



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03817719.6

[43] 公开日 2005 年 9 月 21 日

[11] 公开号 CN 1672292A

[22] 申请日 2003.7.23 [21] 申请号 03817719.6

[30] 优先权

[32] 2002.7.23 [33] US [31] 10/202,242

[86] 国际申请 PCT/US2003/022944 2003.7.23

[87] 国际公布 WO2004/010534 英 2004.1.29

[85] 进入国家阶段日期 2005.1.24

[71] 申请人 汽车系统实验室公司

地址 美国密歇根州

[72] 发明人 詹姆斯·P·埃布林

加布里埃尔·勒比耶兹

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

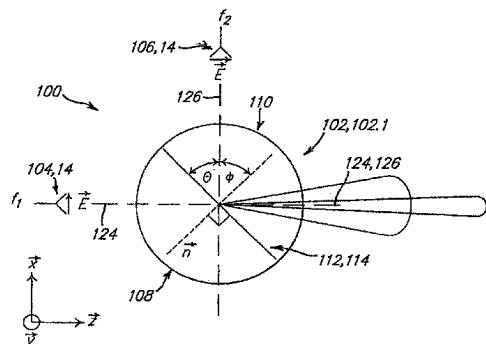
代理人 钟 强 樊卫民

权利要求书 5 页 说明书 14 页 附图 10 页

[54] 发明名称 多波束天线

[57] 摘要

多波束天线(100, 128, 132, 136, 144)包括电磁透镜(102, 102.1)、至少一个第一天线馈电元件(104, 14)，至少一个第二馈电元件(106, 14)，及位于电磁透镜(102, 102.1)的第一(108)和第二(110)部分之间的选择性元件(112)，各先天馈电元件(104, 106, 14)分别共同作用。选择性元件(112)的透射率和反射率对应于电磁波特性，如频率或极化。与至少一个第一天线馈电元件(104, 14)共同作用并具有电磁波特性的第一值的第一电磁波基本透射过选择性元件(112)，以便在电磁透镜(102, 102.1)的第一(108)和第二(110)部分中传播。与至少一个第二天线馈电元件(106, 14)共同作用并具有电磁波特性的第二值的第二电磁波基本被选择性元件(112)反射。



1. 一种多波束天线，包括：

a. 电磁透镜，其中，所述电磁透镜包括第一部分和第二部分；

5 b. 至少一个第一天线馈电元件，其中，所述至少一个第一天线
馈电元件适用于与所述电磁透镜的所述第一部分共同作用；

c. 至少一个第二天线馈电元件，其中，所述至少一个第二天线
馈电元件适于与所述电磁透镜的所述第二部分共同作用；

d. 选择性元件，位于所述电磁透镜的所述第一和第二部分，其
10 中，所述选择性元件具有透射率和反射率，所述透射率和所述反射率
对应于电磁波特性，所述选择性元件的透射率适于使得具有所述电磁
波特性的第一值的第一电磁波基本透射过所述选择性元件，以便在所
述电磁透镜的所述第一和第二部分中传播，所述选择性元件的反射率
适于使得具有所述电磁波特性的第二值的第二电磁波基本被所述选择
15 性元件反射，所述第一电磁波与所述至少一个第一天线馈电元件共同
作用，且所述第二电磁波与所述至少一个第二天线馈电元件共同作
用。

2. 如权利要求 1 所述的多波束天线，其中，所述电磁透镜选自
20 球面透镜、Luneburg 透镜、球壳透镜、半球面透镜、至少部分为球面
的透镜、至少部分为球壳的透镜、柱面透镜及旋转透镜。

3. 如权利要求 1 所述的多波束天线，其中，所述至少一个第一
25 天线馈电元件具有对应的主增益的至少一个第一轴，主增益的所述至
少一个第一轴穿过所述电磁透镜的所述第一和第二部分，所述至少一
个第二天线馈电元件具有对应的主增益的至少一个第二轴，主增益的
所述至少一个第二轴穿过所述电磁透镜的至少一个所述第二部分，且
所述至少一个第二天线馈电元件和所述选择性元件适于使得来自所述
选择性元件的主增益的所述至少一个第二轴的反射一般与所述电磁透
30 镜的所述第二部分中的主增益的所述至少一个第一轴对准。

4. 如权利要求 1 所述的多波束天线，其中，所述至少一个第一天线馈电元件具有对应的主增益的第一中线轴，主增益的所述第一中线轴穿过所述电磁透镜的所述第一和第二两部分，所述至少一个第二天线馈电元件具有对应的主增益的第二中线轴，主增益的所述第二中线轴穿过所述电磁透镜的至少一个所述第二部分，所述至少一个第二天线馈电元件和所述选择性元件适于使得来自所述选择性元件的主增益的所述第二中线轴一般与所述电磁透镜的所述第二部分中的主增益的所述第一中线轴对准。

10

5. 如权利要求 1 所述的多波束天线，其中，至少一个第一天线馈电元件包括第一端射天线元件，适用于以基本指向所述至少一个电磁透镜的所述第一部分的方向发射电磁波，用于至少一个所述第一端射天线元件的所述方向不同于至少另一个所述第一端射天线元件的所述方向，至少一个第二天线馈电元件包括第二端射天线元件，适用于以基本指向所述至少一个电磁透镜的所述第二部分的方向发射电磁波，且用于至少一个所述第二端射天线元件的所述方向不同于至少另一个所述第二端射天线元件的所述方向。

15

20

6. 如权利要求 5 所述的多波束天线，其中，所述第一和第二端射天线元件选自 Yagi-Uda 天线、共面喇叭天线、Vivaldi 天线、锥形介质棒、缝隙天线、偶极天线和螺旋天线。

25

7. 如权利要求 1 所述的多波束天线，其中，所述至少一个第一天线馈电元件包括基本排列在第一平面上的多个第一天线馈电元件，且所述至少一个第二天线馈电元件包括基本排列在第二平面上的多个第一天线馈电元件。

30

8. 如权利要求 7 所述的多波束天线，其中，所述第一和第二平面至少基本相互平行。

9. 如权利要求 8 所述的多波束天线，其中，所述第一和第二平面至少基本共面。

5 10. 如权利要求 1 所述的多波束天线，其中，所述选择性元件基本上位于第三平面上。

11. 如权利要求 7 所述的多波束天线，其中，所述第一平面、所述第二平面及所述选择性元件每一个都基本垂直于第四平面。

10 12. 如权利要求 1 所述的多波束天线，其中，所述电磁波特性包括频率。

15 13. 如权利要求 12 所述的多波束天线，其中，所述第一电磁波包括第一载波频率，所述第二电磁波包括第二载波频率，而且所述第二载波频率不同于所述第一载波频率。

20 14. 如权利要求 12 所述的多波束天线，其中，所述选择性元件包括多个核心元件，每一个所述核心元件包括导电体或导电体上的孔，每一个所述核心元件具有选自十字架、圆形、圆环形、矩形、正方形和有效的十字形的形状。

15 15. 如权利要求 12 所述的多波束天线，其中，所述选择性元件包括多个至少部分导电层，其适用于控制谐波模式。

25 16. 如权利要求 12 所述的多波束天线，其中，所述选择性元件包括导电元件的周期性结构。

30 17. 如权利要求 16 所述的多波束天线，其中，导电元件的所述周期性结构位于电介质衬底上。

18. 如权利要求 16 所述的多波束天线，其中，所述导电元件具有选自十字架、圆形、圆环形、矩形、正方形和有效十字形的形状。

5

19. 如权利要求 1 所述的多波束天线，其中，所述电磁波特性包括极化。

20. 如权利要求 19 所述的多波束天线，其中，所述选择性元件包括极化反射器。

10

21. 如权利要求 20 所述的多波束天线，其中，所述至少一个第一天线馈电元件根据第一种极化进行极化，所述至少一个第二天线馈电元件根据第二种极化进行极化，而且所述第二种极化垂直于所述第一种极化。

15

22. 如权利要求 20 所述的多波束天线，还包括位于所述至少一个第一天线馈电元件和所述选择性元件之间或位于所述至少一个第二天线馈电元件和所述选择性元件之间的极化旋转器。

20

23. 如权利要求 22 所述的多波束天线，其中，所述极化旋转器位于所述至少一个第一天线馈电元件和所述电磁透镜的所述第一部分之间或位于所述至少一个第二天线馈电元件和所述电磁透镜的所述第二部分之间。

25

24. 如权利要求 22 所述的多波束天线，其中，所述极化旋转器合并在所述电磁透镜的所述第一部分中或所述电磁透镜的所述第二部分中。

30

25. 一种发送或接收电磁波的方法，包括：

a. 发送或接收沿着第一方向通过电磁透镜的第一部分的第一电

磁波；

- b. 发送或接收通过所述电磁透镜的第二部分的第二电磁波；及
- c. 发射来自所述电磁透镜的所述第一和第二部分之间的一个区域中的选择性元件的所述第二电磁波的主要部分，其中，发送或接收通过所述电磁透镜的第二部分的第二电磁波和反射来自所述电磁透镜的所述第一和第二部分之间的所述区域中的所述选择性元件的所述第二电磁波的操作适于使得所述第一和第二电磁波在所述电磁透镜的所述第二部分内沿着相同中线方向传播。

10 26. 如权利要求 25 所述的发送或接收电磁波的方法，其中，所述第一电磁波的载波频率不同于所述第二电磁波的载波频率，且反射所述第二电磁波的操作对应于所述第二电磁波的载波频率。

15 27. 如权利要求 25 所述的发送或接收电磁波的方法，其中，所述第一电磁波的极化不同于所述第二电磁波的极化，且反射所述第二电磁波的操作对应于所述第二电磁波的极化。

