



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103119488 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 22

(21) 申请号 201180041554. 0

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

(22) 申请日 2011. 06. 28

代理人 赵燕青

(30) 优先权数据

61/359, 327 2010. 06. 28 US

(51) Int. Cl.

G02B 6/25(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 02. 27

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/042256 2011. 06. 28

(87) PCT申请的公布数据

W02012/006127 EN 2012. 01. 12

(71) 申请人 毫微精密产品股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 M. K. 巴诺基 S. T. 古拉蒂 K-F. 希

D. 科克 W. R. 伯维尔 R. R. 瓦兰斯

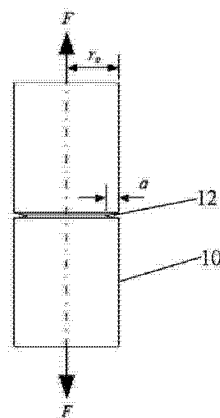
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

光纤的确定性切割

(57) 摘要

将轴向张力施加至在预期的切割位置(12)处已刻痕的光纤(10), 其中以时变的方式施加轴向张力, 以便将纤维上用于裂纹的应力强度因子维持在可接受的水平之内, 从而以合理的速率产生稳定的裂纹生长来切割纤维, 无需对端面抛光。通过维持基本恒定的应力强度因子, 将对施加的随时间的张紧力的仔细控制作用为对扩展裂纹的速度的控制。所施加的轴向张紧力随着时间和 / 或裂纹生长而减少(因为裂纹扩展)。结果, 通过在无需抛光的情况下形成具有光学质量表面的单一平面来释放纤维材料中的应变能。在光纤的被切割端部处形成具有增强光学质量的大致平坦的光学表面。



1. 一种切割光纤的方法,包括:
在所述光纤的表面处提供初始裂纹;
施加初始力,以从所述初始裂纹引发裂纹生长;以及
在引发裂纹生长之后,将轴向力以时变的方式施加至所述光纤,以扩展裂纹生长来切割所述光纤。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,以单调递减的方式施加所述轴向力。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中,以随时间减小的方式施加所述轴向力。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中,通过以一速率减小的方式施加所述轴向力,所述速率随时间减小。
5. 根据权利要求2所述的方法,其中,以随裂纹生长减小的方式施加所述轴向力。
6. 根据权利要求5所述的方法,其中,通过以一速率减小的方式施加所述轴向力,所述速率随裂纹生长逐步减小。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中,施加所述轴向力,以产生介于 10^{-6} 和 10^{-4} m/s 之间的裂纹生长速度。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,施加所述轴向力,以在所述光纤上产生用于裂纹的应力强度因子,当所述轴向力减小时,所述应力强度因子维持基本恒定。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中,施加所述轴向力,以在所述光纤上产生用于裂纹的应力强度因子,所述应力强度因子介于 $0.750\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ 和 $0.35\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ 之间。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中,施加所述轴向力,以便以合理的速率产生稳定的裂纹生长,以在无需抛光的情况下获得具有光学质量的被切割端面。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述具有光学质量的被切割端面相对于标称平面具有小于 100nm 的最大变化量,并且具有小于 5nm 的表面峰-谷粗糙度。
12. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述初始裂纹在所述光纤周围是圆周的。
13. 根据权利要求1所述的方法,其中,在不产生超出所述初始裂纹的亚表层裂纹的情况下产生所述初始裂纹。
14. 根据权利要求1所述的方法,其中,在张紧状态下施加所述轴向力。
15. 一种切割光纤的方法,包括:
在所述光纤的表面处提供初始裂纹;
施加初始力以引发裂纹生长;以及
将轴向力施加至所述光纤,以便以合理的速率产生稳定的裂纹生长,以在无需抛光的情况下获得具有光学质量的被切割端面。
16. 根据权利要求15所述的方法,其中,施加所述轴向力,以在所述光纤上产生用于裂纹的应力强度因子,所述应力强度因子等于或低于产生稳定的裂纹生长的临界应力强度因子。
17. 根据权利要求16所述的方法,其中,所述应力强度因子介于 $0.750\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ 和 $0.35\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ 之间。
18. 根据权利要求15所述的方法,其中,以时变的方式施加所述轴向力。
19. 根据权利要求18所述的方法,其中,以随时间减少的方式施加所述轴向力。
20. 根据权利要求18所述的方法,其中,以随裂纹生长减少的方式施加所述轴向力。

