(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113423913 A
(43)申请公布日 2021.09.21

(21)申请号 202080013893.7
(22)申请日 2020.03.05
(30)优先权数据
19163704.0 2019.03.19 EP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.08.12
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2020/055882 2020.03.05
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/187588 EN 2020.09.24
(71)申请人 旭硝子欧洲玻璃公司
地址 比利时卢万-拉-讷沃
申请人 AGC株式会社
旭硝子北美平板玻璃公司
旭硝子眼镜巴西有限公司
(72)发明人 A·本特拉德 M·王
(74)专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所有限公司 11038
代理人 范莉
(51)Int.Cl.
E06B 3/66(2006.01)

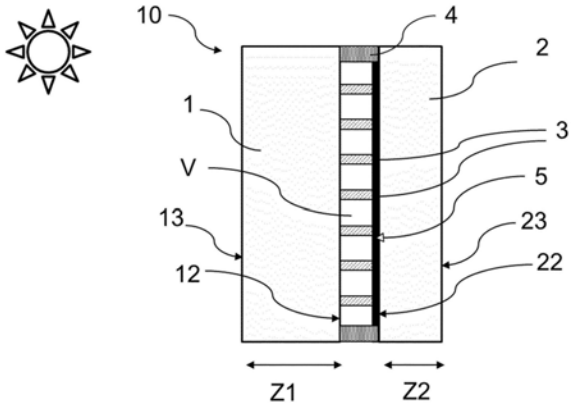
权利要求书2页 说明书19页 附图1页

(54)发明名称

非对称真空隔热玻璃窗单元

(57)摘要

本发明涉及一种真空隔热玻璃窗单元(10)，所述真空隔热玻璃窗单元沿着由纵向轴线X和竖直轴线Z限定的平面P延伸、设置有一个红外反射涂层，所述真空隔热玻璃窗单元的长度L为300mm≤L≤4000mm，并且宽度W为300mm≤W≤1500mm，并且包括：a.第一玻璃片(1)，所述第一玻璃片具有内片面(12)和外片面(13)、具有厚度Z1，所述经涂覆的第一玻璃片具有能量吸收率EA1，以及b.第二玻璃片(2)，所述第二玻璃片具有内片面(22)和外片面(23)并且具有厚度Z2，并且在其内片面上承载有所述红外反射涂层，其中所述厚度是在与所述平面P垂直的方向上测量的，所述经涂覆的第二玻璃片具有能量吸收率EA2；c.一组分立间隔件(3)，所述组分立间隔件定位在所述第一玻璃片与所述第二玻璃片之间，保持所述第一玻璃片与所述第二玻璃片之间的距离，并且形成具有间距λ的阵列，所述间距λ包含在10mm与35mm之间；d.气密结合密封件(4)，所述气密结合密封件在所述第一玻璃片和所述第二玻璃片的周边上密封所述第一玻璃片与所述第二玻璃片之间的距离；e.内部体积V，所述内部体积由所述第一玻璃片、所述第二玻璃片和所述组分立间隔件限定并且被所述气密结合密封件封闭，并且其中，存在绝对压力小于0.1mbar的真空，以及f.其中，所述第一玻璃片和所述第二玻璃片的内片面面向所述内部体积V；g.其特征在于，所述第一玻璃片比所述第二玻璃片厚($Z_1>Z_2$)，并且其特征在于，$\Delta EA\leq 0.0033\Delta Z^2/mm^2-0.0468\Delta Z/mm+0.7702$；其中，$\Delta EA=EA1-2*EA2$，并且其特征在于，$Z_1\geq 5mm$，$Z_2\geq 3mm$，并且$\Delta Z=Z_1-Z_2\geq 1mm$，并且其特征在于，$10mm\leq\lambda\leq 35mm$。



CN 113423913 A

1.一种设置有一个红外反射涂层的真空隔热玻璃窗单元(10),所述真空隔热玻璃窗单元的长度L为300mm≤L≤4000mm,并且宽度W为300mm≤W≤1500mm,并且包括:

a.第一玻璃片(1),所述第一玻璃片具有内片面(12)和外片面(13)、具有厚度Z_1,所述第一玻璃片具有能量吸收率EA_1,以及

b.第二玻璃片(2),所述第二玻璃片具有内片面(22)和外片面(23)、并且具有厚度Z_2,并且在其内片面上承载有所述红外反射涂层,所述经涂覆的第二玻璃片具有能量吸收率EA_2;

c.一组分立间隔件(3),所述组分立间隔件定位在所述第一玻璃片与所述第二玻璃片之间,保持所述第一玻璃片与所述第二玻璃片之间的距离,并且形成具有间距λ的阵列,所述间距λ包含在10mm与35mm之间;

d.气密结合密封件(4),所述气密结合密封件在所述第一玻璃片和所述第二玻璃片的周边上密封所述第一玻璃片与所述第二玻璃片之间的距离;

e.内部体积V,所述内部体积由所述第一玻璃片、所述第二玻璃片和所述组分立间隔件限定并且被所述气密结合密封件封闭,并且其中,存在绝对压力小于0.1mbar的真空,以及

f.其中,所述第一玻璃片和所述第二玻璃片的内片面面向所述内部体积V;

g.其特征在于,所述第一玻璃片比所述第二玻璃片厚(Z_1>Z_2),并且其特征在于,$\Delta EA \leq 0.0033\Delta Z^2/mm^2-0.0468\Delta Z/mm+0.7702$;其中,$\Delta EA=EA_1-2*EA_2$,并且其特征在于,$Z_1 \geq 5mm$,$Z_2 \geq 3mm$,并且$\Delta Z=(Z_1-Z_2) \geq 1mm$,并且其特征在于,10mm≤λ≤35mm。

