



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106932995 B

(45) 授权公告日 2021.07.13

(21) 申请号 201611217082.0

(22) 申请日 2011.03.04

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106932995 A

(43) 申请公布日 2017.07.07

(30) 优先权数据  
61/311,001 2010.03.05 US  
61/412,153 2010.11.10 US

(62) 分案原申请数据  
201180013326.2 2011.03.04

(73) 专利权人 SAGE电致变色显示有限公司  
地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 迈克尔·A·麦考益  
尼尔·L·斯巴 约翰·E·范戴恩

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

代理人 章蕾

(51) Int.Cl.  
G02F 1/153 (2006.01)  
G02F 1/15 (2019.01)  
G02F 1/1333 (2006.01)  
B32B 17/10 (2006.01)  
C03B 33/07 (2006.01)  
B32B 38/00 (2006.01)

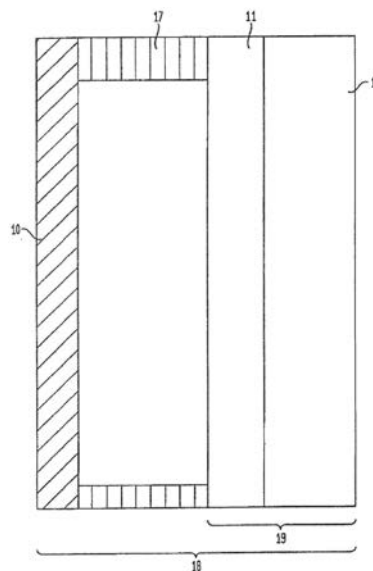
(56) 对比文件  
DE 102006042538 A1,2008.03.27  
US 5530581 A,1996.06.25  
DE 102006042538 A1,2008.03.27

审查员 梅仙

权利要求书1页 说明书19页 附图8页

(54) 发明名称  
电致变色装置到玻璃衬底的层合

(57) 摘要  
本发明涉及电致变色装置到玻璃衬底的层合,并公开了电致变色装置层合板 (29) 及其制造方法。



1. 一种制造电致变色装置层合板的方法,包括:  
提供电致变色玻璃衬底;  
在所述电致变色玻璃衬底上制造多个电致变色装置前驱体,其中用于所述多个电致变色装置前驱体的轮廓具有电致变色装置前驱体之间的空间;  
切割所述电致变色玻璃衬底以形成单独的电致变色装置,其中切割包括沿着在所述电致变色装置前驱体之间的所述空间切割所述电致变色玻璃衬底,且所述单独的电致变色装置中的每一个包括所述多个电致变色装置前驱体中的至少一个,其中所述电致变色装置前驱体的每一个包括所述电致变色玻璃衬底的一部分;以及  
将每一个所述单独的电致变色装置层合在独立的外部层合玻璃板上。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述单独的电致变色装置中的每一个的边缘强度至少为69MPa。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述单独的电致变色装置中的每一个的边缘强度至少为75MPa。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述单独的电致变色装置中的每一个的边缘强度至少为100MPa。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述单独的电致变色装置至少在一个维度上比它的独立的外部层合玻璃板小。
6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述单独的电致变色装置在至少一个维度上相对于它的独立的外部层合玻璃板内缩0.5mm至3mm。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述电致变色玻璃衬底的热膨胀系数的范围为2ppm/k至10ppm/k。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述电致变色玻璃衬底的厚度为0.7mm至6mm。
9. 根据权利要求1-8中任意一项所述的方法,其中切割所述电致变色玻璃衬底包括激光切割或电热切割所述电致变色玻璃衬底。
10. 一种根据权利要求1所述的制造电致变色装置层合板的方法制备的层合板。

## 电致变色装置到玻璃衬底的层合

[0001] 本申请为申请日2011年3月4日,申请号201180013326.2,名称为“电致变色装置到玻璃衬底的层合”的发明专利申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求2010年3月5日提交的申请号为60/311,001的美国临时申请和2010年11月10日提交的申请号为60/412,153的美国临时申请的优先权,这两个临时申请的全部内容通过引用并入本文。

### 技术领域

[0004] 本发明涉及电致变色装置层合板领域。

### 背景技术

[0005] 玻璃,尤其是有色玻璃,会由于吸收太阳辐射而造成的非均匀加热,而承受很大的应力。这些应力可能会过大,以至于在玻璃中产生裂纹或裂缝,最终可能导致其破裂。

[0006] 玻璃的中心可能比通常被框架或其它建筑结构覆盖或遮挡的玻璃边缘的温度高得多。当然,玻璃颜色越深,吸收的太阳能越大,玻璃中心和玻璃边缘或其它被遮挡区域之间可能的温差也就越大。这通常会沿着玻璃的边缘产生应力,如果该应力大于约14至约28MPa,就可能导致破碎。因此,在通常的实践中强行规定将玻璃钢化(tempered)或强化(heat-strengthen)处理,以减少破裂的发生。典型地,吸收玻璃板被强化或钢化处理,以使其承受至少约35MPa的应力,或者符合工业标准,比如ASTM E2431(单块退火建筑平板玻璃耐热载荷的测定规程)。当然,这增加了制造成本。

[0007] 和有色玻璃一样,EC(Electrochromic,电致变色)装置会吸收大量的太阳辐射,尤其是在它处于完全变暗的状态下时。为了承受应力或与温差相关的操作负荷,通常会使用强化玻璃或钢化玻璃作为这些装置的衬底。虽然这是一个有效的解决方案,但是基于这种衬底的装置的制造成本高昂。需要在可以维持他们的结构稳定性(即它们在制造过程中和在现场安装时承受破裂和破碎的能力)的同时,降低EC装置的制造过程中的成本并提高制造效率。

[0008] 传统的EC装置和包括EC装置的IGUs(Insulated glass units,中空玻璃单元)具有图1A所示的结构。在本文中,“中空玻璃单元”一词表示,由被沿边缘设置的间隔部件隔开、且各层之间密封形成闭塞空气空间(或其它气体,比如氩、氮、氪)的两层或多层玻璃。所述IGU18包括内玻璃板10和EC装置19。EC装置19由EC叠层(EC stack)11构成,该EC叠层包括EC衬底12上的一系列涂层或沉积层。传统上,EC衬底12由热强化或钢化玻璃构成。

[0009] 为了形成IGU18,将成为EC衬底的玻璃板首先切割为定制的大小,该定制的大小根据需要的尺寸而定。然后,被切割的玻璃板12被钢化或强化处理,以提供足够的强度来确保制造应力和在其使用寿命(工作荷载service loads)中会碰到的应力。接着,将包括例如多层薄膜的EC装置的叠层11,采用本领域已知的方法(例如,见专利号为7372610和7593154的美国专利,其公开的内容通过引用在此引入本文)涂覆或沉积在所述玻璃板12上。玻璃板12

的切割不是在强化或钢化处理之后进行。同样地,在形成EC叠层11的薄膜沉积之后(除非使用合适的后钢化EC薄膜叠层和方法),EC装置19的衬底通常不进行强化或钢化处理。然后,通过将所述EC装置19和另一玻璃板10结合而组成所述IGU18。两块板由间隔部件17隔开。板10的任意侧面可以包含薄膜涂层(比如,为了日照控制)。

### 附图说明

- [0010] 图1a为传统的包括EC装置的IGU的截面示意图;
- [0011] 图1b为包括EC装置的IGU的截面图,所述EC装置本身为两种材料的层合板;
- [0012] 图2为一EC层合板的应力分布图,该EC装置包括层合在苏打石灰玻璃上的低热膨胀系数的玻璃;
- [0013] 图3a为在太阳照射下的多个EC层合板中的多个EC层合板最大边缘张应力的对比图;
- [0014] 图3b为在太阳照射下的多个EC层合板中的一个EC层合板最大边缘张应力的对比图;
- [0015] 图4提供了以EC衬底、EC外层合玻璃板和隔层厚度为函数而进行的冲击测试的简略说明;
- [0016] 图5提供了四点弯曲测试的实施例,其中显示了在测试状态下的激光切割玻璃试样;
- [0017] 图6提供了用于比较机械切割和激光切割玻璃板的玻璃试样强度概率图。

### 发明内容

[0018] 申请人研制了一种改进的IGU,该IGU包括EC装置层合板。申请人还研发了一种制造所述改进的EC装置层合板和IGU的方法。

[0019] 在本发明的一个方面,申请人发现一种制造电致变色装置层合板的方法,该方法包括:(a)提供电致变色衬底;(b)将所述电致变色衬底切割成一个或多个衬底子板;(c)在每个所述衬底子板上制造复数个电致变色装置前躯体;(d)将所述复数个电致变色装置前躯体中的每一个切割成单独的电致变色装置;(e)将各个所述单独的电致变色装置层合在独立的外层合玻璃板上(这里将将一步描述该“先切割然后涂覆然后切割”方法的例子)。在一个实施例中,所述电致变色装置前躯体被激光切割。在另一实施例中,所述电致变色装置前躯体被电热切割。

[0020] 在另一实施例中,所述单独的电致变色装置的边缘强度为至少约60MPa。在另一实施例中,所述单独的电致变色装置的边缘强度为至少约69MPa。在另一实施例中,所述单独的电致变色装置的边缘强度为至少约75MPa。在另一实施例中,所述单独的电致变色装置的边缘强度为至少约100MPa。

[0021] 在另一实施例中,所述单独的电致变色装置的大小与所述外层合玻璃板的大小大致相同。在另一实施例中,所述单独的电致变色装置的至少一个尺寸比所述外层合玻璃板小。在另一实施例中,所述单独的电致变色装置相对于所述外层合玻璃板,至少一个尺寸上内缩约0.5mm-约3mm。在另一实施例中,所述单独的电致变色装置相对于所述外层合玻璃板,至少在一个尺寸上内缩约1.0mm-约2.0mm,优选地,所有尺寸均内缩约1.0mm-约2.0mm。

[0022] 在另一实施例中,所述电致变色衬底和所述外层合玻璃板采用相同的材料。在另一实施例中,所述电致变色衬底的材料与所述外层合玻璃板的材料不同。在另一实施例中,所述电致变色衬底的材料选自以下材料:低热膨胀系数玻璃、苏打石灰玻璃、铝硅酸盐玻璃、浮法硼硅玻璃(borofloat glass)、硼铝硅酸盐玻璃(boroaluminosilicate glass)、其它低钠成分玻璃(low-sodium composition glass)或者聚合物。在另一实施例中,所述电致变色衬底的热膨胀系数对于玻璃衬底而言,范围为约2.0ppm/k至约10.0ppm/k,而对于聚合物衬底材料,达到约80ppm/k。在另一实施例中,所述电致变色衬底的热膨胀系数的范围为约4ppm/k至约8ppm/k。在另一实施例中,所述电致变色衬底的厚度为约0.7mm至约6mm。

[0023] 在另一实施例中,所述外层合玻璃板的材料可以从以下材料选择:低热膨胀系数玻璃、苏打石灰浮法玻璃、铝硅酸盐玻璃、浮法硼硅玻璃、硼铝硅酸盐玻璃、强化玻璃、钢化玻璃或聚合物。在另一实施例中,所述外层合玻璃板的热膨胀系数的范围为约2ppm/K至10ppm/K。对于聚合物基衬底,热膨胀系数可以达到约80ppm/K。在另一实施例中,所述外层合玻璃板的厚度为约2.3mm至约12mm。在另一实施例中,所述层间材料可以从以下材料选择:聚乙烯醇缩丁醛、离子化聚合物、乙基醋酸乙烯共聚物、聚氨酯或者它们的混合物。

[0024] 另一方面,本发明提供了一种根据所述“先切割然后涂覆然后切割”方法制备的层合板。在另一实施例中,根据所述“先切割然后涂覆然后切割”方法制备的层合板的衬底的边缘强度为至少约60MPa。

[0025] 在本发明的另一方面,申请人发现了一种制造电致变色装置层合板的方法,该方法包括:(a)提供电致变色衬底;(b)在所述电致变色衬底上制造复数个电致变色装置前驱体;(c)将所述复数个电致变色装置前驱体中的每一个切割成单独的电致变色装置;(d)将各个所述单独的电致变色装置层合在独立的外层合玻璃板上(这里将进一步描述该“先涂覆后切割”方法的例子)。所述EC装置前驱体可以通过机械切割、激光切割或者电热切割。