光纤的确定性切割

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤,具体涉及切割光纤以缩短其长度并在纤维上产生平端。

背景技术

[0002] 经由光纤波导发送光能有许多优点,并且其用途是不同的。可以简单地使用单个或多个纤维波导,用于将可见光发送到远程位置。复杂的通信系统可以发送多个特定的光信号。这些设备常常需要将端至端关系的纤维与代表光损失的源的接合处相联。被切割端部应平滑且无缺陷。如果纤维的两端参差不齐,则由于在切割的端面处(例如,接头或接合区域)的光反射和光折射可导致光损失过大。对于绝大多数的光纤应用,重要的是切割纤维,使得纤维的端部完全平坦,准备用于联接。当以端至端的关系布置光纤时,为了使光损失最小化,期望使纤维的端面光滑且位于与纤维的轴线垂直或成特定角度的平面中。总之,被切割的纤维端面需要成为具有镜面质量的单一平面,以优化在可拆卸的连接器、永久接头和光子器件中的纤维之间的联接。

[0003] 通过使用机械切割或者激光切割来完成常规的切割。迄今为止,根据用于产生切割的一种常规的机械切割方法,首先将光纤置于轴向张力下,进而给光纤刻痕以开始切割。由此得到的切割角度和表面特征是刻痕质量及轴向应力和 / 或光纤中的应变分布两者的直接结果。施加轴向张力对扩展切割是必要的。然而,太多的张力将导致切割扩展过快,从而在被切割的端部中产生锯齿。如果使用的张力过少,则需要将刻痕边缘非常深地穿透到纤维中,以开始切割,从而引起不良的切割。

[0004] 鉴于在纤维的被切割端部处产生的缺陷,目前的切割方法涉及的光纤常规切割,后面跟随在通过将得到的端面机械抛光,以消除非平面形式的切割面的缺陷。替代方法是使用上述工艺,但用激光抛光取代机械抛光。这样的抛光步骤可实现自动化,但它需要复杂而昂贵的装备以及相当复杂的过程,这限制在工厂或实验室执行该操作。此外,当由于激光抛光工艺使纤维的端部熔化并重新固化时,纤维的形状变形,往往增加直径。

[0005] 激光切割可产生仍需要进一步抛光以产生平坦的切割面的端部纤维表面,或产生在激光切割过程中已经激光抛光的端面。激光切割在纤维的被切割端部处产生明显更好的光学表面,但实施该工艺必须使用专用的切割装备(例如见 OpTek Systems 公司经销的自动且完全集成的激光切割系统 ;www.opteksystems.com)。

[0006] 在通信系统、数据处理和其它信号传输系统中相对广泛且不断增加地利用光纤已产生了对相互结合端子(inter-joining terminals)的令人满意及有效的手段的需求。目前,大多数可拆卸的纤维连接器是在工厂安装的。对于光纤的现场安装,特别理想的是,开发一种可以简单可靠地调配以正确切割光纤的工艺,以便当随后联接纤维时使光损失最小化。有必要开发一种有效、高效且可靠的方法来制备光纤端面。

发明内容

[0007] 本发明提供了一种工艺,其可以简单且可靠地调配,以正确地切割光纤来获得平

滑的端部,以便当随后联接纤维时使光损失最小化。根据本发明的工艺提供了一种有效、高效且可靠的方法来制备光纤端面,无需抛光。

[0008] 根据本发明的一个方面,将轴向张力施加至在预期的切割位置处已刻痕有初始表面裂纹的光纤,其中所施加的轴向张力被调节为将用于裂纹的应力强度因子维持在可接受的水平之内,以便以合理的速率产生稳定的裂纹生长来切割纤维,无需对端面抛光。更具体地,在本发明的一个实施方式中,基本方法就是:在光纤外径上完全绕纤维圆周或者在所选区域中绕该圆周将槽刻痕到光纤中,进而施加与纤维纵轴共轴的时变力来切割纤维。当纤维被刻痕时,它最初能够或不能被保持在基本恒定的张力下。仔细控制的刻痕工艺仅提供了初始表面裂纹,没有亚表层裂纹,这限定了横过纤维的裂纹扩展将接纳足够轴向张力的位置。通过刻痕工具或激光切割或者进行诸如聚焦离子束的其它形式的切除,能够以机械方式产生刻痕。将时变力施加至纤维会导致初始裂纹沿径向向内扩展向纤维的中心。在一个实施方式中,通过维持基本恒定的应力强度因子,将对施加的随时间的张紧力的仔细控制作用为对扩展裂纹的速度的控制。在另一实施方式中,所施加的轴向张紧力随着时间和/或裂纹生长而减少(因为裂纹扩展)。结果,通过在无需抛光的情况下形成具有光学质量表面的单一平面来释放纤维材料中的应变能。更具体地,在光纤的被切割端部处形成大致平坦的光学表面或增强质量的面。通过适当地布置初始刻痕,该面可以相对于纤维的纵轴成角度地形成。