2.根据权利要求1所述的真空隔热玻璃窗单元,其中,当满足所述第一玻璃片和所述第二玻璃片的能量吸收率的加权差的以下条件时,$Z_2=3mm$并且10mm≤λ≤25mm:$\Delta EA \leq 0.0084\Delta Z^2/mm^2-0.1545\Delta Z/mm+0.6966$;其中,$\Delta EA=EA_1-2*EA_2$,并且300mm≤L≤3000mm,300mm≤W≤1500mm。

3.根据权利要求1所述的真空隔热玻璃窗单元,其中,$Z_2=4mm$并且10mm≤λ≤25mm,并且$\Delta EA \leq -0.0214\Delta Z/mm+0.5696$,并且300mm≤L≤3000mm,300mm≤W≤1500mm。

4.根据权利要求1所述的真空隔热玻璃窗单元,其中,$Z_2=5mm$并且10mm≤λ≤35mm,并且$\Delta EA \leq 0.0033\Delta Z^2/mm^2-0.0468\Delta Z/mm+0.7434$,并且300mm≤L≤3000mm,300mm≤W≤1500mm。

5.根据权利要求1所述的真空隔热玻璃窗单元,其中,$Z_2=6mm$并且10mm≤λ≤35mm,并且$\Delta EA \leq 0.0033\Delta Z^2/mm^2-0.0468\Delta Z/mm+0.7702$,并且300mm≤L≤3000mm,300mm≤W≤1500mm。

6.根据权利要求1所述的真空隔热玻璃窗单元,其中,$Z_2=4mm$并且25mm<λ≤30mm,并且$\Delta EA \leq -0.0308\Delta Z/mm+0.5294$,并且300mm≤L≤3000mm,300mm≤W≤1500mm。

7.根据任一前述权利要求所述的真空隔热玻璃窗,其中,所述红外反射涂层包括提供至多0.04、优选地至多0.02的辐射率的金属基功能性低辐射层。

8.根据前述权利要求中任一项所述的真空隔热玻璃窗单元,其中,所述第一玻璃片和所述第二玻璃片的外片面(13;23)中的至少一个通过至少一个聚合物夹层层压到至少一个玻璃片材,从而形成层压组件。

9.根据前述权利要求中任一项所述的真空隔热玻璃窗单元,其中,所述第一玻璃和所述第二玻璃的外片面(13;23)中的至少一个经由周边间隔条沿着所述真空隔热玻璃窗单元的周边联接到第三玻璃片,从而形成由周边边缘密封件密封的隔热空腔。

10.一种限定外部空间和内部空间的分隔物,所述分隔物包括由根据前述权利要求中任一项所述的真空隔热玻璃窗单元封闭的开口,其中,所述第一玻璃片面向所述外部空间。

11.根据权利要求1至9中任一项所述的真空隔热玻璃窗单元的用途,用于对限定外部空间和内部空间的分隔物的所述开口进行封闭,其中,所述第一玻璃片面向所述外部空间。

非对称真空隔热玻璃窗单元

技术领域

[0001] ----------

[0002] 本发明涉及一种真空隔热玻璃窗单元，该真空隔热玻璃窗单元设置有低辐射率涂层，并且具有由负温度差和正温度差引起的低应力水平。

背景技术

[0003] ----------

[0004] 真空隔热玻璃窗单元(VIG)由于其具有高隔热性能而被推荐。真空隔热玻璃窗单元通常由至少两个玻璃片构成，这些玻璃片通过其中已经产生真空的内部空间分开。通常，为了实现高隔热性能，热传递系数U为$U<1.2W/m^2K$。玻璃窗单元内部的绝对压力通常为0.1mbar或更低，并且通常两个玻璃片中的至少一个可以覆盖有低辐射率涂层。为了在玻璃窗单元内部获得这种压力，在两个玻璃片的周边放置气密结合密封件，并且借助于泵在玻璃窗单元内部产生真空。为了防止玻璃窗单元在大气压力下(由于玻璃窗单元的内部与外部之间的压力差)塌陷，在两个玻璃片之间放置分立间隔件。

[0005] 典型的VIG单元是由具有相同玻璃厚度的两片玻璃片制成的对称VIG单元。在建筑物外部与内部之间存在较大温度差时，真空隔热玻璃窗的高隔热特性与非柔性气密结合密封件一起会导致较高的热应变。因此，JP 2001316137 A教导配置一种非对称的真空隔热玻璃窗单元，其中，设置在室内侧的内玻璃片比外玻璃片厚，以实现在强烈日光下的热应变水平低于可比的对称VIG单元中的热应变水平。虽然这些非对称玻璃窗在夏季情况下减少了变形，但在冬季情况下，它们具有比可比的对称VIG单元承受更高应力的风险。

[0006] JP 2001316138 A教导了相反的非对称VIG构造，其中，设置在室外侧的外玻璃片比内玻璃片厚，以改进耐冲击性能和声学性能。

[0007] US 2015/0354264 A1教导了一种减压双层玻璃窗玻璃面板，该玻璃面板在外侧玻璃的第二玻璃表面，即外侧玻璃的被定向成面向间隙部分的玻璃表面上，具有辐射系数为0.067或更低的低辐射膜，以提供足够的隔热和热屏蔽特性。低辐射膜是优选地通过磁控溅射形成的下电介质层、金属层、牺牲层和上电介质层的叠堆。