[0026] 在另一实施例中,所述单独的电致变色装置的边缘强度为至少约60MPa。在另一实施例中,所述单独的电致变色装置的边缘强度为至少约69MPa。在另一实施例中,所述单独的电致变色装置的边缘强度为至少约75MPa。在另一实施例中,所述单独的电致变色装置的边缘强度为至少约100MPa。

[0027] 在另一实施例中,所述单独的电致变色装置的大小与所述外层合玻璃板的大小大致相同。在另一实施例中,所述单独的电致变色装置的至少一个尺寸比所述外层合玻璃板小。在另一实施例中,所述单独的电致变色装置相对于所述外层合玻璃板,至少一个尺寸上内缩约0.5mm-约3mm。在另一实施例中,所述单独的电致变色装置相对于所述外层合玻璃板,至少在一个尺寸上内缩约1.0mm-约2.0mm。

[0028] 在另一实施例中,所述退火玻璃衬底和所述外层合玻璃板采用相同的材料。在另一实施例中,所述电致变色衬底的材料与所述外层合玻璃板的材料不同。所述电致变色衬底的材料选自以下材料:低热膨胀系数玻璃、苏打石灰玻璃、铝硅酸盐玻璃、浮法硼硅玻璃、硼铝硅酸盐玻璃、低钠成分玻璃或者聚合物。在另一实施例中,所述电致变色衬底的热膨胀系数的范围为约2.0ppm/k至约10.0ppm/k。对于聚合物基衬底,热膨胀系数能达到约80ppm/k。在另一实施例中,所述电致变色衬底的热膨胀系数范围为约4ppm/k至约8ppm/k。在另一实施例中,所述电致变色衬底的厚度为约0.7mm至约6mm。

[0029] 在另一实施例中,所述外层合玻璃板的材料可以从以下材料选择:低热膨胀系数

玻璃、苏打石灰浮法玻璃、铝硅酸盐玻璃、浮法硼硅玻璃、硼铝硅酸盐玻璃、强化玻璃、钢化玻璃或聚合物。在另一实施例中，所述外层合玻璃板的热膨胀系数的范围为约2ppm/K至10ppm/K。在另一实施例中，所述外层合玻璃板的厚度为约2.3mm-约12mm。在另一实施例中，所述层间材料可以从以下材料选择：聚乙烯醇缩丁醛、离子化聚合物、乙基醋酸乙烯共聚物、聚氨酯或者它们的混合物。

[0030] 另一方面，本发明提供了一种根据所述“先涂覆后切割”方法制备的层合板。在另一实施例中，根据所述“先切割然后涂覆然后切割”方法制备的层合板的衬底的边缘强度为至少约60MPa。

[0031] 在本发明的另一方面，申请人发现了一种层合板，所述层合板包括：(a) 电致变色装置，所述电致变色装置包括退火玻璃衬底上的电致变色叠层；(b) 外层合玻璃板；以及(c) 夹设在所述电致变色装置和所述外层合玻璃板之间的层间材料。在一些实施例中，所述电致变色装置的边缘强度为至少约60MPa。在另一实施例中，所述电致变色装置的边缘强度为至少约69MPa。在另一实施例中，所述电致变色装置的边缘强度为至少约75MPa。在另一实施例中，所述电致变色装置的边缘强度为至少约100MPa。在另一实施例中，所述电致变色装置由激光切割制备。在另一实施例中，所述电致变色装置由电热切割制备。在另一实施例中，所述层合板是集成玻璃单元的部分。

[0032] 在另一实施例中，所述退火玻璃衬底和所述外层合玻璃板采用相同的材料。在另一实施例中，所述退火玻璃衬底的材料与所述外层合玻璃板的材料不同。所述退火玻璃衬底的材料选自以下材料：低热膨胀系数玻璃、苏打石灰玻璃、铝硅酸盐玻璃、浮法硼硅玻璃、硼铝硅酸盐玻璃、低钠成分玻璃或者聚合物。在另一实施例中，所述退火玻璃衬底的热膨胀系数的范围为约2.0ppm/k至约10.0ppm/k。对于聚合物基衬底，热膨胀系数能达到约80ppm/k。在另一实施例中，所述电致变色衬底的热膨胀系数范围为约4ppm/k至约8ppm/k。在另一实施例中，所述退火玻璃衬底的厚度为约0.7mm至约6mm。在另一实施例中，所述退火玻璃板的厚度与所述外层合玻璃板的厚度相同。在另一实施例中，所述退火玻璃板和所述外层合玻璃板的厚度不同。

[0033] 在另一实施例中，所述外层合玻璃板的材料可以从以下材料选择：低热膨胀系数玻璃、苏打石灰浮法玻璃、铝硅酸盐玻璃、浮法硼硅玻璃、硼铝硅酸盐玻璃、强化玻璃、钢化玻璃或聚合物。在另一实施例中，所述外层合玻璃板的热膨胀系数的范围为约2ppm/K至10ppm/K。在另一实施例中，对于聚合物基衬底，热膨胀系数可以达到约80ppm/K。在另一实施例中，所述外层合玻璃板的厚度为约2.3mm-约12mm。

[0034] 在另一实施例中，所述退火玻璃衬底的大小与所述外层合玻璃板的大小大致相同。在另一实施例中，所述退火玻璃衬底的至少一个尺寸比所述外层合玻璃板小。在另一实施例中，所述退火玻璃衬底相对于所述外层合玻璃板，至少一个尺寸上内缩约0.5mm-约3mm。在另一实施例中，所述退火玻璃衬底相对于所述外层合玻璃板，至少在一个尺寸上内缩约1.0mm-约2.0mm。在另一实施例中，较小的所述退火玻璃衬底的周边的至少一侧被层间材料或其它材料围绕，比如聚合物，该聚合物包括硅酮、聚氨酯、环氧树脂和丙烯酸酯。

[0035] 在另一实施例中，所述层间材料可以从以下材料选择：聚乙烯醇缩丁醛、离子化聚合物、乙基醋酸乙烯共聚物、聚氨酯或者它们的混合物。

[0036] 在另一实施例中，所述退火玻璃衬底为热膨胀系数为8.5ppm/k的苏打石灰浮法玻

璃,所述外层合玻璃板为热膨胀系数为8.5ppm/k的钢化苏打石灰浮法玻璃,所述层间材料为聚乙烯醇缩丁醛。在另一实施例中,所述层间材料为SentryGlas®Plus (SGP)。在另一实施例中,所述退火玻璃衬底由激光切割制备,且具有至少69MPa的边缘强度。在另一实施例中,所述电致变色叠层位于所述退火玻璃衬底和所述层间材料之间。在另一实施例中,所述电致变色叠层位于所述退火玻璃衬底的与所述层间材料相反的表面。

[0037] 在本发明的另一方面,申请人发现了一种层合板,该层合板包括:(a)电致变色装置,所述电致变色装置包括衬底上的电致变色叠层;(b)外层合玻璃板;以及(c)夹设在所述电致变色装置和所述外层合玻璃板之间的层间材料。在另一实施例中,所述电致变色装置由激光切割或电热切割制备。

[0038] 申请人意外地发现,本发明的所述电致变色装置层合板(或者包括该层合板的IGU)能够承受的应力,与在钢化或强化玻璃衬底上制造的传统电致变色装置(或者包括这种传统的电致变色装置的IGU)遇到的应力相当。这样,本发明的所述EC装置层合板能够承受相似的玻璃中心和边缘应力,且能够承受至少17MPa的应力。

[0039] 在一些实施例中,承受相似的应力意味着本发明的电致变色装置层合板或者IGUs通过了与传统的电致变色装置或IGUs相同的工业标准测试。在另一些实施例中,承受相似的应力意味着本发明的电致变色装置层合板或者IGUs能够安全地承受(i)大于在传统的EC应用中遇到的最大使用中热机械应力的应力,和/或(ii)与传统电致变色装置或IGUs相同的工作荷载或者应力的至少约50%。申请人还惊喜地发现,这些目标可以通过在退火玻璃衬底上涂覆或沉积所述电致变色叠层来实现。

[0040] 申请人意外地发现,该改进的制造方法使得电致变色装置层合板或IGUs能够承受的工作荷载或应力与传统方法生产的IGU遇到的工作荷载或应力相当,同时提高了制造效率且满足工业标准。

[0041] 此外,申请人意外地发现,激光切割退火玻璃衬底可以产生足够的无缺陷边缘,可以认为,该边缘将能够忍受所述EC装置层压板在使用寿命中会受到的全部热和荷载应力。申请人通过在热和机械应力参数空间的高端,测试了激光切割的玻璃和图1b所示的EC装置层合板,确定出激光切割的EC装置层合板或者衬底是高度耐用的,并适合在住宅和商业建筑应用和其它应用中使用。

[0042] 此外,申请人发现,这里描述的所述“先涂覆后切割”和所述“先切割然后涂覆然后切割”两种方法都允许在大衬底板上涂覆和在涂覆后变为自定义尺寸。申请人还发现,该方法提供了提高的加工控制和所述EC装置的薄膜涂层的整体均匀性。事实上,可以认为,当使用的所有玻璃板具有大致相同的尺寸时,对于各玻璃板的后续加工温度和溅射等离子条件也将大致相同。可以认为,这将导致更有效的连续涂覆或溅射操作,而不需要放慢或停止生产或者为多种玻璃厚度、颜色和大小进行工艺调整。因此,在制造电致变色装置或者IGU时,生产率和运行时间最大化,进而降低生产成本。

## 具体实施方式

[0043] EC装置层合板

[0044] 一方面,本发明提供了一种EC装置层合板,其包括电致变色装置、EC外层合玻璃板、和夹设在所述电致变色装置和所述外层合玻璃板之间的层间材料,所述电致变色装置

包括EC衬底上的电致变色叠层。

[0045] 所述EC装置层合板29和包括该EC装置层合板29的IGU30展示在图1B中。EC装置层合板29由叠在EC外层合玻璃板22上的EC装置32组成。在所述EC装置32和所述EC外层合玻璃板32之间设有层间材料28,该层间材料28粘接所述EC装置32和所述外层合玻璃板22。所述EC装置32自身由沉积在EC衬底31上的EC叠层21构成。完整的IGU30包括所述与另一玻璃板20结合在一起的EC装置层合板29,所述EC装置层合板29和玻璃板20由间隔部件27隔开。图1B显示了两块玻璃板的IGU,然而,本发明还考虑了具有三块或更多玻璃板的IGU(附加的玻璃板可以是任意形状或尺寸的,且可以包括本领域已知的任何涂层,有色或无色)。

[0046] 本领域技术人员熟知的任何EC叠层21均可以使用。例如,专利号为5321544、5404244、7372610和7593154的美国专利中描述的一些示例性的EC叠层,这些专利公开的内容通过引用在这里整体引入本申请。

[0047] 在一个实施例中,至少所述EC装置层合板29的EC衬底31由退火玻璃构成。这里使用的“退火玻璃”表示这样一种玻璃,该玻璃经热处理和后续的迅速冷却而不产生内部应力。这种玻璃包括典型地被划分为退火玻璃或浮法玻璃的玻璃,而不包括强化玻璃或钢化玻璃。

[0048] 在其它的实施例中,EC衬底31和EC外层合玻璃板22均由退火玻璃构成。在EC衬底31和EC外层合玻璃板22都由退火玻璃构成的实施例中,使用的退火玻璃可以相同(匹配)或不同(不匹配)。使用的所述退火玻璃衬底还可以具有相同或不同的热膨胀系数、或者不同类型和/或数量的掺杂物。

[0049] 例如,在一个“不匹配”的实施例中,衬底31可以由苏打石灰浮法玻璃构成,而EC外层合玻璃板22由低热膨胀系数的玻璃(低CTE(coefficient of thermal expansion)玻璃),或者反过来也一样。在一个“匹配”的实施例中,仅作为举例,衬底31和EC外层合玻璃板22可以都由苏打石灰浮法玻璃构成,或者可选地,两者都由低CET玻璃构成。

