



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 90109620.2

[51] Int.Cl⁵

G02B 6/10

[43] 公开日 1991年6月19日

[22]申请日 90.11.27

[30]优先权

[32]89.11.30 [33]US [31]445,075

[71]申请人 飞利浦光灯制造公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72]发明人 塞尔·B·科拉克

理查德·A·施托尔岑贝格

约翰·J·左拉

[74]专利代理机构 中国专利代理有限公司

代理人 马铁良 吴秉芬

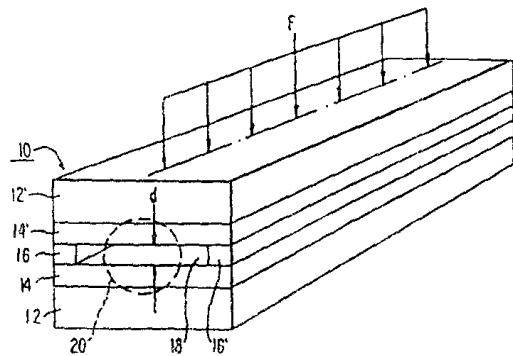
G02B 6/24 G02F 2/02

说明书页数: 7 附图页数: 3

[54]发明名称 间隙调谐的光波导器件

[57]摘要

一种有效的波导器件,用以将加到其上的光波的频率二倍频。该器件具有通过分隔间隙耦合在一起的第一和第二光波导。调节间隙的尺寸就能精确调节耦合情况,从而使倍频效率最高。这种器件特别适用于易从半导体激光器产生的较低频红外辐射光产生较高频的蓝辐射光。



< 37 >

权 利 要 求 书

1. 一种光波导器件，用以将其输入端收到的预定频率的光能转换成在其输出端发送的相应的谐频光能，其特征在于：

a. 第一光波导，由能传输所述基频和谐频的光能的非线性材料组成；

b. 第二光波导，由能传输所述基频和谐频的光能的材料组成；

所述第一和第二波导彼此配置得使其透光材料的表面在两波导之间限定一具预定标称尺寸的耦合间隙；且

所述两波导致少有一个波导，其一个表面是供施加一个调节间隙尺寸的力用的，从而调节该光波导器件的有效折射率。

2. 如权利要求 1 所述的器件，其特征在于，第一和第二波导分别包括第一和第二衬底，第一和第二衬底分别支撑着各自的能让所述基频和谐频的光能通过的第一和第二材料层。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的器件，其特征在于，至少所述第一和第二材料层之一由非线性材料组成，用以将在器件输入端接收到的基频光能转换成二次谐频光能。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的器件，其特征在于，所述第一和第二材料层的每一个的折射率都大于相应支承衬底的折射率。

5. 如权利要求 1、2、3 或 4 所述的器件，其特征在于，所述间隙含有能传输所述基频和谐频光能的流体。

6. 如权利要求 1、2、3、4 或 5 所述的器件，其特征在于，所述间隙含有能传输所述基频和谐频光能的可压缩固体。

7. 如权利要求 2、3、4、5 或 6 所述的器件，其特征在于，第一和第二材料层的每一个的横过光能通过所述材料层的方向所延伸的宽度

是预先规定的，至少其中一个所述材料层的宽度接近待加到所述器件输入端的光束的宽度。

8. 如权利要求1-7 中任一权利要求所述的器件，其特征在于，所述间隙借助于将第一和第二波导分隔开的隔离构件形成。

9. 如权利要求1-6 中任一权利要求所述的器件，其特征在于，所述间隙借助于在至少在第一和第二波导之一中形成的沟道形成。

10. 如权利要求1-9 中任一权利要求所述的器件，其特征在于，基频是在红外光谱，谐频则是蓝光光谱。

间隙调谐的光波导器件

本发明涉及一种光波导器件，这种器件用以将其输入端接收到的预定基频的光能转换成在其输出端发送出的相应谐频的光能。

象激光唱片之类的光数字数据存储器件目前通常具有多种用途，例如用以存储数字化视频、声频和计算机数据等。一般说来，这些数据是用半导体激光二极管发射出来的光写入这类激光唱片中或从唱片中读出。现行适用的半导体激光二极管发出的光通常属于电磁频谱低频端范围（即红光或红外光）。用频率较高的光（即光谱的蓝端）读/写光学方法存储的数据应能大大提高存储密度。