[0008] WO 2016/063007 A1披露了一种真空隔热玻璃窗单元，其面向外部的表面上具有低辐射率涂层以用于抗冷凝特性。

[0009] EP 1630344 A1教导了在真空隔热玻璃窗单元的玻璃片的内表面上提供一种低于0.2辐射率的低辐射率涂层。方便的低辐射率涂层的示例是电介质/银/牺牲/电介质类型的溅射涂层叠堆，或者是基于掺杂氧化锡层的化学气相沉积涂层。虽然添加涂层对于优化VIG的隔热或阳光控制特性也是令人感兴趣的，但这些涂层也会改变施加在VIG上的热应力。

[0010] 然而，没有现有技术解决减小非对称VIG单元中的热引起应力的技术问题，其中一个或多个玻璃片承载有低辐射率的阳光控制或隔热涂层，并且经受外部和内部环境的温度差。此外，没有现有技术解决在这样的VIG单元的支柱位置处的大气压力引起应力的技术问题，更不用说如何设计这种在保持高隔热性能的同时表现出改进的组合的热和压力引起应

力水平的真空隔热玻璃窗单元。

[0011] 事实上，没有现有技术解决减小承载有红外反射涂层的VIG单元的组合引起应力以及减少由此导致的破损风险的技术问题，无论是在内部比外部冷的夏季情况下、还是在外部比内部冷的冬季情况下、特别是在冬季条件比夏季条件更恶劣的情况下。

发明内容

[0012] ----------

[0013] 本发明的目的是提供一种真空隔热玻璃窗，该玻璃窗在第二玻璃片的内面上承载有面向内部体积的红外反射涂层，并且在内部比外部冷的夏季情况下、以及在外部比内部冷的冬季情况下、特别是在冬季条件比夏季条件更恶劣的情况下，该玻璃窗具有较低的整体应力相关的破损风险。本发明中的红外反射涂层可以是隔热涂层或阳光控制涂层。

[0014] 诸位发明人惊奇地发现，内玻璃片和外玻璃片的某些尺寸和厚度的组合、与一定间距的间隔件以及涂层的具体定位和玻璃片的能量特性一起，使真空隔热玻璃窗的整体应力相关破损风险显著降低，这些玻璃窗既暴露于内部比外部冷的温和夏季条件、也暴露于外部比内部冷的恶劣冬季条件。在本发明的情况下，非对称VIG其整体引起应力减小，在具体实施例中，应力在冬季条件下减小到低于其等效对称VIG的水平。它们除了第一玻璃片材和第二玻璃片材的厚度是相同之外，它们的等效对称VIG在所有方面都是完全相同的，特别是在长度、宽度和整体厚度的外部尺寸方面。对称VIG在市场上已经非常得到认可并且自然也成为该领域中新发展的参考。已知的是，它们在冬季条件下通常会达到它们的最高组合引起应力水平。无论是在冬季还是夏季条件下达到的等效对称VIG的最大组合引起应力水平都因此形成用于与非对称VIG进行比较的有用的参考值。在本发明的某些具体实施例中，非对称VIG在冬季和夏季条件两者下的整体引起应力值都低于它们的等效对称VIG在夏季或冬季条件下所容许的最大引起应力水平。

[0015] 本发明涉及一种真空隔热玻璃窗单元，该真空隔热玻璃窗单元沿着平面P延伸，该平面由纵向轴线X和竖直轴线Z限定，并且具有沿着纵向轴线X测量的宽度W和沿着竖直轴线Z测量的长度L。该真空隔热玻璃窗单元的长度L包含在300mm与4000mm之间(300mm≤L≤4000mm)，并且该真空隔热玻璃窗单元的宽度W同样地包含在300mm与1500mm之间(300mm≤W≤1500mm)。在本发明的某些优选实施例中，L包含在300mm与3000mm之间，以进一步减小应力。该真空隔热玻璃窗单元包括：

[0016] a.第一玻璃片，所述第一玻璃片具有厚度Z_1和能量吸收率EA_1，以及

[0017] b.第二玻璃片，所述第二玻璃片具有厚度Z_2和能量吸收率EA_2，

[0018] c.其中，Z_1等于或大于5mm，以及

[0019] d.其中，所述第一玻璃片的所述厚度Z_1与所述第二玻璃片的所述厚度Z_2的厚度差ΔZ等于或大于1mm($\Delta Z=Z_1-Z_2\geq 1mm$)。

[0020] e.一组分立间隔件，所述组分立间隔件定位在所述第一玻璃片与所述第二玻璃片之间，从而保持所述第一玻璃片与所述第二玻璃片之间的距离，并且形成具有间距λ的阵列。所述间距λ包含在10mm与35mm(10mm≤λ≤35mm)之间。

[0021] f.气密结合密封件(4)，所述气密结合密封件在所述第一玻璃片和所述第二玻璃片的周边上密封所述第一玻璃片与所述第二玻璃片之间的距离；

[0022] g.内部体积V,所述内部体积由所述第一玻璃片、所述第二玻璃片和所述组分立间隔件限定并且被所述气密结合密封件封闭,并且其中,存在绝对压力小于0.1mbar的真空

[0023] h.红外反射涂层,所述红外反射涂层在面向所述第二玻璃片的内体积的面上,其辐射率至多为0.4。

[0024] 按照惯例,为了描述隔热玻璃窗单元中的片表面的位置,对两个或更多个玻璃片的表面进行编号,从面向外部的片表面(位置1)朝向面向内部的片表面(双层玻璃窗中的位置4)开始。出于本发明的真空隔热玻璃窗的目的,即使在该VIG与附加玻璃片组合的实施例中,也保持VIG的片表面编号。此外,厚度是在与平面P垂直的方向上测量的。出于本发明的目的,玻璃厚度被四舍五入到毫米。