附图说明

[0009] 为了更充分地理解本发明的实质和优点以及所使用的优选模式,应参考结合附图诠释的以下详细说明。在下面的附图中,相同的标号表示在整个附图中相同或类似的部分。

[0010] 图 1 图示了根据本发明的一个实施方式的使用模式 I 的光纤切割。

[0011] 图 2 是在石英光纤上作为裂纹深度的函数的拉力的图示。

[0012] 图 3 是裂纹生长速度随应力强度因子的图表。

[0013] 图 4 是在纤维上作为时间的函数的拉力的图示。

[0014] 图 5 是光纤的来自点裂纹的断裂面的记录图(monograph)。

具体实施方式

[0015] 下面,就各种实施方式参照附图来描述本发明。虽然为了实现本发明的目的而按照最佳模式描述了本发明,但本领域技术人员将理解,鉴于这些教导在不脱离本发明的精神或范围的情况下可完成变型。

[0016] 本发明提供了一种可以简单可靠地调配以正确切割光纤而获得光滑端部的工艺,以便当随后联接(例如,接合或端至端地联接)纤维时使光损失最小化。根据本发明的工艺提供了一种有效、高效且可靠的方法来制备光纤端面而无需抛光,这便于在工厂中进行操作,并且也可便于在现场环境中进行操作。

[0017] 在本发明的一个方面中,施加至光纤(其在期望的切割位置处已被刻痕,以产生初始的表面裂纹)的轴向张力被调节成使得在纤维上与裂纹有关的应力强度因子维持在可接受的水平,以便以合理的速率产生稳定的裂纹生长来切割纤维。在本发明的另一方面中,以时变方式施加轴向张力。

[0018] 更具体地,在本发明的一个实施方式中,基本的方法是:在光纤外径上完全绕纤维圆周或者在所选区域中绕该圆周将槽刻痕或划线进入光纤中,进而施加与纤维纵轴共轴的时变力来切割纤维。当纤维被刻痕时,它最初能够或不能被保持在基本恒定的张力下。通过刻痕工具或激光切割或者进行诸如离子束的其它形式的切除,能够以机械方式产生刻痕。仔细控制的刻痕工艺仅提供了具有期望裂纹深度的初始表面裂纹,没有亚表层裂纹(即,在被刻痕的槽的底面下方无裂纹),这限定了一位置,其中横过纤维的裂纹扩展将接纳足够的轴向张力。具体而言,给槽刻痕产生具有几十纳米的初始表面裂纹,由此刻痕工具在韧性模式下切割纤维的材料,而不是脆性模式,从而避免了被刻痕的槽的底部下方的亚表层裂纹。通过精密地进给刻痕工具或用轻微弹簧力将该工具压在纤维上,可实现在刻痕过程中的浅的切割深度(在几十纳米以下)。将时变力施加至纤维会导致初始裂纹沿径向向内扩展向纤维的中心。

[0019] 在一个实施方式中,通过在纤维上维持用于裂纹的可接受的应力强度因子(例如,基本恒定的应力强度因子,其低于特定加载模式下的临界应力强度因子),将对施加的随时间的张紧力的仔细控制作用为对扩展裂纹的速度的控制。结果,通过在无需抛光的情况下形成具有光学质量表面的单一平面来释放纤维材料中的应变能。更具体地,在光纤的被切割端部处形成大致平坦的光学表面或增强质量的面,无需抛光。通过适当地布置初始刻痕(例如,相对于纤维的纵轴在平面上成一角度(例如,8度)的椭圆刻痕),该面可以相对于纤维的纵轴成角度地形成。

