\text{mm}$ 。如图 21A 和 21B 所示，当介质带以等距离设置时，简正 NRD 波导中的耦合比超 NRD 波导的强，耦合强度随距离变化而平稳地变化，所以对于图 12 所示的介质带之间的间隔  $g$ ，不要求高的尺寸精度。

图 10 中元件 102 里的回转器部分大体上具有同元件 101 中隔离器同样的结构，包括从耦合器部分引出的介质带 40、从混频器部分引出的介质带 45、另一条介质带 44、铁氧体谐振器 43 和未示出的磁铁。

图 13 示出图 10 中介质透镜与旋转单元之间的定位关系，并示出毫米波雷达模块总体结构的垂向剖视图。图 14 是上述旋转单元结构的透视图。

本例中，简正 NRD 波导包含的介质带设置在正五边形柱状金属组件 14 的每一侧面与导电板之间，而导电板设置成平行于这些侧面。而且，在金属组件 14 的所有侧面与导电板（平行于这些侧面）之间设置介质谐振器而形成一次辐射器。这些介质谐振器设置在平行于旋转单元轴线的不同位置，当电机旋转该旋转单元时，一次辐射器在介质透镜焦点的位置就平行于转轴依次开关。

图 15A 和 15B 示出旋转单元一个介质波导和一次辐射器部分的结构，图 15A 是俯视图，而图 15B 是剖视图。这里，圆柱形的 HE<sub>111</sub> 模介质谐振器 61 设置成离介质带 60 的端部一预定距离。在导电板 5 的一个部分中设置有圆锥形窗口，使电磁波经介质谐振器 61 的上部（见图）射出和射入。在介质谐振器 61 与导电板 5 之间设置缝隙板 62。缝隙板 62 中的缝隙 63 控制着辐射方向图。

图 16 示出旋转单元侧与电路侧对各个 NRD 波导的连接结构。这种结构把简正 NRD 波导用作旋转单元侧的 NRD 波导，而 NRD 波导有选择地与之连接，超 NRD 波导和超 NRD 波导与简正 NRD 波导之间的波导转换部分设置在电路侧上。

图 17 是旋转单元部分的等效电路，此时把辐射噪声电平单元 103 与元件 102（图 10 所示）之间的部分用作介质波导开关，对旋转单元提供多个介质波导和一个一次辐射器，并转动旋转单元，一次辐射器被连续开关，其相对于介质透镜的位置发生变化，从而连续改变波束方向性。

在上述实施例中，转换部分设置到准备选择地连接的两个 NRD 波导之一，但如图 18 所示，在装配各类元件时，可把转换部分设置在每一连接处，以使用简正 NRD 波导连接这些元件。利用这种结构，即使元件 A 和 B 的位置有些偏差，但是与把两个超 NRD 波导连接在一起的结构相比，由此偏差引起的特性变化更小，因此可以提供总特性变化很小的毫米波模块。

图 19 是两元件间 NRD 波导另一种连接结构的局部透视图，图 20 是同一连接结构的平面图。两图都表示已去掉上导电板的情况。第一实施例描述了两条介质带在单个连接表面上相互相对的例子，但是如图 19 和 20 所示，连接表面的距离是应用频率上四分之一管内波长的奇数倍。根据此结构，即使连接表面间的间隙因温度变化而发生变化，由于两表面辐射的波因反相而消失，所以传输特性不劣化，同温度变化无关。而且，由于传输特性即便在介质带 3a 与 3b 较短的情况下

也不劣化，所以可以放宽介质带尺寸的容差。再者，由于连接的是简正 NRD 波导，即使上下导电板之间有一小间隙，传输特征也不劣化。因此，也可放宽导电板的尺寸容差，在装配元件时不要求高精度。

根据本发明的第一方面，可以在第一无辐射介质波导与第二无辐射介质波导之间的连接处实现低辐射波导转换，所述第一无辐射介质波导包括设置在两块相对导电板之间的介质带，所述第二无辐射介质波导包括将其槽设置在相对位置上的两块导电板，并把介质带插在相对的槽之间。

根据本发明的第二方面，减少了第一和第二转换部分的辐射，从而改进了整个波导转换部分的辐射特性。

根据本发明的第三方面，在无辐射介质波导之间的连接处，可以在开关连接状态下获得优良的传播特性，此外，第二无辐射介质波导(超 NRD 波导)可用作通向开关部分的波导。

根据本发明的第四方面，可在相对移动相间实现低辐射、低传输损失的连接，此外，可以使用第二辐射介质波导(超 NRD 波导)。

根据本发明的第五方面，可把不同类型无辐射介质波导的转换部分做成小尺寸，不必提高第一无辐射介质波导介质带之间的间隔所需的尺寸精度，从而可获得总体尺寸小且特性稳定的定向耦合器。

根据本发明的第六方面，振荡器包括一强耦合到无辐射介质波导的介质谐振器，而且，通向该振荡器的电路包括第二无辐射介质波导，因此可把包含该振荡器的部件在整体上做成小尺寸。

根据本发明的第七方面，可以消除由集成电路部件之间连接处位置偏差造成的特性劣化和变化的问题，而且不存在波导转换引起的特性劣化，因而容易获得总特性优良的无辐射介质波导集成电路。