[0025] 本发明的真空隔热玻璃窗单元,在位置3中,即在朝向内体积取向的第二内玻璃片的面上承载有红外反射涂层。当外玻璃片与内玻璃片之间的能量吸收率的加权差ΔEA至多为$0.0033\Delta Z^2/mm^2-0.0468\Delta Z/mm+0.7702$($\Delta EA\leq 0.0033\Delta Z^2/mm^2-0.0468\Delta Z/mm+0.7702$;$\Delta EA=EA_1-2*EA_2$)时,可以获得低的整体引起应力。

[0026] 通过以下结合附图的详细描述,实施例的其他方面和优点将变得显而易见,附图通过举例的方式展示了所描述的实施例的原理。

附图说明

[0027] ----------

[0028] 现在将参考示出本发明的示例性实施例的附图更详细地描述本发明的这个方面和其他方面。

[0029] 图1示出了根据本发明的一个实施例的非对称真空隔热玻璃窗单元的截面图。

具体实施方式

[0030] ----------

[0031] 本发明的目标是提供一种真空隔热玻璃窗单元(下文称为VIG),该真空隔热玻璃窗单元在暴露于外部环境与内部环境之间的高的正负温度差时表现出热引起低应力、提供隔热特性、在其使用寿命内具有高度的可持续性、并且可以以高效和成本有效的方式生产。

[0032] 特别地,本发明的目标是提供一种真空隔热玻璃窗单元(下文称为VIG),该真空隔热玻璃窗单元表现出高隔热性能或阳光控制以及对由内部环境与外部环境之间的温度差和大气压力的组合所引起的应力的改进的抵抗。

[0033] 这些目标是通过本发明的真空隔热玻璃窗单元实现的,该真空隔热玻璃窗单元是非对称的,即,其中第一玻璃片比第二玻璃片厚(Z1>Z2),并通过特定的大小(包括长度(L)范围和宽度(W)范围)、间隔件之间的特定间隔(λ)以及第二玻璃片的特定厚度(Z2)来仔细确定尺寸,并且其中当满足关于第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率的加权差的下列条件时,第二玻璃片在面向内体积的其内面上携带红外反射涂层:

[0034] $\Delta EA\leq 0.0033\Delta Z^2/mm^2-0.0468\Delta Z/mm+0.7702$;$\Delta EA=EA_1-2*EA_1$,其中,300mm≤L≤4000mm,

[0035] 300mm≤W≤1500mm,

[0036] $Z_1\geq 5mm$,$Z_2\geq 3mm$,

[0037] $\Delta Z = Z_1 - Z_2 \geq 1mm$，并且

[0038] $10mm \leq \lambda \leq 35mm$。

[0039] 注定较厚的第一玻璃片面向建筑物的外部，注定较薄的第二玻璃片面向建筑物的内部。在位置3中也有红外反射涂层的情况下，这样的不同厚度的组合改进了与冬季条件有关的应力。令人惊讶的是，同样在夏季的情况下，在位置3中承载有红外反射涂层的这种非对称VIG上可以获得低应力。为了实现这一点，事实上，发现鉴于VIG的关键尺寸调整第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率是至关重要的。

[0040] 本发明涉及一种真空隔热玻璃窗单元，该真空隔热玻璃窗单元通常包括：第一玻璃片和第二玻璃片，该第一玻璃片和该第二玻璃片通过一组分立间隔件关联在一起，该组分立间隔件将所述玻璃片保持隔开一定距离，该距离通常在50μm与1000μm之间、优选地在50μm与500μm之间、并且更优选地在50μm与150μm之间的范围内；以及在所述玻璃片之间的内部空间，该内部空间包括至少一个第一空腔，其中该空腔中存在小于0.1mbar的绝对真空，所述空间被置于围绕所述内部空间的玻璃片的周边上的周边气密结合密封件封闭。对于本发明，间隔件的间距应理解为将任何给定的间隔件与其最近的相邻间隔件分开的最短距离。优选地，间隔件以规则的模式间隔开，例如正方形、六边形或三角形模式。

[0041] 如图1中所展示，真空隔热玻璃窗单元(10)沿着由纵向轴线X和竖直轴线Y限定的平面P延伸。本发明的VIG包括：

[0042] a.第一玻璃片(1)和第二玻璃片(2)，所述第一玻璃片具有内片面(12)和外片面(13)并且具有厚度Z_1，所述第二玻璃片具有内片面(22)和外片面(23)并且具有厚度Z_2。所述厚度是在与所述平面P垂直的方向上测量的(精确到mm)。

[0043] b.一组分立间隔件(3)，所述组分立间隔件被定位在所述第一玻璃片与所述第二玻璃片之间并且保持所述第一玻璃片与所述第二玻璃片之间的距离；

[0044] c.气密结合密封件(4)，所述气密结合密封件在所述第一玻璃片和所述第二玻璃片的周边上密封所述第一玻璃片与所述第二玻璃片之间的距离；

[0045] d.内部体积V，所述内部体积由所述第一玻璃片、所述第二玻璃片和所述组分立间隔件限定并且被所述气密结合密封件封闭，并且其中，存在绝对压力小于0.1mbar的真空。

[0046] 本发明的真空隔热玻璃窗单元将在下文被称为“非对称VIG”。

[0047] 在VIG内，第一玻璃片具有内片面(12)和外片面(13)。第二玻璃片具有内片面(22)和外片面(23)。内片面面向非对称VIG的内部体积V。例如，外片面面向建筑物的外部和内部。