[0020] 在本发明的另一实施方式中,在所施加的轴向张紧力开始上升到足以引发裂纹生长的水平之后(切割过程中的峰值轴向张力,同时维持用于裂纹的应力强度因子低于临界应力强度因子),所施加的轴向张紧力然后从这样的峰值轴向张力随着时间减少,同时牵拉纤维的端部以继续裂纹生长。从另一个角度,在通过使轴向张力开始上升到峰值轴向张力而引发裂纹扩展之后,随着裂纹深度进一步增长,所施加的轴向张紧力减少。在下文中描述的所公开的实施方式中,所施加的轴向张紧力单调递减,并进一步以随时间或裂纹生长减小的速率而减小。应注意,峰值轴向张紧力可大于引发裂纹生长所需的张紧力,并且峰值轴向张紧力可在短暂的时期内保持恒定,在轴向张紧力减少之前作为上升的一部分。

[0021] 虽然这对理解本发明不是必需的,但下面要简要讨论支持本发明改进方案所提出的理论。

[0022] 纤维断裂有三种基本模式:模式 I (开放模式)、模式 II (滑动模式)和模式 III (撕裂模式)。对于光纤在该独创的确定性纤维切割过程中的受控断裂,应用模式 I。参照图 1,示出了示例性的光纤 10 的截面。对于图 1 中的图示,仅示出了裸纤维(即,包括芯部和包层),并且省略了保护性聚合物涂层。纤维 10 是圆柱形的,具有圆形的横截面。纤维 10 具有掺杂二氧化硅的芯部,该芯部涂覆有二氧化硅包层。如图所示,外部周向裂纹 12 设置在光纤 10 周围(即,位于包层的表面上),以引发裂纹扩展用于使用模式 I 加载进行切割。例如,在纤维绕其轴线旋转或硬质合金刀尖绕纤维旋转的同时,通过用金刚石或刀尖对纤维刻痕或划线,制备在纤维上具有裂纹深度 a 的周向裂纹。当由时变拉力 F (即,大小相等且方向相反的轴向张紧力 F)沿轴向牵拉纤维 10 的一端同时保持纤维 10 的另一端时,实现稳定的裂纹生长扩展条件,其中纤维上的周向裂纹在稳定的裂纹生长速度之内沿径向向内朝向中心生长。

[0023] 考虑变量和基本方程,包括以下内容:

[0024] 变量:

[0025] K_I = 应力强度因子

[0026] σ = 所施加的应力

[0027] a = 裂缝深度

[0028] a_0 = 初始裂纹深度

[0029] α = 乘以的因子

[0030] F = 所施加的拉力

[0031] A = 未断裂的纤维面积

[0032] r_0 = 纤维的半径(从包层表面)

[0033] V = 裂纹生长速度

[0034] t = 时间

[0035] C = 拟合参数

[0036] n = 拟合参数(疲劳恒定)

[0037] 应注意,乘以的因子 α 可引用 A. Y. T. Leung 和 R. K. L. Su 的“轴对称裂纹的二级有限元研究(Two-Level Finite Element Study of Axisymmetric Cracks),”国际断裂杂志(International Journal of Fracture),89,193-203 (1998)。

[0038] 基本方程:

$$[0039] \quad K_I = \sigma \sqrt{\pi a \alpha}$$

$$[0040] \quad \sigma = F/A$$

$$[0041] \quad A = \pi r^2$$

$$[0042] \quad r = r_0 - a$$

$$[0043] \quad \alpha = K_I / (\sigma \sqrt{\pi a}) = \frac{1}{2} \left(\frac{r_0}{r} \right)^{3/2} \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{r}{r_0} \right) + \frac{3}{8} \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 - 0.363 \left(\frac{r}{r_0} \right)^3 + 0.731 \left(\frac{r}{r_0} \right)^4 \right]$$

$$[0044] \quad F = \frac{K_I A}{\alpha \sqrt{\pi a}}$$

$$[0045] \quad a(t) = vt + a_0$$

$$[0046] \quad \frac{da}{dt} = v = CK_I^n$$

[0047] 若施加轴向力以便以合理的速率产生稳定的裂纹生长,以在被切割端部处获得光学质量表面,已知期望在纤维上维持用于裂纹的可接受的应力强度因子,分析所施加的轴向力和裂纹深度之间以及所施加的轴向力和时间之间的关系。针对于石英光纤的纤维半径 $r_0=62.5 \mu\text{m}$ 、初始裂纹深度 $a_0=1 \mu\text{m}$ 并且临界应力强度因子 $K_{IC}=0.750\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$, 计算作为裂纹深度 a 和时间 t 的函数的拉力 F 。