多波束天线

5 附图说明

在附图中：

图 1 图示说明了包含电磁透镜的多波束天线的第一实施例的俯视图。

图 2 图示说明了图 1 的实施例的侧向截面图。

图 3 图示说明了图 1 合并了被截断的电磁透镜的实施例的侧向截面图。

图 4 图示说明了实施例的侧向截面图，图例说明了电介质衬底相对于电磁透镜的各种位置。

图 5 图示说明了一个实施例，其中，每一天线馈电元件可操作地耦合到一个单独信号上。

图 6 图示说明了开关网络与电介质衬底位置分隔开的实施例。

图 7 图示说明了多波束天线的第二实施例的俯视图，包含位于接近于电介质衬底一个边缘的多个电磁透镜。

图 8 图示说明了多波束天线的第三实施例的俯视图，包含位于接近于电介质衬底的对立边缘的多个电磁透镜。

图 9 图示说明了图 8 所示的第三实施例的侧视图，还包含了多个反射器。

图 10 图示说明了多波束天线的第四实施例，包含电磁透镜和反射器。

图 11 图示说明了多波束天线的第五实施例。

图 12 图示说明了多波束天线的第六实施例，合并了选择性元件的第一实施例。

图 13 图示说明了根据选择性元件的第一实施例的频率选择表面的例子。

图 14 图示说明了图 13 中所示的频率选择性表面的频率的函数。

图 15 图示说明了图 13 中所示的透射率为频率选择表面频率的函数。

图 16a 和 16b 图示说明了多波束天线的第七实施例，合并了选择性元件的第二实施例。

5 图 17 图示说明了合并了选择性元件的第二实施例的多波束天线的第一实施例，还合并了极化旋转器。

图 18 图示说明了多波束天线的第九实施例，合并了选择性元件的第一实施例。

10 图 19 图示说明了多波束天线的第十实施例，合并了选择性元件的第一实施例。

图 20a、20b、20c 和 20d 图示说明了多波束天线的第十一实施例，合并了选择性元件的第一实施例。

具体实施方式

15 参考图 1 和图 2，多波束天线 10, 10.1 在接近第一边缘 18 的电介质衬底 16 上包含至少一个电磁透镜 12 和多个天线馈电元件 14，其中，多个天线馈电元件 14 适用于辐射通过至少一个电磁透镜 12 的各多个电磁能量波束 20。

20 所述至少一个电磁透镜 12 具有第一侧 22，在第一侧 22 和参考表面 26（例如平面 26.1）的相交处具有第一周线 24。

25 所述至少一个电磁透镜 12 用来衍射来自各天线馈电元件 14 的电磁波，其中在相对于至少一个电磁透镜 12 的不同位置及不同方向上的不同天线馈电元件 14 产生不同的相关电磁能量波束 20。所述至少一个电磁透镜 12 具有不同于自由空间的折射率 n，例如折射率 n 大于一（1）。例如，所述至少一个电磁透镜 12 可由诸如 REXOLITETM、TEFLONTM、聚乙烯或聚苯乙烯的材料构成；或多种具有不同折射率的不同材料（例如 Luneburg 透镜中的材料）构成。根据已知的衍射原理，所述至少一个电磁透镜 12 的形状和尺寸及其折射率 n 和天线馈

电元件 14 与电磁透镜 12 的相对位置要根据天线馈电元件 14 的辐射图形适配，以提供在所述至少一个电磁透镜 12 的第二侧 28 处射出的各个电磁能量波束的所需辐射图形。尽管所述至少一个电磁透镜 12 在图 1 和图 2 中示出为球面透镜 12'，但所述至少一个电磁透镜 12 不局限于任何一个特殊设计，例如它可包括球面透镜、Luneburg 透镜、球壳透镜、半球透镜，至少部分为球面的透镜、至少部分为球壳的透镜、柱面透镜或旋转透镜。而且，电磁透镜 12 的一个或多个部分可截平用于改善的封装，对相关多波束天线 10、10.1 的性能影响不大。
例如，图 3 图示说明了至少部分为球面的电磁透镜 12''，其反向的第一
10 27 和第二 29 部分被去除了。

电介质衬底 16 的第一边缘 18 包括接近第一周线 24 的第二周线
30。电介质衬底 16 的第一边缘 18 位于参考表面 26 上，位置接近所
述至少一个电磁透镜 12 的第一侧 22。电介质衬底 16 相对于电磁透镜
12 而定位，以便提供至少一个电磁透镜 12 形成电磁能量波束 20 所需
15 的衍射。例如，多波束天线 10 包含平坦电介质衬底 16，平坦电介质
衬底 16 位于包括平面 26.1 的参考表面 26 上，与包含中心 32 的电磁
透镜 12 如球面透镜 12'结合；平面 26.1 可充分接近电磁透镜 12 的中
心 32，以便提供电磁透镜 12 的至少一部分的衍射。参考图 4，电介
20 质衬底 16 也可相对于电磁透镜 12 的中心 32 位于中心 32 的一侧或另
一侧，如图所示为电介质衬底 16'和 16''，其位于各参考表面 26'和 26''
上。

电介质衬底 16 例如为在工作频率上具有低损耗的材料，如
25 DUROID™、含 TEFLO™的材料、陶瓷材料或复合材料，如环氧/玻
璃纤维复合物。而且，在一个实施例中，电介质衬底 16 包括电路板 34
的电介质 16.1，电路板 34 例如为印刷电路板 34.1，其包含连接到电
介质衬底 16 上的至少一个导电层 36，采用如化学或离子蚀刻或冲压
技术的消减（subtractive）技术；或采用如淀积、键合或层叠技术的
30 增补技术在该处形成天线馈电元件 14 和其它相关电路迹线 38。

多个天线馈电元件 14 位于沿着第一边缘 18 的第二周线 30 的电介
5 介质衬底 16 上，其中，每一个天线馈电元件 14 都包含至少一个可操作地连接到电介质衬底 16 上的导电体 40。例如，至少一个天线馈电元件 14 包含端射 (end-fire) 天线元件 14.1，适用于基本以方向 42 朝至
10 少一个电磁透镜 12 的第一侧 22 发射电磁波或接收来自至少一个电磁透镜 12 的第一侧 22 的电磁波，其中，不同的端射天线元件 14.1 位于沿着第二周线 30 的不同位置上，以便发射或接收不同方向 42 上的各个电磁波。端射天线元件 14.1 也可例如包括 Yagi-Uda 天线、共面 (coplanar) 喇叭天线 (也称作锥形缝隙 (slot) 天线)、Vivaldi 天线、锥形介质棒、缝隙天线、偶极天线或螺旋天线，每一种天线都可形成于例如印制电路板 34.1 的电介质衬底 16 上，通过如化学或离子蚀刻或冲压的消减技术；也可通过如淀积、键合或层叠技术的增补技术来形成。而且，天线馈电元件 14 既可用于发送、接收或两者皆可。

15

参考图 4，通过电磁透镜 12, 12' 的一个或多个电磁能量波束 20 的方向 42 对应于电介质衬底 16, 16' 或 16'' 及相对于电磁透镜 12 的中心 32 的相关参考表面 26, 26' 或 26'' 的相对位置。例如，对于电介质衬底 16 与中心 32 基本对准，一个或多个电磁能量波束 20 的方向 42 名义上与参考表面 26 对准。可选择的，对于电介质衬底 16' 在电磁透镜 12, 12' 的中心 32 上，所产生的一个或多个电磁能量波束 20' 在中心 32 下以方向 42' 传播。类似的，对于电介质衬底 16'' 在电磁透镜 12, 12' 的中心 32 下，所产生的一个或多个电磁能量波束 20'' 在中心 32 上以方向 42'' 传播。

25

多波束天线 10 可另外在电介质衬底 16 上包含至少一个传输线 44，它可操作地连接到多个天线馈电元件 14 的馈电端口 46，将信号馈送到相关天线馈电元件 14。例如，所述至少一个传输线 44 可包括形成于例如印制电路板 34.1 的衬底 16 上的带状线、微带线、倒置微带线、槽线 (slotline)、镜像线 (image line) 及绝缘镜像线、抽头镜

像线、共面带状线或共面波导线，通过如化学或离子蚀刻或冲压的消减技术；或通过如淀积、键合或层叠技术的增补技术形成。

5 多波束天线 10 可另外包括含有至少一个输入 50 和多个输出 52 的开关网络 48，其中，至少一个输入 50 可操作地连接——例如通过至少一个上述传输线 44——到共同的天线馈电端口 54 上，多个输出 52 的每个输出 52 连接——如通过至少一个上述传输线 44——到多个天线馈电元件 14 的不同天线馈电元件 14 的各馈电端口 46。开关网络 48 另外包括至少一个控制端口 56，用于控制在给定时间内哪些输出 52 连接到至少一个输入 50。开关网络 48 可例如包括多个微机械开关、PIN 10 二极管开关、晶体管开关或多种开关的结合，它可以例如可操作地连接到电介质衬底 16 上，如通过表面安装到印制电路板 34.1 的相关导电层 36 上来实现。

15 操作过程中，响应于加载到控制端口 56 的控制信号 60，加载到共同天线馈电端口 54 的馈电信号 58 可被阻断——如通过开路、反射或吸收——或经一个或多个相关传输线 44，由开关网络 48 切换到一个或多个天线馈电元件 14 的相关馈电端口 46。应该理解，馈电信号 58 可包括与每一天线馈电元件 14 共有的单一信号或也可包括与不同天线馈电元件 14 相关的多个信号。馈电信号 58 所加载的每一天线馈电元件 14 都将相关电磁波发射到相关电磁透镜 12 的第一侧 22 上，因而电磁波经衍射形成相关电磁能量波束 20。由不同天线馈电元件 14 20 发射的相关电磁能量波束 20 在不同的相关方向 42 上传播。各种电磁能量波束 20 可在不同的时间单独生成，以便提供扫描的电磁能量波束 20。可选择的，两个或多个电磁能量波束 20 可同时生成。而且，不同的天线馈电元件 14 可由不同的频率驱动，它例如可直接切换到各个天线馈电元件 14 上或也可经相关开关网络 48 进行切换，相关开关网络 48 含有多个输入 50，至少有些输入连接到不同的馈电信号 58 上。

5

参考图 5，多波束天线 10, 10.1 可适于使得各个信号与各个天线馈电元件 14 成一对一的关系，因而排除了相关开关网络 48 的需要。例如，每一个天线馈电元件 14 可以通过相关处理元件 61 可操作地连接到相关信号 59。在一个例子中，对于多波束天线 10, 10.1 配置成镜像阵列（imaging array），各天线馈电元件 14 用来接收电磁能，且各处理元件 61 包含探测器。另一例子中，对于多波束天线 10, 10.1 配置成通信天线（communication antenna），各天线馈电元件 14 既用来发送也用来接收电磁能，各处理元件 61 包含发送/接收模块或收发器。