遗憾的是，目前还没有实用的较高频率的半导体激光器。唯一发出蓝光的激光器是一些大型气体激光器，不适用于小型价廉的光存储读/写器件。

能结构紧凑地产生蓝光的一个方法是将现行不难物色到的半导体激光二极管发出的红外光转换成蓝光。蓝光的频率是红外光的二倍。因此能将红外光二倍频的器件具有良好的市场前景。

大家都知道，目前有许多二倍频的非线性光学器件。一般说来，这类倍频器件包括一些块状物质的或层状的非线性晶体，其构形使其可产生基频的二次谐波而进行倍频。

一种特别有效的倍频器件是非线性光波导。当基频光波通过这种波导传播时，非线性光学效应导致二次谐频光波的产生。这类光波导只有当基频波和倍频波在波导中的各相应部分传播时，在相位上基本上保持相互匹配，才能有效地实现倍频。若该两波不保持同相，则干涉效应会

导致二次谐波的衰减。

波导倍频器要制造得在尺寸和物理性能方面都满足相位精确匹配的条件是非常困难的。此外，环境条件的变化可能会影响波导倍频器的工作效率，例如，温度变化会影响倍频器所用材料的折射率，而波导倍频器如果性能固定就不能适应环境条件的这种变化。因此最好能提供一种能人为“调谐”的波导倍频器，以适应制造公差和环境条件的变化。

已有人提出过许多使波导能动地起相位匹配作用的方案，例如，1984年元月24日颁发给Puech 等人的美国专利4,427,260 和1979年元月1日第34卷第1期《应用物理通信》(Applied Physics Letters) 上的一篇题为“三维铌酸锂(LiNbO_3)光波导中产生二次谐波的电场调谐”的文章就是这些方案的实例。这些方案旨在通过电光调谐形成波导的材料的方法达到相位匹配的目的。然而这种电光调谐法的方案只能使波导的折射率发生较小的变化，因而只能在相位匹配方面起较小的作用。

本发明的目的是提供一种在尺寸和物理性能变化范围较大的情况下能能动地对基频光波和内部产生的谐频光波进行相位匹配的光波导器件。

按照本发明，该器件的特征在于：

- a. 第一光波导，由能传输所述基频和谐频光能的非线性材料组成；
- b. 第二光波导，由能传输所述基频和谐频的光能的材料组成；

所述第一和第二波导彼此配置得使其透光材料的表面在两波导之间限定一具有预定标称尺寸的耦合间隙；且

所述两波导至少有一个波导，其一个表面是供施加一个力用的，从而调节光波导器件的有效折射率。

耦合间隙的预定标称尺寸被选择为：如果光波导器件精密制造成在机械和物理性能上合乎最佳技术要求，且令其在预先规定的环境条件下工作，能获得最高的变换效率。鉴于通常并不存在如此精密的结构和

如此预先规定的工作条件，因而至少在一个波导上提供一个表面使其能够施加调节间隙尺寸的力。通过调节间隙的尺寸，能够有效调节光波导器件的有效折射率，从而使器件尽管偏离最佳技术条件和预定的工作条件，也能达到最高的变换效率。

本发明的最佳实施例还具有这样的特点：所述间隙由对置着的透光材料层的表面所限定，而且这些材料层之一的宽度接近加到该光波导器件输入端有待变换的光能束的宽度。通过如此限定材料层的宽度，光束通过器件到达器件输出端的过程中，其宽度就受到约束。这有利于对离开器件输出端的谐频光束进行聚焦，或甚至无需聚焦。

现在参看附图说明本发明的内容。附图中：

图 1 是本发明波导第一实施例的透视图；

图 2 是说明图 1 波导器件的有效折射率随间隙尺寸的变化而变化的关系曲线；

图 3 是说明图 1 波导器件的传输特性的曲线；

图 4 是本发明波导器件第二实施例的透视图；

图 5 是本发明波导器件第三实施例的透视图。

图 1 (不按比例) 示出了间隙可调的光波导器件 10，用以将基频光能变换成相应的谐频光能。在采用本说明书所述的特定材料和特定尺寸的情况下，该器件会有效地将波长大致在 800 至 850 毫微米的红外光束二倍频。因此这种器件能有效地将红外光变换成蓝光。

器件 10 是由第一和第二光波导连接起来形成的。第一波导有一个低折射率单晶材料制成的衬底 12，衬底 12 上用例如扩散法形成有高折射率的单晶材料层 14。在本实施例中，衬底 12 由磷酸钛酸钾 (KTiOP_4) 组成，以下称之为“KTP”。该衬底对红外波长的折射率为 1.75，厚度一般为 200 微米至 1 毫米。对这个厚度的要求并不严格，它主要起所要求的结构强度的作用。材料层 14 由 KTP 组成，已用例如扩散法往其中加入