[0048] 如图1所展示，本发明的非对称VIG的第一玻璃片(1)的内片面(12)设置有红外反射涂层(下文称为IR涂层)。

[0049] 本发明的IR涂层(5)的辐射率不超过0.4、优选地小于0.2、特别地小于0.1、小于0.05或甚至小于0.04。本发明的IR涂层可以包括金属基的低辐射IR涂层；这些涂层通常是包括一个或多个，例如两个、三个或四个基于红外辐射反射材料的功能层和至少两个电介质涂层的薄层系统，其中每个功能层被电介质涂层包围。本发明的IR涂层特别地可以具有至少0.010的辐射率。功能层通常是银层，其厚度为几纳米，大多为约5nm至20nm。关于电介质层，它们是透明的，并且传统上每个电介质层由一个或多个金属氧化物和/或氮化物层制成。这些不同的层是例如通过真空沉积技术沉积的，比如磁场辅助阴极溅射，更通常地被称

为“磁控溅射”。除电介质层外，每个功能层可以由阻隔层保护，或通过在润湿层上沉积来改进。

[0050] 本发明中的IR涂层可以具有抗阳光或阳光控制特性，这些特性可以减少过热的风险，例如，在具有大玻璃窗表面的封闭空间中，并且因此减少夏季空调所要考虑的功率负荷。在这种情况下，玻璃窗必须允许尽可能少的总太阳能辐射量通过，即必须具有尽可能低的太阳系数(SF或g)。通常，人们非常期望玻璃窗保证一定的透光(LT)水平，以便为建筑物内部提供足够的照明水平。这些某种程度冲突的要求表达了人们希望获得具有由透光率和太阳系数的比率限定的高选择性(S)的玻璃窗单元。本发明中的IR涂层也可以是具有低辐射率的隔热涂层，该低辐射率被调节以通过较长波长的红外辐射减少建筑物的热量损失。因此，它们改进了玻璃窗表面的隔热，并且减少了寒冷时期中的能量损失和供热成本。

[0051] 具体实施例

[0052] ----------

[0053] 已经发现玻璃片厚度、间距范围和尺寸的组合的以下具体实施例在冬季和夏季条件两者下提供的组合引起应力水平低于相同整体厚度的等效对称真空隔热玻璃窗。EA_1和EA_2分别指示第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率。

[0054] 特别地，本发明在夏季条件下的抗应变性是与它的等效对称VIG进行比较来评估的。出于本发明的目的，非对称VIG的等效对称VIG是具有所有W、L、λ值、具有相同的整体厚度Z_1+Z_2的VIG，但其中第一片的厚度与第二片的厚度相同，即，$Z_1=Z_2$。

[0055] 特别地，在冬季和夏季条件两者下，对于其中$Z_2=3mm$并且$10mm\leq\lambda\leq25mm$的真空隔热玻璃窗，当满足第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率的加权差的下列条件时，组合引起应力水平低于相同整体厚度的等效对称真空隔热玻璃窗中引起的最大组合应力水平：$\Delta EA\leq0.0084\Delta Z^2/mm^2-0.1545\Delta Z/mm+0.6966$；$\Delta EA=EA_1-2*EA_2$，其中，$300mm\leq L\leq3000mm$，$300mm\leq W\leq1500mm$，$Z_1\geq5mm$，$\Delta Z=Z_1-Z_2\geq1mm$。

[0056] 特别地，在冬季和夏季条件两者下，对于其中$Z_2=4mm$并且$10mm\leq\lambda\leq25mm$的真空隔热玻璃窗，当满足第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率的加权差的下列条件时，组合引起应力水平低于相同整体厚度的等效对称真空隔热玻璃窗中引起的最大组合应力水平：$\Delta EA\leq-0.0214\Delta Z/mm+0.5696$；$\Delta EA=EA_1-2*EA_2$，其中，$300mm\leq L\leq3000mm$，$300mm\leq W\leq1500mm$，$Z_1\geq5mm$，$\Delta Z=Z_1-Z_2\geq1mm$。

[0057] 特别地，在冬季和夏季条件两者下，对于其中$Z_2=5mm$并且$10mm\leq\lambda\leq35mm$的真空隔热玻璃窗，当满足第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率的加权差的下列条件时，组合引起应力水平低于相同整体厚度的等效对称真空隔热玻璃窗中引起的最大组合应力水平：$\Delta EA\leq0.0033\Delta Z^2/mm^2-0.0468\Delta Z/mm+0.7434$；$\Delta EA=EA_1-2*EA_2$，其中，$300mm\leq L\leq3000mm$，$300mm\leq W\leq1500mm$，$Z_1\geq5mm$，$\Delta Z=Z_1-Z_2\geq1mm$。

[0058] 特别地，在冬季和夏季条件两者下，对于其中$Z_2=6mm$并且$10mm\leq\lambda\leq35mm$的真空隔热玻璃窗，当满足第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率的加权差的下列条件时，组合引起应力水平低于相同整体厚度的等效对称真空隔热玻璃窗中引起的最大组合应力水平：$\Delta EA\leq0.0033\Delta Z^2/mm^2-0.0468\Delta Z/mm+0.7702$；$\Delta EA=EA_1-2*EA_2$，其中，$300mm\leq L\leq3000mm$，$300mm\leq W\leq1500mm$，$Z_1\geq5mm$，$\Delta Z=Z_1-Z_2\geq1mm$。

[0059] 特别地，在冬季和夏季条件两者下，对于其中$Z_2=4mm$并且$25mm<\lambda\leq30mm$的真空隔

热玻璃窗，当满足第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率的加权差的下列条件时，组合引起应力水平低于相同整体厚度的等效对称真空隔热玻璃窗中引起的最大组合应力水平；$\Delta EA \leqslant -0.0308 \Delta Z/mm+0.5294$；$\Delta EA = EA_1 - 2*EA_2$，其中，300mm≤L≤3000mm，300mm≤W≤1500mm，$Z_1 \geqslant 5mm$，$\Delta Z = Z_1 - Z_2 \geqslant 1mm$。