10

参考图 6，开关网络 48（如果采用）就不需要配置在共同电介质衬底 16 上，但可分开地配置，例如可用于 1—20GHz 的低频应用。

15

参考图 7、8 和 9，根据第二方面，多波束天线 10' 包含至少第一 12.1 和第二 12.2 电磁透镜，每一个都含有第一侧 22.1, 22.2，对应的第一周线 24.1, 24.2 位于各第一侧 22.1, 22.2 与参考表面 26 的交叉处。电介质衬底 16 包含至少一个含有第三周线 64 的第二边缘 62，其中，第二周线 30 接近第一电磁透镜 12.1 的第一周线 24.1 且第三周线 64 接近第二电磁透镜 12.2 的第一周线 24.2。

20

参考图 7，根据多波束天线 10.2 的第二实施例，第二边缘 62 与第一边缘 18 相同，且第二 30 和第三 64 周线沿着电介质衬底 16 的第一边缘 18 彼此错开。

25

参考图 8，根据多波束天线 10.3 的第三实施例，第二边缘 62 不同于第一边缘 18，更特别的是它与电介质衬底 16 的第一边缘 18 相对。

30

参考图 9，根据第三方面，多波束天线 10'' 包含至少一个反射器 66，其中，参考表面 26 与至少一个反射器 66 相交而至少一个电磁透镜 12 之一位于电介质衬底 16 和反射器 66 之间。至少一个反射器 66 适用于反射由至少一个多天线馈电元件 14 生成后通过至少一个电磁

透镜 12 传播的电磁能量。多波束天线 10 的第三实施例包含至少第一 66.1 和第二 66.2 反射器，其中，第一电磁透镜 12.1 位于电介质衬底 16 和第一反射器 66.1 之间，而第二电磁透镜 12.2 位于电介质衬底 16 和第二反射器 66.2 之间，第一反射器 66.1 适用于反射经第二周线 30 上的至少一个多天线馈电元件 14 产生后通过第一电磁透镜 12.1 传播的电磁能量，而第二反射器 66.2 适用于反射经第三周线 64 上的至少一个天线馈电元件 14 产生后通过第二电磁透镜传播的电磁能。例如，第一 66.1 和第二 66.2 反射器可定向为引导来自共同名义方向上的每一侧的电磁能量波束 20，如图 9 中所示。参考图 9，所示的多波束天线 10”将提供垂直于图示平面的方向的扫描。如果电介质衬底 16 绕连接到各电磁透镜 12.1、12.2 的轴、相对于反射器 66.1 和 66.2 旋转 90 度，那么多波束天线 10”将提供平行于图示平面的方向上的扫描。

参考图 10，根据第三方面和第四实施例，多波束天线 10”,10.4 包含一个至少部分为球面的电磁透镜 12”，如半球面电磁透镜，它含有曲面 68 和边界 70，如平直边界 70.1。多波束天线 10”,10.4 另外包含接近边界 70 的反射器 66 和接近周线边缘 72 的电介质衬底 16 上的多个天线馈电元件 14，其中，每一个天线馈电元件 14 都适用于将各多电磁能量波束 20 辐射到电磁透镜 12”的第一扇区 74 上。电磁透镜 12”具有第一周线 24，它在第一扇区 74 和参考平面 26 如平面 26.1 的交叉处。周线的边缘 (contoured edge) 72 具有第二周线 30，它位于接近第一扇区 74 的第一周线 24 的参考表面 26 上。如上文其它实施例所述，多波束天线 10”,10.4 另外包含开关网络 48 和多个传输线 44，其可操作地连接到天线馈电元件 14。

25

操作过程中，响应于加载到开关网络 48 的控制端口 56 的控制信号 60，加载到共同天线馈电端口 54 的至少一个馈电信号 58 被阻断或经一个或多个相关传输线 44，由开关网络切换到一个或多个天线馈电元件 14 的相关馈电端口 46。馈电信号 58 所加载的每一个天线馈电元件 14 将相关电磁波发射到相关电磁透镜 12”的第一扇区 74 上。电磁

30

5

波传播通过——且经衍射——曲面 68, 然后由接近边界 70 的反射器 66 反射, 然后反射的电磁波传播通过电磁透镜 12”，并离开——且经衍射——第二扇区 76, 作为相关电磁能量波束 20。反射器 66 基本垂直于参考表面 26, 如图 10 中所示, 不同电磁能量波束 20 由名义上与参考表面 26 基本平行的不同方向上的相关天线馈电元件 14 引导。

10

15

参考图 11, 根据第四方面和第五实施例, 多波束天线 10”，10.5 包含电磁透镜 12 和多个电介质衬底 16, 每一个都包含一组天线馈电元件 14 并根据上文的描述进行工作。响应于相关馈电 58 和控制 60 信号, 每一组天线馈电元件 14 产生 (或能够产生) 相关组电磁能量波束 20.1、20.2 和 20.3, 每一个都具有相关方向 42.1、42.2 和 42.3。相关馈电 58 和控制 60 信号可直接加载到各组天线馈电元件 14 的相关开关网络 48, 或通过具有相关馈电 80 和控制 82 端口的第二开关网络 78 加载, 相关馈电 80 和控制 82 端口每一个包含至少一个相关信号。因此, 多波束天线 10”，10.4 提供发送或接受三维空间上的一个或多个电磁能量波束。

20

多波束天线 10 提供相当宽的视场, 且适合各种应用, 包括 (但不限于) 汽车雷达、点到点通信系统及点到多点通信系统, 天线馈电元件 14 可设计成辐射宽的频率范围, 例如 1—200GHz。而且, 多波束天线 10 可配置成单态(mono-static)或双态(bi-static)操作。

25

30

参考图 12, 根据第五方面和第六实施例, 多波束天线 100 包括电磁透镜 102、至少一个第一天线馈电元件 104,14 及至少一个第二天线馈电元件 106,14。电磁透镜 102 包括第一 108 和第二 110 部分, 其中, 至少一个第一天线馈电元件 104,14 位于接近电磁透镜 102 的第一部分 108, 而至少一个第二天线馈电元件 106,14 位于接近电磁透镜 102 的第二部分 110, 以便各馈电元件 104、106,14 与接近的电磁透镜 102 的各部分 108、110 共同作用。例如, 电磁透镜 102 可包括球面透镜 102.1、Luneburg 透镜、球壳透镜、半球面透镜、至少部分为球面的透

镜、至少部分为球壳的透镜、柱面透镜或旋转透镜——分成第一 108 和第二 110 部分。

多波束天线 100 另外包括选择性元件 112，位于电磁透镜 102 的第一 108 和第二 110 部分之间，其中，选择性元件 112 具有对应于电磁波特性如频率或极化的透射率和反射率。选择性元件 112 的透射率要合适，以便与第一天线馈电元件 104,14 作用并包含电磁波特性的第一值的第一电磁波基本透射过选择性元件 112，以便在电磁透镜 102 的第一 108 和第二 110 部分中传播。选择性元件 112 的反射率适于使得与第二天线馈电元件 106, 14 共同作用并具有电磁波特性的第二值的第二电磁波基本被选择性元件 112 反射。在图 12 中所述的第六实施例中，选择性元件 112 与频率选择表面 114——本质上是个天线分离滤波器(diplexer)——适配，以便透射率和反射率对应于在其上碰撞的电磁波的频率。因此，含有第一载波频率 f_1 并与第一天线馈电元件 104, 14 共同作用的第一电磁波以相当小的衰减透射过选择性元件 112，而含有第二载波频率 f_2 ——不同于第一载波频率 f_1 ——并与第二天线馈电元件 106, 14 共同作用的第二电磁波以相当小的衰减被选择性元件 112 反射。

频率选择表面 114 可通过形成传导元件的周期性结构来构造，如通过蚀刻在含有相对低介电常数的衬底材料如 DUROID™ 或 TEFLON™ 上的导电薄片来实现。例如，参考图 13，频率选择表面 114 由称作十字架 (Jerusalem Cross) 116 的场来形成，它分别提供了图 14 和 15 中所示的反射率和透射率特性，其中，频率选择表面 114 按大小排列，以便基本透射含有相关 77GHz 的第一载波频率 f_1 的第一电磁波，并基本反射含有相关 24GHz 的第一载波频率 f_1 的第二电磁波。在图 14 和 15 中，“O” 和 “P” 分别表示垂直和平行极化。每一个十字架 116 通过蚀刻在该处的狭槽 120 与周围的导体表面 118 分开，其中狭槽 120 具有相关槽宽 ws 。每一个十字架 116 包含具有腿长 L 和腿宽 wm 的四个腿 122，腿 122 从中央正方形中心 (hub) 出并形成十字形。邻近的十

字架116通过相关槽120和导电间隙G彼此分开，以便在十字架116的两个相关方向上形成具有周期DX的周期性结构。图13中的示例性实施例具有77GHz的通频(pass frequency)，特点如下：槽宽ws=80微米，腿宽wm=200微米，间隙G=150微米，腿长L=500微米，周期DX=1510微米（在两垂直方向），这里DX=wm+2(L+ws)+G。通常频率选择表面114包含位于电介质衬底如基本位于平面上的导电元件的周期性结构。导电元件不必位于衬底上。例如，频率选择表面114可由具有周期性孔或适当尺寸、形状和间隔的开口的导电材料构成。可选择的，频率选择表面114可包括电磁透镜102的第一108和第二110部分的一个或两个内表面上的导电层。尽管图13说明了作为频率选择表面114的相关周期性结构的核心(kernel)元件的十字架116，用于核心元件的其它形状也是可以的，例如圆形、圆环、矩形、方形或有效的十字形，如下列合并在此作为参考的技术文献所述：“Antenna Design on Periodic and Aperiodic Structures” by Zhifang li, John L. Volakis and Panos Y. Papalambros，可在互联网地址得到：<http://ode.engin.umich.edu/papers/APS2000.pdf>；及“Plane Wave Diffraction by Two-Dimensional Gratings of Inductive and Capacitive Coupling Elements” by Yu. N. Kazantsev, V. P. Mal'tsev, E. S. Sokolovskaya, and A. D. Shatrov in “Journal of Radioelectronics” N. 9,2000，可在互联网地址得到：<http://jre.cplire.ru/jre/sep00/4/text.html>。

实验表明，在第一 f_1 和第二 f_2 载波频率从24GHz和77GHz中选择的系统中，当通过图13中所示的频率选择表面114时，具有24GHz载波频率的电磁波产生谐波模式。因此，第一载波频率 f_1 （透射的电磁波）大于第二载波频率 f_2 （反射的电磁波）有利地减少了谐波模式。但是，透射的电磁波中比反射的电磁波中具有更宽的视场是可能的。更具体的，例如来自反射的馈电源的波束图形仅在大约±20°的范围内表现良好，这将视场限制在大概40°范围内。在某些应用中，如汽车雷达，对于低频电磁波具有更宽视场是有利的。因此，对于第一载波频率 f_1 （透射的电磁波）具有更低频率（如24GHz）是有利的，这更