[0050] 除了上述限定的情况,“不匹配”还表示使用不同厚度的玻璃,不管玻璃的类型是相同的还是不同的。例如,衬底31和外层合玻璃板22可以由相同的材料制成,但是具有不同的厚度。或者,仅作为举例,衬底31可以由与外层合玻璃板22不同的材料制成,且它们具有不同的厚度。另外,仅作为举例,衬底31可以由与外层合玻璃板22相同类型的材料制成,但是具有不同的热膨胀系数和/或不同的厚度。

[0051] 本发明的所述EC衬底31可以从传统玻璃材料中选择,传统玻璃材料包括比如产自格尔德殿工业公司(Guardian Industries)(密歇根州奥本山的Guardian全球总部(Guardian Global Headquarters,Auburn Hills,MI))、皮尔金顿北美公司(Pilkington, North America)(俄亥俄州托莱多(Toledo,OH))、Cardinal Glass Industries公司(明尼苏达州伊登普雷里(Eden Prairie,MN))和AGC公司(乔治亚州阿尔法利塔旭硝子平板玻璃(AGC Flat Glass,Alpharetta,GA))的苏打石灰退火玻璃,这些公司生产大面积的薄玻璃。

[0052] 所述EC衬底31还可以选自以下材料:低CTE的浮法硼硅玻璃(borofloat glass)(比如可以从Schott公司(纽约州艾尔姆斯福特的肖特北美公司(Schott North America Elsford,NY))获得)、或者硼铝硅酸盐玻璃(boroaluminosilicate glass)(比如Corning的1737和Corning EAGLE XG,这两种玻璃都可以从纽约州科宁的康宁公司(Corning Incorporated,Corning,NY)获得)。此外,所述EC衬底31还可以选自铝硅酸盐玻璃。本领域



技术人员能够选择适于此目的且符合本发明的限制的其他玻璃衬底。

[0053] EC衬底31还可以由聚合物、共聚物、或者一种或多种聚合物或共聚物的混合物组成。聚合物包括但不限于聚酰亚胺、聚乙烯、聚萘二甲酸乙二醇酯 (naphthalate, PEM)、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)、芳族聚酰胺 (aramid) 或者其它类似的聚合材料。本领域技术人员能够选择适于此目的且符合本发明的限制的其他聚合物衬底。

[0054] 通常,所述EC衬底31可以具有任意厚度,取决于期望的应用(即居住建筑窗、商业建筑窗或者甚至汽车车窗)和期望的热/结构性能。典型地,衬底31的厚度为约0.7mm-约6mm。在一些实施例中,EC衬底31的厚度为约1.5mm-约2.3mm。

[0055] 在一些实施例中,采用的退火玻璃或苏打石灰浮法玻璃的热膨胀系数为约7.0ppm/k-约10.0ppm/k。在另一些实施例中,采用的所述苏打石灰浮法玻璃的热膨胀系数为约8.2ppm/k-约9.0ppm/k。在一些采用低CTE玻璃的实施例中,热膨胀系数的范围为约2.0ppm/k-约6.4ppm/k。在一些使用低CTE玻璃的特殊的实施例中,热膨胀系数如下: Corning 1737 (约3.76ppm/K)、Corning Eagle XG™ (约3.2ppm/K) 和Schott Borofloat 33™ (约3.3ppm/K)。

[0056] 本发明的所述EC外层合玻璃板22可以选自以下材料,包括强化玻璃、钢化玻璃、部分热强化或钢化玻璃、或者退火玻璃。和本领域已知的那些词语一样,“强化玻璃”和“钢化玻璃”都是这种类型的玻璃,该类玻璃被热处理以引起表面压缩和在其它方面强化玻璃。热处理的玻璃被分为完全钢化玻璃或者强化玻璃。根据Federal Specification DD-G-1403B (联邦标准DD-G-1403B),对于67Mpa或以上的边缘压缩来说,完全钢化玻璃必须具有约69Mpa或以上的表面压缩。可以认为,热强化玻璃必须具有约24-约69Mpa的表面压缩,或者约38-约67Mpa的边缘压。还可以认为,热强化玻璃的破碎特性彼此不同,在应力为约41-69Mpa时可能发生破碎。

[0057] 通常,所述EC外层合玻璃板22可以具有任意厚度,该厚度取决于希望的应用(即居住建筑窗、商业建筑窗或者甚至汽车车窗)和期望的热/结构性能。在一些实施例中,所述EC外层合玻璃板22可以由塑料构成,包括聚碳酸酯塑料。典型地,所述EC外层合玻璃板22的厚度为约2.3mm-约12mm。在一些实施例中,EC外层合玻璃板22的厚度为约2.3mm-约6mm。当然,如果实际应用需要,也可以采用较厚的玻璃,比如在承受大风负荷的建筑应用或者防弹或防爆应用中使用。

[0058] 在一些实施例中,采用的退火玻璃或苏打石灰浮法玻璃的热膨胀系数为约7.0ppm/k-约10.0ppm/k。在另一些实施例中,采用的所述苏打石灰浮法玻璃的热膨胀系数为约8.2ppm/k-约9.0ppm/k。在一些采用低CTE玻璃的实施例中,热膨胀系数的范围为约2.0ppm/k-约6.4ppm/k。在一些使用低CTE玻璃的特殊的实施例中,热膨胀系数如下: Corning 1737 (约3.76ppm/K)、Corning Eagle XG™ (约3.2ppm/K) 和Schott Borofloat 33™ (约3.3ppm/K)。

[0059] 在一些实施例中,EC衬底31和EC外层合玻璃板22具有不同的热膨胀系数。在另一些实施例中,EC衬底31和EC外层合玻璃板22的热膨胀系数相差小于约50%。在又一些实施例中,EC衬底31和EC外层合玻璃板22的热膨胀系数相差小于约30%。在另一些实施例中,EC衬底31和EC外层合玻璃板22的热膨胀系数相差小于约20%。在另一些实施例中,EC衬底31和EC外层合玻璃板22的热膨胀系数相差小于约10%。如这里所述,合适的层间材料28的选

择有助于减小CTE不匹配引起的应力。

[0060] 例如,图2显示了低CTE玻璃用作EC衬底31、苏打石灰玻璃用作EC外层合玻璃板22、聚乙烯醇缩丁醛 (polyvinylbutyral) 用作层间材料28时,层合板的应力分布。该仿真显示了绕玻璃板的边缘的25mm宽的框架的遮蔽效果。可以认为,所述框架引起了所述层合板边缘和中心的温度梯度,进而导致边缘应力的形成。在层合结构的例子中,因为太阳吸收使得装置变热,CTE的不匹配引起了附加应力。这种CTE不匹配的效果如图3a所示,其中,吸收太阳的低CTE/苏打石灰玻璃层合板在受到1000W/m<sup>2</sup>的入射辐射时,与相同的日照条件下的苏打石灰/苏打石灰层合结构相比,具有更高的峰值应力水平,同样如图3a所示。如这些例子所显示的,随着EC层合板吸收更多的太阳辐射,最大边缘应力随时间变化,在接近40分钟后,达到约20.5MPa的最大应力。在更长的时间后,通过玻璃从暴露区域到被遮蔽的边缘区域的热传导将导致温度平衡,并使得相应的热应力从它们的峰值水平减小。可以认为,在与图3a中相同的边缘框架遮蔽和太阳吸收条件下,当两种低CTE玻璃板层合在一起时,可以减小这种应力,如图3b所示。

[0061] 在优选的实施例中,EC衬底31的边缘被保护不受到装运和机械损伤。在不想被任何特别理论绑住的情况下,可以认为,如果EC衬底31的边缘明显裂开或破裂,EC装置的整体强度将降低。在本发明的一些实施例中,EC衬底31相对于EC外层合玻璃板22内缩。在另一些实施例中,EC衬底31至少有一个尺寸,优选地至少有两个尺寸,更优选地所有尺寸的大小略小于EC外层合玻璃板22的大小。在一些实施例中,EC衬底31相对于玻璃板22,在至少一个尺寸上内缩约0.5mm-约3mm,优选地,沿着周边内缩约0.5mm-约3mm。在另一些实施例中,EC衬底31相对于玻璃板22,在至少一个尺寸上内缩约1.0mm-约2.0mm,优选地,沿着周边内缩约1.0mm-约2.0mm。

[0062] 在一些实施例中,内缩的深度由层合接合/制造过程中两块玻璃的自动位置公差、以及热层合过程中发生的微小位移决定。在一些实施例中,层间材料在热处理过程中可以绕EC衬底31的边缘流动,提供了保护元件,可以相信,这可以进一步保护EC装置层合板29在装运和安装过程中不被损伤。在一些实施例中,添加过多的层间材料来实现这一目的。在另一些实施例中,另外的保护材料可以沉积在所述EC装置的周边,比如聚合物(包括但不限于环氧树脂、聚氨酯、硅酮和丙烯酸酯)。这些材料的用量可以不同以达到期望的结果。

[0063] 所述层间材料可以选择能使EC装置32通过本领域的已知方法层合到EC外层合玻璃板22上的任何材料。通常,层间材料28应当具有以下特征的结合:(a)高透光性;(b)低雾度(low haze);(c)高抗冲击性;(d)高穿透阻力;(e)抗紫外线;(f)良好的长期热稳定性;(g)对玻璃和/或其它聚合材料/薄板具有充足的粘着力;(h)低吸湿性;(i)高防潮性;(j)优异的耐候性;和(k)应力荷载的高抗性(比如冲击荷载或者风荷载)。在一些实施例中,层间材料28至少为EC装置32和EC外层合玻璃板22提供了足够的粘着力,以防止其在使用中应力荷载的情况下分层,并且被选择为使得EC装置层合板29的视觉特征不会受到负面影响。在另一些实施例中,层间材料可以这样选择,以使其在两种荷载模式(可以参见例如ANSI Z97.1中的冲击测试和ASTME1300的风荷载标准)下都能满足工业标准性能指标。

[0064] 在一个实施例中,合适的层间材料28为聚乙烯醇缩丁醛(PVB),可以购买Solutia Inc.(密苏里州圣路易(St.Louis, Missouri))的商品名为Saflex™的产品。PVB还可以购买DuPont公司(特拉华州威尔明顿(Wilmington, DE))的商品名为Butacite™的产品。作为层间

材料28的其它合适的材料包括离子化材料(ionomeric materials)(比如DuPont的 SentryGlas Plus™(SGP))、乙基醋酸乙烯共聚物(EVA)和交联聚氨酯(cross-linking polyurethanes)(比如现场浇注树脂)或者热塑性聚氨酯。当然,还可以使用上述材料的任意组合。另外,其它聚合材料也可以用作层间材料28,只要它们满足前述热机械的、粘着力和透光的功能要求中的至少部分。这还包括由复合的聚合物层构成的层间材料,复合的聚合物层被设计来改进消声、防弹和抗爆用途。本领域技术人员很容易获得这些材料。

[0065] 在另一些实施例中,层间材料28可以包括硅酮和环氧树脂。

[0066] 如果所述EC衬底31和EC外层合玻璃板22由相同的材料构成,那么可以认为,两块玻璃板具有大致相同的热膨胀系数。当材料不同时,即比如图2所示的不匹配情况,在不想被任何特定理论绑住的情况下,可以认为合适的层间材料28的选择可以影响所述不匹配的玻璃板之间应力的传递和分布,进而可以认为,可以消除所述层合板中不同点的至少部分应力。

[0067] 对于玻璃板之间的CTE不匹配的层合结构,人们认为隔层应当这样选择:(1)足够柔软,不会将张应力从CTE较大的玻璃板传递到CTE较小的玻璃板;或者(2)由于层压温度而具有足够的硬度,以使得在冷却过程中压应力从CTE较大的玻璃板向CTE较小的玻璃板传递,其中在低温时具有可以忽略不计的聚合物力学松弛。