根据本发明的第八方面，在组合多个无辐射介质波导集成电路时，连接处的辐射被抵消，从而能以低辐射连接集成电路的总体组合。

根据本发明的第九方面，获得的集成电路能很好地利用第一与第二无辐射介质波导的特性，而且在波导转换部分无特性劣化。

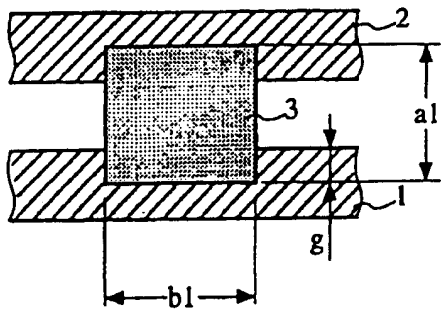


图 1

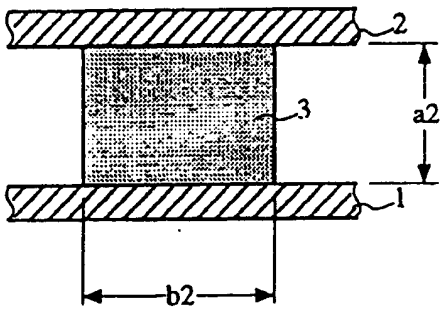


图 2

转换部分内部结构的俯视图

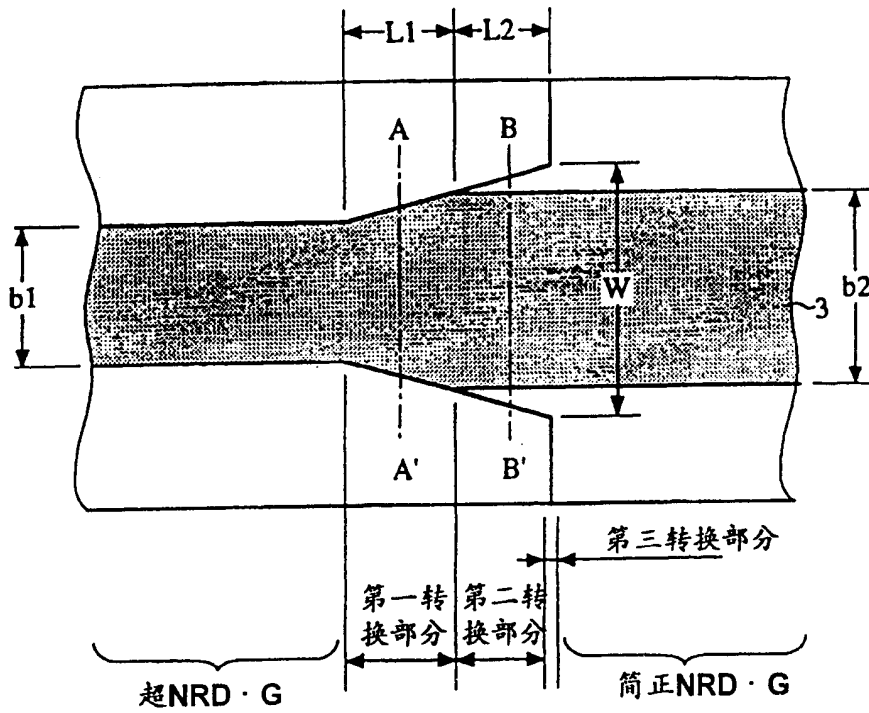
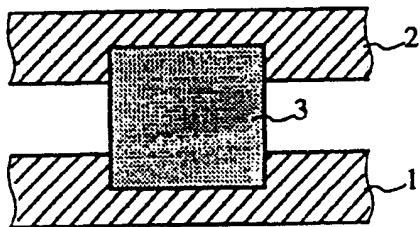
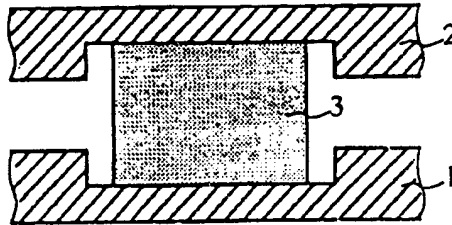


图 3A



沿A-A'线剖视图  
(第一转换部分剖视图)



沿B-B'线剖视图  
(第二转换部分剖视图)