铈，以形成 $K_xTi_{1-x}TiOPO_4$ 的材料。这材料层在红外波长下的折射率峰值约为1.95，厚度为1至5微米。所选取的厚度是基波波长的函数。

第二波导由衬底12'和淀积层14'组成，两者基本上分别与衬底12和材料层14相同。隔离层16和16'将第一和第二衬底分隔开，从而使材料层14和14'在间隙18两边相对配置着。基于稍后即将谈到的一些原因，隔离层或由硬质材料或由较柔韧的材料制成但它们不能与材料层表面起化学反应。适用的硬质材料的例子有金、银、玻璃或铜等。两波导借助于例如稍后参照图5说明的外力施加装置彼此相对固定住。

为简化该器件的结构，间隙18可以敞露在大气中。但间隙18也可以密封住抽真空或充以象惰性气体之类的各种流体，也可充以可压缩的固体材料。为使器件的变频效率达到最高程度，间隙中无论充以任何物质，其折射率最好应小于材料层14和14'。这样会提高光波在这些谐频发生层中的传播效率。同样的理由，衬底12和12'的折射率也应小于其所支承的相应材料层14和14'。

需要用非线性极化材料制造的只是材料层14和14'的其中一个，或衬底12和12'的其中一个。非线性极化材料与在其中传播的基频光波相互作用，产生谐频光波。但要达到最高变换效率，该两材料层和/或两衬底都要用这类非线性材料制成。

材料层14和14'由于选用了高折射率的材料，因而在该波导器件中传播的光能必然集中于材料层14和14'中。这些材料层的厚度选择得使光波利于在其中传播，且在相位上利于与所要求的波长匹配，而且还选择得使其可以确定传播的模式。

波导器件的实际折射率是两波导层的组合厚度与通过器件的光能的波长两者的函数。对有意义的特定波长来说，改变间隙的尺寸d可以改变该器件的实际折射率。例如，这可通过往其中一个衬底上施加可加以调节的力来实现。在图1所示的实施例中，衬底12是支承在硬表面（图

中未示出) 上的, 作用力则是沿衬底12' 外表面的中心线施加的。若隔离层16、16' 是硬质材料制成的, 则所加的力促使衬底12' 和淀积层14' 稍微下弯(图中未示出), 从而改变了间隙尺寸 d 。这个弯曲和衬底的宽度比较是相对较小的, 对器件的工作不会有不利的影响。但必要时, 各隔离层可以用可压缩材料制成, 并使衬底12' 厚得足使它具有的刚性, 这样就可以使材料层14和14' 相对着的表面彼此基本上保持平行。

图 2 示出了器件10 的间隙18 充以空气时有效折射率变化的计算值 N_e 与间隙尺寸 d (以埃计) 的关系曲线。随着间隙尺寸从零开始增加, 基频红外光波 ($\omega = \omega_0$) 的有效折射率减小, 而蓝光二次谐波 ($\omega = 2\omega_0$) 的有效折射率增加。间隙尺寸为两曲线交点外的 d_0 时, 基波和二次谐波的有效折射率相等。该两波正是在这样的间隙尺寸下在波导器件中传播时会同相。两曲线的交点, 因而尺寸 d_0 的精确值, 取决于制造器件10 的材料精确厚度和物理性能。两曲线的交点还与材料温度的变化有一点关系, 特别是间隙中使用的流体材料的温度变化。按照本发明, 调节使两波导压合在一起的作用力就可以将间隙尺寸 d_0 调节得正好等于交点处的间隙尺寸值。

图 3 示出了当发射的光束加到图 1 中虚线圆圈20 所限定的位置的输入端时, 该器件的工作情况。通常光束是由产生红外发射光的半导体激光器(如砷化镓激光器) 产生的, 并被聚焦到输入端上, 或者借助光纤加到输入端上。

与本发明有关用以在KTP 材料制成的波导器件中产生谐波的主要发射光是以 TE_0 与 TM_0 的混合模式传播的。这可能与其它材料和波导不同。图 3 中间部分标称化了的曲线表示, 对于这些模式, 基频发射光 (E^{ω_0}) 和二次谐波发射光 ($E^{2\omega_0}$) 通过器件传播时的电场强度。图 3 的两端示出了器件10 的中间部分和该器件中各相应材料大致的折射率 N 的

