

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

B29D 11/00

G02B 3/00

G02B 5/04 G02B 5/08

# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95120570.6

[45] 授权公告日 2001 年 1 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1060997C

[22] 申请日 1995.11.1 [24] 颁证日 2000.10.14

[21] 申请号 95120570.6

[30] 优先权

[32] 1994.11.1 [33] JP [31] 268705/1994

[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 高野利昭 村田淳 中村正二

春原正明 近藤隆久

[56] 参考文献

WO8902818 1989. 4. 6 B29D11/00

审查员 周勇毅

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

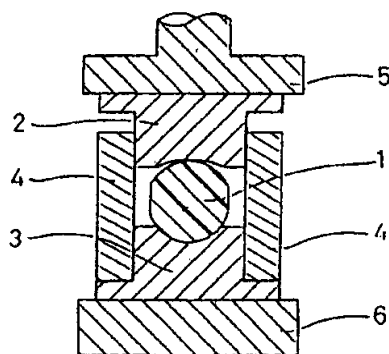
代理人 林长安

权利要求书 2 页 说明书 19 页 附图页数 12 页

[54] 发明名称 光学元件的制造方法

[57] 摘要

将已模塑过的光学物料放入由顶模、底模和筒模限定的空间,然后使之加热、加压和变形,得到光学元件。通过控制光学物料的塑性变形速率,防止物料进入顶模或底模之外径与筒模内径之间的缝隙部分;以较低的成本得到既无芒刺 也无应变的高精度光学元件。



ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

1. 一种制造光学元件的方法，所述方法包括以下步骤：

将已经粗略模塑过的光学物料(1)放入由顶模(2)、底模(3)和筒模(4)限定的空间中；

加热并加压所述光学物料(1)；控制所述光学物料的压头(5)的速度  $V_p$ ，以防止所述光学物料(1)流入所述顶模(2)或所述底模(3)的外径与所述筒模(4)的内径之间的缝隙部分，

其特征在于：

在模塑过程中，将所述光学物料(1)加热到最大温度  $T_p$ ，其满足  $(T_g + 15) \leq T_p \leq (T_g + 60)$ ，其中  $T_g$  是所述光学材料的玻璃转变点温度，而至少在最终形变过程中，所述光学物料的所述压头(5)的速度  $V_p$  控制在小于 10mm/sec。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：将所述光学物料(1)以 1.5-25.0 kgf/cm<sup>2</sup> 的压强从所述玻璃转变点温度  $T_g$  至最大温度  $T_p$  之间加压并形变。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于：将所述光学物料初步形变直至所述物料达到最大温度  $T_p$ ；且将所述光学物料从所述最大温度  $T_p$  冷却到所述玻璃转变点温度  $T_g$  而同时以 1.5 - 25.0 kgf/cm<sup>2</sup> 的压强对所述光学物料加压。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：在形变过程之前，利用注射模塑法将所述光学物料粗略地模注。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于：所述光学物料(1)有

一个在注射模塑过程中形成的浇口切割部分，其中所述浇口切割部分为凸形的。

6. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于：已被粗略模注过的光学物料(1)有一浇口切割部分，并将所述光学物料(1)放置成使得所述浇口切割部分(9)面向所述筒模的内表面或者所述顶模(2)的移动面。

## 光学元件的制造方法

本发明涉及光学元件以及制作高精度光学元件，如光学仪器中所用的透镜，棱镜和反射镜的方法和装置。

美国专利 US - A - 2304217 有关利用一个箱体制造透镜的方法和装置，该箱体覆盖一个顶模、一个底模和一个套筒。在由该顶模和底模将待模制的材料加热和加压的同时，在该顶模、该底模和该套筒周围施加以高压强。结果便可防止从该待模制的材料产生气体。

通用的加压模注光学元件的方法有如注射模塑法和加压模塑法(已出版的待批日本专利申请(公开)平5-17725)。在注射模塑法中，是将一小球体加热，揉压并溶化后充注到一个带衬套的空腔中。在加压模塑法中，将由注射模塑法模塑成最终形状的塑性材料放入保持在一定温度下的模具中，然后加压。

图11表示一种常规的模塑方法。其中标号27为光学元件，标号28为顶膜，29是底膜，而30代表筒状模；标号31是带热压机构的压头部分，而标号32是带加热机构的加压台部分。图12A和12B表示常规的模塑法中温度以及压力的变化。图12A表示光学元件的温度；图12B表示压头的压强。

将由注射模塑法模塑成最终形状的光学元件(聚碳酸酯)放入一个由顶膜28、底膜29和筒模30组成的空腔中。将顶模、底模和筒模的温度设定成比挠曲温度(由D648(ATM)测得)高，却比玻璃转变温度低。当光学元件的温度变得差不多与各模温度一样时，落下压头31。在由顶膜28以大约 $100\text{kgf}/\text{cm}^2$ 的压强使光学元件变形之后，不再加压。待模塑过的光学元件27被冷至挠曲温度之后取去顶模。

在这种通用的方法中,光学元件是在极高的压力下被模塑的,因而光学材料要进入到顶模或者底模与筒模之间的缝隙部分。这样一来,所模塑成的光学元件45就会带有芒刺(图13中的标号46)。带这种芒刺的光学元件给仪器带来不均匀特性和装配问题。因此,必须对这种带芒刺的光学元件进行加工,除去芒刺。另外,还需除去留在顶模、底模和筒模上的芒刺。这样就使制作光学元件的成本提高。

用普通注射模塑法模塑的光学元件有浇口切割部分。随着模塑过程中光学元件温度的增高,在浇口切割部分处形成凹入部分。在光学元件的光学功能区上留有这种凹入部分。换言之,用这种方法制成的光学元件,其形状和光学性质均较差,而且产率低。

浇口切割部分就是在浇口处将树脂切断的部分。浇口部分是一开口,在注射模型过程中,树脂即由此被注入模具的空腔内。由于把树脂注入浇口部分后要将其切断,很可能要有内应力并集中在树脂部分中,从而形成一个具有应变的瑕点。

本发明的目的是提供一种不使光学材料进到顶模或者底模与筒模之间缝隙部分的制作光学元件的方法和一种高精度制作具有上述光学性质之光学元件的装置,以解决上述常见的问题。

为了实现这些以及其它的目的和优点,本发明的制作光学元件方法包括如下步骤:将已粗略地模注过的光学物料置入由顶模、底模和筒模确定的空间中;加热并加压该光学物料。控制光学物料的压头的速度 $V_p$ ,以防该材料流入顶模外径与筒模内径之间及底模外径与筒模内径之间的缝隙部分。

按照本发明,至少在最终的形变过程中,将光学物料的塑性变

形速率控制在小于  $10\text{mm/sec}$ ，而在模注该光学物料的过程中，使温度维持在  $(T_g + 15) \leq T_p \leq (T_g + 60)$ ，其中， $T_p$  是光学物料温度的最大值， $T_g$  是光学物料树脂的玻璃转变温度。