图 3B

图 3C

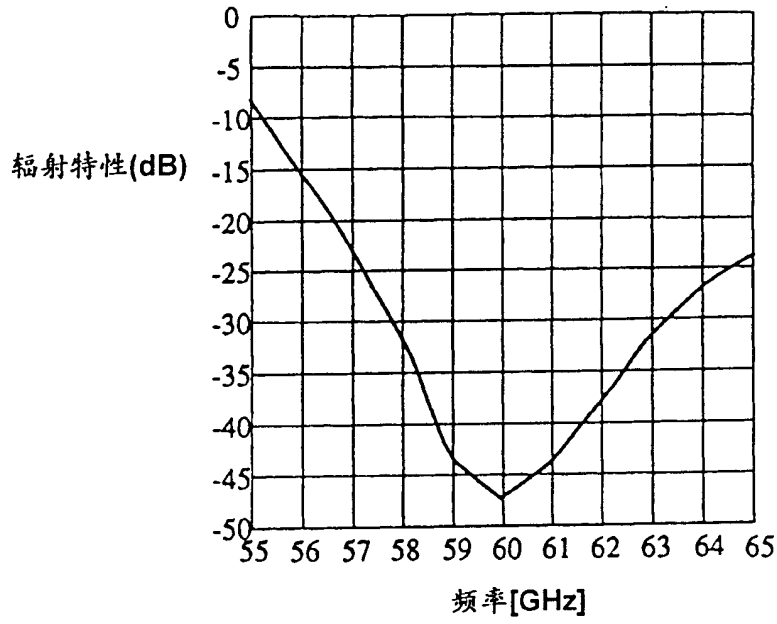


图 4

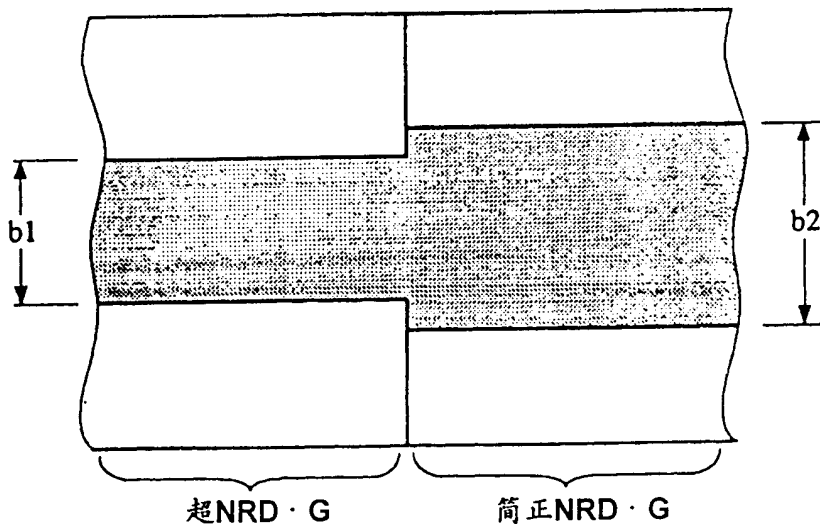


图 5

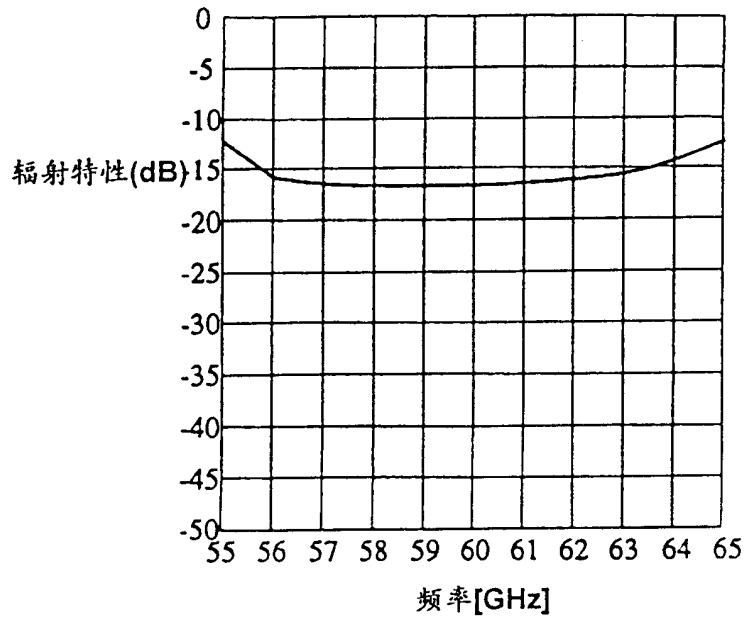


图 6