示意图。从图中可以看到基频幅射集中在空气隙18和材料层14、14'附近，二次谐波幅射光则集中在产生二次谐波的非线性材料层14、14'上。

虽然图1中没有示出，但在位置20处加到器件10输入端的光束在通过器件时具有变宽的倾向。在不希望光束如此变宽的应用中，可以采用图4的实施例。图4示出了基本上与器件10相同只是淀积层14'和隔离层16、16'的构造形式不同的器件40。器件40中，淀积层14'的宽度窄到接近射在位置20处的光的宽度。通过仅仅减小淀积层14'的宽度，就将光束通过器件传播时约束到大致上虚线圆圈20所划出的面积。为保持间隙尺寸 d 不变，隔离层16、16'的厚度增大，使其延伸到衬底12'。

图5示出了本发明第三实施例的波导器件50并示出了调节间隙尺寸 d 的方法的一个例子。器件50基本上与器件40一样，只是取消了隔离层16、16'，代之以衬底12'与其形成一个整体的侧壁延伸部分。这些侧壁延伸部分是通过在衬底中蚀刻出一沟道19形成的，其深度足以提供淀积层14'的厚度和间隙尺寸 d 。衬底12'的这种结构形式不仅简化了波导器件的结构而且还便于连接第一和第二波导。由于衬底12'和材料层14基本上是由相同的材料制成的，因而它们的两个表面可以在干净的环境中结合在一起，这时它们借助范德瓦耳斯力接触。

改变间隙尺寸的力 F 是借助于压电推压器(Translator)60加到该波导器件上的，压电推压器60配置在外壳62中，外壳62固定到支撑着器件50的硬质表面64上。压电推压器60通过纵向延伸的刚性杆66把力加到衬底12'的纵向中心线上。这个力可以通过改变加到推压器60上的控制电压用电的方法加以调节。

虽然本发明是就一些特定的实施例进行说明的，但这些实施例仅仅是举例而已，在本发明的范围内是可以对这些实施例进行种种修改的。例如，可以将波导的外表面覆以相应的导电层，作为一个电容器的电容