[0068] 图3a-3b提供了一层合板的边缘抗张强度的峰值的对比(其中的玻璃板的厚度分别为0.7mm和6mm),该层合板暴露在太阳辐射下且边缘被1”窗/建筑框遮蔽。匹配(低CTE/低CTE;苏打石灰/苏打石灰)和不匹配的(低CTE/苏打石灰)例子均显示为时间的函数。对于硬的层间材料(应力传递)而言,低CTE/苏打石灰组合的有效应力可以大于苏打石灰/苏打石灰组合。这样,人们认为,产生的边缘应力可以由层间材料的热机械性能决定。

[0069] EC装置层合板29(或者包括这些层合板的IGUs30)被认为可以承受与制造在淬火或热处理玻璃衬底上的传统电致变色装置(或者包括这种传统的电致变色装置的IGUs)相当的应力。

[0070] 在一些实施例中,承受相当的应力意味着本发明的EC装置层合板29或者IGUs30通过了和传统的电致变色装置或IGUs相同的工业标准测试。在另一些实施例中,承受相当的应力意味着本发明的EC装置层合板29或者IGUs30能够安全地承受(i)大于在传统的EC应用中遇到的最大使用中热机械应力的应力,和/或(ii)与传统电致变色装置或IGUs相同的工作荷载或者应力的至少约50%。在一些实施例中,所述EC装置层合板29能够承受至少约17MPa的热边缘应力(或工作荷载)。在另一些实施例中,所述EC装置层合板能够承受至少约21MPa的热边缘应力。在一些实施例中,所述EC装置层合板29的边缘强度为至少约60MPa。在另一些实施例中,所述EC装置或EC衬底的边缘强度为至少约69MPa。在另一些实施例中,所述EC装置或EC衬底的边缘强度为至少约75MPa。在另一些实施例中,所述EC装置或EC衬底的边缘强度为至少约100MPa。

[0071] 在一些实施例中,所述EC层合板29或者EC衬底31是IGU的部分。用来形成所述IGU的所述玻璃板20可以选用任何材料,包括传统地在IGU结构中使用的玻璃或塑料。例如,可以使用任意类型的玻璃(苏打石灰玻璃、低CTE玻璃、钢化玻璃和/或退火玻璃)或者塑料。此外,所述玻璃板20自身可以是一种或多种材料的多层层合板(多层玻璃板、多层塑料片、以任意顺序交替的玻璃板和塑料片)。所述玻璃板20也可以染有任意颜色或者以任何传统的

方式(比如化学或物理气相沉积涂层)在其一侧或两侧涂层。所述玻璃板20可以是电致变色或热变色装置。所述玻璃板20可以通过激光切割或者机械划线而成。此外,图1b中的IGU30可以是三层玻璃IGU,即这样一种IGU,该IGU包含一附加的玻璃(或者聚合物,比如丙烯酸)板20,该玻璃板20与玻璃板20或者EC装置层合板29中的一个相邻,但是通过间隔部件隔开。玻璃板20可以具有任意厚度或者任意特性,只要它满足最小商业或住宅建筑规范和/或窗口标准。

[0072] 制造方法

[0073] “先涂覆后切割”

[0074] 在本发明的一个实施例中,申请人发现了一种制造方法,该方法涉及“先涂覆后切割”的概念。一方面,本发明提供了一种制造电致变色装置层合板的方法,该方法包括:提供电致变色衬底;在所述衬底上制造多个电致变色装置前躯体(precursors);将各个所述电致变色装置前躯体切割为单独的电致变色装置,以及将各个所述单独的电致变色装置层合到独立的外层合玻璃板上。在这里使用的“电致变色装置前躯体”为在将所述衬底切割为独立的EC装置之前,涂覆或沉积在衬底上的电致变色装置,典型地为上述薄膜的叠层。这样,多个EC装置前躯体在单个的衬底上或者如这里所描述的衬底子板(substrate daughter pane)上被制造出来。典型地,所述EC前躯体的轮廓被设计来在所述前躯体之间包含充足的空间,一般而言,以使得切割优选地不损伤任何薄膜或叠层。

[0075] 在一些实施例中,所述EC装置(或者前躯体)32一般通过将所述EC叠层21涂在大的衬底板31(比如退火玻璃)上制成。所述叠层可以根据本领域中已知的方法涂覆或沉积,在此将这些方法引入本文。接着,所述EC装置(或者前躯体)32随后被切割(通过传统的机械设备、通过激光切割、或者电热切割方法,在此将详细描述)成期望的尺寸,该尺寸由最终的用途决定。当然,所述板也可以被切割为任意大小或形状。所述衬底也可以从一块大的板预先切割。然后,所述装置32被层合到EC外层合玻璃板22上,优选地用以提供附加的机械强度。所述EC装置层合板29可以包括如图1b所示的所述EC装置衬底32(也就是说,EC叠层21在所述EC层合板29的外侧),或者可选地,所述EC装置层合板29可以调整EC装置衬底32,使EC叠层21与所述层间材料28相接触(也就是说,所述EC叠层在所述层合板的内侧)。

[0076] 一旦所述EC装置层合板29被加工出来,它就可以与玻璃20结合,形成IGU30。

[0077] 在一些实施例中,所述EC外层合玻璃板与所述EC装置的大小大致相同。在另一些实施例中,所述EC外层合玻璃板与所述EC装置的大小不同。在一些实施例中,如前所述,所述EC衬底相对于所述外玻璃板内缩。在此进一步说明的是,所述EC外层合玻璃板可以与所述EC装置(或者沉积有所述EC装置的所述衬底)具有大致相同或不同的厚度、和/或热膨胀系数。所述外层合玻璃板可以机械切割或者激光切割。另一方面,本发明提供了根据该方法制成的层合板。

[0078] “先切割-然后涂覆-然后切割”

[0079] 在本发明的另一实施例中,申请人发现了一种制造方法,该方法包括首先将一大的EC衬底板切割为一个或多个衬底子板,然后将上述“先涂覆后切割”概念应用到所述一个或多个衬底子板中的每一个上(下文中,该方法被称为“先切割-然后涂覆-然后切割”方法)。

[0080] 这样,另一方面,本发明提供了一种制造电致变色装置层合板的方法,该方法包

括:提供电致变色衬底;将所述电致变色衬底切割为一个或多个衬底子板;在每个所述衬底子板上制造多个电致变色装置前驱体;将每个所述电致变色装置前驱体切割为单独的电致变色装置;以及将所述单独的电致变色装置层合到一个独立的外层合玻璃板上。

[0081] 在一些实施例中,退火玻璃制成的大衬底板被切割为一个或多个衬底子板。在另一些实施例中,退火玻璃制成的大衬底板被切割为多个衬底子板。每个所述衬底子板可以具有大致相同的大小和/或形状,或者,可以具有不同的大小和/或形状。例如,原始的大EC衬底可以被切割为三个相等大小的衬底子板,或者被切割为三个大小不同的衬底子板。所述衬底子板的边缘中的至少一部分可以进行可选的磨边工序,优选地接着再进行清洗。在另一些实施例中,所述大衬底板被切割为单个的较小(至少有一个尺寸较小)的衬底子板。

[0082] 在一些实施例中,所述衬底子板被装到承载架上进行进一步处理,即通过在各个所述衬底子板上涂覆EC叠层来制造所述EC装置前驱体。多个衬底子板可以装到单个的承载架上,但是优选要充分利用所述承载架的表面区域,使其承载尽量多的衬底子板。然后,比如通过激光或电热切割、或者通过机械设备,进一步切割每个所述衬底子板上的每个所述EC装置前驱体。

[0083] 可以相信的是,所述先切割-然后涂覆-然后切割方法提供了多种优点。首先,在溅射过程中,通常需要把玻璃衬底以一个小角度(通常相对于垂直线在约5度到9度之间)夹持。该角度可能会导致挠曲(deflection),由于玻璃的弯曲,这可能最终会导致非均匀涂层。可以相信的是,这种玻璃的弯曲随着玻璃尺寸的增大而增大。这样,首先将较大的衬底板切割出较小的玻璃,通过溅射在较小的玻璃上涂覆涂层(比如EC叠层),有助于消除任何潜在的非均匀性。在一些实施例中,所述衬底玻璃在涂覆过程中被竖直夹持。在不想被任何特定理论束缚的情况下,还可以认为,弯曲也可能由热应力引起。可以相信的是,任何热应力也都可以通过使用衬底子板来减小,尤其是使用较小的衬底子板。

[0084] 第二,某些需要的衬底玻璃的尺寸(或形状)通常并不能从制造商处购买。例如,制造商提供的玻璃可能过大,以至于不能装在承载架上或者装在反应溅射腔中。此外,购买大块的玻璃并先将它们切割成能装在承载架上,更加划算。

[0085] 第三,可以认为,未处理(as-received)玻璃的边缘可能不是一直处于适合直接加工的状态。在这种情况下,需要先将玻璃切割为较小的子板,这些较小的子板具有无缺陷边缘或者满足下游制造和加工要求的边缘。

[0086] 第四,每块大玻璃都包含有缺陷。没有缺陷的玻璃板可以从所述大玻璃板上切割下来,不需要浪费大量玻璃和处理时间。

[0087] 在所述“先涂覆后切割”和所述“先切割-然后涂覆-然后切割”的方法中,层合步骤采用本领域熟知的方法完成。例如,典型的层合工艺包括例如通过辊轧处理(nip roller process)以及随后的延展粘合处理,在适度的压力下加热层合板以在玻璃板之间建立部分粘接,例如,使用热压罐在加温加压下实现到玻璃的粘合,并且要么去除残留的空气,要么将空气分散到聚合物结构中,以创建透明的隔层。其它方法要么利用(i)真空处理与加热结合,以从层间区域去除空气并粘合所述玻璃板;要么利用(ii)倒入所述玻璃板之间的空隙的聚合物填充它们之间的毛细管状的空间,以形成透明的隔层。

[0088] 传统的机械划线或切割

[0089] 典型的玻璃制备包括:使用硬质合金或金刚石头划线器或砂轮,在所述玻璃板表

面形成刻槽,然后施加弯曲力矩使得表面裂纹沿着边缘扩展,以形成直线切削。玻璃的边缘通常采用研磨机或金刚砂砂带打磨。

#### [0090] 激光切割

[0091] 在本发明的一些实施例中,激光被用来切割所述EC装置层合板29或所述EC衬底31。这里使用的“激光切割”一次表示(i)采用激光创建一垂直所述衬底表面的细的裂缝,通过施加的弯曲力矩使该裂缝后续贯通所述玻璃,从而产生完全分离,或者(ii)通过沿所述衬底的长度方向延展的激光致裂缝完全割断玻璃,从而实现分离。激光切割的过程同样适用于所述“先涂覆后切割”和所述“先切割-然后涂覆-然后切割”方法。

[0092] 因此,本发明一方面提供了一种制造电致变色装置层合板的方法,该方法包括:提供电致变色衬底;在所述衬底上制造多个电致变色装置前躯体;将各个所述电致变色装置前躯体激光切割为单独的电致变色装置,以及将各个所述单独的电致变色装置层合到独立的外层合玻璃板上。在一些实施例中,所述激光切割工艺要么包括:产生细的表面裂缝,后续通过施加弯曲力矩使其扩展来分离,要么包括:完全“割断”,通过沿着所述衬底创建并延伸裂纹来实现分离,不需要后续弯曲或“打破”。

[0093] 更具体地,采用聚焦激光束制造出热韧性的创新层合外玻璃,有利于将有涂层的玻璃衬底切割为单独的子板。在不想受到任何特定理论的束缚的情况下,可以认为,激光能量局部加热玻璃,然后沿着分隔线使其迅速冷却。这导致垂直于所述玻璃的裂缝形成,进而产生没有缺口和附加的微裂缝的边缘,而这些缺口和附加的微裂缝可能分别导致污染和边缘弱化。产生的激光处理过的边缘不需要任何另外的边缘抛光。

[0094] 在一些实施例中,可以认为激光切割的边缘可以承受的应力比标准机械切割边缘高大约2至约3倍,并且可以认为其具有与强化玻璃相当的边缘强度。因此,可以认为激光切割的、未回火的EC装置衬底可以承受温度变化,以及与该温度变化相关的应力,该温度变化通常在玻璃染色深时发生。