容易用多层频率选择表面 114 实现。

频率选择表面 114 可包含单层也可包含多层。多层频率选择表面 114 可提供控制由较低频率辐射产生的谐波模式，因而改善了较低频率辐射通过频率选择表面 114 的透射，以便提供从电磁透镜 102 伸出的相关辐射图形的更宽视场。
5

至少一个第一天线馈电元件 104,14 及至少一个第二天线馈电元件 106,14 分别包含各个端射天线元件，适用于分别在基本指向至少一个电磁透镜 102 的第一 108 和第二 110 部分的方向上发射电磁波。例如，各端射天线元件的每一个可为 Yagi-Uda 天线、共面喇叭天线、Vivaldi 天线、锥形介质棒、缝隙天线、偶极天线或螺旋天线。
10

至少一个第一天线馈电元件 104,14 具有对应的主增益的至少一个第一轴 124，其穿过电磁透镜 102 的第一 108 和第二 110 部分，至少一个第二天线馈电元件 106,14 具有对应的主增益的至少一个第二轴 126，其穿过至少电磁透镜 102 的第二部分 110，而至少一个第二天线馈电元件 106,14 和选择性元件 112 适于使得来自选择性元件 112 的主增益的至少一个第二轴 126 的反射一般与电磁透镜 102 的第二部分 110 中的主增益的至少一个第一轴 124 对准。
15
20

参考图 16a，根据第七实施例，多波束天线 128 合并了极化选择性元件 130，其反射率或透射率对应其上碰撞的电磁波的极化。更具体的，两垂直极化之一基本被极化选择性元件 130 透射，而两垂直极化中的另一个基本被极化选择性元件 130 反射。例如，与第一天线馈电元件 104,14 有关的第一电磁波在 y 方向极化——如通过相对于第二天线馈电元件 106,14 旋转第一天线馈电元件 104,14，或通过相关天线馈电元件，其相对于相关底部衬底垂直极化——以便基本透射（即具有相当小的衰减）过极化选择性元件 130；而与第二天线馈电元件 106,14 有关的第二电磁波在 z 方向极化，以便基本被极化选择性元件 130
25
30

反射。例如，极化选择性元件 130 可认为是极化反射器，其中，第二天线馈电元件 106, 14 适用于具有与极化反射器相同的极化。例如，极化反射表面可通过在相对较低的电介质衬底上以相关的适当间隔蚀刻适当尺寸的平行金属线来制造。

5

参考图 17，根据合并了极化选择性元件 130 的多波束天线 132 的第八实施例，极化旋转器 134 合并在第一天线馈电元件 104,14 和电磁透镜 102 之间，以便第一 104 和第二 106 天线馈电元件 14 可构造在同一衬底上。可选择的，取代合并分开的极化旋转器 134，电磁透镜 102 的第一部分 108 可适用于合并的相关极化旋转器。

10

15

应该理解，极化选择性元件 130 和相关的第二天线馈电元件 106,14 或与其接近的极化旋转器 134，可交替地用于图 16a 和 17 的实施例中的第一天线馈电元件 104,14 或与其接近的极化旋转器 134。产生的极化选择性元件 130 的波束图形类似于频率选择表面 114 的波束图形。

20

参考图 18，根据第九实施例，多波束天线 136 合并了多个第一天线馈电元件 104,14 和多个第二天线馈电元件 106,14，以便提供各天线馈电元件的多波束覆盖。多个第一天线馈电元件 104,14 具有主增益的相关第一中线轴 138，而多个第二天线馈电元件 106,14 具有主增益的相关第二中线轴 140。

25

例如，通过将频率选择表面 114 定向为与所需的传播的中线方向呈 $\theta = 45^\circ$ ，而多个第二天线反射元件 106,14 为角度 $\theta + \Phi = 90^\circ$ ，相关第二电磁波可在所需的方向上传播。通过将多个第一天线馈电元件 104,14 定向在所需传播的中线轴上，相关第一电磁波将沿着所需传播方向传播过选择性元件 112。特定角度 θ 并不是个限制。而且，极化选择性元件 130 通常可工作在较宽的角度范围内。

30

多个第一 104 和第二 106 天线馈电元件 106,14 可如上所述的构

成为用于图 1—5 中所示的实施例，其中，用于至少一个第一端射天线元件的方向不同于至少另一个第一端射天线元件的方向，而至少一个第二端射天线元件的方向不同于至少另一个第二端射天线元件的方向。

5

例如，至少一个第一天线馈电元件 104,14 包括基本排列在第一平面上的多个第一天线馈电元件 104,14，而至少一个第二天线馈电元件 106,14 包括基本排列在第二平面上的多个第二天线馈电元件 106,14。在一个实施例中，第一和第二平面至少相互平行，且可以至少基本共面，以便将所有天线馈电元件 104、106,14 安装在同一衬底上。
10

至少一个第一天线馈电元件 104,14 具有相应的主增益的第一中线轴 138，其穿过电磁透镜 102 的第一 108 和第二 110 部分。至少一个第二天线馈电元件 106,14 具有相应的主增益的第二中线轴 140，其穿过电磁透镜 102 的至少一个第二部分 110，且至少一个第二天线馈电元件 106,14 和选择性元件 112 适于使得来自选择性元件 112 的主增益的第二中线轴 140 的反射 142 一般与电磁透镜 102 的第二部分 110 中的主增益的第一中线轴 138 对准。
15

20

参考图 19，根据第十实施例，多波束天线 144 适用于改善性能，导致图 13 中所示的频率选择表面 114 对 77GHz 的第一载波频率 f_1 和在 24GHz 的第二载波频率 f_2 进行大约 25 度的偏移角。

25

参考图 20，根据第十一实施例，多波束天线 146 包括定向为与图 18 所示的方向垂直的频率选择表面 114，其中，相关多个第一天线馈电元件 104,14 和相关多个第二天线馈电元件 106,14 每一个都垂直于图 18 所示的各个方向。更具体的，多个第一天线馈电元件 104,14 基本定向在 y-z 平面上，而多个第二天线馈电元件 106,14 基本定向在 x-y 平面上，以致多个第一天线馈电元件 104,14 和多个第二天线馈电
30

元件 106,14 均基本垂直于 x-z 平面。

多波束天线 100 可用于发送或接收电磁波。工作过程中，第一电磁波沿着第一方向通过电磁透镜 102 的第一部分 108 发送或接收，而第二电磁波通过电磁透镜 102 的第二部分 110 发送或接收。第二电磁波的主要部分从电磁透镜 102 的第一 108 和第二 110 部分之间的一个区域中的选择性元件 112 反射。通过电磁透镜 102 的第二部分 110 发送或接收第二电磁波和反射来自电磁透镜 102 的第一 108 和第二 110 部分之间的一个区域中的选择性元件 112 的第二电磁波的操作适于使得第一和第二电磁波都沿着电磁透镜 102 的第二部分 110 内的相近中线方向传播，而选择性元件 112 透射第一电磁波并反射第二电磁波，对应于载波频率中的差值或第一及第二电磁波的极化差值。

因此，多波束天线 100、128、132、136、144 或 146 提供采用同一电磁透镜 102 来同时聚焦包含两个不同载波频率 f_1 、 f_2 的电磁波，从而提供不同应用，而不需要分开的相关孔，从而提供更为紧凑的整体封装尺寸。多波束天线 100、128、132、136、144 或 146 的一个特殊应用为汽车雷达，24GHz 辐射将用于相对较近范围、宽视场、防碰撞应用以及停走功能和泊车辅助，而 77GHz 辐射将用于长范围的自助巡航控制应用。对于较短波长 77GHz 辐射，采用相同的孔提供更高的增益和更窄的波束带宽，因此允许长范围的性能。另一方面，24GHz 辐射将按比例体现更宽的波束宽度和更低的增益，适合更宽的视场、更短范围的应用。

虽然在上述详细描述和附图说明中已经对具体实施例进行详细说明，但本领域的普通技术人员将意识到，可根据本公开的整体教导进行各种对细节的修改和替换。因此，所公开的特定排列意味着仅作为示例性，而不是限制本发明的范围，其在对所附权利要求及其任何等同物的全部宽度给出。