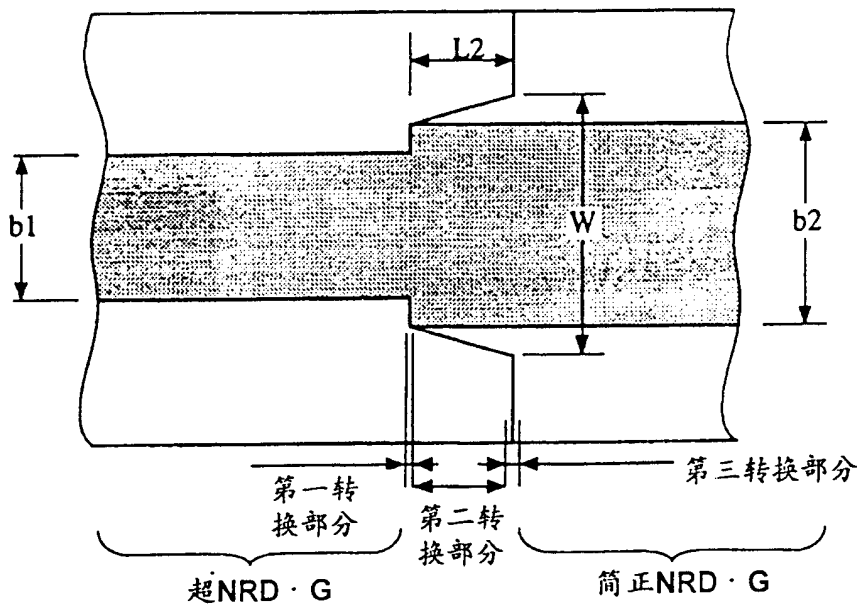


图 7

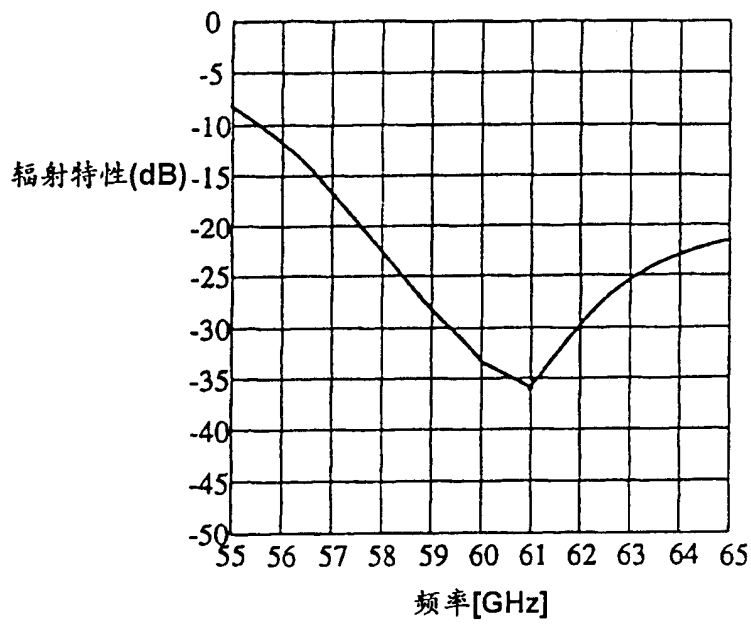


图 8

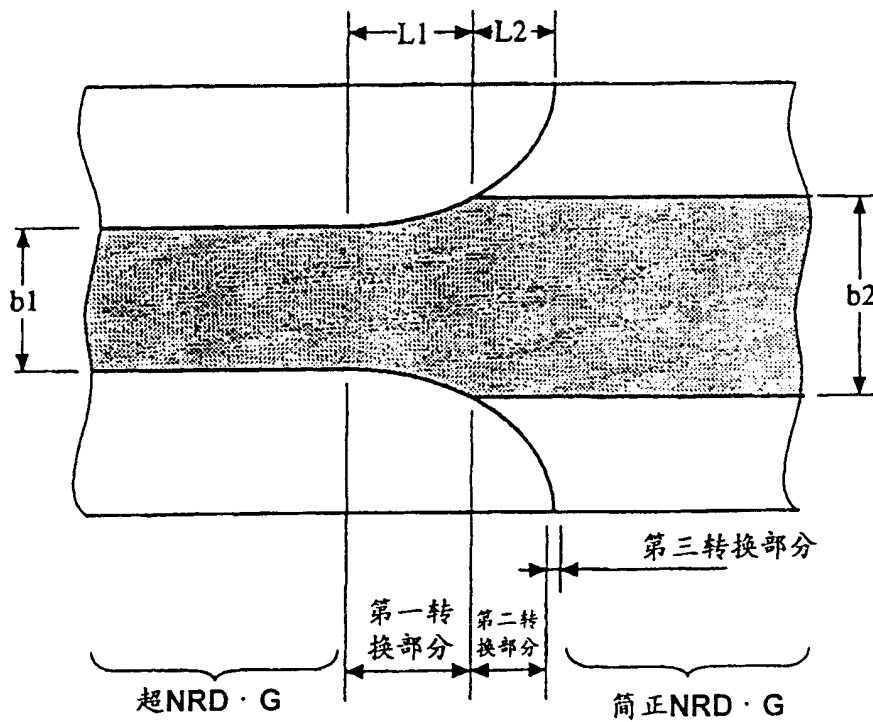


图 9

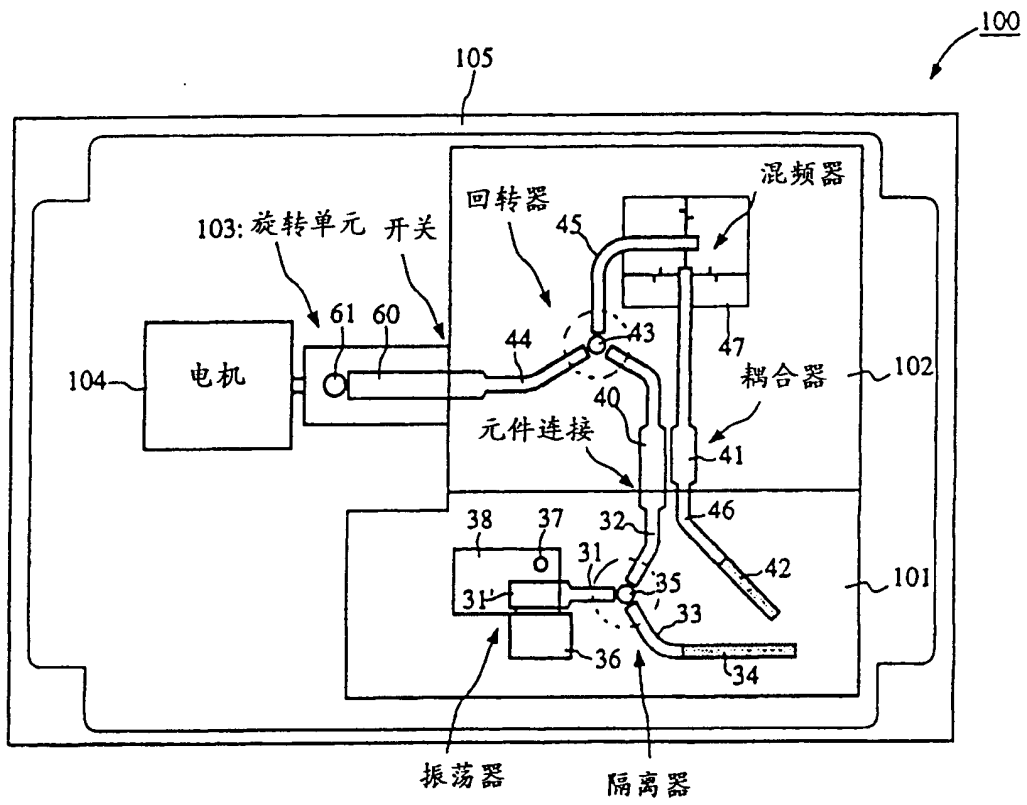