片，以此来产生改变间隙尺寸所需要的力。调节电容片上极性相反的电荷量可相应地调节两电容片之间的吸力。

再有，材料层14, 14'也可以用上述以外的其它材料制成，例如将硫化锌分别蒸发到衬底12和12'上。可采用不同的方式，这视所选用的衬底和材料层的材料而定。

此外，间隙调谐可用于具有不同频率的三个或多个导模的非线性相互作用（或混合）的相位的匹配上。

说明书附图

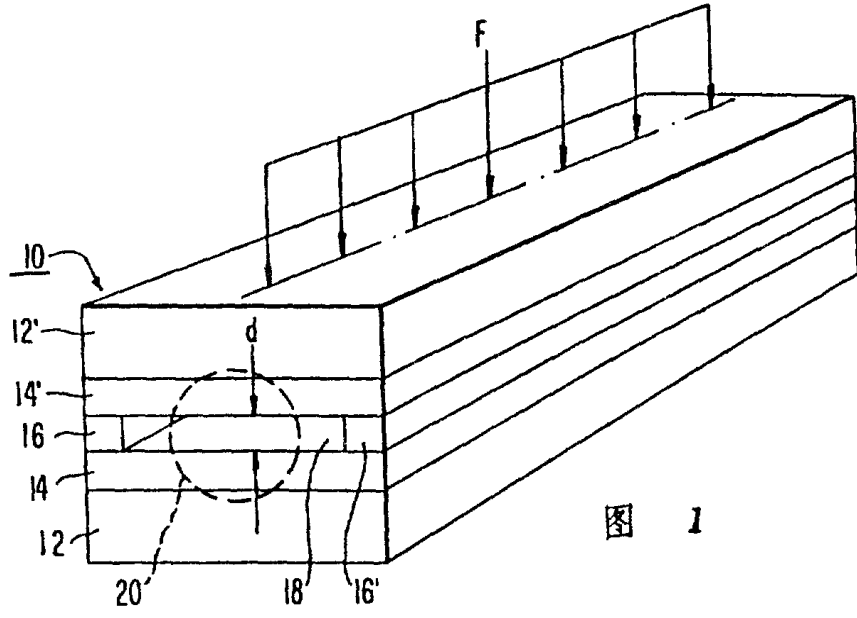


图 1

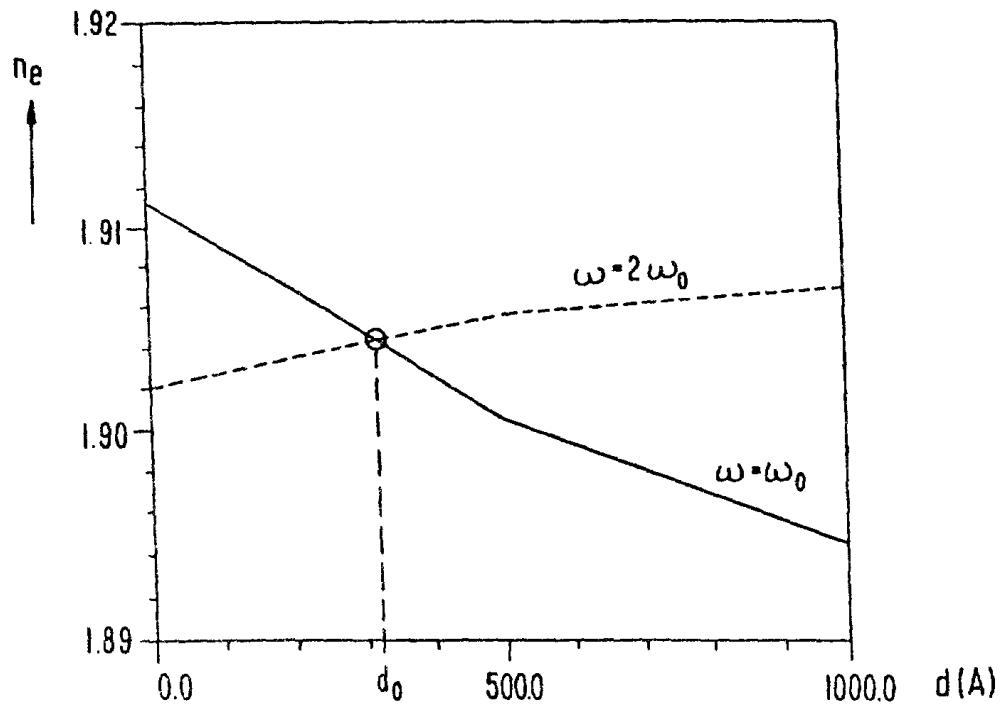
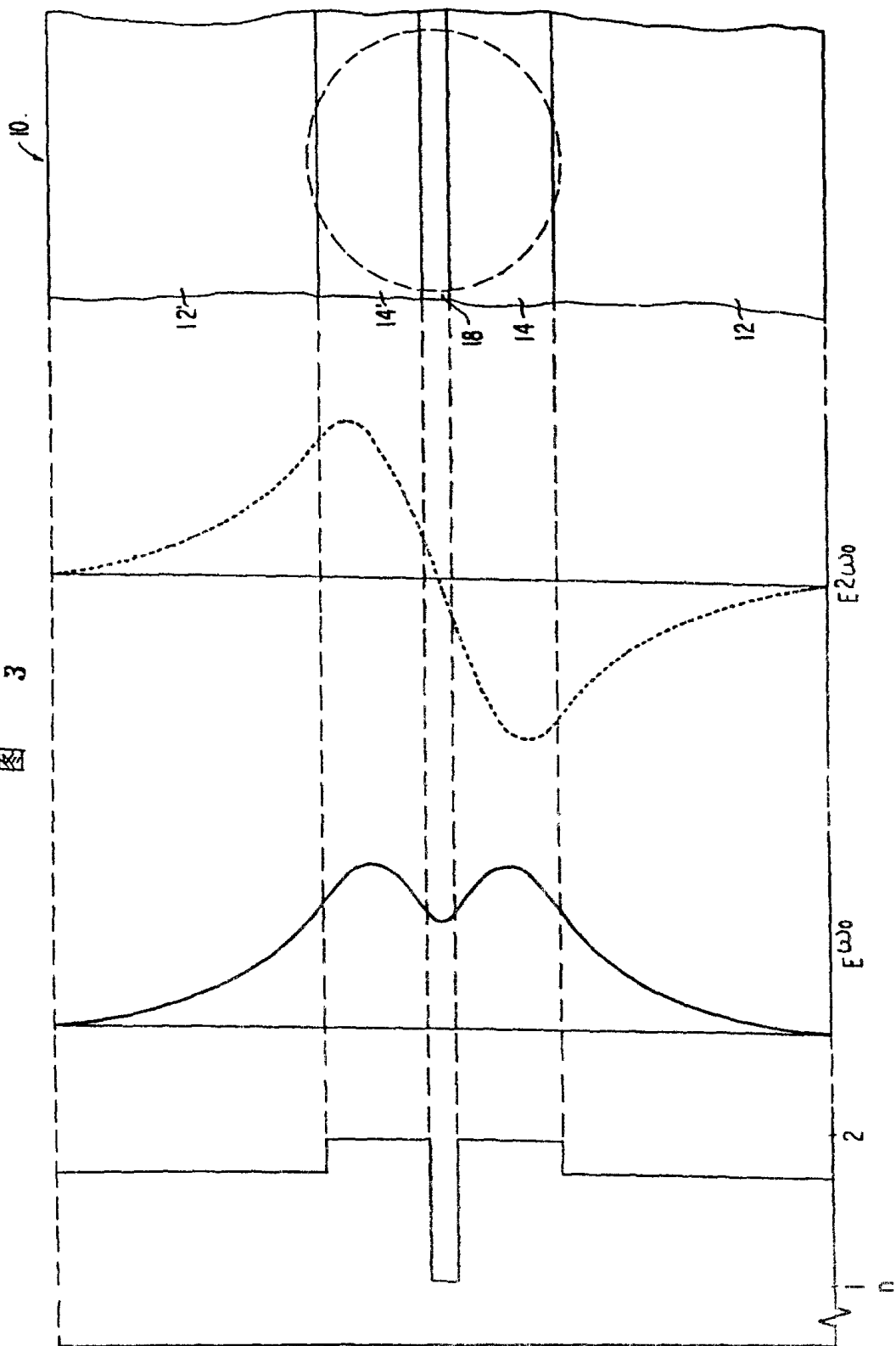