[0048] 图 2 是在各种应力强度因子 K_I 下的作为裂纹深度 a 的函数的轴向力 F 的图示。各种应力强度因子 K_I 下的图示由右侧的曲线 I (相当于 K_{IC}) 和左侧的曲线 II 限定界限。如图所示,应力强度因子 K_I 从处于 K_{IC} 的曲线 I 向曲线 II 逐步减少。图 2 中未示出上升到峰值施加力,其引发裂纹生长致使开始每条曲线。对于每条曲线,在引发裂纹生长的力上升之后,应力强度因子 K_I 基本上维持不变。对于在曲线 I 上方区域中大于 $K_{IC}=0.750\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ 的

K_{Ic} , 裂纹生长被认为是不稳定的。对于在曲线 II 下方区域中小于 $0.35\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ 的 K_{Ic} , 应认为, 由于没有足够的拉力以产生用于在石英光纤上裂纹以合理的速率增长的足够的应力强度因子, 将不产生显著的裂纹生长。由此, 纤维上的拉力应维持在曲线 I 和 II 之间的区域内, 以便以合理的速率产生稳定的裂纹生长来切割纤维。人们可以从图 2 了解到, 为了使应力强度因子 K_{Ic} 维持在曲线 I 和曲线 II 的边界内(例如, 在所施加的力 F 上升之后以基本恒定的应力强度因子 K_{Ic}), 当裂纹深度开始增加时, 所施加的力 F 应开始迅速下降, 并且当裂纹深度较大时, F 相对缓慢地减少。在一个实施方式中, 力 F 可单调递减, 并且能够以随着时间逐步减少的速率而减少。

[0049] 为了考虑纤维上的作为时间 t 的函数的拉力 F , 从图 3 选择了几对稳定的裂纹生长速度 v 和应力强度因子 K_{Ic} , 这可引用 M. Muraoka 和 H. Abe 的“石英光纤在大范围的裂纹速度内的亚临界裂纹生长(Subcritical Crack Growth in Silica Optical Fibers in a Wide Range of Crack Velocities),”美国陶瓷学会杂志, 79[1], 51-57(1996)。图 4 示出了针对稳定的裂纹生长速度和应力强度因子的三个组合对的光纤上的作为时间的函数的轴向拉力。这些对分别是针对 $1\mu\text{m}$ 初始裂纹深度的 $0.590\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ 和 $1 \times 10^{-5}\text{m/s}$ 、 $0.580\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ 和 $5 \times 10^{-6}\text{m/s}$ 以及 $0.557\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ 和 $2 \times 10^{-6}\text{m/s}$, 这留给切割的时间大约为 6 秒、12.5 秒以及 31 秒。纤维的结构与用于上文图 2 的相同, 即纤维半径 $r_0=62.5\mu\text{m}$ 、初始裂纹深度 $a_0=1\mu\text{m}$ 并且临界应力强度因子 $K_{Ic}=0.750\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ 。

[0050] 如图 4 所示, 应力强度因子 K_{Ic} 和裂纹生长速度 v 从最左侧的曲线逐步减少到右侧的曲线。图 4 中未示出力上升到峰值施加力, 该峰值施加力引发裂纹生长致使开始每条曲线。对于每条曲线, 在力上升之后, 应力强度因子 K_{Ic} 和裂纹生长速度 v 维持基本恒定。人们可以从图 4 了解到, 在力上升之后, 所施加的力 F 随着时间应开始迅速减少, 并且很长一段时间之后, 才相对缓慢地减少 F 。力 F 可以单调递减, 并且能够以随着裂纹生长逐步减少的速率而减少。为了石英光纤中的稳定的裂纹生长, 裂纹生长速度必须保持在 10^{-15} 和 10^{-4}m/s 之间。为了以合理的时间量切割光纤, 裂纹生长速度必须不能太低 ($<10^{-6}\text{m/s}$)。例如, 以 10^{-8}m/s 的裂纹生长速度完全切割纤维将需要约 1.74 小时。由此, 裂纹生长速度的较合理范围应在 10^{-6} 和 10^{-4}m/s 之间。