[0095] 在一些实施例中,激光切割的板能够承受至少约60MPa的应力。在另一些实施例中,激光切割的板能够承受至少约69MPa的应力。在其它一些实施例中,激光切割的板能够承受至少约75MPa的应力。在其它一些实施例中,激光切割的板能够承受至少约100MPa的应力。在另外的一些实施例中,激光切割的板能够承受至少约70MPa至约310MPa的应力。

#### [0096] 电热切割

[0097] 在本发明的一些实施例中,ETC(electrothermal cutting,电热切割)被用来切割或分离所述EC装置层合板20或所述EC衬底31。ETC涉及一种绝缘或半导体衬底内的小区域的加热(如果需要,蒸发)方法。在一些实施例中,通过应用两电极之间的交流电荷切割玻璃。在不考虑任何特定的理论束缚的情况下,可以相信高压局部加热玻璃并用冷头(cooling head)引起合适的应力,可以形成贯通裂缝。那么,所述电极/冷头组合沿预定路径移动,以使所述裂缝(受控制的分离)按照期望的图案扩展,该图案由需要的EC衬底或EC衬底子板的自定义大小定义。

[0098] 在一些实施例中,采用ETC切割的板能够承受采用激光切割的板差不多的应力。在另一些实施例中,ETC切割的板能够承受至少约60MPa的应力。在另一些实施例中,ETC切割的板能够承受至少约69MPa的应力。在其它一些实施例中,ETC切割的板能够承受至少约75MPa的应力。在其它一些实施例中,ETC切割的板能够承受至少约80MPa的应力。在另外的

一些实施例中,ETC切割的板能够承受至少约100MPa的应力。

[0099] 实验数据和实例

[0100] 层合板的冲击测试结果

[0101] 对“不匹配的”层合板进行了冲击测试,该层合板包括:(1)EC衬底31以及(2)EC外层合玻璃板22,该EC衬底31由退火苏打石灰浮法玻璃或低CTE玻璃构成,该EC外层合玻璃板22由强化玻璃、钢化玻璃或者退火玻璃中的任一种构成,如图4所示。冲击数据表明了关于EC衬底31和EC外层合玻璃板22厚度的有用的设计窗口。PVB(聚乙烯醇缩丁醛)和离子交联聚合物(ionomer polymers)(DuPont公司的SGP)作为层间材料28被测试。关于EC衬底/支撑衬底和隔层的厚度,与PVB相比较,SGP显示了较窄的设计窗口,在不考虑任何特定理论束缚的情况下,这表明较好的PVB性能与PVB材料提高的柔性/延展性有关。

[0102] 图4总结了冲击测试的数据,该数据为EC衬底31、EC外层合玻璃板22和隔层28厚度的函数。图4显示了EC衬底31的厚度、EC外层合玻璃板的厚度以及层间材料28的厚度的不同组合。对于ANSI Z97.1-2004要求的34”×76”的测试用几何形状,该数据表明可以在大范围的玻璃和隔层厚度上应用。可以认为,对于玻璃和隔层厚度,PVB更加结实。

[0103] 最广泛参照的层合玻璃的测试标准是由美国国家标准协会颁布的标准ANSIZ97.1-2004(建筑物用安全玻璃材料美国国家标准-安全性能规范和测试方法(American National Standard for Safety Glazing Materials Used in Buildings-Safety Performance Specifications Method of Test))。该标准建立了用于楼房和建筑目的的安全玻璃材料的测试规范和方法。该测试包括一袋100磅的铅粒的冲击,这袋铅粒被固定在绳子的一端并被摆向一层合玻璃板的中心线。还存在另一标准,由CPSC(Consumer Products Safety Council,消费品安全协会)颁布的16CFR1201,该标准采用了相同的测试方法和稍不同的通过/失败标准。

[0104] Z97.1和16CFR1201测试的通过/失败标准略有不同。所述Z97.1测试允许破损和形成这样一些破口/洞,直径为3英寸的球不能通过该破口/洞。所述16CFR1201测试还要求,当所述层合板水平放置时,重4磅的直径为3英寸的球在一秒之后不会通过所述破口。所述通过/失败数据是基于Z97.1标准报告的,但是我们相信,该层合板的刚度可以通过16CFR1201测试。

[0105] 两种测试类别不同,这取决于袋子下落的高度。我们展示了从最佳测试中得到的结果,在该测试中是从48”(400英尺磅)的高度下落。典型的测试板的尺寸为34”×76”,但是我们还测试了另一尺寸(40”×40”)的玻璃板。40”×40”的几何尺寸代表着更有挑战性的试验。下面的实例1-8中所有的用来冲击测试的玻璃衬底均由机械划线切割。测试在明尼苏达州法里博(Faribault,MN)的SAGE公司和威斯康星州阿曼里(Amery,Wisconsin)的CardinalLG公司进行。

[0106] 实例1-EC层合板

部件	材料	属性
[0107] EC 外层合玻璃板	完全钢化的苏打石灰玻璃	厚度: 3.2mm CTE: 8.5ppm/K
EC 衬底	退火苏打石灰浮法玻璃	厚度: 1.7mm CTE: 8.5ppm/K
层间材料	PVB	厚度: 0.76mm

[0108] 制造方法:

[0109] 实例1的层合的EC结构根据“先切割后涂覆”的方法制造。层合步骤采用传统的轧辊/热压罐工艺。使用真空层合工艺可以获得相同的结果。

[0110] 结果:

[0111] 具有上述部件的层合的EC结构通过了ANSI Z97.1标准中的冲击测试。

[0112] 实例2-EC层合板

部件	材料	属性
[0113] EC 外层合玻璃板	完全钢化的苏打石灰玻璃	厚度: 4mm CTE: 8.5ppm/K
EC 衬底	退火苏打石灰浮法玻璃	厚度: 1.7mm CTE: 8.5ppm/K
层间材料	PVB	厚度: 0.76mm

[0114] 制造方法:

[0115] 实例2的层合的EC结构根据“先切割后涂覆”的方法制造。层合步骤采用传统的轧辊/热压罐工艺。

[0116] 结果:

[0117] 具有上述部件的层合的EC结构通过了ANSI Z97.1标准中的冲击测试。

[0118] 在实例1和实例2中测试了不同厚度的外层合玻璃板,而两个层合板都通过了冲击测试。使用真空层合工艺可以获得相同的结果。

[0119] 实例3-EC层合板

部件	材料	属性
[0120] EC 外层合玻璃板	完全钢化的苏打石灰玻璃	厚度: 3.2mm CTE: 8.5ppm/K
EC 衬底	退火苏打石灰浮法玻璃	厚度: 1.7mm CTE: 8.5ppm/K
层间材料	SentryGlas plus (杜邦 DuPont)	厚度: 0.89mm

[0121] 制造方法:



[0122] 实例3的层合的EC结构根据“先切割后涂覆”的方法制造。层合步骤采用传统的轧辊/热压罐工艺。

[0123] 结果：

[0124] 具有上述部件的层合的EC结构通过了ANSI Z97.1标准中的冲击测试。使用真空层合工艺可以获得相同的结果。

[0125] 实例4-EC层合板

部件	材料	属性
[0126] EC 外层合玻璃板	完全钢化的苏打石灰玻璃	厚度：4mm CTE：8.5ppm/K
EC 衬底	退火苏打石灰浮法玻璃	厚度：1.7mm CTE：8.5ppm/K
层间材料	SentryGlas plus (杜邦 DuPont)	厚度：0.89mm

[0127] 制造方法：

[0128] 实例4的层合的EC结构根据“先切割后涂覆”的方法制造。层合步骤采用传统的轧辊/热压罐工艺。

[0129] 结果：

[0130] 具有上述部件的层合的EC结构通过了ANSI Z97.1标准中的冲击测试。

[0131] 在实例3和实例4中测试了不同厚度的外层合玻璃板，而两个层合板都通过了冲击测试。使用真空层合工艺可以获得相同的结果。

[0132] 实例5-EC层合板

部件	材料	属性
[0133] EC 外层合玻璃板	完全钢化的苏打石灰玻璃	厚度：4mm CTE：8.5ppm/K
EC 衬底	退火 borofloat CTE 浮法玻璃	厚度：1.7mm CTE：3.3ppm/K
层间材料	PVB	厚度：0.76mm

[0134] 制造方法：

[0135] 实例5的层合的EC结构根据“先切割后涂覆”的方法制造。层合步骤采用传统的轧辊/热压罐工艺。

[0136] 结果：

[0137] 具有上述部件的层合的EC结构通过了ANSI Z97.1标准中的冲击测试。使用真空层合工艺可以获得相同的结果。

[0138] 实例6-EC层合板

部件	材料	属性
[0139] EC 外层合玻璃板	强化苏打石灰玻璃	厚度: 2.3mm CTE: 8.5ppm/K
EC 衬底	退火苏打石灰浮法玻璃	厚度: 1.7mm CTE: 8.5ppm/K
层间材料	SentryGlas plus (杜邦 DuPont)	厚度: 1.5mm

[0140] 制造方法:

[0141] 实例6的层合的EC结构根据“先切割后涂覆”的方法制造。层合步骤采用传统的轧辊/热压罐工艺。

[0142] 结果:

[0143] 具有上述部件的层合的EC结构通过了ANSI Z97.1标准中的冲击测试。使用真空层合工艺可以获得相同的结果。

[0144] 实例7

部件	材料	属性
[0145] EC 外层合玻璃板	强化苏打石灰玻璃	厚度: 2.3mm CTE: 8.5ppm/K
EC 衬底	退火苏打石灰浮法玻璃	厚度: 1.7mm CTE: 8.5ppm/K
层间材料	PVB	厚度: 0.76mm

[0146] 制造方法:

[0147] 实例7的层合的EC结构根据“先切割后涂覆”的方法制造。层合步骤采用传统的轧辊/热压罐工艺。

[0148] 结果:

[0149] 具有上述部件的层合的EC结构通过了ANSI Z97.1标准中的冲击测试。使用真空层合工艺可以获得相同的结果。

[0150] 实例8-SageGlass®EC装置

部件	材料	属性
[0151] IGU 的内部玻璃	完全钢化苏打石灰玻璃	厚度: 6mm CTE: 8.5ppm/K
EC 衬底	完全钢化苏打石灰浮法玻 璃	厚度: 6mm CTE: 8.5ppm/K

[0152] 制造方法:

[0153] 实例8的IGU根据文中所述的标准制造方法制造。

[0154] 结果:

[0155] 具有上述部件的IGU通过了ANSI Z97.1标准中的冲击测试。

[0156] 可以观察到实例1-7中的层合的IGUs和实例8中传统的IGU都通过了ANSI Z97.1中的冲击测试。因此,可以认为,本发明的所述EC装置层合板(和包括该层合板的IGUs)能够达到/超过对于建筑应用的所有关键的工业机械性能要求。

[0157] 机械划线退火、激光切割退火和强化苏打石灰浮法玻璃的边缘强度的对比

[0158] 我们评价了多种玻璃成分、衬底厚度和机械试验试样取向的激光切割边缘强度。最好的激光切割玻璃的边缘强度定量测量采用四点弯曲测试装置进行。在四点弯曲中,如图5所示,一个例子使用“平躺”的样本方向,内跨度下的整个区域受到相同的弯曲力矩,因此,可以认为,可以有较大有效区域用来测试。我们测试了“侧立”和“平躺”两种方向的边缘强度。最先使用的是“侧立”方向,这是因为可以在使用中可能遇见的相似压力条件下,同时测试上边缘和下边缘。然而,我们发现在两种测试方向中数据有着绝佳的一致性,并且因为“平躺”较容易使用传统的四点弯曲测试装置测试,我们测试的大多数试样都是“平躺”方向的。典型的试样尺寸是25mm宽、330mm长,且有效测试区域为约100mm。我们检查了多种不同玻璃厚度(从接近1mm到2.3mm)和玻璃成分,包括不同制造来源的标准苏打石灰浮法玻璃、以及低CTE玻璃,包括Eagle2000™和EagleXG™(由Corning制造)和Borofloat33™(由Schott Glass制造)。