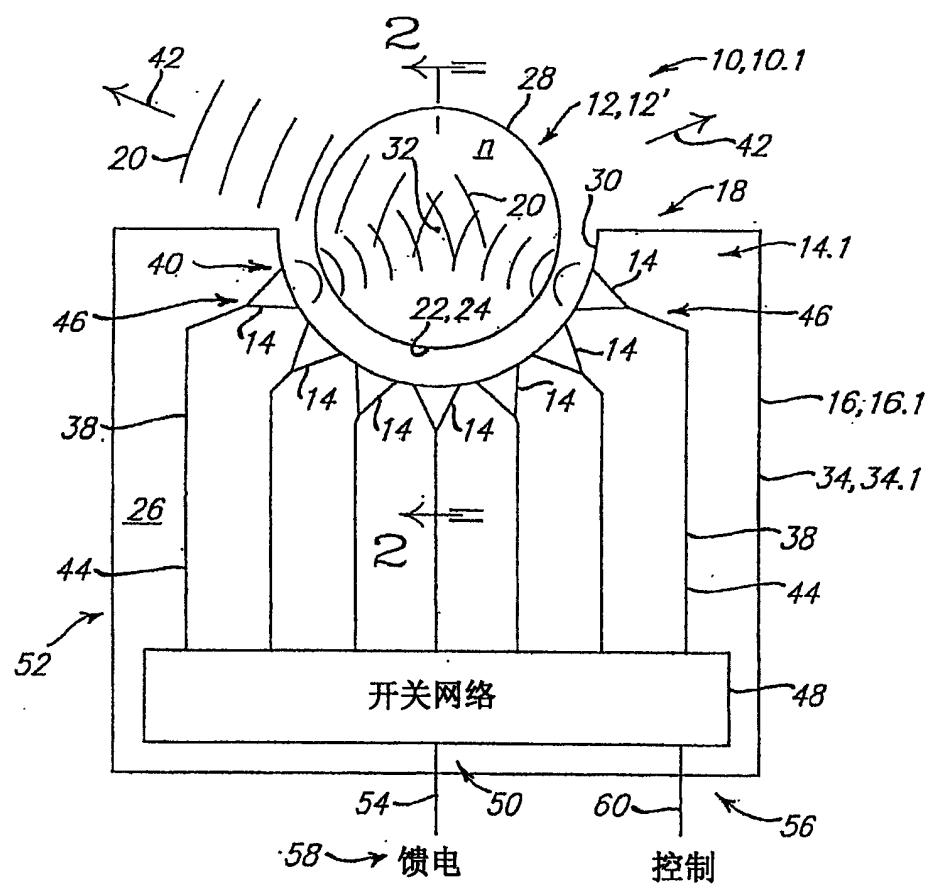


图1

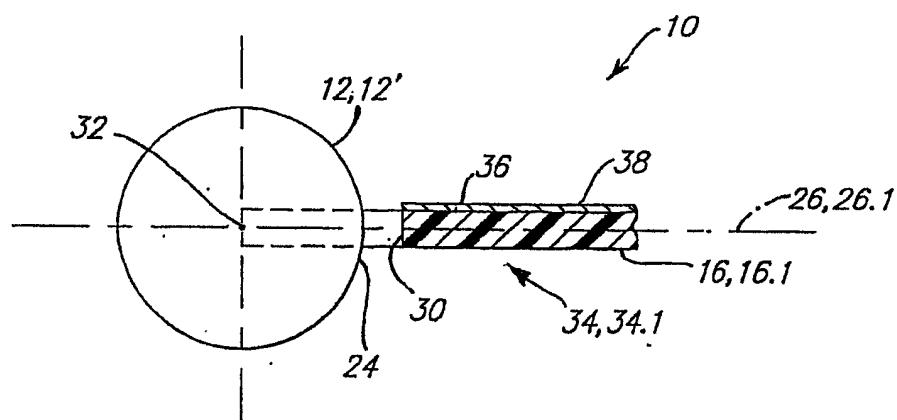


图2

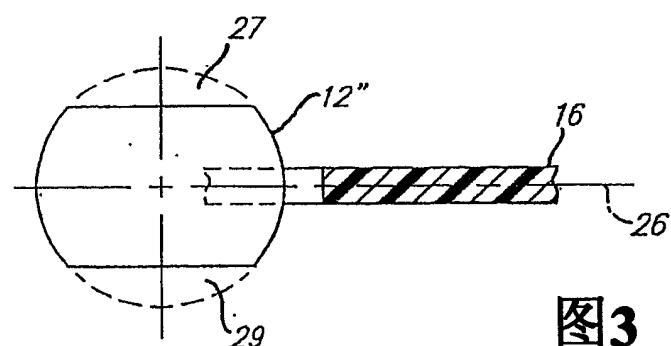


图3

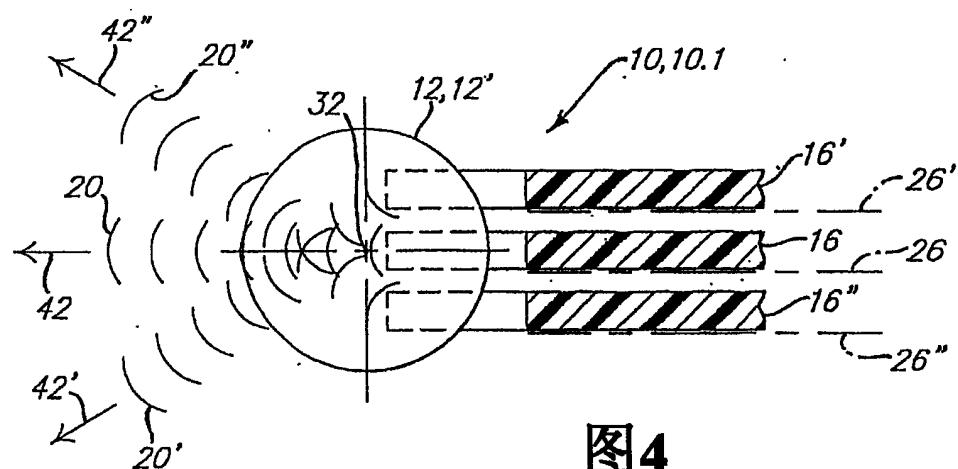


图4

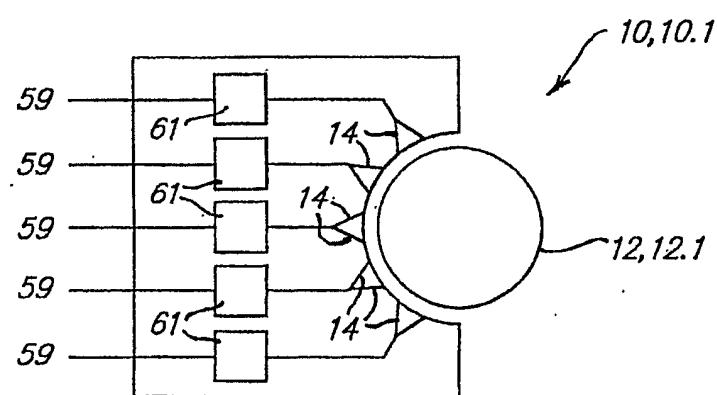


图5

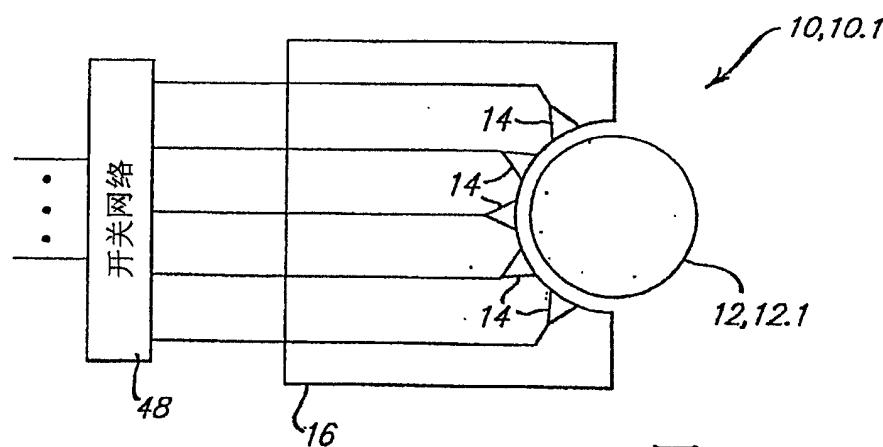


图6