图 10

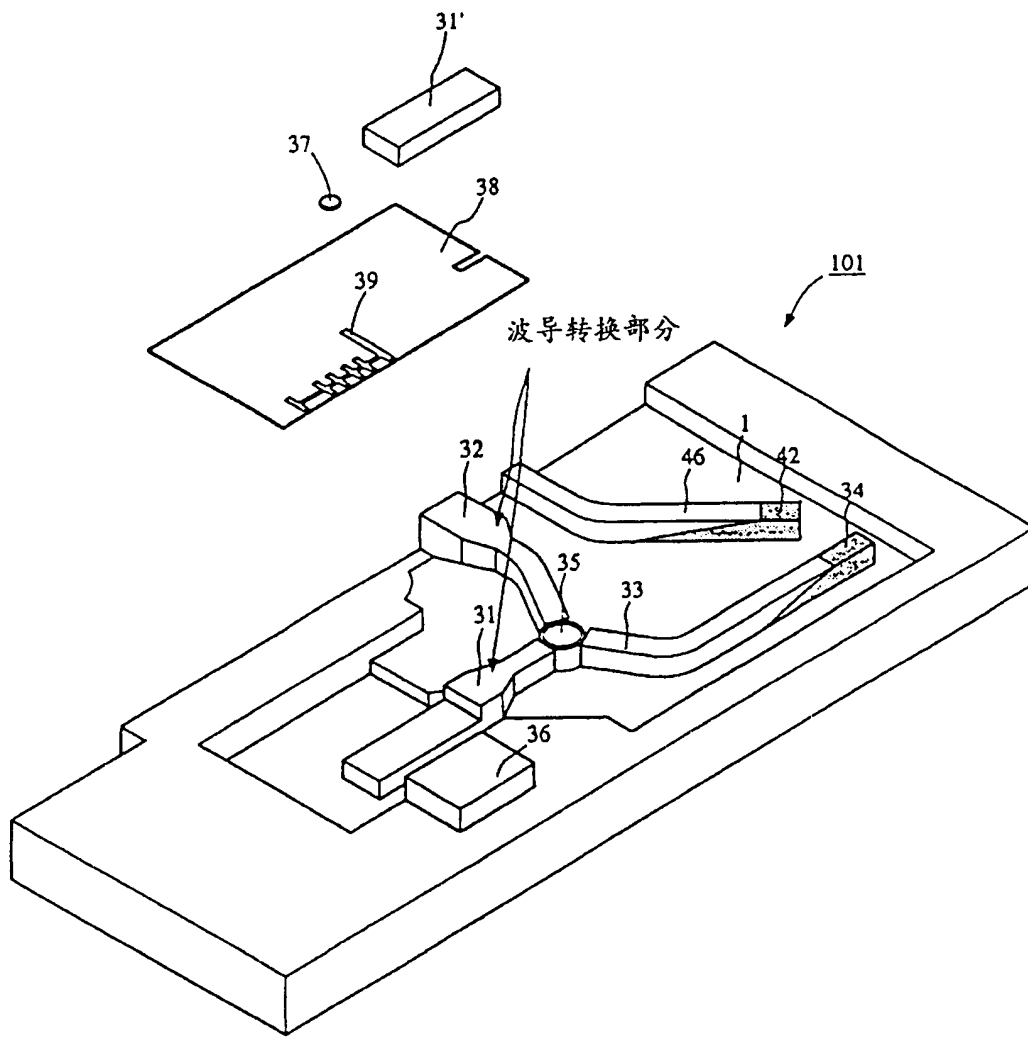


图 11

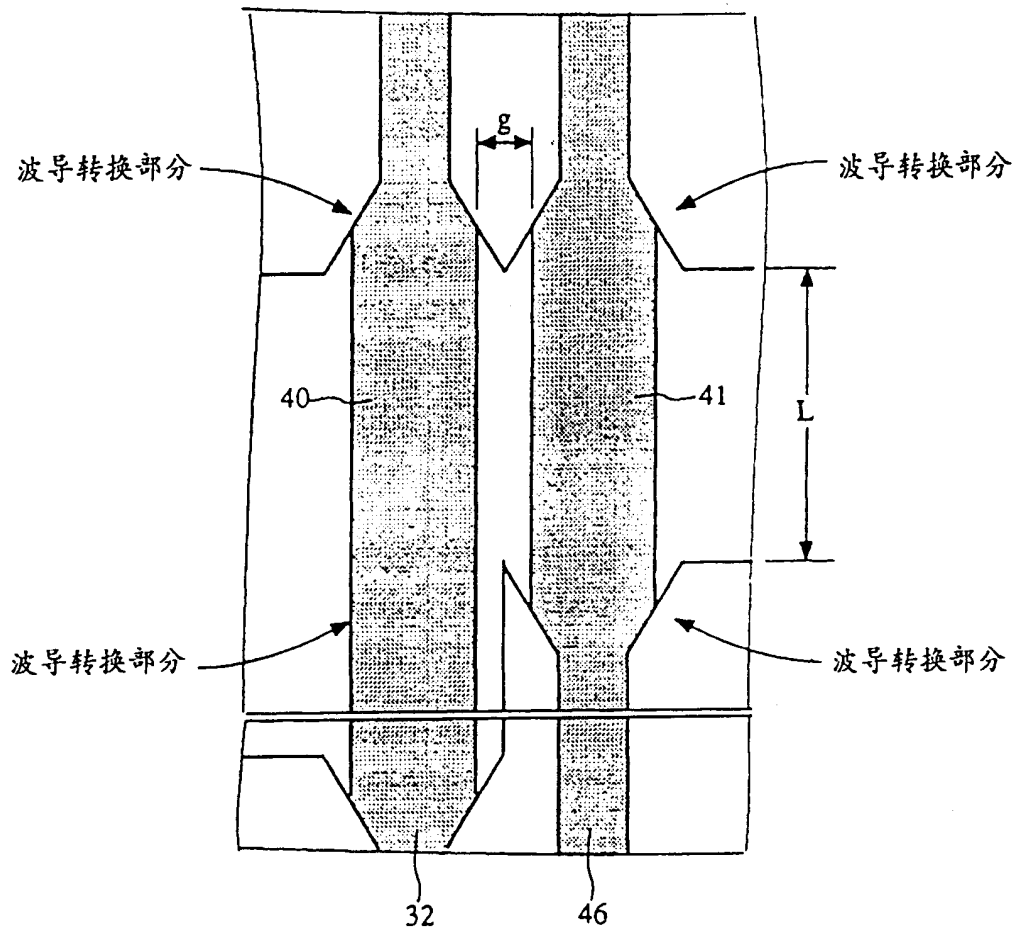


图 12

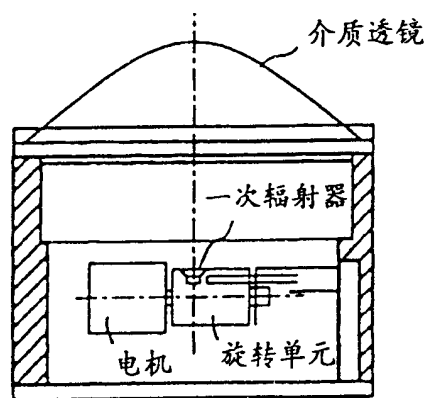


图 13