图 2

图 3



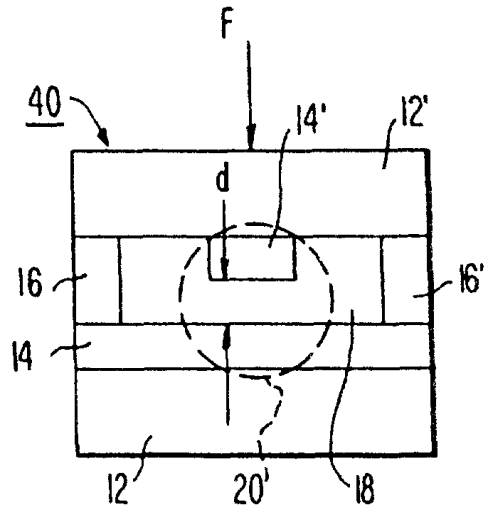


图 4

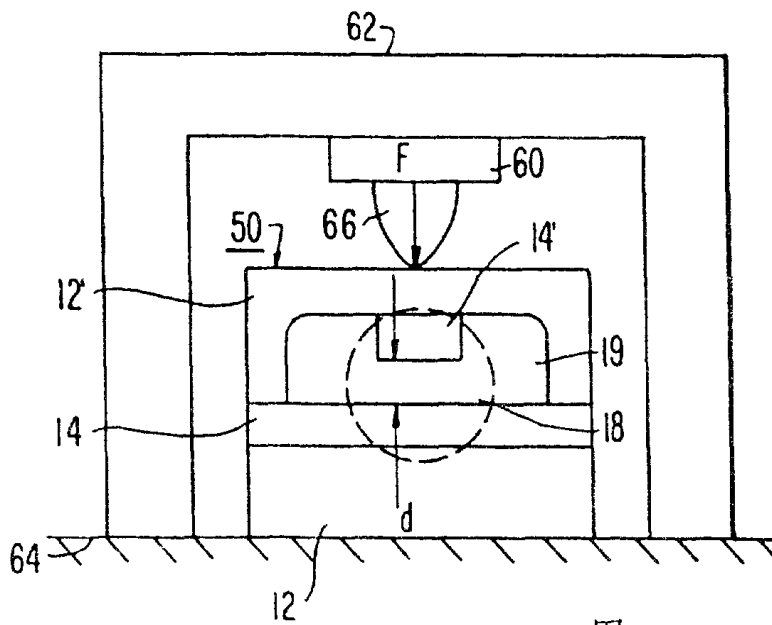


图 5