最好以  $1.5-25.0\text{kgf/cm}^2$  的压强使光学物料在从玻璃转变点 ( $T_g$ ) 到温度最大值 ( $T_p$ ) 的范围被加压，变形。

最好还使光学物料预先受到形变，直至物料达到温度最大值 ( $T_p$ )，而当物料从  $T_p$  冷却到玻璃转变点 ( $T_g$ ) 时，以  $1.5-25.0\text{kgf/cm}^2$  的压强加压该物料。

最好在形变过程之前还用注射模塑法粗略地模注该光学物料。

该光学物料最好有一个在注射模塑过程中形成的浇口切割部分，而且该浇口切割部分是凸状的。

已经粗略模注过的光学物料最好有一浇口切割部分，而且最好将该物料放入，使该浇口切割部分面向筒模之内表面或加压装置的运动侧。

用制作光学元件的方法制作本发明的光学元件包括以下步骤：将已粗略模塑过的光学物料置入由顶模、底模和筒模确定的空间中，并加热、加压该光学物料，其中控制该物料的塑性变形速率，防止光学材料流入顶模或底模外径与筒模内径之间的缝隙部分。基本上形成一种在光学有效区既无芒刺也无应变的光学元件。

该光学元件最好是光学仪器中用的透镜。

该光学元件最好是光学仪器中用的棱镜。

该光学元件最好是光学仪器中用的反光镜。

制作本发明光学元件的装置包括顶模、底模、筒模和控制光学物料压头的速度  $V_p$  的机构。在把光学物料置入顶模、底模和筒模之

间的空间之后,本装置加热,加压并模塑该物料。控制光学物料之压头的速度 $V_p$ 的机构阻止材料流入顶模外径与筒模内径之间,以及底模外径与筒模内径之间的缝隙部分。

按照本发明,由该控制机构将该光学物料的塑性变形速率控制在小于 $10\text{mm}/\text{sec}$ ,而本装置还包括在模注该光学物料的过程中,将温度维持在 $(T_g + 15) \leq T_p \leq (T_g + 60)$ 的机构,其中, $T_p$ 是光学物料温度的最大值, $T_g$ 是光学物料树脂的玻璃转变温度。

本装置最好还包括一个在玻璃转变点( $T_g$ )与最大温度( $T_p$ )间的范围内以 $1.5-25.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 的压强使光学物料形变的机构。

本装置最好还包括一个使光学物料在达到最大温度之前使光学物料预形变的机构,和一个在物料自 $T_p$ 冷却至玻璃转变点( $T_g$ )时以 $1.5-25.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 压强使物料形变的机构。

本装置最好还包括将光学物料置入顶膜、底模和筒模之间的空间的机构,使光学物料的浇口切割部分面向筒模的内表面及加压机构的运动侧。

当光学物料的塑性变形速率比规定的变形速率快时,该物料要进行到顶膜、底模和筒模之间的缝隙部分。于是,在本发明的模塑过程中要降低这个塑性变形速率,防止光学材料进到该缝隙部分中。通过设定减低的压头速度、光学物料的温度,以及所加压强,控制这个塑性变形速率。

在模塑光学物料的过程中, $(T_g+15) \leq T_p \leq (T_g+60)$ ,其中 $T_p$ 是光学物料的最大温度, $T_g$ 是其玻璃转变点温度,加压使温度低于挠曲温度,使得顶膜或底膜的传热面高精度地在光学物料上传热,从而得到具有优良光学性质的光学元件。该挠曲温度由D648 (ASTM)测得。

即使在由注射模塑法预模塑的光学物料中形成凹入部分，在提高温度，以加压、模塑光学物料的过程中，仍需采用运送光学物料的机构，使之面向筒模的内表面或加压机构的可动表面。结果，这种凹入部分并不对光学元件提供负效应。

本发明中采用一种机构，它将由注射模塑法预模塑的光学物料的浇口切割部分留成凹形，从而即使在加压和模塑过程中提高光学物料的温度时，也避免浇口切割部分变成凹形。

于是，一种无芒刺的光学元件就由本发明所制成，而无需除去芒刺的处置。这样，光学元件的产率改善了，元件的成本也降低了。在光学元件里面也不可能保持应力，所以可用于模塑诸如小直径的薄透镜之类的光学元件。

另外，通过限制用注射模塑法预模塑之光学物料的送进方向，使得在物料浇口切割部分处形成的凹入部分被除去，同时使光学元件的产额得到提高。

通过将光学元件切割部分留成凸形，不依赖于物料的送进方向，就得到优良的光学元件。这样，使光学元件的产额提高，制作元件的成本也被降低。

图1A是表示模塑前本发明一种具体实施方式的光学物料截面视图；

图1B是表示模塑后本发明该种具体实施方式的光学物料截面视图；

图2是本发明具体实施例的光学物料截面视图；

图3A是本发明具体实施例的光学元件截面视图；

图3B是本发明具体实施例的光学元件截面视图；

图4 是表示本发明具体实施例的无芒刺形成模塑条件范围的曲线图;

图5A是表示本发明另一实施例模塑过程中光学元件温度变化的曲线图;

图5B是表示本发明该实施例模塑过程中压力变化的曲线图;

图5C是表示本发明该实施例模塑过程中塑性变形速率的曲线图;

图6A是表示本发明该实施例之光学物料面向筒模内表面的浇口切割部分的截面视图;

图6B是表示本发明该实施例之光学物料面向压头的浇口切割部分的截面视图;

图6C是表示本发明该实施例之光学物料面向加压台的浇口切割部分的截面视图;

图7A是利用注射模塑法模注的本发明另一具体实施例带浇口切割部分的光学物料截面视图;

图7B是加热后本发明该实施例带浇口切割部分的光学物料截面视图;

图8A是表示本发明模塑法的实施例在模塑过程中光学元件温度变化的曲线图;

图8B是表示光学元件压力变化的曲线图;

图8C是表示光学元件塑性变形的曲线图;

图9A是表示本发明模塑法之具体实施例加热过程的断面图;

图9B是表示本发明模塑法之具体实施例预形变步骤的断面图;

图9C是表示本发明模塑法之具体实施例最终形变步骤的断面图;

图9D是表示本发明模塑法之具体实施例冷却过程的断面图;

图10A 是采用注射模塑法模塑的本发明实施例带浇口切割部分的光学物料截面视图;

图10B 是加热后本发明实施例带浇口切割部分的光学物料截面视图;

图11是表示采用常规模塑法加压和形变光学物料的截面视图;

图12A表示常规方法中所用光学物料的温度变化;

图12B表示常规方法中压强的变化;

图13是采用常规模塑法模注的带芒刺光学元件截面视图。

以下参照下述各例及附图描述本发明。

#### 例1

图1A是被模塑之前光学物料的截面视图。图1B是被模塑后光学物料的截面视图。图中的标号1为光学物料,标号2是顶模,标号3是底模,标号4是筒模,标号5是带减速控制装置的压头部分,标号6是带加热装置的加压台部分,标号7是被模塑的光学元件。