[0051] 已经发现, 通过仔细控制逐步减少的轴向力来将可接受的应力强度因子(例如, 基本恒定的应力强度因子)维持在临界应力强度因子以下用于稳定的裂纹生长, 会产生带有合理速率的裂纹生长, 这导致具有可接受的光学质量的端部表面, 无需抛光(由此, 将有利于在现场作业环境中的纤维切割)。通过形成具有光学质量表面的单一平面, 释放纤维材料中的应变能。在例如用于光电应用的光纤的背景下, 可接受的的光学质量表面是光滑的单一平面, 其极其平坦, 例如具有相对于标称平面的小于 500nm 优选为 100nm 的最大变化量, 以及小于 20nm 优选为 5nm 的表面峰-谷粗糙度。

[0052] 基于上述分析及计算进行模拟, 结果显示, 上文所述的独创性切割工艺将提供预期的结果, 即端面具有用于光电应用的可接受的的光学质量, 无需抛光。

[0053] 根据上文阐述的原理, 光纤可切割有与纵轴正交或与纵轴成一角度的端面, 不会脱离本发明的范围和精神。例如, 可以在相对于纤维纵轴倾斜(例如, 倾斜了 8°)的平面中在纤维圆周的周围刻痕出椭圆形, 以便以一角度(例如, 8°)切割纤维的末端。

[0054] 代替刻痕出如图 1 所示的初始表面裂纹的连续圆周线, 使用在纤维圆周的周围选

定区域处分布多个离散表面裂纹(例如,点式初始表面裂纹的均匀的或对称的周向分布)可实现该独创性工艺。纤维上点表面裂纹创建的应力剖面可引用图 5 所示光纤(25°C,90%相对湿度)的断裂面(币形初始裂纹)的记录图,这可参照 M. Muraoka、K. Ebata 和 H. Abe 的“湿度对石英光纤中小裂纹生长的影响(Effect of Humidity on Small-Crack Growth in Silica Optical Fibers),”美国陶瓷学会杂志 (Journal of the American Ceramic Society),76[6],1545-1550,(1993)。

[0055] 此外,在以现有实施方式中引发裂纹扩展的水平(例如,上文描述的实施方式中所称的“峰值”水平)将张力施加至纤维之前,代替提供初始表面裂纹,在提供初始表面裂纹以前,纤维能够以峰值水平或接近峰值水平张紧。根据本发明,在引发裂纹生长之后,所施加的张紧力如上文所述地调节成保持在应力强度因子的可接受范围内(例如,以基本恒定的应力强度因子),产生带有合理速率的裂纹生长,这导致具有可接受光学质量的端面,无需抛光。

[0056] 虽然已参考优选实施方式特别示出并描述了本发明,但本领域技术人员应理解,在不脱离本发明的精神、范围和教导的情况下,可以做出形式和细节上的各种改变。因此,所公开的本发明仅应视为说明性的,并局限在仅如所附权利要求中所指定的范围内。

[0057] 本申请要求 2010 年 6 月 28 日提交的第 61/359,327 号美国临时专利申请的优先权,其如同充分阐述的一样通过引用被完全并入于此。下面指出的所有出版物如同充分阐述的一样通过引用被完全并入于此。