[0159] 我们将我们的关于苏打石灰玻璃的激光切割边缘强度的数据和对于退火、强化和完全钢化苏打石灰玻璃的边缘强度的文献值进行了对比。Veer等人近期公布了一篇全面的试验论文,该论文对比了退火、强化和完全钢化玻璃。Veer、FA、PC Louter和FP Bos,“退火、强化和完全钢化浮法玻璃”,工程材料和结构的疲劳和断裂(Fatigue&Fracture of Engineering Materials&Structures),第32期18-25页(2009)。因为最小尺寸限制与强化或钢化相关,他们的试样尺寸(10×100×1000mm,有效测试长度为500mm)明显大于我们的研究中的试样尺寸,直接对比要求适当的缩放比例,这是因为,从统计学上来说,在给定应力下,较大区域包含临界大小的(critically-sized)缺陷的可能性较大。我们使用了一种基于Vuolio(2003)和Beason and Lignell(2002) Beason的工作成果的处理方式,该成果为WL和AW Lignell,“单片退火玻璃的热应力评量程序(A Thermal Stress Evaluation Procedure for Monolithic Annealed Glass)”,关于玻璃在楼宇中的使用的研讨会,美国材料与试验协会(ASTM)的STP1434,VL Block(2002)编辑,其中不同试样尺寸的强度与各自边缘区域的比率成比例:

$$[0160] \quad \sigma_1/\sigma_2 = (\text{Area}_2/\text{Area}_1)^{1/m}$$

[0161] 其中,威布尔系数m是各自强度分布变化的一种度量。计算用的m的值为5.8,由试验数据确定。这相当于1.7的比率。

[0162] 如图6所示,区域调整数据对比了室内和文献测试结果。室内和文献数据的对比表明,激光切割测试数据位于HS(heat-strengthened,强化)和FT(fully tempered,完全钢化)文献数据之间。

[0163] 图6进一步显示了机械和激光划线的边缘强度的对比概率图。可以认为,激光划线的板显示了至少60MPa的强度。在一些实施例中,激光划线的板的强度为至少69MPa,优选为约75MPa,更优选为约100MPa。

[0164] 图6还提供了试验测试(机械(机械划线)和(激光切割)和文献数据(为测试试样几何形状的不同进行了调整)。使用传统的机械划线和激光切割工艺得到的我们的关于退火试样的测试数据,在图6中分别以三角和方块表示。通常激光切割玻璃的强度分布(代表使用五中不同的激光切割设备的五种不同的激光切割运动的总数据)可以被描述成其性能在HS和FT性能之间。

[0165] 实例9-激光切割层合板

部件	材料	属性
[0166] EC 外层合玻璃板	完全钢化苏打石灰玻璃	厚度: 3.2mm CTE: 8.5ppm/K
EC 衬底	退火苏打石灰浮法玻璃	厚度: 1.7mm CTE: 8.5ppm/K
层间材料	PVB	厚度: 0.76mm

[0167] 制造方法:

[0168] 实例9的激光切割层合板根据“先切割后涂覆”的方法制造。层合步骤采用传统的轧辊/热压罐工艺。在这里,所述EC衬底(EC装置或者装置前躯体)在所述EC叠层沉积之后,被激光切割。激光切割边缘强度通过引起边缘应力来测量,边缘应力通过在试样中创建温度梯度产生。所述温度梯度使用硅胶加热垫产生,该加热垫的侧向尺寸小于所述层合板。所述加热垫被置于所述层合板的表面,该层合板不加热时约25mm宽。梯度的大小通过调整施加到所述加热垫的功率(通过自耦变压器可变电电源)来控制,同时保持所述层合板的边缘接近室温。产生的温度梯度造成的边缘压力通过光弹性技术(威斯康星州麦迪逊的应力光学公司(Stress Photonics, Inc., Madison, WI))直接测量。

[0169] 结果:

[0170] 激光切割的具有上述部件的层合的EC结构在层合后具有至少约60MPa的边缘强度。

[0171] 我们还进行了TLS(Thermal laser scribe,热激光划线)工艺的加工能力的研究。该研究采用了上述机械的四点弯曲测试。收集了五种测试场景下的80个试样的数据。这些代表着六个月内的五种不同的TLS过程的数据,被用来展示基于不同的最大使用中边缘应力的加工能力。加工能力Cpk表明,产生的强度足以在EC装置层合板作为窗子应用的工作应力环境中,提供的低的失败的可能性。

[0172] 为了采用传统的统计学方法计算加工能力,需要这些数据正态分布。TLS机械测试数据是对数正态分布的,需要对数变换为正态。关于规格下限(即最大边缘应力)的加工能力值和相应的预测失败率被计算,以确定装置的热梯度敏感性。最大边缘应力取决于环境互动效应以及窗或建筑框架的设计(即完全绝缘框架V热沉设计)。能力分析采用Minitab15统计软件包进行。

计算出的破碎概率 V 最大边缘应力	
最大应力 (MPa)	破碎概率
117	0.171
103	0.0910000
90	0.0380000
83	0.0220000
69	0.0048000
55	0.0005300
41	0.0000160
34	0.0000010
28	0.0000001

[0173]

[0174] 虽然本发明在这里结合特定实施例进行了描述,但是可以理解的是,这些实施例仅仅是对本发明的原理和用途的示例性说明。因此,可以理解的是,可以对这些示例性实施例作出的多种变形,且其它的布置均不背离被发明的精神和范围(如权利要求书中限定的)。