如图1A所示,将光学物料1放入由顶模2、底模3和筒模4 确定的空间内,并放在压头5与加压台6之间。如图2所示那样,切割一块聚烯烃树脂(商品名"ZEONEX",日本Zeon公司产,玻璃转变点 $T_g$  140°C,挠曲温度 $T_t$ 123°C), 并做成具有RS为2.5mm及中心厚度(t)4.675mm的光学物料1。

顶模2、底模3和筒模4均采用硬质合金,并做成优选的形状。顶模2或底模3之外径为筒模4之内径间的缝隙约为5 $\mu$ m。

光学元件7大体上具有2.9mm之R1,4.6mm之R2,3.2mm的中心厚度(t)和5.0mm的外径。



利用压头5和加压台6将光学物料1加热至 $170^{\circ}\text{C}$ 的 $T_p$ (预定温度)10分钟。当光学物料1的温度达到 $T_p$ 时,按 $V_p$ 为 $0.1\text{mm}/\text{sec}$ 送进压头5,同时利用顶模2使光学物料1变形。换言之,压头5的速度 $V_p$ 是光学物料的塑性变形速度( $V_p$ )。一旦筒模4与顶模2接触,压头5就停止下降。

在保持预定温度 $T_p$ 10分钟之后,使已变形的光学物料1冷却,降到挠曲温度( $T_t$ )10分钟,另一方面使压头5进动。压头5与顶模2被分开,随后取出光学元件7。在温度达到该挠曲温度之前,在去掉压力时,弹性地回收该光学物料。这样,物料的传热精度下降。随着温度低于挠曲温度( $T_t$ ),将压头5放开,使顶模2被打开,以便取出光学元件7。在 $T_p$ 为 $170^{\circ}\text{C}$ (最大温度)和压强( $P$ )为 $3.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 的条件下,得到光学元件。如图3A所示,这种光学元件没有芒刺,而具有符合要求的发射波区和优选的中心厚度。该光学物料的塑性变形速率为 $0.1\text{mm}/\text{sec}$ 。

如图3A所示,由于光学物料1不进入顶模2或底模3的外径与筒模4的内径之间的缝隙所以光学元件7没有芒刺。

图4是表示预定温度 $T_p$ 与压头的速度 $V_p$ 间的关系,并指明无芒刺发生区的曲线图。横轴代表模塑过程中光学物料之最大温度 $T_p$ ,而纵轴代表光学物料之塑性变形速率 $V_p$ 。恰如图4所清楚地表示出,若使最大温度 $T_p$ 和压头的速度 $V_p$ 受到控制,即可无芒刺发生。

当最大温度 $T_p$ 处在挠曲温度 $T_t$ 与玻璃转变点 $T_g+40^{\circ}\text{C}$ 之间的范围内,且塑性变形速率低于 $10\text{mm}/\text{sec}$ 时,即可给出如图3A所示的光学元件。而当最大温度 $T_p$ 处于玻璃转变点 $T_g+40^{\circ}\text{C}$ 和玻璃转变点 $T_g+60^{\circ}\text{C}$ 间的范围内,可得到如图3B所示的光学元件。图3B所示的光学元件

无芒刺,但有几乎伸到縫隙部分的截口。考虑到容易装入光学仪器上及大量生产过程中温度和压力的均匀性,最好使最大温度 $T_p$ 处在挠曲温度 $T_t$ 与玻璃转变点 $T_g+40^\circ\text{C}$ 之间的范围内。

若最大温度 $T_p$ 在其它范围内,则如图13所示那样,会有芒刺出现在光学元件上(图中标号46代表芒刺)。若预先确定的温度 $T_p$ 低于挠曲温度 $T_t$ ,由于该温度处在塑性变形区内,所以光学元件不变形。若强行对光学元件加压,就会给出带有裂纹的光学元件。

当 $T_p$ 高于玻璃转变点时,光学物料熔化并变形,而光学物料的塑性变形速率与压头降低速率无关。此外,光学材料要进到顶模或底模的外径与筒模内径之间的縫隙部分,于是形成芒刺。

若以所传输的光的表面波前评价无芒刺的光学元件,则以在预定的玻璃转变点( $T_g+15^\circ\text{C}$ )温度时或稍高些制成的这种光学元件为最好(小于 $0.03\lambda$ ,  $\lambda=633\text{nm}$ ),而且没有什么多次折射。

虽然在本例中是用压头的进给速度来控制光学物料的塑性变形速率的,但也可用温度、压力等来控制。

代替本例中那种采用切割的光学物料,可采用利用注射模塑法以较低成本大量生产的光学物料。比如采用热塑性树脂(聚碳酸酯(PC)、聚甲基丙烯酸甲酯(MMA)等)这样的其它光学物料可得到同样的结果。

加热到温度 $T_p$ 的时间,处在温度 $T_p$ 的时间,以及从温度 $T_p$ 冷却至挠曲温度的时间均不限于上述那样。只要光学元件的温度低于挠曲温度,即可从模具中取出光学元件。顶模、底模以及筒模的材料并不限于硬质合金金属,也可采用诸如SUS以及无机玻璃等其它材料。在这些模具上也可制成保护层。

## 例2

图5A表示光学物料的温度变化,图5B表示压强变化,图5C表示塑性变化的变化。各图中的横轴代表时间。

图6A是表示利用注射模塑性且调整其入口部分面向筒模内表面制取的光学元件截面视图。图6B是表示一光学元件的截面视图,但调整其入口部分面向顶模。图6C是表示一光学元件的截面视图,调整其入口部分面向底模。

图6A、6B和6C中的标号8表示用注射模塑法制取的光学物料,标号9是该光学物料的入口部分,10为顶模,11为底模,12是筒模,标号13是带加热和加压机构的压头部分,标号14是带加热机构的加压台。

如图6A所示,由注射模塑法制取的光学物料8被放在顶模10、底模11和筒模12之间,而入口部分被设置成面向筒模12的内表面。

使用聚烯烃树脂作为光学物料8。玻璃转变点( $T_g$ )为 $140^{\circ}\text{C}$ ,而挠曲温度( $T_t$ )为 $123^{\circ}\text{C}$ 。此光学物料具有直径 $4.48\text{mm}$ 的球粒形状,且具有如图7A所示之入口切割部分41。

例1中所用的顶模10、底模11和筒模12也可用于本例中。光学物料被置于压头13和加压台14之间。压强( $P$ )如图5B所示那样,保持为 $5.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。如图6A所示,利用压头5和加压台6将光学物料加热至高于玻璃转变点( $155^{\circ}\text{C}$ )的物料温度 $T_p$ 。控制这个温度在15分钟内达到 $T_p$ 。

如图6C所示,在挠曲温度( $T_t$ )以下,光学物料8略处弹性形变中。不过,当温度超过载荷-挠曲温度时,光学物料渐渐处于弹性变形中。塑性变形速率是个比值{(模塑前光学物料的中心厚度-模塑过程中光学物料的中心厚度)/(模塑前光学物料的中心厚度-光学元件的中