[0060] 在本发明的一个实施例中，非对称VIG的第一玻璃片的厚度Z_1可以等于或大于5mm($Z_1 \geqslant 5mm$)、优选地可以等于或大于6mm($Z_1 \geqslant 6mm$)、优选地等于或大于8mm($Z_1 \geqslant 8mm$)。通常，第一玻璃片的厚度Z_1将不大于12mm、优选地不大于10mm。在另一个实施例中，非对称VIG的第二玻璃片的厚度Z_2通常可以等于或大于3mm($Z_2 \geqslant 3mm$)、优选地可以等于或大于4mm($Z_2 \geqslant 4mm$)、优选地等于或大于5mm($Z_2 \geqslant 5mm$)。通常，第二玻璃片的厚度Z_2将不大于10mm、优选地不大于8mm。然而，为了改进本发明的非对称VIG的机械阻力，优选的是将第二片的厚度Z_2保持为最小。

[0061] 在本发明的另一个实施例中，本发明还适用于包括(两个、三个或更多个)玻璃片的任何类型的玻璃窗单元，这些玻璃片界定隔热或非隔热内部空间(也称为多个玻璃窗单元)，只要这些内部空间中的至少一个中产生部分真空。因此，在一个实施例中，为了改进本发明的非对称VIG的机械性能，可以经由周边间隔条沿VIG的周边将第三附加玻璃片联接到第一玻璃片和第二玻璃片的外片面中的至少一个(13和/或23)，从而形成通过周边边缘密封件密封的隔热空腔。所述周边间隔条在第三玻璃片与第一玻璃片和第二玻璃片之一外片面的至少一个之间保持一定的距离。通常，所述间隔条包括干燥剂，并且通常具有包含在6mm至20mm之间、优选地在9mm至15mm之间的厚度。通常，所述第二内部体积填充有预定气体，该预定气体选自由以下各项组成的组：空气、干燥空气、氩气(Ar)、氪气(Kr)、氙气(Xe)、六氟化硫(SF6)、二氧化碳或它们的组合。所述预定气体对于防止热传递是有效的和/或可以用来减少声音传播。

[0062] 当非对称VIG用来关闭分开内部空间和外部空间的分隔物内的开口时，优选的是第三玻璃片面向外部空间。进一步优选的是，第三玻璃片在其表面中的至少一个上设置有至少一个热解TCO基涂层。这样的特定玻璃窗单元提供了更高的机械性能，同时改进了辐射率性能和/或减少了冷凝物的形成。特别地并出于安全原因，第二玻璃片的面向内部环境的外面(23)可以通过至少一个聚合物夹层进一步层压到至少一个玻璃片材，从而形成层压组件。

[0063] 在本发明的一个实施例中，出于安全性和可靠性性的原因，第一玻璃片和第二玻璃片的外片面(13和/或23)中的至少一个可以通过至少一个聚合物夹层进一步层压到至少一个附加玻璃片材，从而形成层压组件。

[0064] 在层压组件内，该至少一个附加玻璃片材优选地具有厚度Z_s，该厚度等于或大于0.5mm($Z_s \geqslant 0.5mm$)。厚度是在与平面P垂直的方向上测量的。至少一个聚合物夹层是透明或半透明聚合物夹层，其所包括的材料选自下组，该组由以下各项组成：乙烯醋酸乙烯酯(EVA)、聚异丁烯(PIB)、聚乙烯醇缩丁醛(PVB)、聚氨酯(PU)、聚氯乙烯(PVC)、聚酯、共聚酯、组装聚缩醛、环烯烃聚合物(COP)、离聚物和/或紫外线活化粘合剂，以及制造玻璃层压件领域中已知的其他材料。使用这些材料的任何兼容组合的共混材料也可以适用。

[0065] 带隔音层压玻璃的增强隔音件也与本概念兼容，以改善窗或门的性能。在这种情况下，聚合物夹层包括插入在两个聚乙烯醇缩丁醛膜之间的至少一种附加的隔音材料。具

有电致变色、热致变色、光致变色或光伏元件的玻璃片也与本发明兼容。

[0066] 本发明的非对称VG的第一玻璃片和第二玻璃片可以选自浮法透明玻璃技术、超透明玻璃技术或有色玻璃技术。术语“玻璃”在本文中应被理解为是指任何类型的玻璃或等效的透明材料，比如矿物玻璃或有机玻璃。所使用的矿物玻璃可以无关地是一种或多种已知类型的玻璃，比如钠钙硅玻璃、铝硅酸盐玻璃或硼硅酸盐玻璃、结晶和多晶玻璃。可以通过浮法工艺、拉制工艺、轧制工艺或已知的从熔融玻璃组成开始制造玻璃片的任何其他工艺来获得玻璃片。玻璃片可以可选地是被磨边的。磨边使锋利边缘变成光滑边缘，这对于可能接触真空隔热玻璃窗、尤其是接触玻璃窗边缘的人来说，要安全得多。优选地，根据本发明的玻璃片是钠钙硅玻璃、铝硅酸盐玻璃或硼硅酸盐玻璃的片。更优选地并且出于较低的生产成本的原因，根据本发明的玻璃片是钠钙硅玻璃片。通常，本发明的第一玻璃片和第二玻璃片是退火玻璃片。优选地，本发明的非对称VIG的第一玻璃片和第二玻璃片的组成包括以相对于玻璃总重量表示的重量百分比计的以下组分(表1，组分A)。更优选地，玻璃组成(表1，组分B)是钠钙硅型玻璃，该组成的基础玻璃基质包括以相对于玻璃总重量表示的重量百分比计的以下组分。

[0067] 表1

[0068]