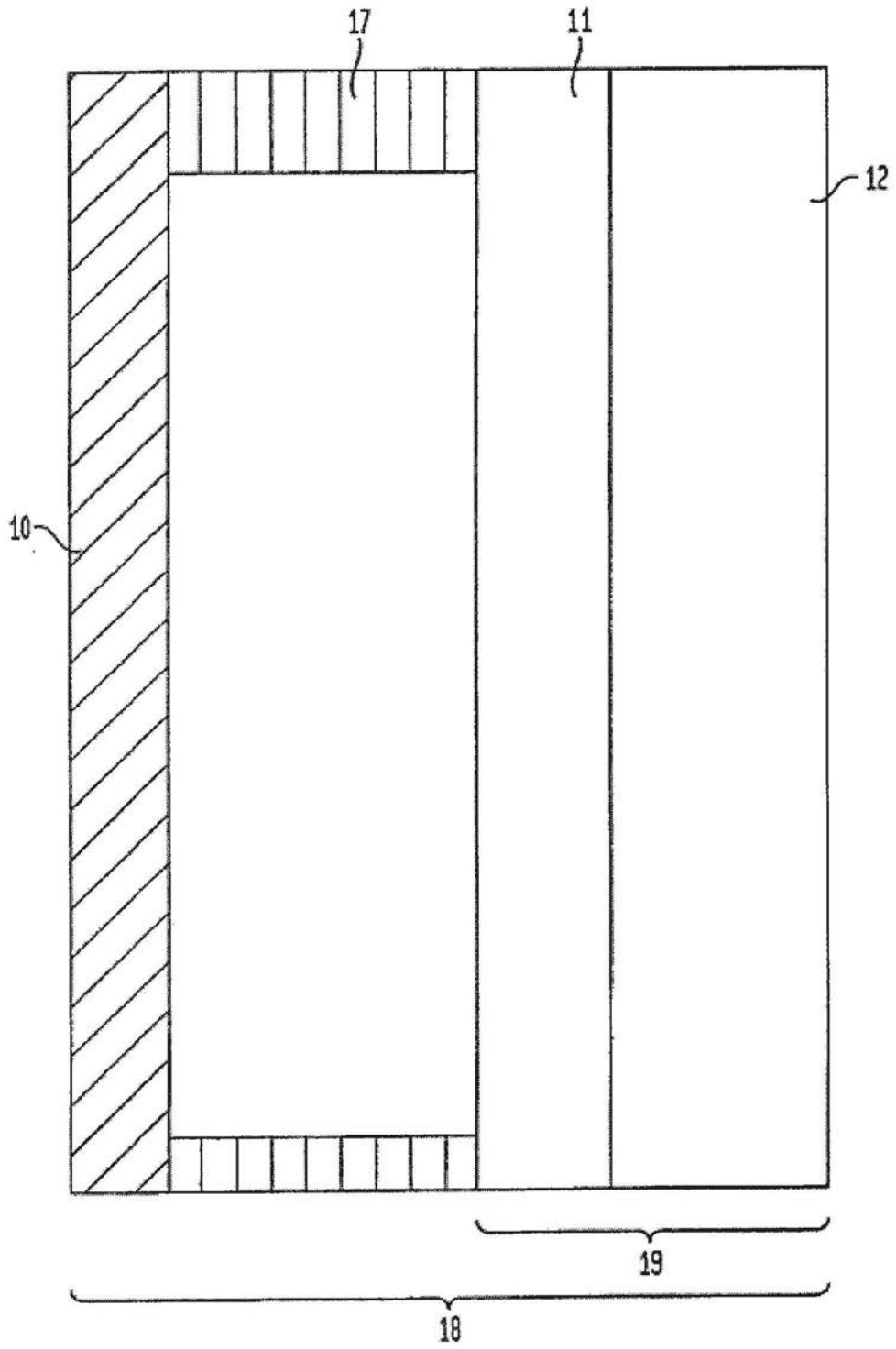


图1a

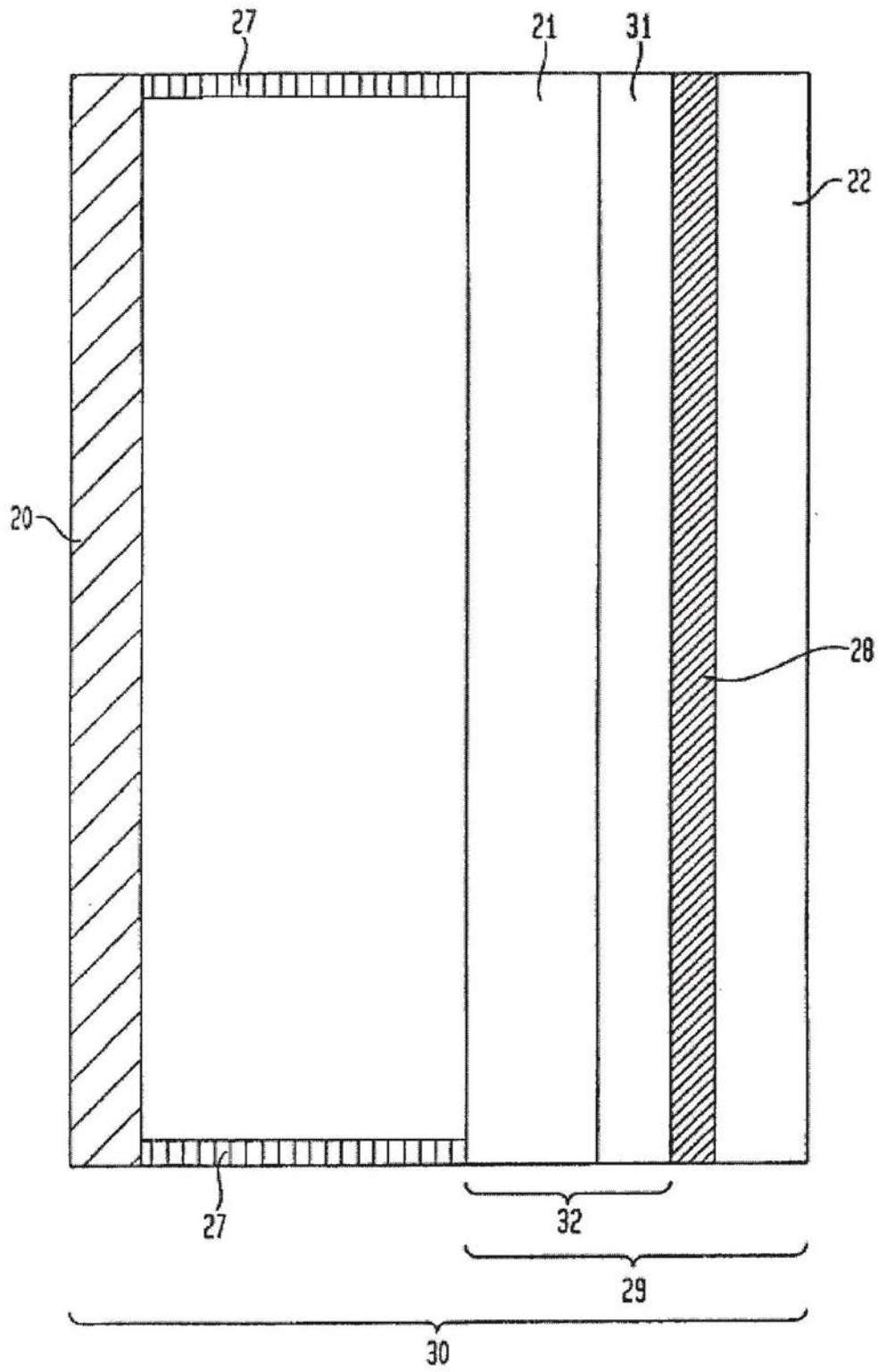


图1b

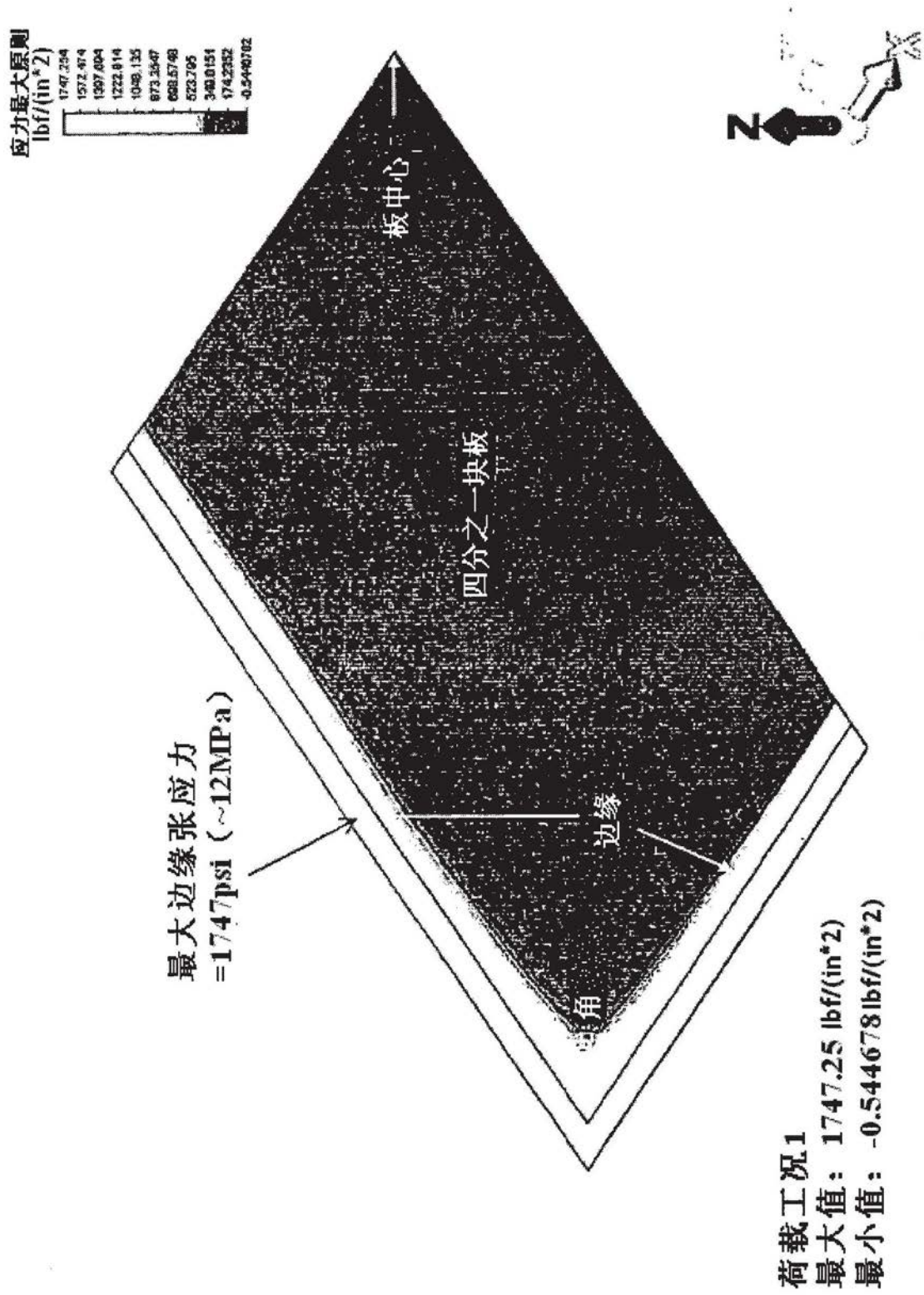


图2



计算出的最大边缘应力  
914×1524mm的EC装置  
1000Watts/m<sup>2</sup>入射辐射

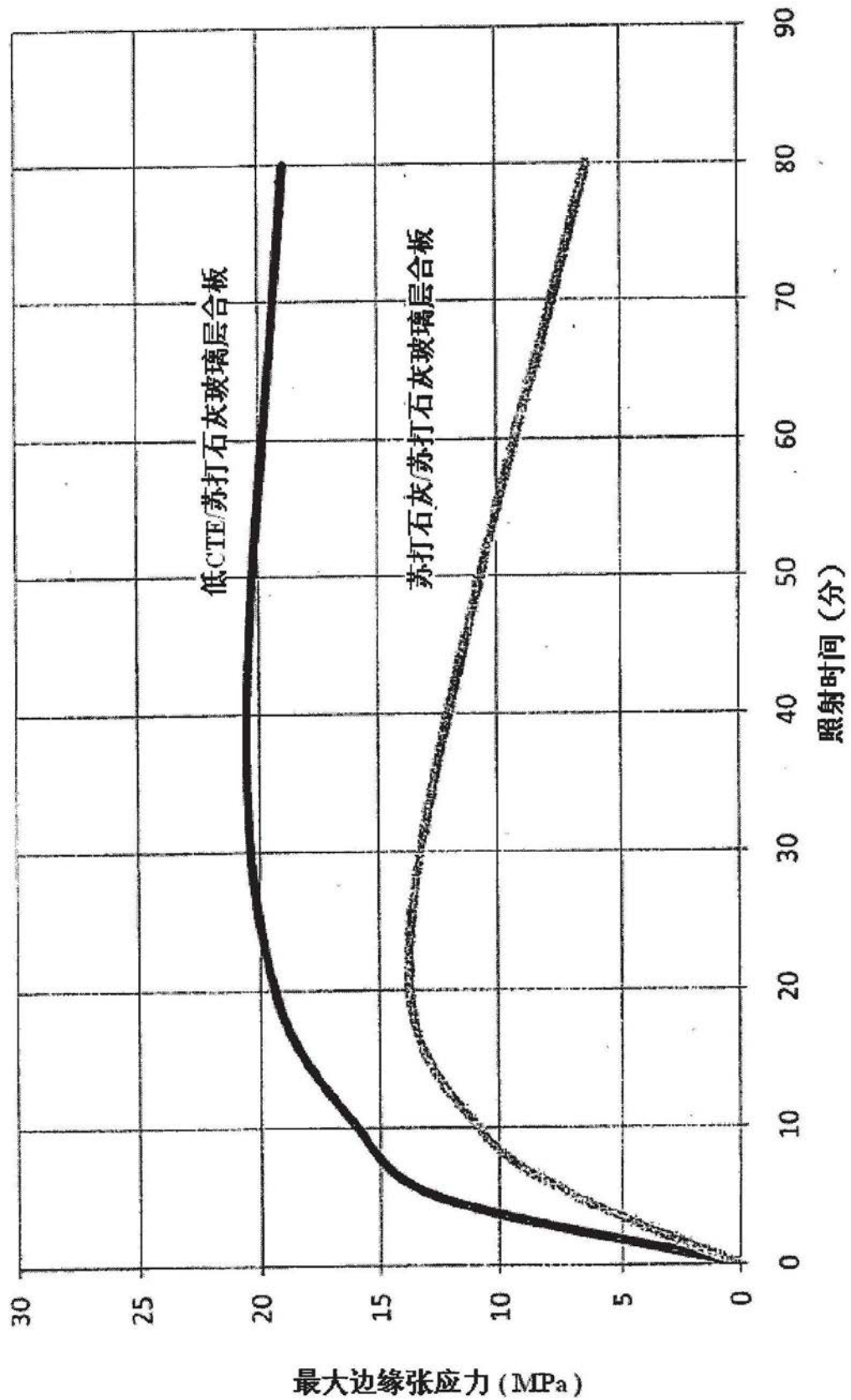