心厚度)}。

当温度超过玻璃转变点(Tg)时,光学物料开始变形。本例中,最大温度Tp保持20分钟。取决于最大温度(Tp)和压强(P),可有多种形变过程(如图5C中的A和B)。

然后,利用压头13和加压台14使光学物料冷却,为的是在30分钟内将温度设置在低于挠曲温度(Tt),而对物料加压。当温度达到挠曲温度之前,去掉压力时,光学物料弹性复原。因而材料的传输精确度下降。

随着温度低于挠曲温度(Tt),放大压头13,同时打开顶模10,以便取出光学元件8。在Tp(最大温度)为155°C,压强(P)为5.0kgf/cm<sup>2</sup>的条件下,得到一种光学元件。这种光学元件没有图3A所示的芒刺,而有所需的传输波区和优选的中心厚度。光学物料的塑性变形速率是0.07mm/sec。

经验指出,只要使最大温度(Tp)和压强(P)改变,即可阻止塑性形变速率改变。下表表示经验评估值。光学元件的传输波区域由一干涉仪测得。其中:

- (1) 为压强(P) (kgf/cm<sup>2</sup>)
- (2) 为变形速率(mm/sec)
- (3) 为芒刺
- (4) 为被传输光的表面波前(RMS(λ))
- (5) 为中心厚度

A : 符合要求

B : 不符合要求

\* (一)表示由于形变停止,未测得形变速率。

表 1

最大温度 Tp(°C)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
205	1.0	11.1	出现	0.025	A
	1.5	14.3	出现	0.020	A
	5.0	20.0	出现	0.019	A
	25.0	33.3	出现	0.023	A
	25.5	50.0	出现	0.026	A
200	1.0	-	未发现	0.038	B
	1.5	1.50	未发现	0.021	A
	5.0	5.60	未发现	0.024	A
	25.0	9.68	未发现	0.023	A
	25.5	39.5	出现	0.028	A
190	1.0	-	未发现	0.042	B
	1.5	0.10	未发现	0.022	A
	5.0	1.12	未发现	0.029	A
	25.0	4.59	未发现	0.027	A
	25.5	33.3	出现	0.026	A
180	1.0	-	未发现	0.047	B
	1.5	0.08	未发现	0.022	A
	5.0	0.27	未发现	0.018	A
	25.0	2.15	未发现	0.027	A
	25.5	26.8	出现	0.033	A
170	1.0	-	未发现	0.044	B
	1.5	0.05	未发现	0.021	A
	5.0	0.20	未发现	0.022	A
	25.0	1.67	未发现	0.023	A
	25.5	20.0	出现	0.033	A
155	1.0	-	未发现	0.049	B
	1.5	0.03	未发现	0.018	A
	5.0	0.07	未发现	0.026	A
	25.0	1.25	未发现	0.024	A
	25.5	12.5	出现	0.035	A
150	1.0	-	未发现	0.055	B
	1.5	-	未发现	0.047	B
	5.0	-	未发现	0.049	B
	25.0	1.11	未发现	0.046	A
	25.5	11.1	出现	0.044	A

从表1清楚地看出,在最大温度( $T_p$ )为从玻璃转变点( $T_g+15^\circ\text{C} = 155^\circ\text{C}$ )到 $T_g+60^\circ\text{C}$  ( $200^\circ\text{C}$ )压强为 $1.5\text{-}25.0\text{kgf/cm}^2$ 的情况下,可以得到不带芒刺、有优良的被传光的表面波前 (小于 $0.03\lambda$ , 且  $\lambda = 633\text{nm}$ ),并有所需中心厚度的光学元件。在这些优选的条件下,塑性形变速率小于 $10\text{mm/sec}$ 。随着最大温度( $T_p$ )超过 $T_g+60^\circ\text{C}$ , 被传光的表面波前虽好,但由于光学材料进到缝隙中,所以光学元件上会出现芒刺。当压强超过 $25.5\text{kgf/cm}^2$ 时,塑性变形速率较高,因而光学元件上会出现芒刺。随着 $T_p$ 低于 $T_g+15^\circ\text{C}$ ,或者压强( $P$ )低于 $1.5\text{kgf/cm}^2$ ,不再出现芒刺,但中心厚度及被传输光的表面波前变劣。

若使由注射模塑法制取的光学物料的温度升高,如图7B所示那样,浇口切割部分(图7A中的标号41)朝着物料中心变形,从而形成一凹入部分。在例2中,调整光学元件取向,以便将浇口切割部分设置成面向筒模的内表面,从而减小浇口切割部分的凹度,同时获得良好的光学性质。在把浇口切割部分设置成面向加压装置的可动侧(图2中的顶模)时,也可以得到优良的光学性质。不过,若将浇口部分设置成面向加压装置的不动侧(图2中的底模),浇口切割部分处将保持凹入部分,于是就得不到良好的光学性质。表2表示与浇口部分的取向有关的被传光的表面波前的评估。给出所需的被传光的表面波前及无芒刺的优选条件用来评定这种表面波前。

表 2

	浇口切割部分的方向		
	面向鼓模的 内表面	面向可动侧 (顶模)	面向不动侧 (底模)
(A)	○	○	X

(A) 是对所传光的表面波前的评估

\* ○ = 小于  $0.03 \text{ RMS } \lambda$

X = 不能测量

如表2所示,元件的光学性质与光学物料的浇口部分被怎样设置有关。因而,通过调整该浇口部分的取向,就能高产地制造光学元件。

### 例3

图8A表示光学物料的温度变化,图8b表示压强变化,图8C表示塑性变化的变化。各横轴均代表时间。

图9A表示光学物料在加热过程中的截面视图。图9B表示光学物料在预形变过程中的截面视图。图9C表示光学物料在最终形变过程中的截面视图。图9D表示光学物料在冷却过程中的截面视图。这些图中,标号15是以注射模塑法事先模塑成的光学物料,标号16是顶模,

标号17是底模,标号18是筒模,标号19是带加热机构的第一压头,标号20是带加热机构的第一加压台,标号21是带加热和加压机构的第二压头,标号22是带加热机构的第二加压台,标号23是带加热和加压机构的第三压头,标号24是带加热机构的第三加压台,标号25是带加热和加压机构的第四压头,标号26是带加热机构的第四加压台。顶模或底模、筒模、以及各加压台间的光学物料通过承载导轨(各图中均未示出)移动,而它们受到承载臂的支承。

如图10A中由注射模塑法模塑成的光学物料15被放在第一压头19与第一加压台20之间和顶模16、底模17及筒模18之间。

光学物料15采用聚烯烃树脂。玻璃转变点( $T_g$ )为 $140^{\circ}\text{C}$ ,而挠曲温度( $T_t$ )为 $123^{\circ}\text{C}$ 。将图10A所示的浇口切割部分设置成面向筒模18的内表面。

控制第一压头19和第一加压台20的温度,以便设定光学物料15的挠曲温度( $T_t$ )在60秒钟内等于 $123^{\circ}\text{C}$ (图9A)。