	组分 A	组分 B
SiO_2	40 至 78%	60 至 78%
Al_2O_3	0 至 18%	0 至 8%， 优选地 0 至 6%
B_2O_3	0 至 18%	0 至 4%， 优选地 0 至 1%
Na_2O	0 至 20%	5 至 20%， 优选地 10 至 20%
CaO	0 至 15%	0 至 15%， 优选地 5 至 15%
MgO	0 至 10%	0 至 10%， 优选地 0 至 8%
K_2O	0 至 10%	0 至 10%
BaO	0 至 5%	0 至 5%， 优选地 0 至 1%。

[0069]

[0070] 本发明的非对称VIG的第一玻璃片和第二玻璃片的其他特别玻璃组成包括以相对于玻璃总重量表示的重量百分比计的表2的以下组分。

[0071] 表2

[0072]

组分 C	组分 D	组分 E
$65\ wt\% \leq SiO_2 \leq 78\ wt\%$	$60\% \leq SiO_2 \leq 78\%$	$65\ wt\% \leq SiO_2 \leq 78\ wt\%$
$5\ wt\% \leq Na_2O \leq 20\ wt\%$	$5\% \leq Na_2O \leq 20\%$	$5\ wt\% \leq Na_2O \leq 20\ wt\%$
$0\ wt\% \leq K_2O < 5\ wt\%$	$0.9\% < K_2O \leq 12\%$	$1\ wt\% \leq K_2O < 8\ wt\%$
$1\ wt\% \leq Al_2O_3 < 6\ wt\%$，优选地 $3\% < Al_2O_3 \leq 5\%$	$4.9\% \leq Al_2O_3 \leq 8\%$	$1\ wt\% \leq Al_2O_3 < 6\ wt\%$
$0\ wt\% \leq CaO < 4.5\ wt\%$	$0.4\% < CaO < 2\%$	$2\ wt\% \leq CaO < 10\ wt\%$
$4\ wt\% \leq MgO \leq 12\ wt\%$	$4\% < MgO \leq 12\%$	$0\ wt\% \leq MgO \leq 8\ wt\%$
$(MgO/(MgO+CaO)) \geq 0.5$，优选地 $0.88 \leq [MgO/(MgO+CaO)] < 1$		$0.1 \leq K_2O/(K_2O+Na_2O) \leq 0.7$

[0073] 特别地，根据本发明的组成的基础玻璃基质的示例在公开的PCT专利申请WO 2015/150207 A1、WO 2015/150403 A1、WO 2016/091672 A1、WO 2016/169823 A1以及WO 2018/001965 A1中进行了描述。

[0074] 第二玻璃片和第一玻璃片可以具有相同的尺寸或不同的尺寸，并且从而形成阶梯状VIG。在本发明的优选实施例中，第一玻璃片和第二玻璃片分别包括第一周边边缘和第二周边边缘，并且其中，第一周边边缘从第二周边边缘凹进，或者其中，第二周边边缘从第一周边边缘凹进。这种构型允许增强气密结合密封件的强度。

[0075] 在一个实施例中，为了提供具有更高机械性能的VIG和/或进一步改进VIG的安全性，可以考虑对本发明的第一玻璃片和/或第二玻璃片施加热或化学预应力。在这种情况下，需要通过相同的预应力处理对第一玻璃片和第二玻璃片两者进行处理，以提供对热引起负载的相同的抵抗性。因此，如果对玻璃片进行预应力处理，则要求第一玻璃片和第二玻璃片均为热强化玻璃片，或者第一玻璃片和第二玻璃片均为热钢化玻璃片，或者第一玻璃片和第二玻璃片均为化学强化玻璃片。

[0076] 使用受控加热和冷却的方法对热强化玻璃进行热处理，该方法使玻璃表面受到压缩作用并使玻璃核心受到张力作用。这种热处理方法使玻璃具有的弯曲强度大于退火玻璃但小于热钢化安全玻璃。

[0077] 使用受控高温加热和快速冷却的方法对热钢化安全玻璃进行热处理，该方法使玻璃表面受到压缩作用并使玻璃核心受到张力作用。这种应力会导致玻璃在受到冲击时破裂成小粒状颗粒，而不是分裂成锯齿状碎片。粒状颗粒不太可能伤害乘员或损坏物体。

[0078] 玻璃制品的化学强化是热引起的离子交换，涉及用较大离子(例如，碱性钾离子)置换玻璃的表层中的较小碱性钠离子。当较大离子“楔”入原来由钠离子占据的小位点时，玻璃中出现增加的表面压缩应力。这种化学处理通常是通过将玻璃浸入含有一种或多种较大离子的熔融盐的离子交换熔融浴中、在温度和时间的精确控制下进行。还已知铝硅酸盐型玻璃组成(比如来自旭硝子玻璃公司(Asahi Glass Co.)的产品系列**DragonTrail®**

或来自康宁公司(Corning Inc.)的产品系列Gorilla®的那些)对于化学回火是非常高效的。

[0079] 如图1所描绘,本发明的真空隔热玻璃窗单元包括多个分立间隔件(3)(也被称为支柱),这些分立间隔件夹在第一玻璃片与第二玻璃片(1,2)之间,以便保持内部体积V。根据本发明,分立间隔件被定位在第一玻璃片与第二玻璃片之间,从而保持第一玻璃片与第二玻璃片之间的距离,并且形成具有包含在10mm与35mm之间的间距λ(10mm≤λ≤35mm)的阵列。间距,其是指分立间隔件之间的间隔。在优选实施例中,间距λ包含在20mm与35mm之间(20mm≤λ≤35mm)。本发明内的阵列通常是规则阵列,该规则阵列基于等边三角形、正方形或六边形方案,优选地是正方形方案。