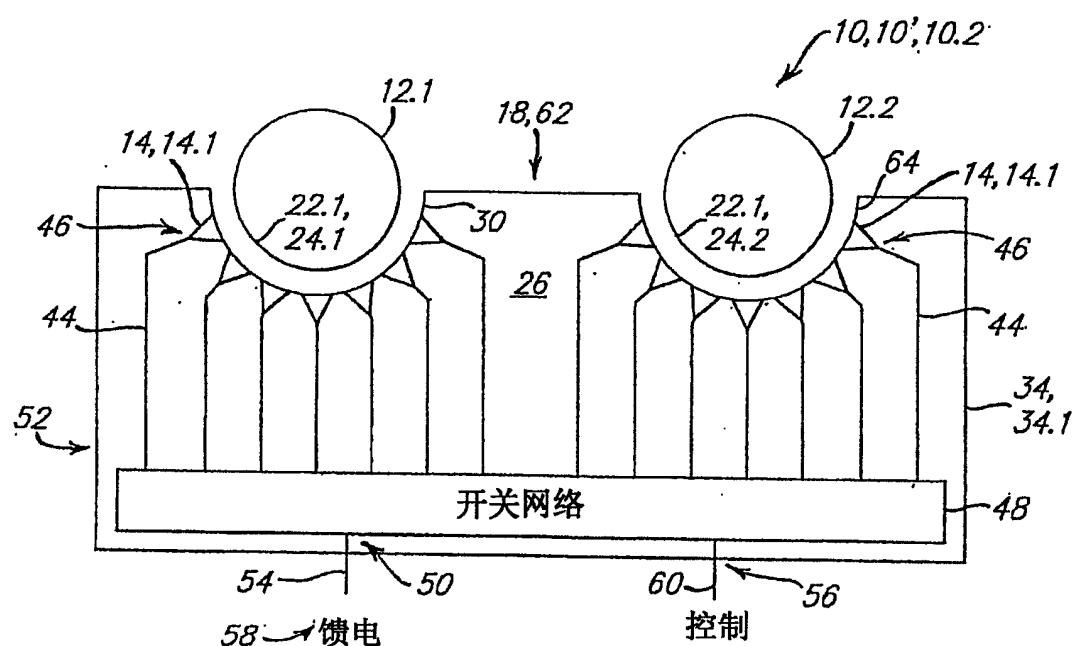


图7

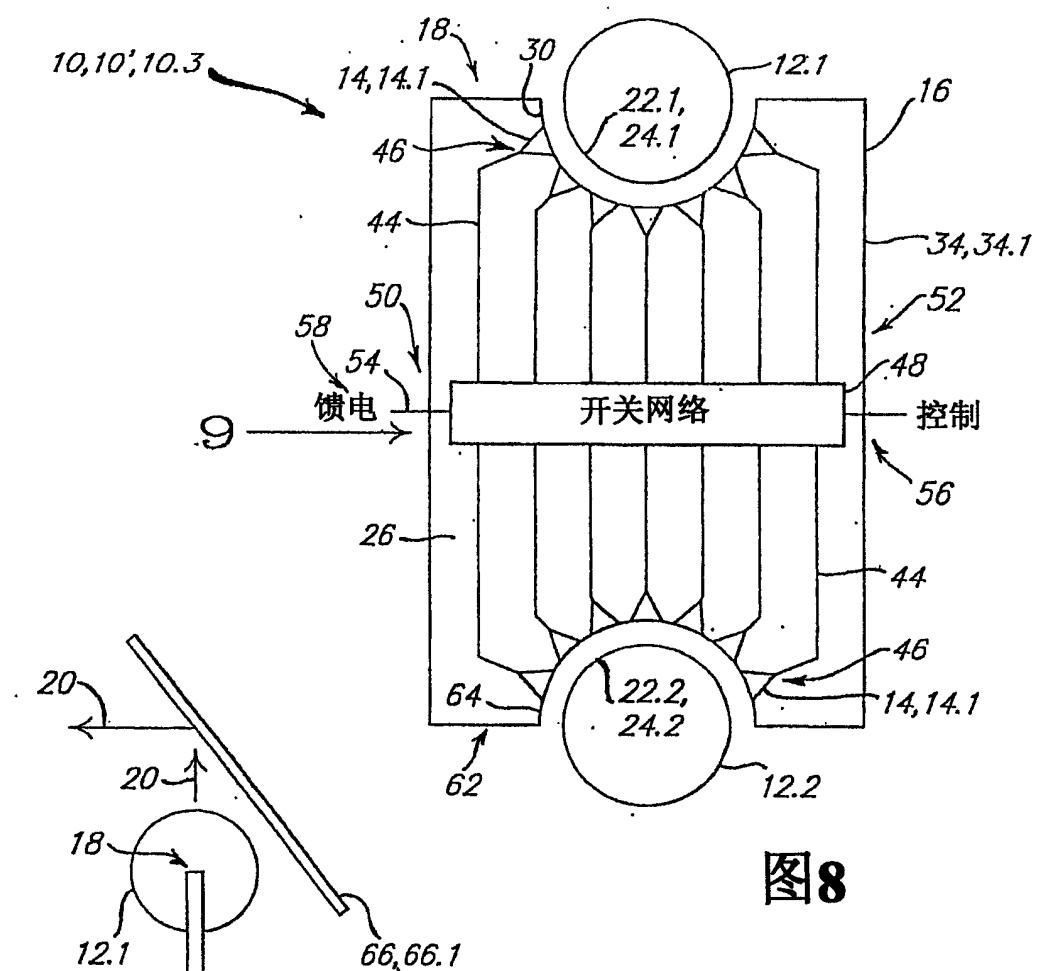


图8

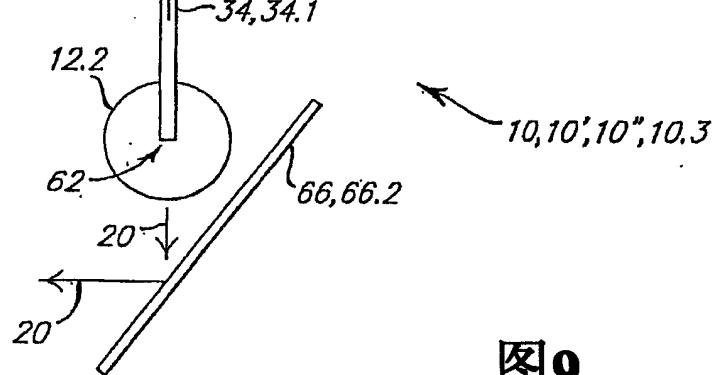


图9

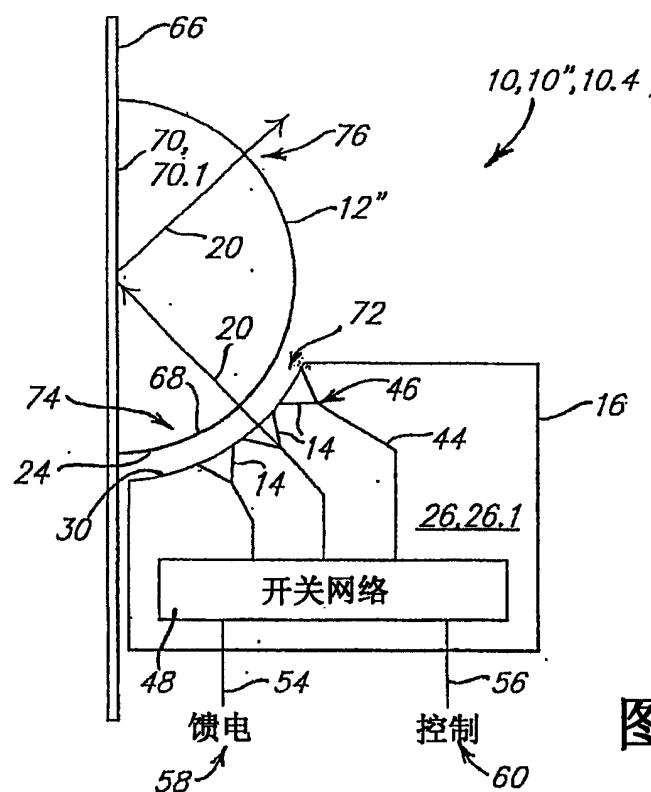


图10

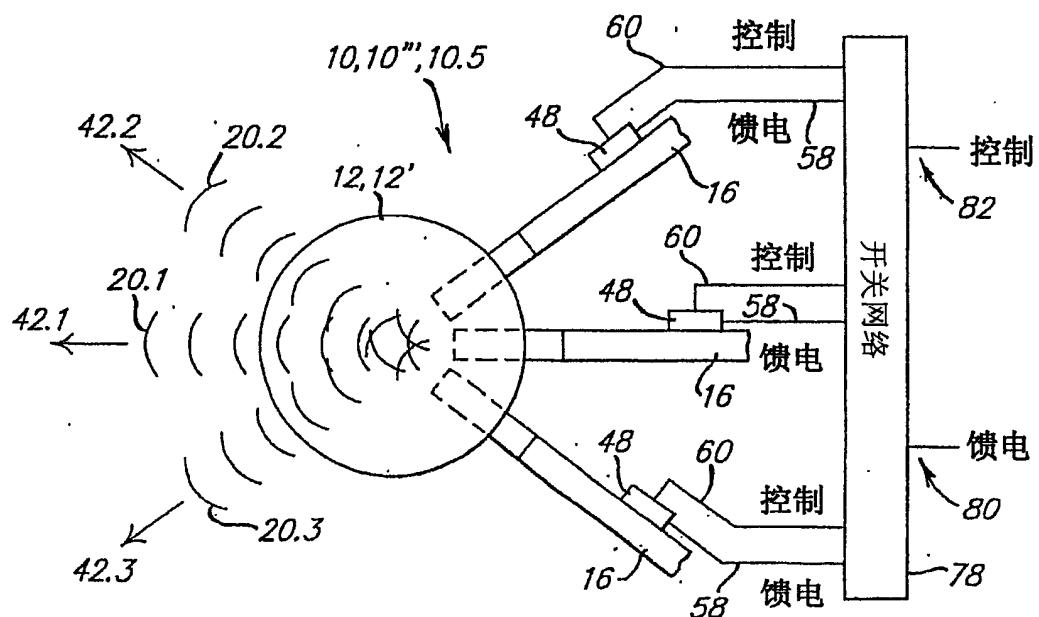
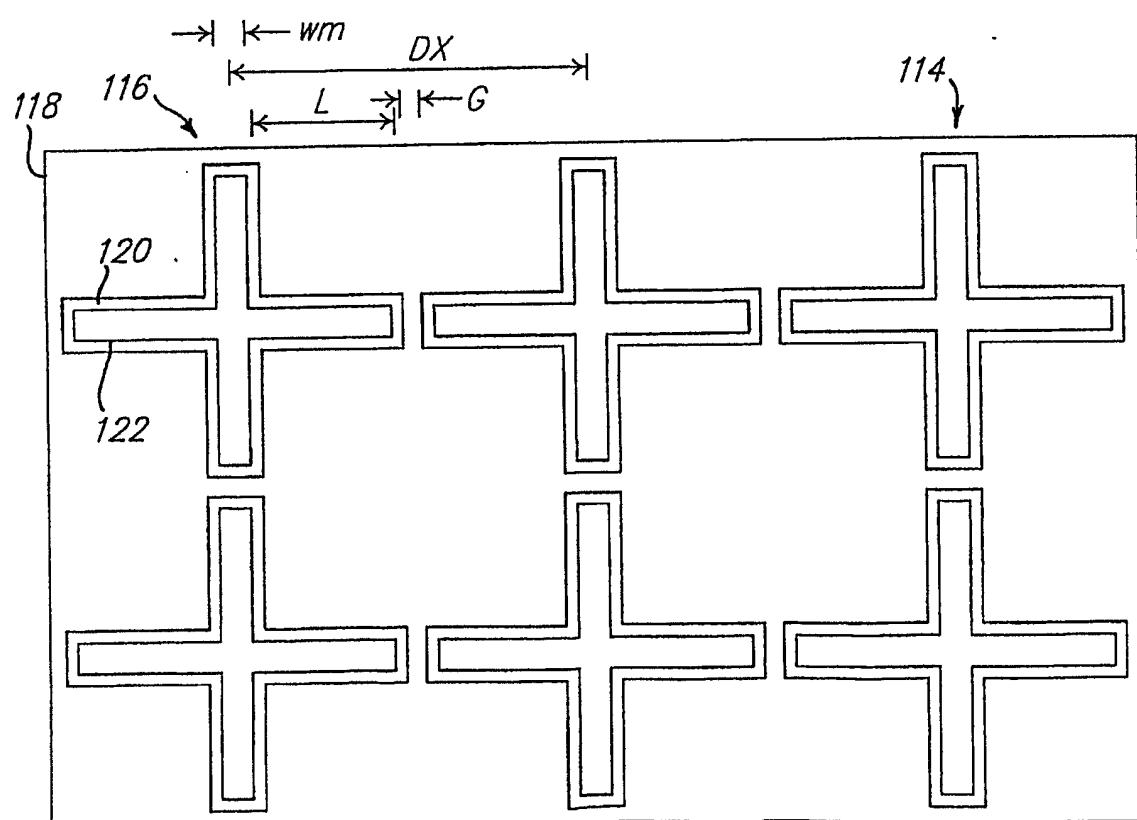