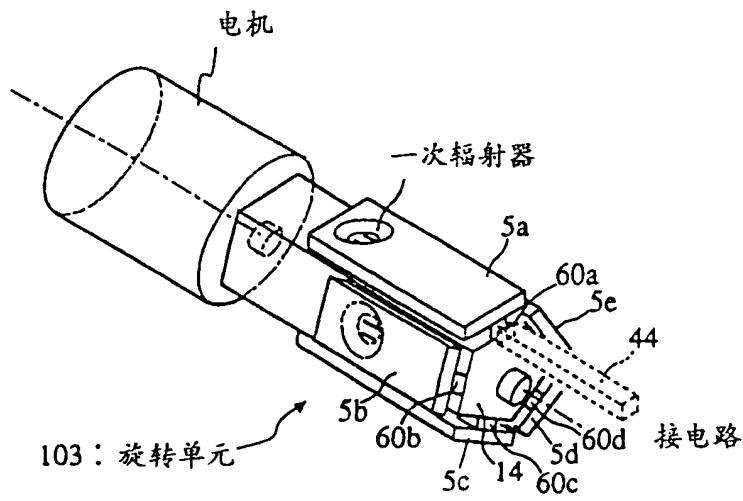


图 14

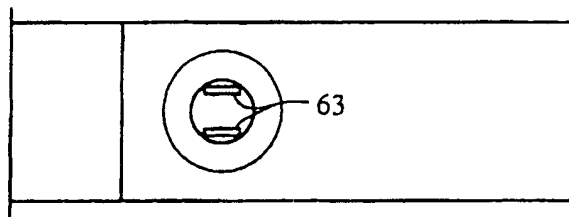


图 15A

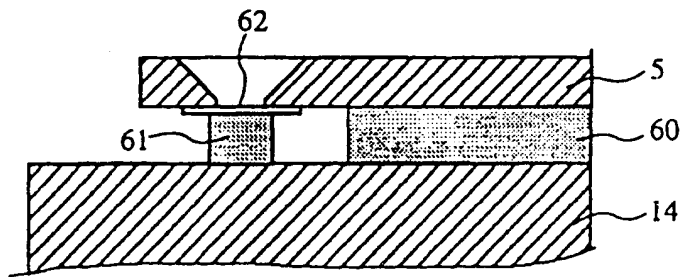


图 15B

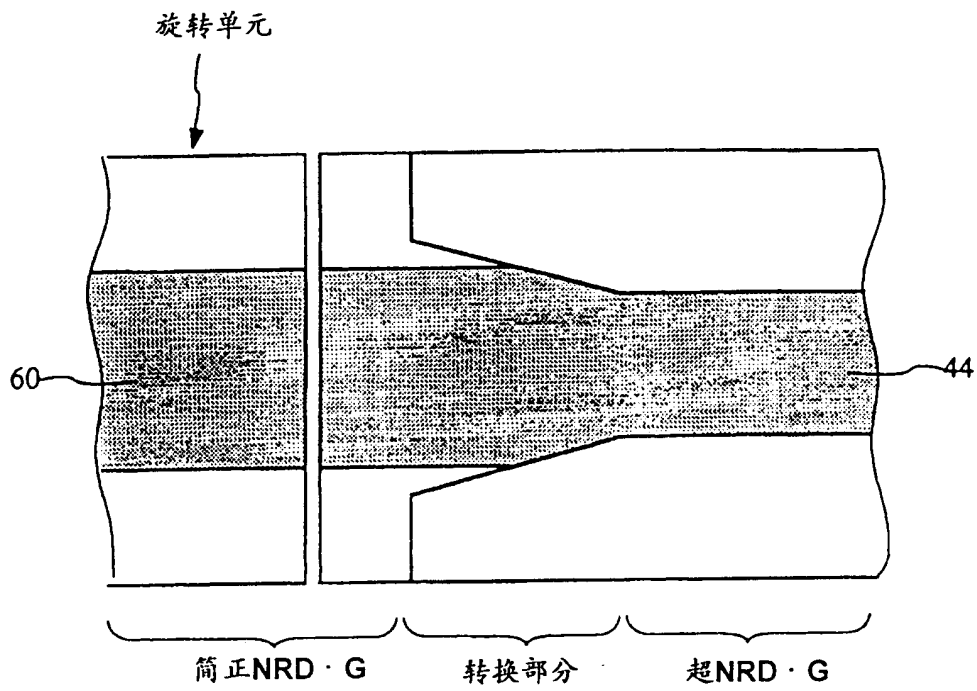