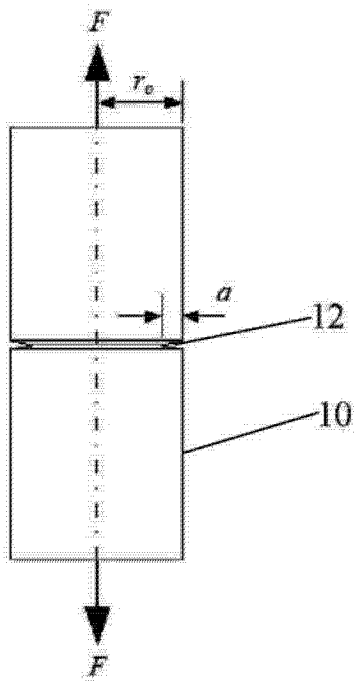


图 1

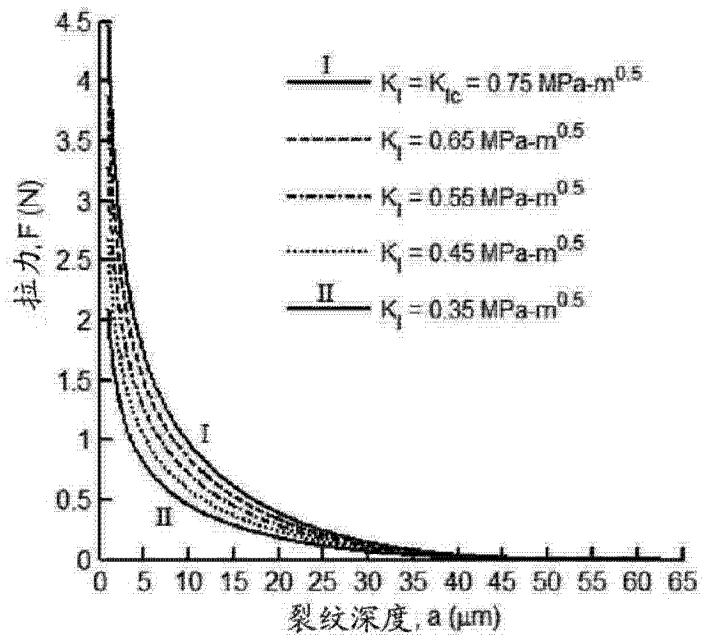


图 2

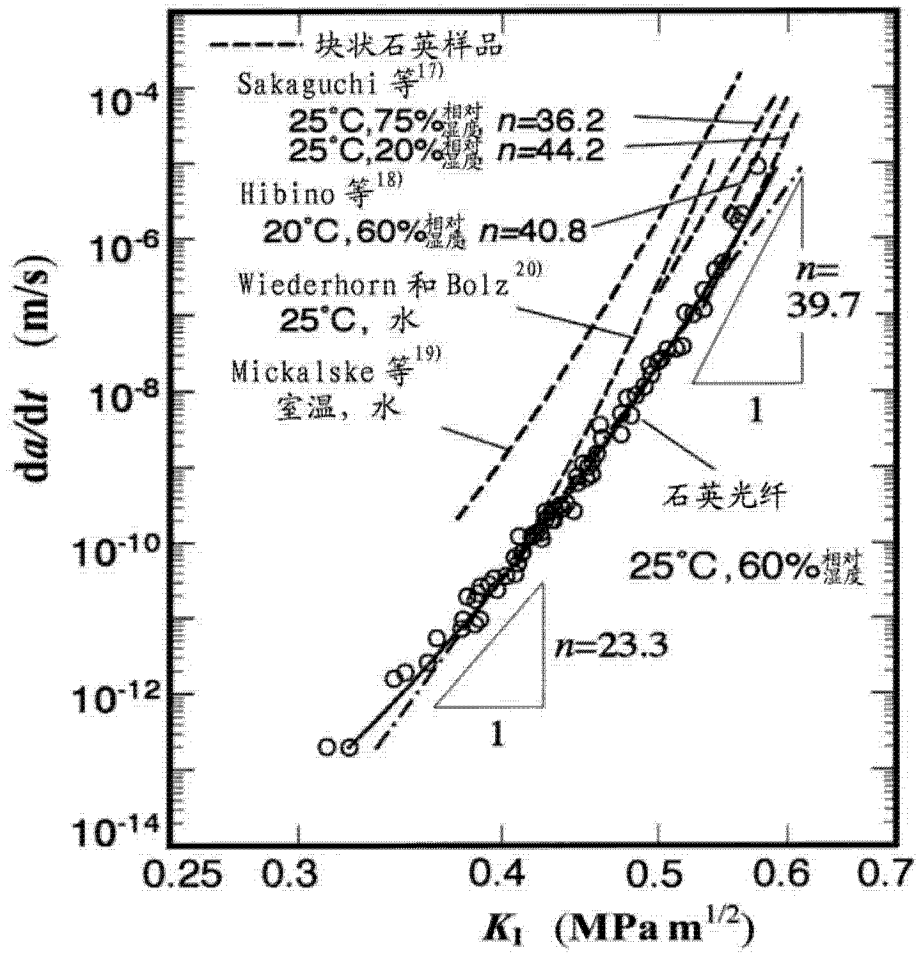


图 3