在预形变过程中(图9B),使顶模16、底模17、筒模18以及光学物料15放到第二压头21和第二加压台22之间。

在预形变过程中,以 $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ 的压强( $P_y$ )使光学物料15变形至形变等级L(图8B和8C)。塑性变形速率是 $30\text{mm}/\text{sec}$ 。在本例中,L为60%。在加热过程中,预形变过程持续60秒钟。当预形变过程结束时,设定第二压头21和第二加压台22的温度,以使光学物料15的温度达到最大值 $180^{\circ}\text{C}$ ( $T_p$ )。

在最终变形过程中,使顶模16、底模17、筒模18,以及光学物料15放到第三压头23和第三加压台24之间(图9C)。将第二压头23和

第三加压台24的温度控制在预先确定的温度(图8A),以便将光学物料15的温度冷却至接近玻璃转变温度( $T_g$ )。

由第三压头23施加 $5.0\text{kgf/cm}^2$ 的压强( $P$ ),实现光学物料15的最终变形。

在冷却过程中(图9D),使顶模16、底模17、筒模18和光学物料15在第四压头25与第四加压台26之间移动。在以第四压头25使光学物料受到 $30\text{kgf/cm}^2$ 压强( $P_r$ )情况下,将其冷却至低于挠曲温度( $T_t$ )。冷却过程以后,抬起第四压头25。然后打开顶模16,取出光学元件。该光学元件具有良好的被传输光的表面波前,而且无芒刺。

在最大温度( $T_p$ )和压强( $P$ )改变的情况下评价光学元件,并在最终形变过程中改变塑性变形速率。结果示于下面的表3中,利用干涉仪来评价被传输光的表面波前。

表中:

- (1) 最大温度 $T_p$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
- (2) 压强(P) ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )
- (3) 变形速率 ( $\text{mm}/\text{sec}$ )
- (4) 芒刺
- (5) 被传光的表面波前 ( $\text{RMS}(\lambda)$ )
- (6) 中心厚度

\* (一) 表示由于变形停止, 来测到变形速率

如表3所示, 在玻璃转变点是从 $T_g+15^{\circ}\text{C}$  ( $155^{\circ}\text{C}$ ) 到 $T_g+60^{\circ}\text{C}$  ( $200^{\circ}\text{C}$ ), 且压强是从 $1.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 到 $25.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 情况下, 得到具有良好被传输光表面波前 (小于 $0.03\text{RMS}$ ), 和所需中心厚度且无芒刺的光学元件。另外, 塑性变形速率小于 $10\text{mm}/\text{sec}$ 。

为避免芒刺, 在形变结束之前补偿塑性变形速率是危险的。在预形变过程中, 不会完成形变, 为的是该过程中塑性变形速率不会对芒刺的产生有影响。

在例3中, 在加热过程、预形变过程、最终形变过程和冷却过程中采用一个压头和加压台。不过, 各个过程可被分开, 也可多个过程联合。光学物料的形状不限于球形。这个形状可与光学元件相似。

当采用如图10A所示的带浇口43的光学物料时, 随着光学物料温度的升高, 没有出现凹入部分 (图10B) 中的标号44部分)。所以, 可以看到, 只要采用带浇口部分的光学物料, 即可得到优良的光学元件, 而与带浇口的光学物料如何放在模塑装置中无关。这样, 模塑过程就得简单了, 得到具有良好特性的光学元件, 而且不受光学元件在模塑装置中如何取向的影响。表4表示根据浇口部分的取向对被传输

光表面波前的评价,

表 4

	浇口切割部分的方向		
	面向筒模的 内表面	面向可动侧 (顶模)	面向不动侧 (底模)
(A)	○	○	○

(A) 被传输光表面波前的评价

\* ○=小于 $0.03RMS \lambda$

本发明也可以其它方式具体实施而不违反其精神和本质特点。本申请所描述的这些实施例都被认为是举例的,而非限制性的,本发明的范围由所附各权利要求表明,而限于上面的叙述,在各权利要求等值的意义和范围内的一切变化均被认为包含于此。