图3a

计算出的最大边缘应力  
914×1524mm的EC装置  
1000Watts/m<sup>2</sup>入射辐射

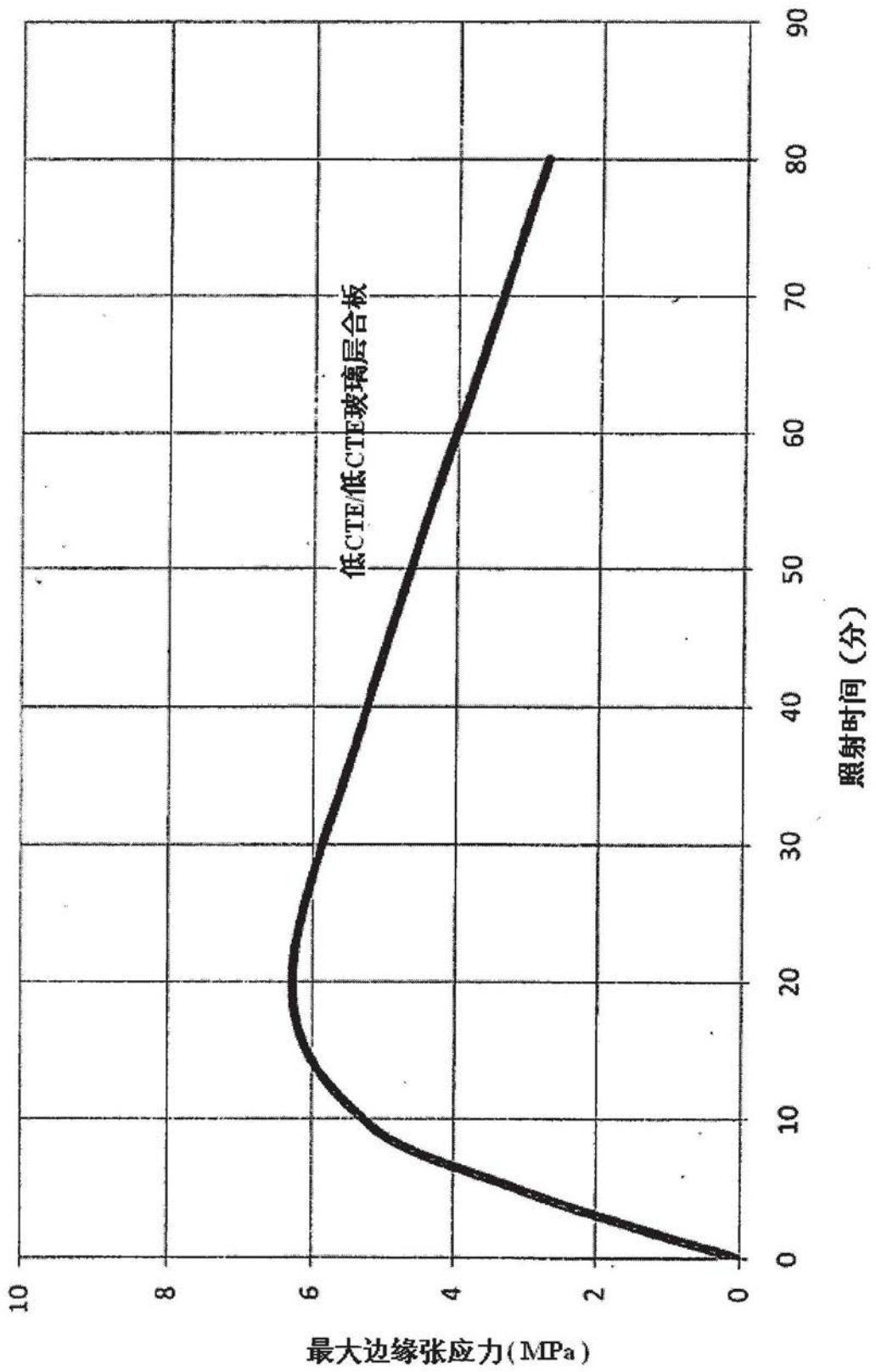


图3b

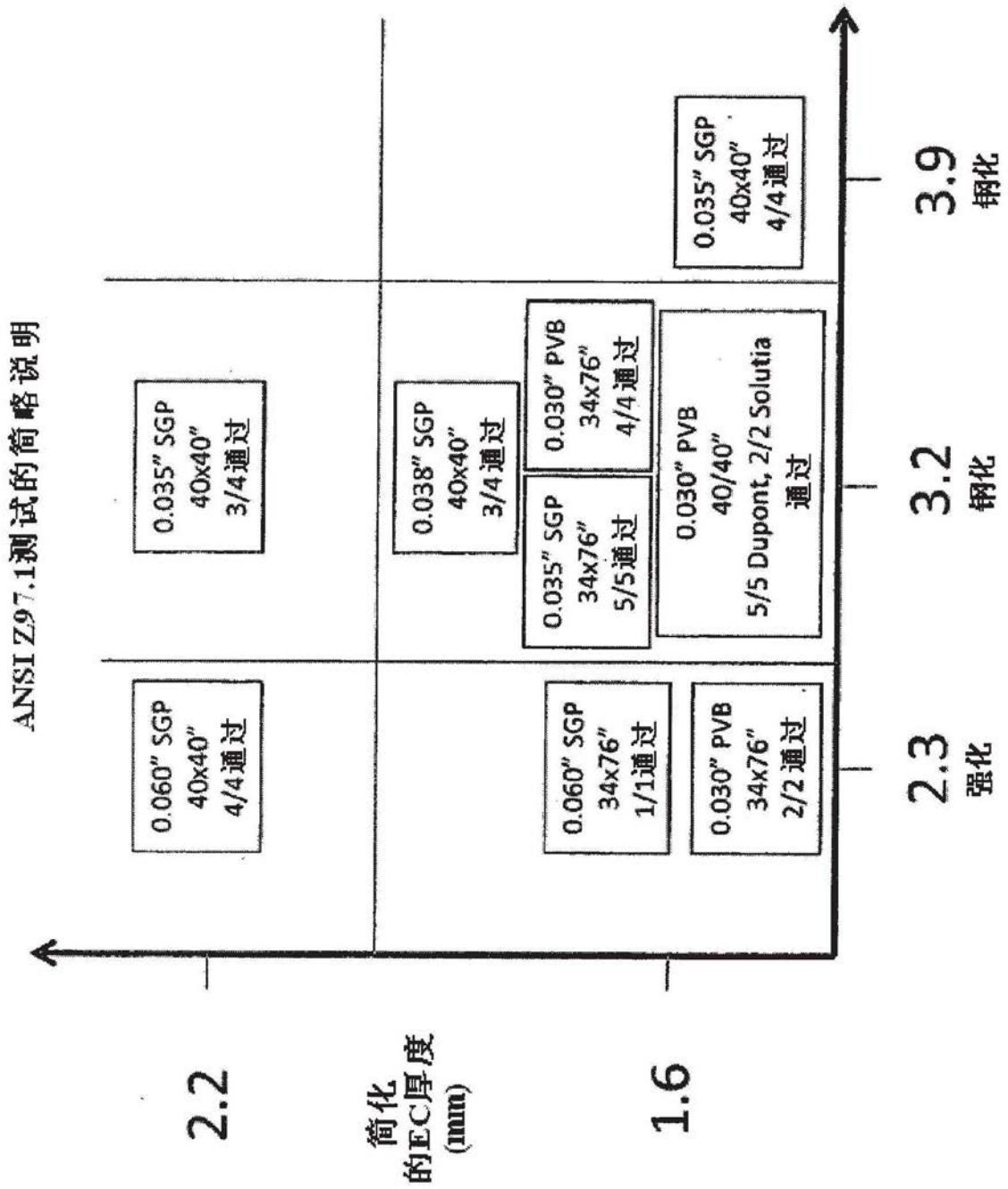


图4

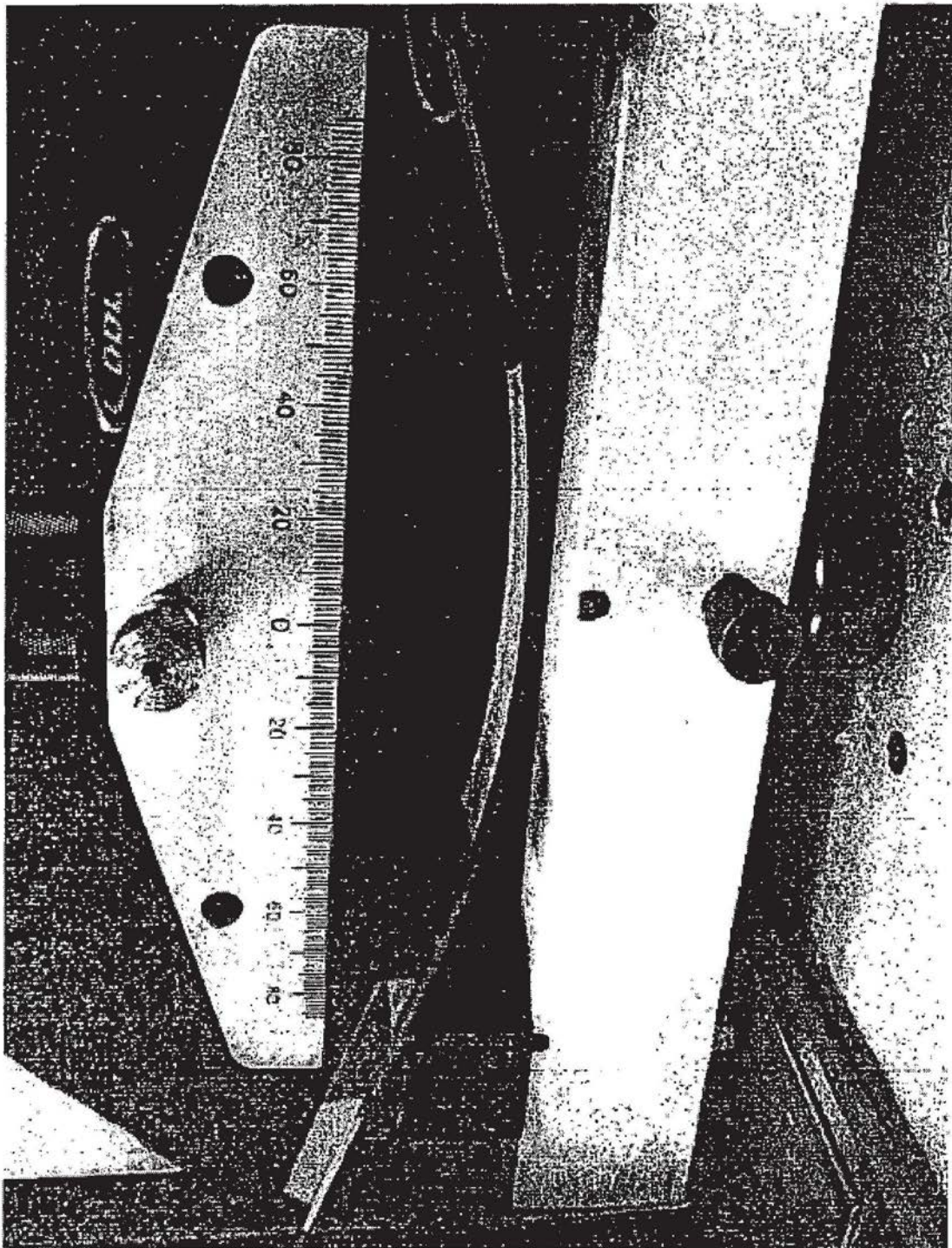


图5

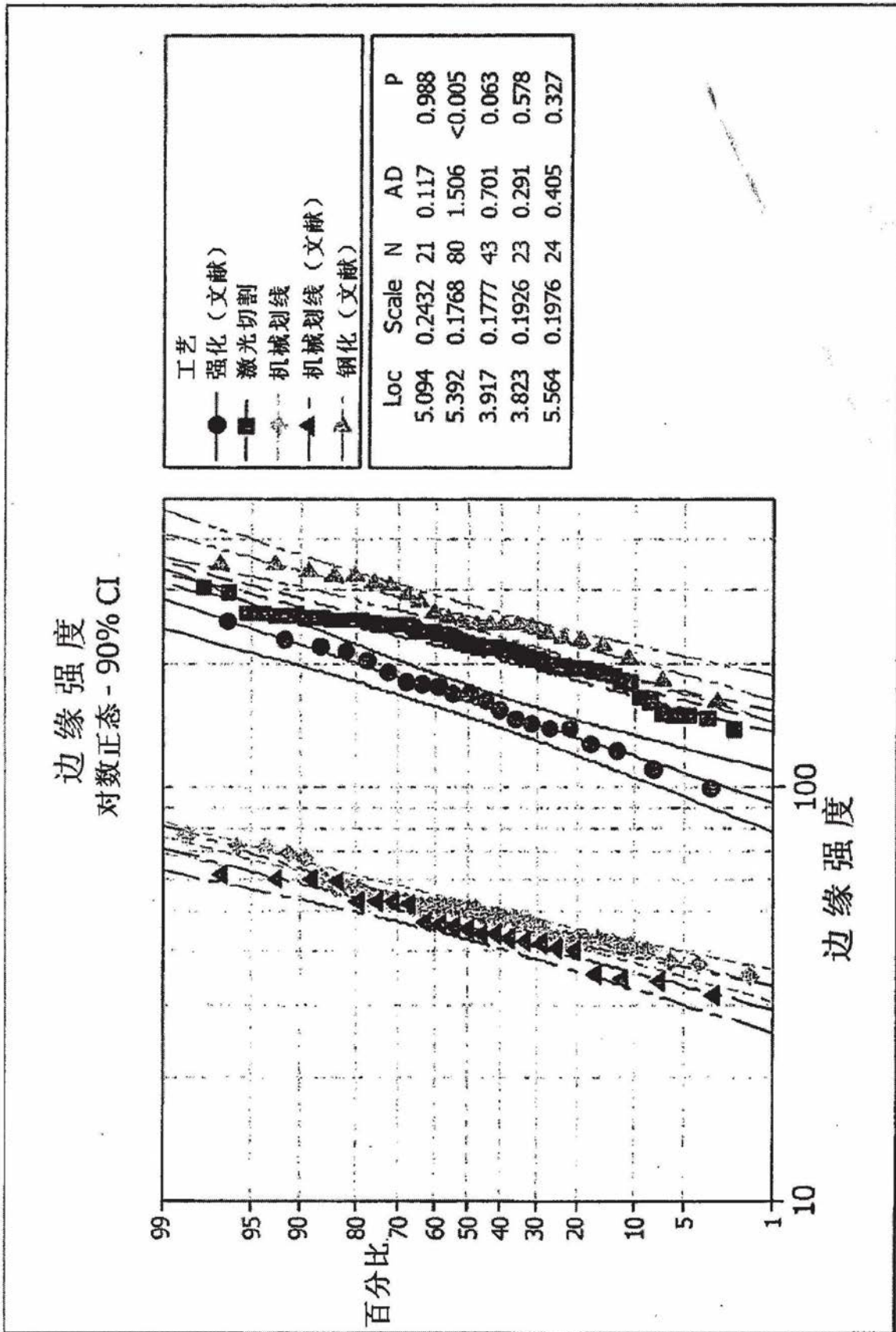


图6