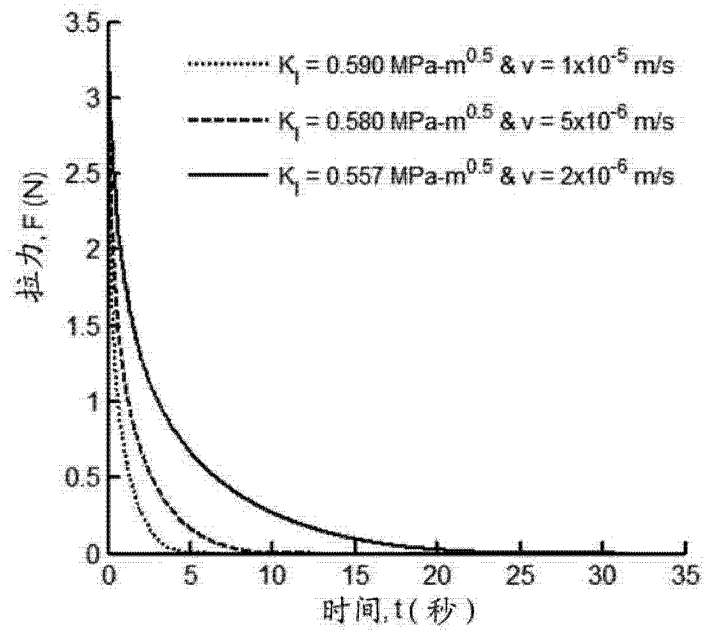
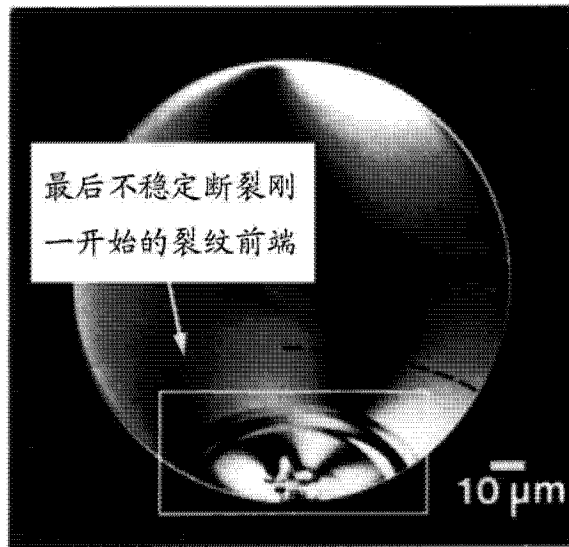
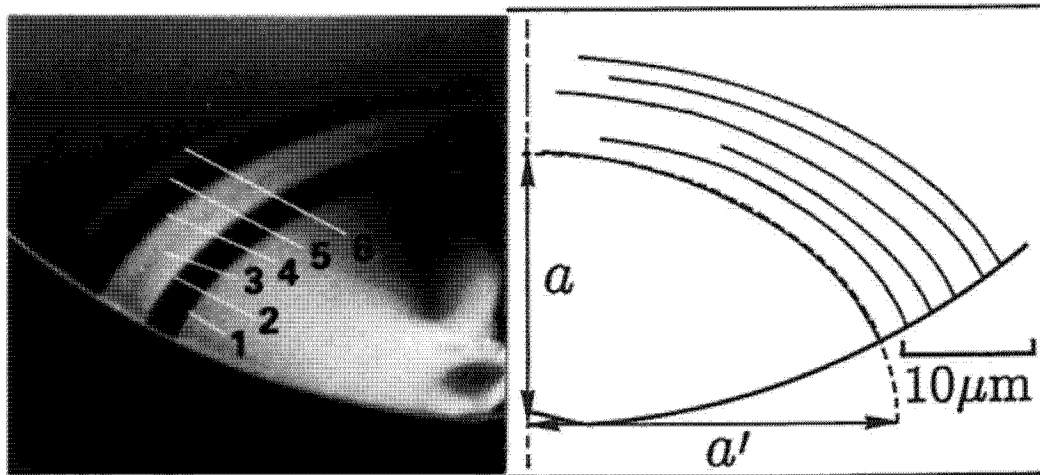


图 4



(A)



(B)

图 5