说明书附图

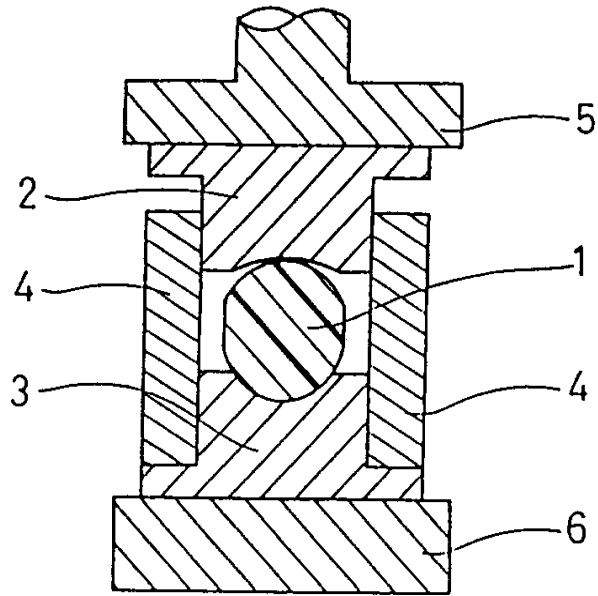


图 1A

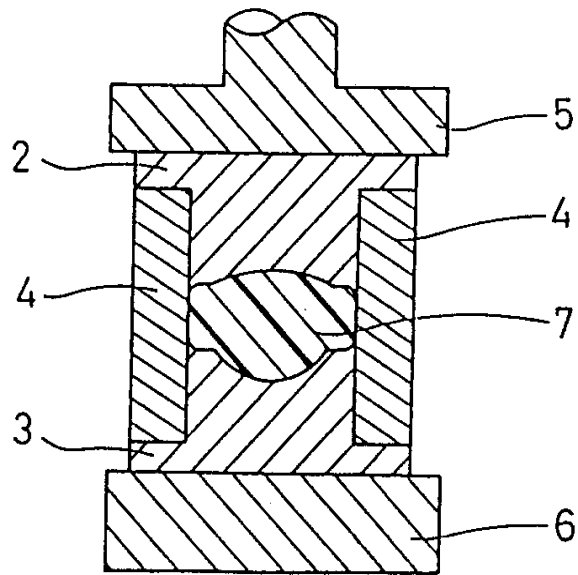


图 1B

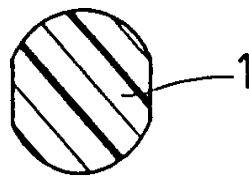


图 2

图 3A

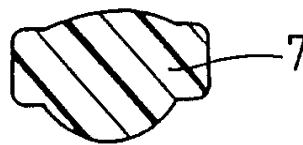
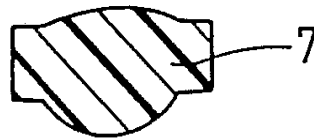
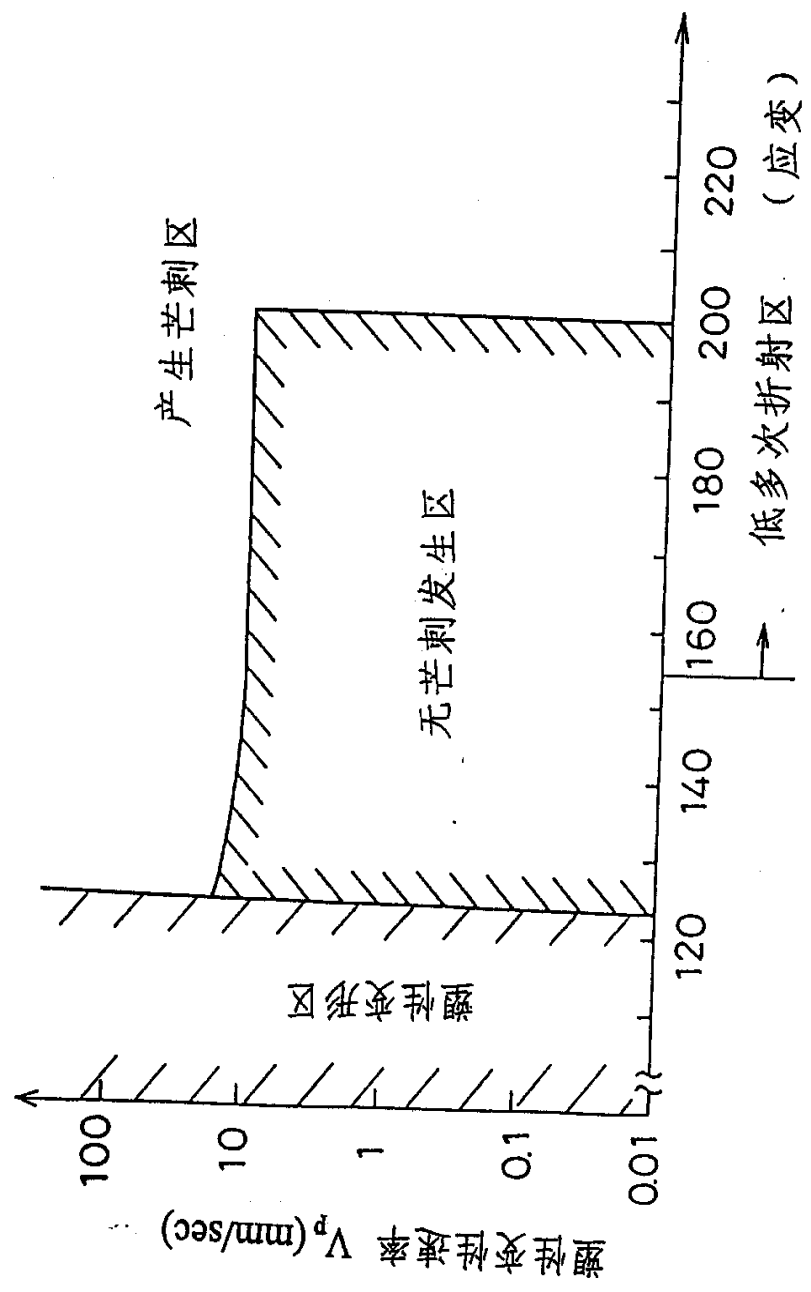


图 3B





光学物料的最大温度  $T_p$  (°C)