图 16

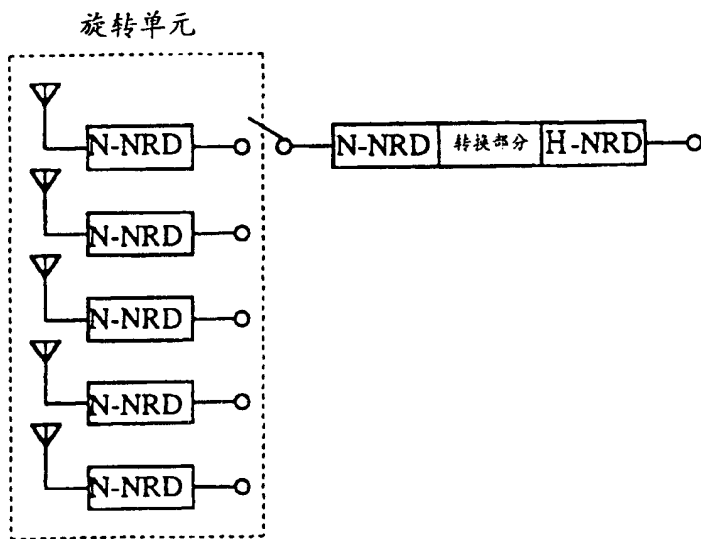


图 17

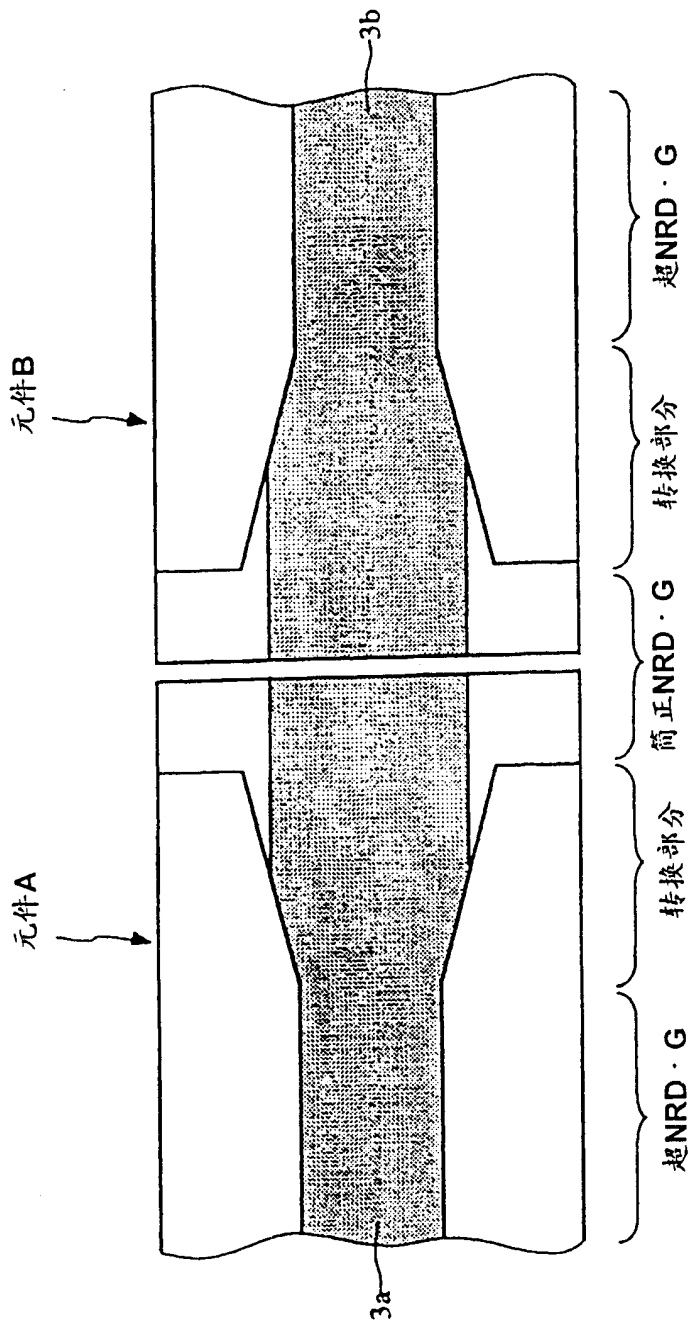


图 18

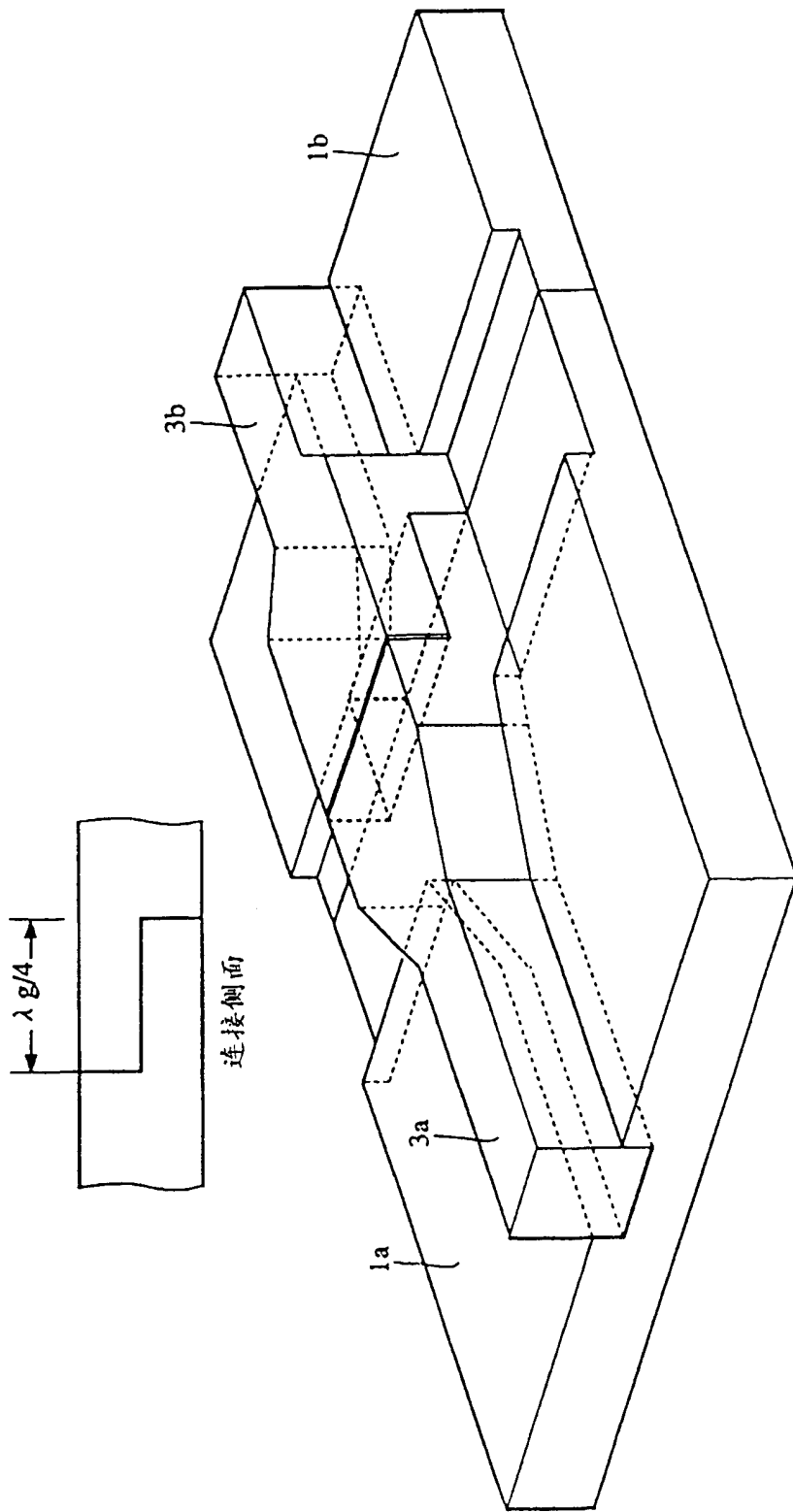


图 19