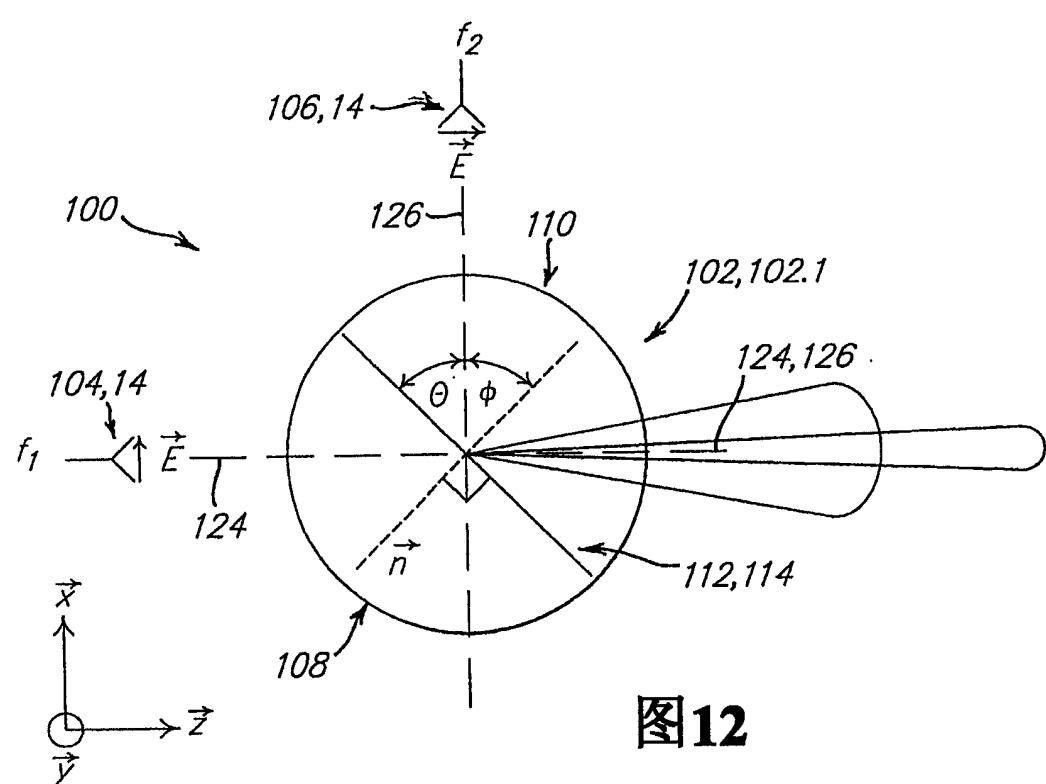
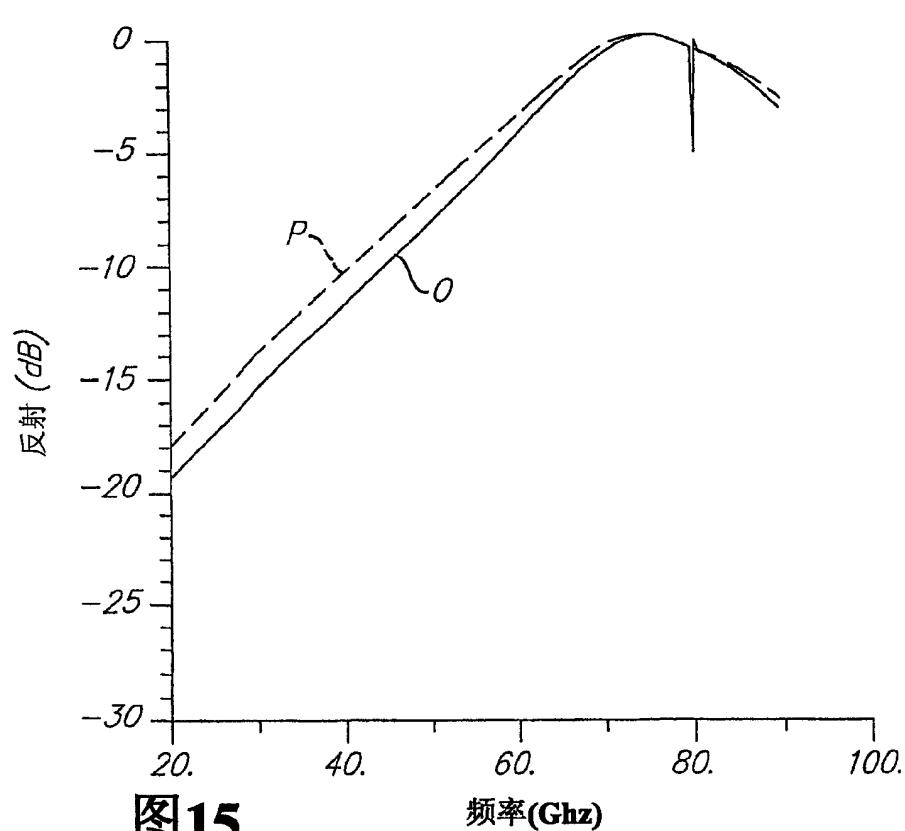
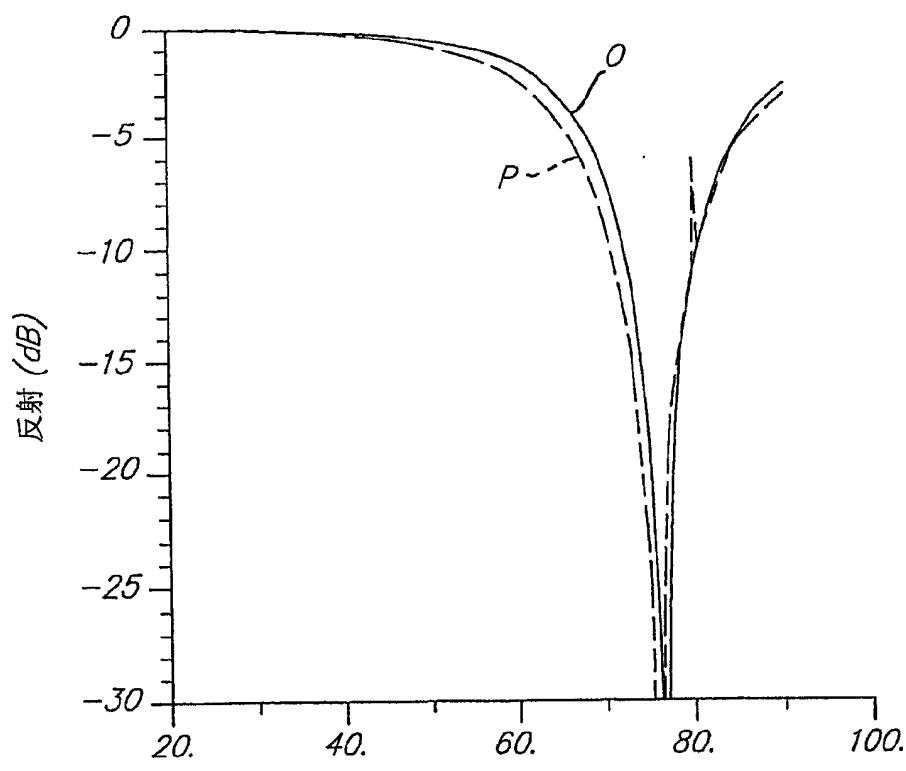
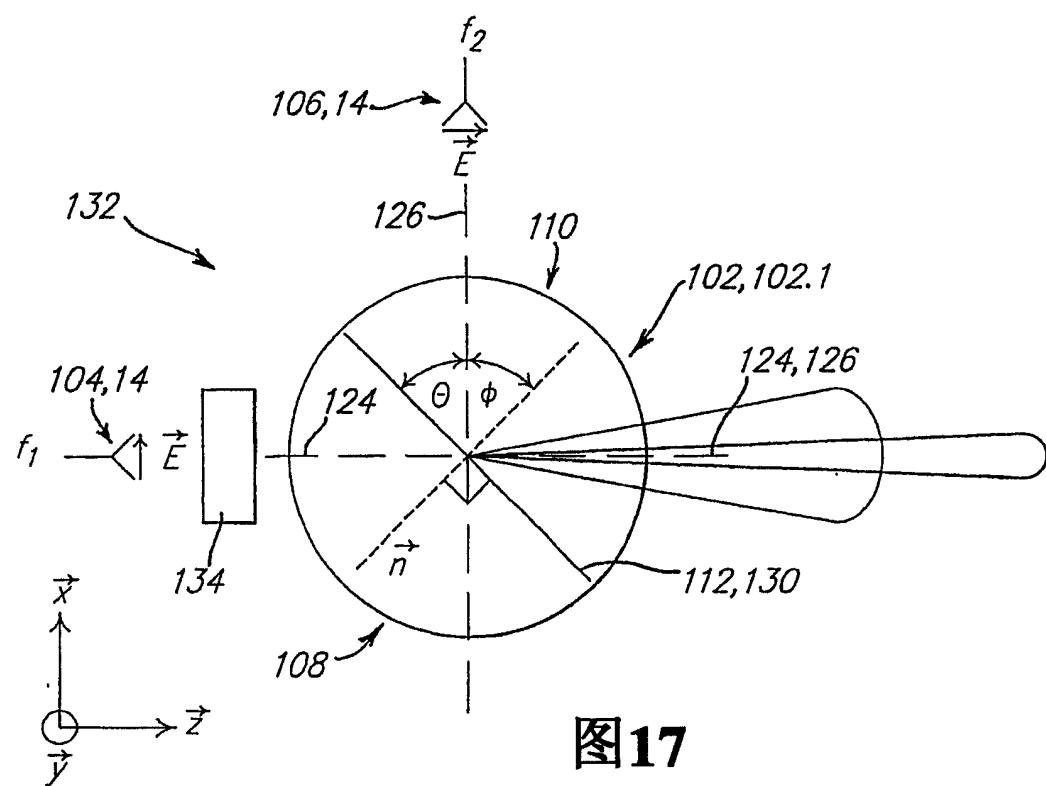
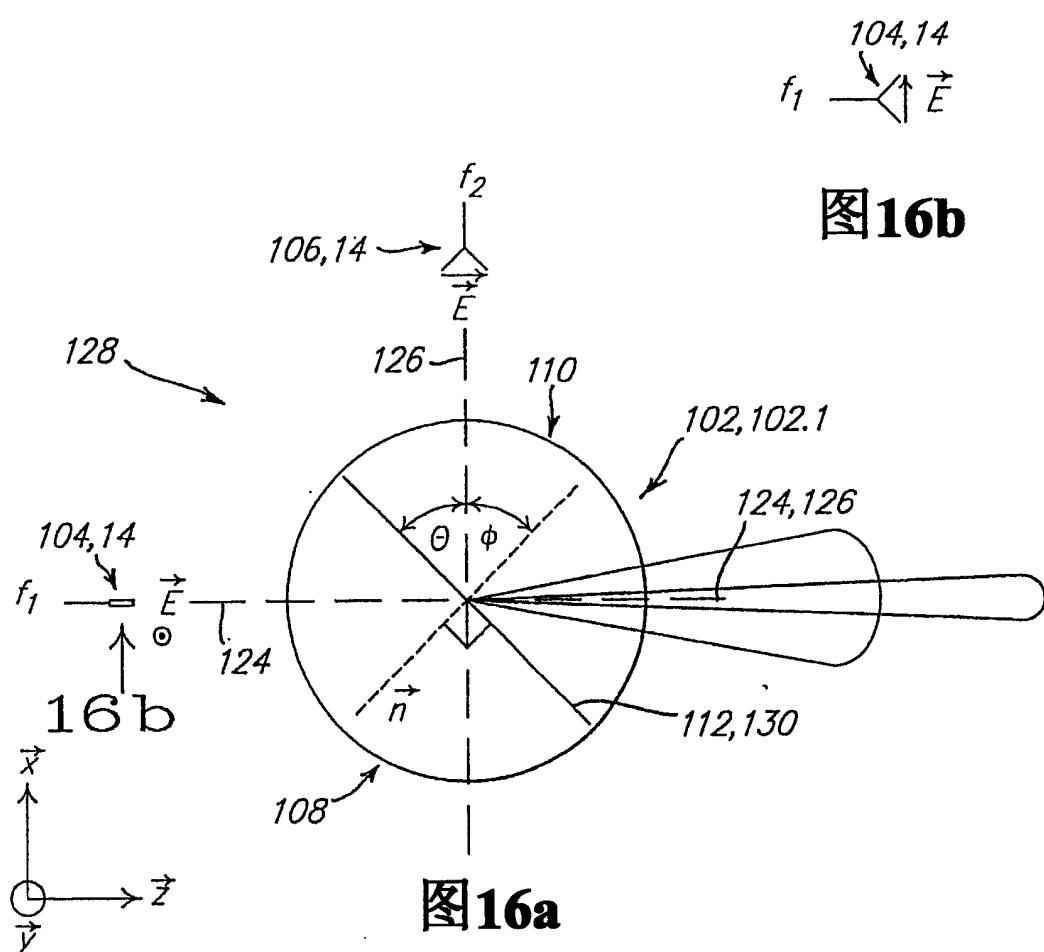
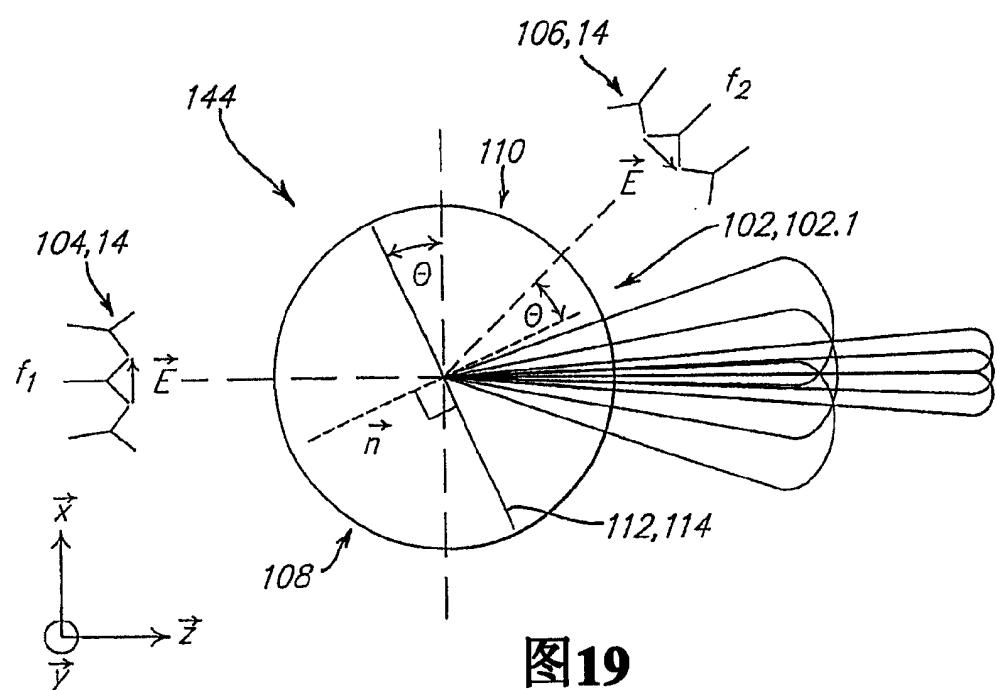
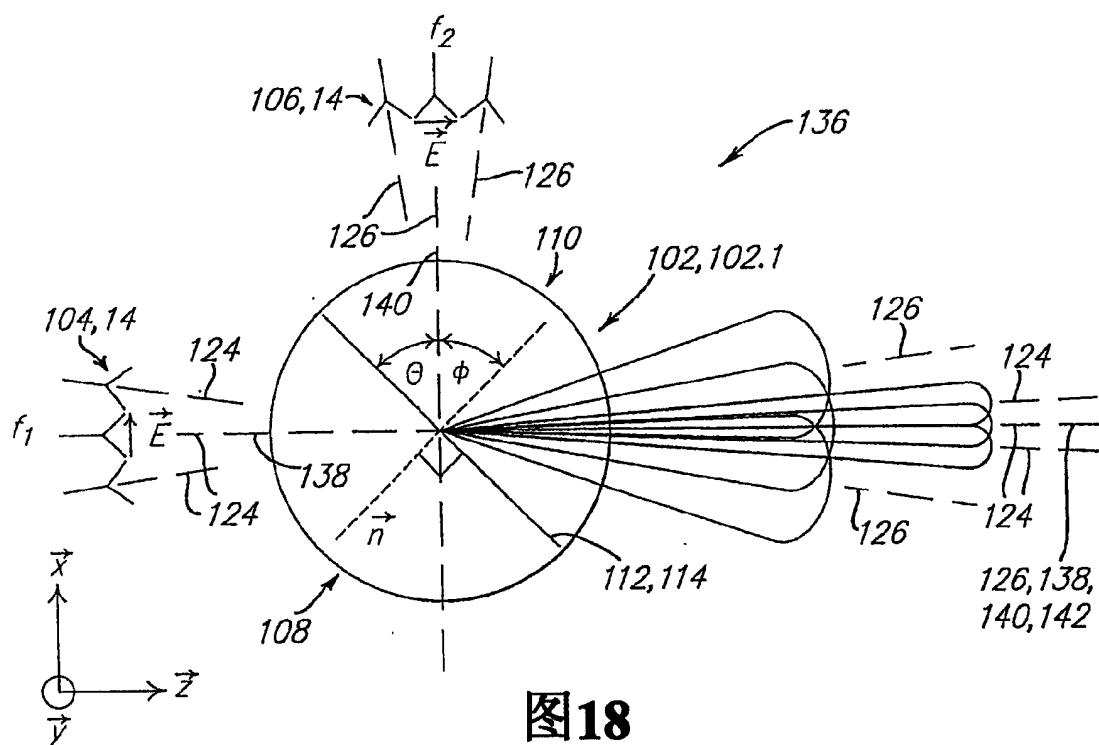