图 4

图 5A

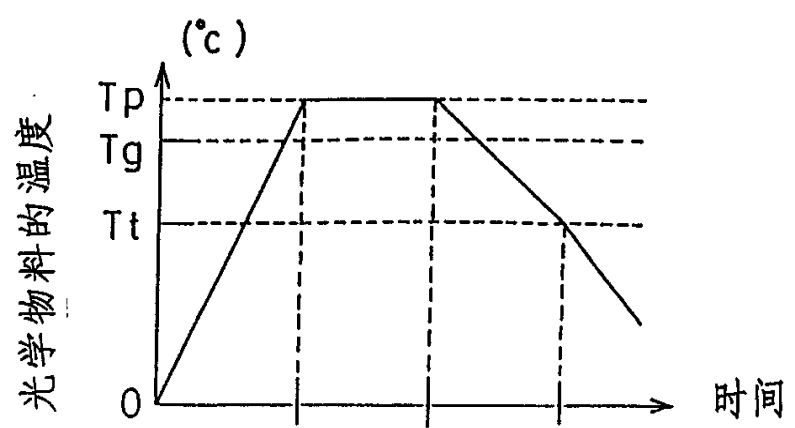


图 5B

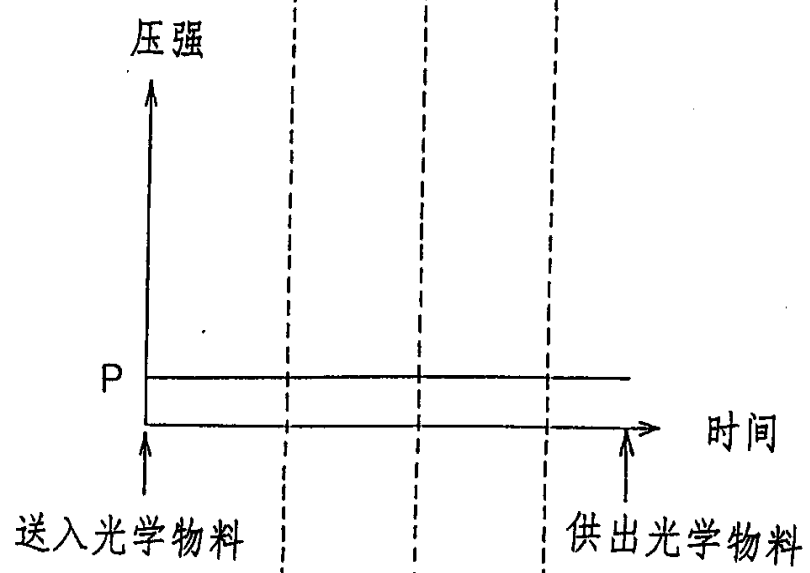


图 5C

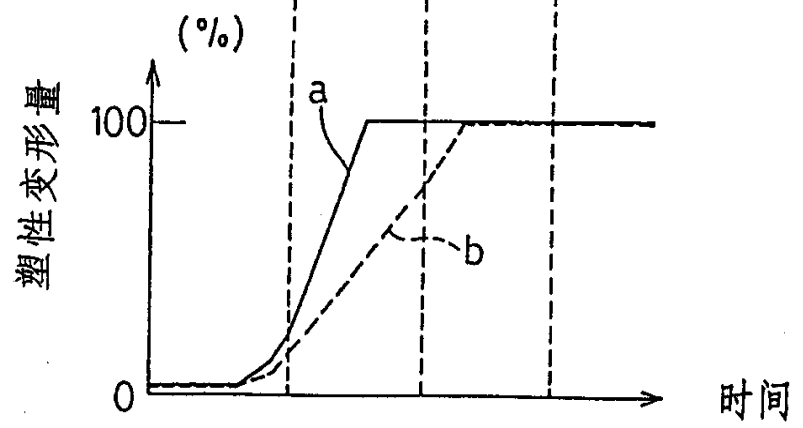


图 6A

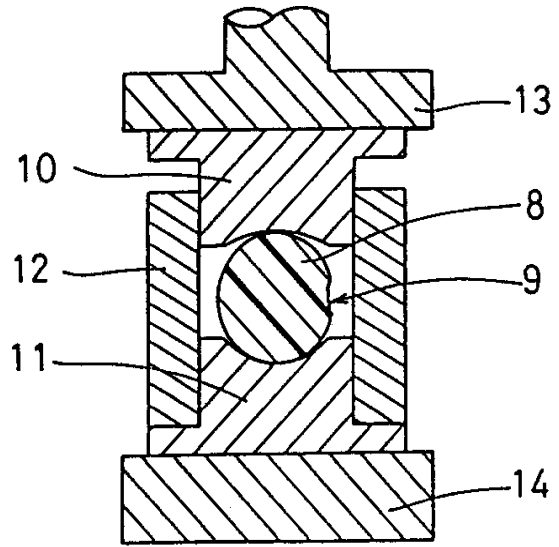


图 6B

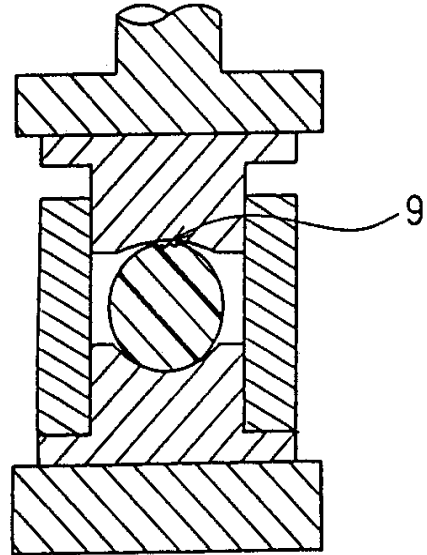


图 6C

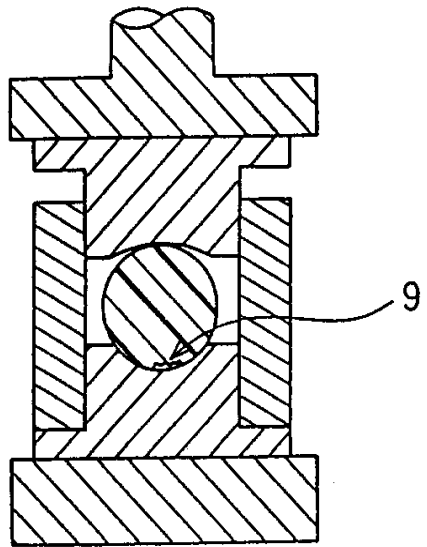


图 7A

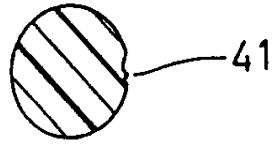


图 7B

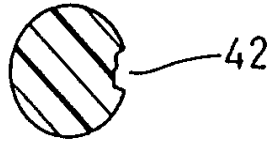


图 8A

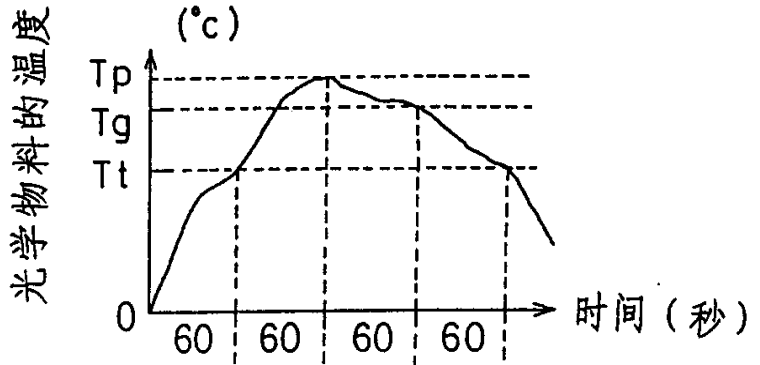


图 8B

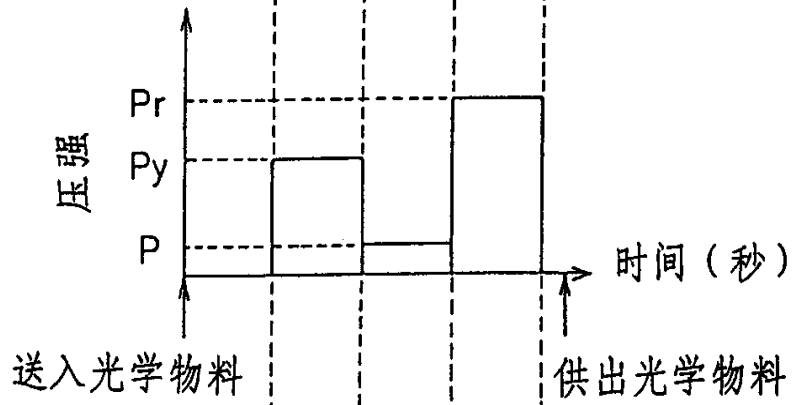
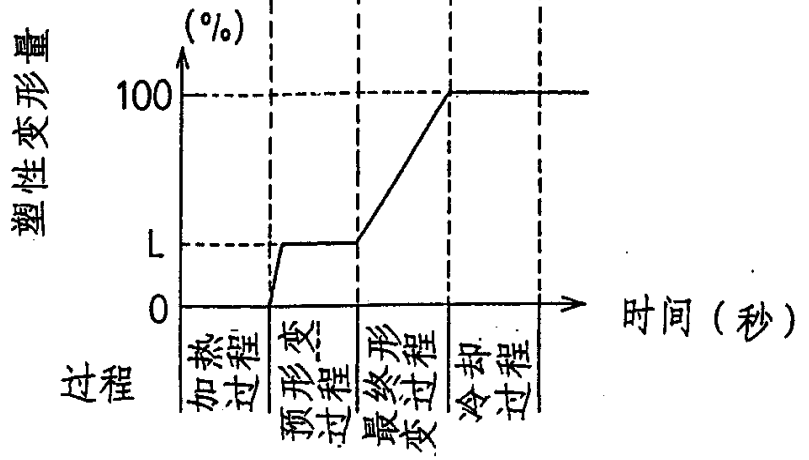