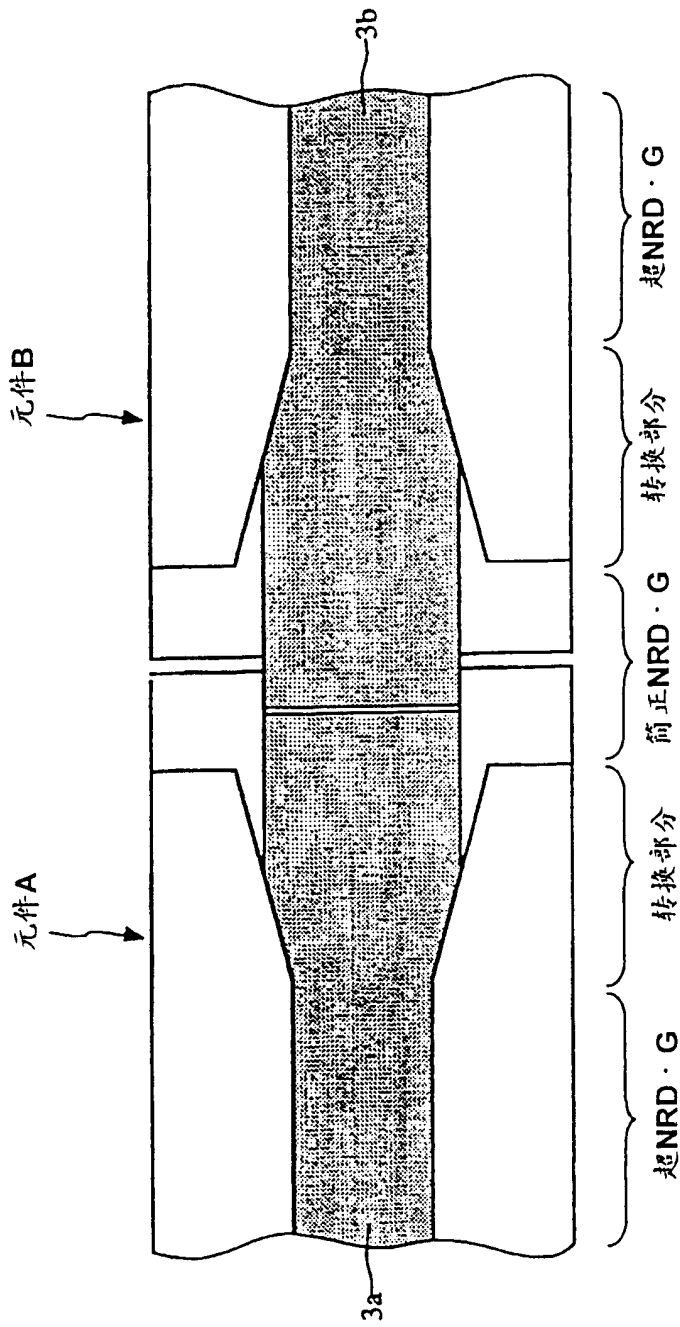


图 20

简正NRD波导的O-A部分中的场能量分布

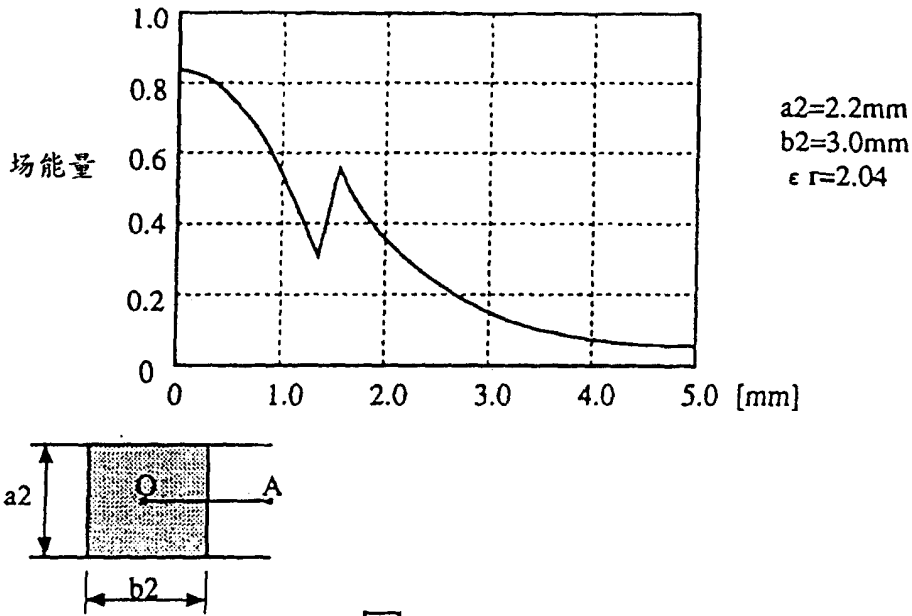


图 21A

超NRD波导的O-A部分中的场能量分布

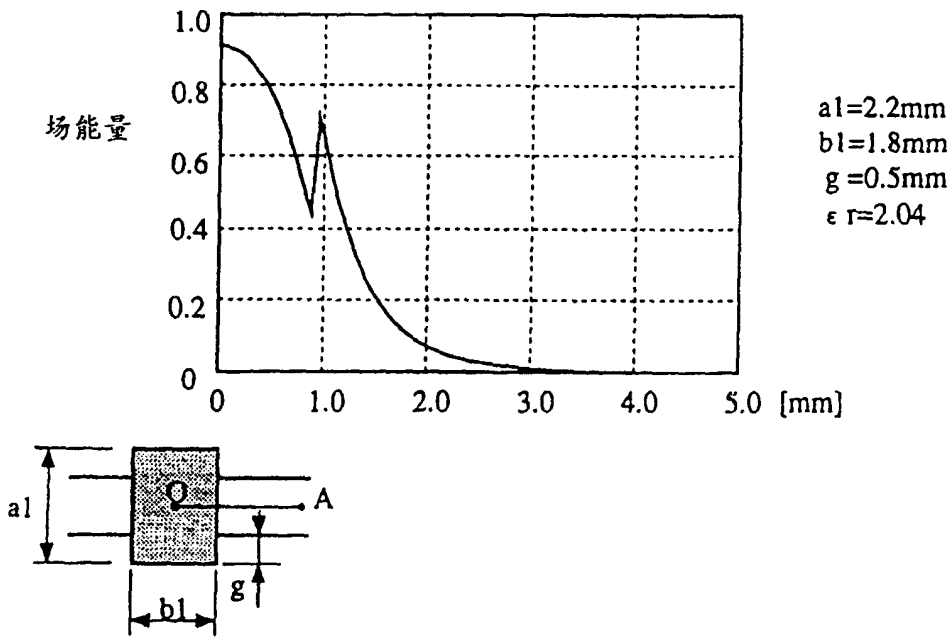


图 21B