图11

**图13**







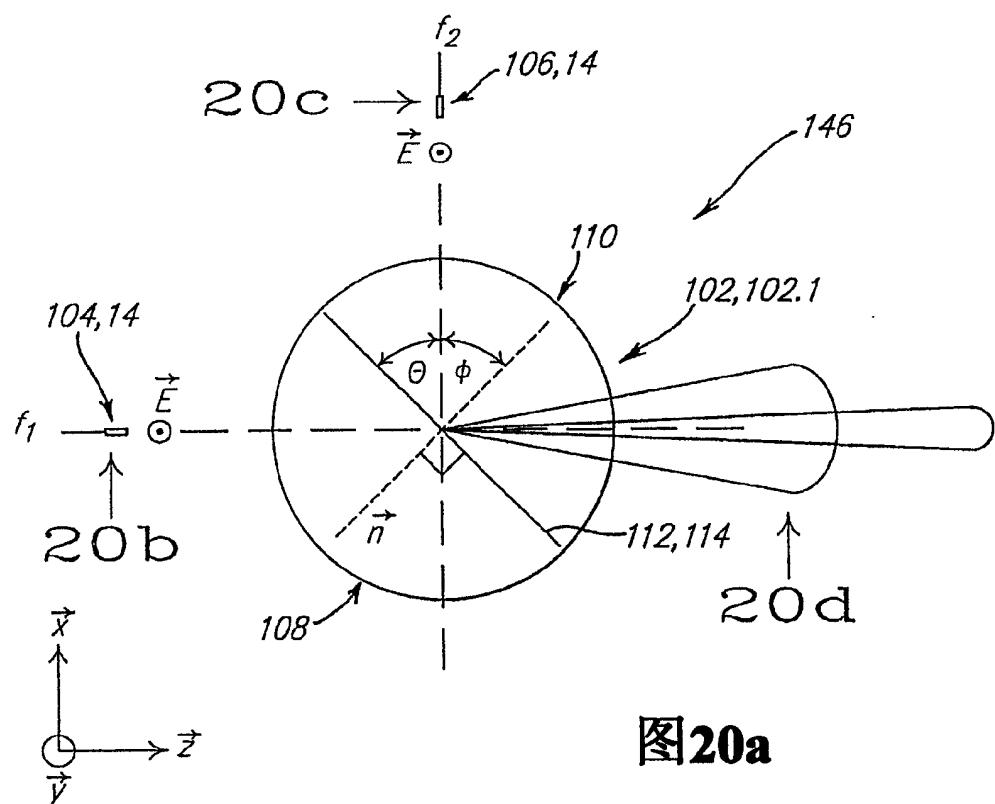


图20a

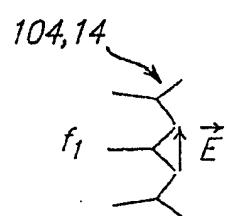


图20b

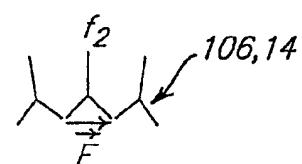


图20c

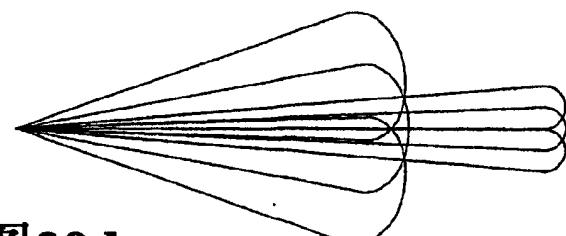


图20d