图 8C



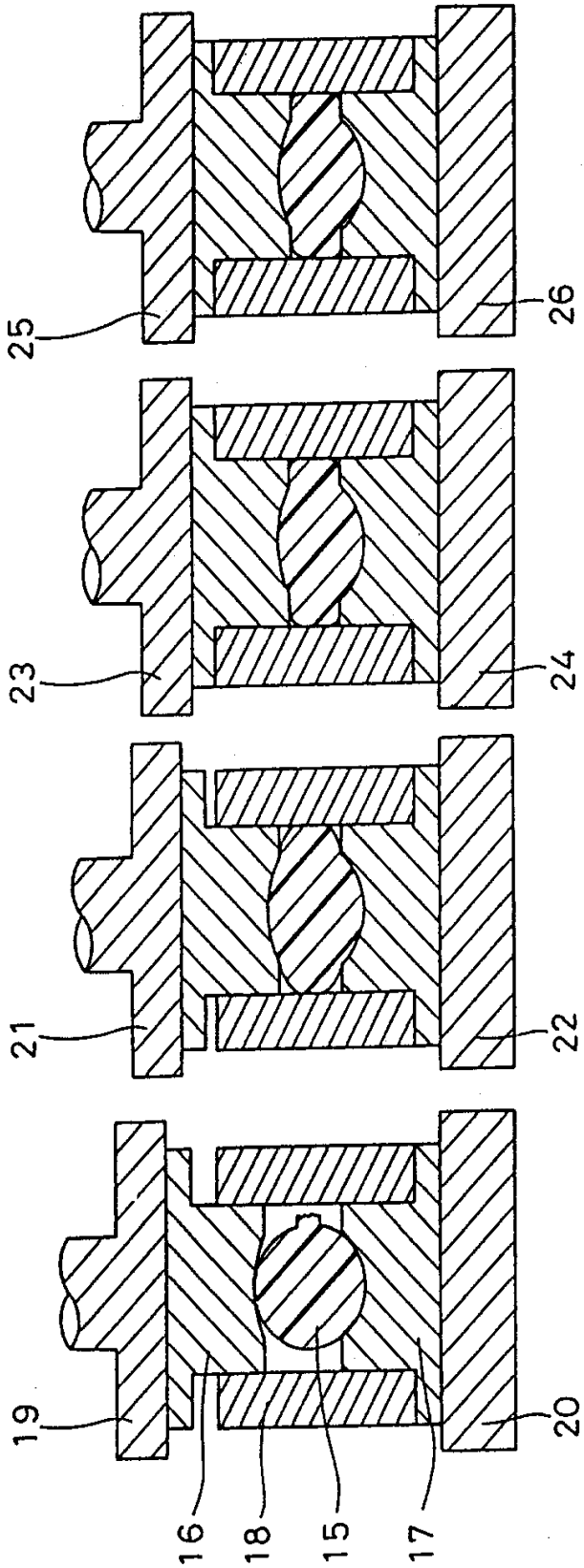


图 9D

图 9C

图 9B

图 9A

图 10A

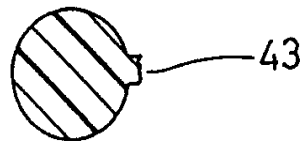
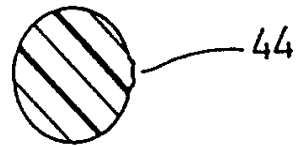


图 10B



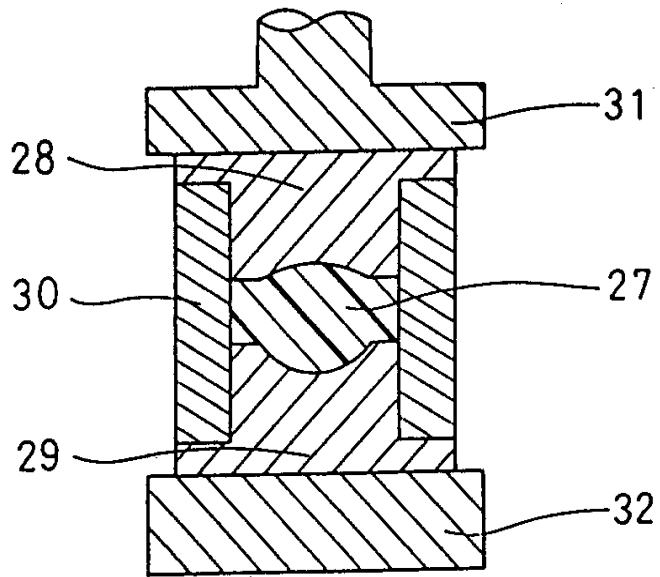


图 11 (现有技术)

图 12A (现有技术)

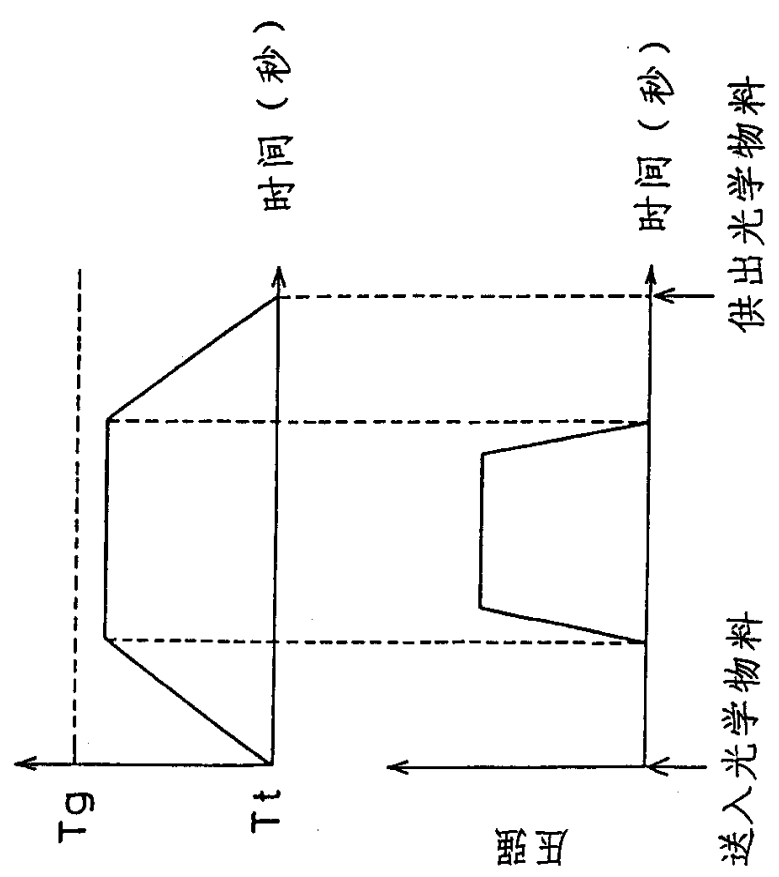


图 12B (现有技术)

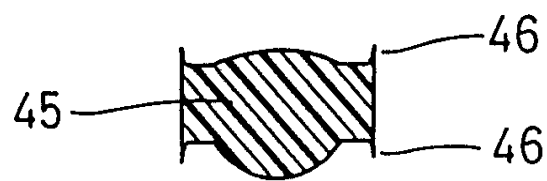


图 13 (现有技术)