[0080] 分立间隔件可以具有不同的形状,比如圆柱形、球形、丝状、沙漏形、C形、十字形、棱柱形...优选使用小的支柱,即由支柱的外圆周限定的支柱与玻璃片的接触表面通常等于或小于5mm^2、优选地等于或小于3mm^2、更优选地等于或小于1mm^2。这些值可以提供良好的机械阻力,同时在美学上是分立的。分立间隔件通常由具有可耐受从玻璃片的表面施加的压力的强度的材料制成,从而能够承受比如燃烧和烘烤的高温过程,并且在制造玻璃片之后几乎不排放气体。这种材料优选是硬质金属材料、石英玻璃或陶瓷材料,特别地,金属材料,比如铁、钨、镍、铬、钛、钼、碳钢、铬钢、镍钢、不锈钢、镍铬钢、锰钢、铬锰钢、铬钼钢、硅钢、镍铬合金、硬铝合金或类似物,或者陶瓷材料,比如刚玉、氧化铝、莫来石、氧化镁、氧化钇、氮化铝、氮化硅或类似物。

[0081] 如图1中所示,本发明的真空隔热玻璃窗(10)的玻璃片(1,2)之间的内部体积V利用气密结合密封件(4)封闭,该气密结合密封件围绕所述内部空间放置在玻璃片的周边上。所述气密结合密封件是不透气的且坚硬的。比如本文所用并且除非另外指出,否则术语“不透气的”应理解为是指不透空气或不透大气中存在的任何其他气体。

[0082] 存在各种气密结合密封件技术。第一种类型的密封件(使用最广泛)是基于焊料玻璃的密封件,其熔点低于玻璃窗单元的玻璃片的玻璃的熔点。这种类型的密封件的使用将低辐射层的选择限制为不会因实施焊料玻璃所需的热循环而劣化的低辐射层,即能够承受可能高达250℃的温度的低辐射层。另外,因为这种类型的基于焊料玻璃的密封件仅是非常轻微可变形的,因此当玻璃窗单元的内侧玻璃面板与该玻璃窗单元的外侧玻璃面板经受大温度差时,该密封件不允许所述面板之间的差胀效应被吸收。由此,在玻璃窗单元周边产生相当大的应力,并且这些应力可能引起玻璃窗单元的玻璃面板的破裂。

[0083] 第二类型的密封件包括金属密封件,例如厚度小(<500μm)的金属条,该金属条通过至少部分覆盖有一层可焊接材料(比如软锡合金焊料)的连结底层而被焊接到玻璃窗单元的周边。相对于第一类型的密封件,第二类型的密封件的一个显著优点在于,它能够部分变形,以便部分地吸收在两个玻璃面板之间形成的差胀。在玻璃面板上存在各种类型连结底层。

[0084] 专利申请WO 2011/061208 A1描述了用于真空隔热玻璃窗单元的第二类型的周边不透气密封件的一个示例性实施例。在该实施例中,密封件是例如由铜制成的金属条,该金属条借助可焊材料焊接到设置在玻璃片的周边上的粘合带。

[0085] 内部体积V内产生绝对压力小于0.1mbar、优选地小于0.01mbar的真空,该内部体积由第一玻璃片和第二玻璃片以及一组分立间隔件限定并且通过本发明的非对称VIG内的

气密结合密封件来封闭。

[0086] 本发明的非对称VIG的内部体积可以包括气体，例如但不限于空气、干燥空气、氩气(Ar)、氪气(Kr)、氙气(Xe)、六氟化硫(SF6)、二氧化碳或它们的组合。相对于单个玻璃片，由于内部体积中存在气体，因此减少了通过具有这种传统结构的隔热面板进行的能量传递。

[0087] 内部体积也可以被抽出任何气体，因此形成真空玻璃窗单元。通过真空而极大地减少了通过真空隔热的隔热玻璃窗单元的能量传递。为了在玻璃窗单元的内部空间中产生真空，通常将使得内部空间与外部连通的中空玻璃管设置在这些玻璃片中的一个玻璃片的主面上。因此，通过借助于与玻璃管的外端连接的泵将内部空间中存在的气体抽出，在内部空间中产生部分真空。

[0088] 为了在真空隔热玻璃窗单元中保持给定真空水平一段持续时间，可以在玻璃窗面板中使用吸气剂。具体地，构成玻璃窗面板的玻璃片的内表面可以随着时间的流逝而释放预先吸收在玻璃中的气体，从而增加真空隔热玻璃窗面板的内部压力，并且因此降低真空性能。通常，这种吸气剂由锆、钒、铁、钴、铝等的合金组成，并且以薄层的形式(厚度为几微米)沉积或以块的形式放置在玻璃窗面板的玻璃片之间，以便不被看到(例如，通过外部搪瓷或通过周边不透气密封件的一部分而被隐藏)。吸气剂在室温下在其表面上形成了钝化层、并且因此必须进行加热以便使得钝化层消失并由此激活其合金吸气特性。吸气剂被认为是“热激活的”。

[0089] 表3

[0090]

附图标记#	特征
10	真空隔热玻璃窗单元
1	第一玻璃片
12	第一玻璃片的内片面
13	第一玻璃片的外片面
2	第二玻璃片
22	第二玻璃片的内片面
23	第二玻璃片的外片面
3	分立间隔件
4	气密结合密封件
5	低辐射涂层
V	内部体积

[0091] 示例

[0092] ----------

[0093] 为了评估破损风险，计算由于内体积V中的真空而产生的大气压力应力和由于玻璃窗两侧上的温度差而引起的热引起应力导致的组合应力。

[0094] 由于在VIG的两个片之间保持真空，因此大气压力在每个支柱位置处的VIG的玻璃片的外表面上引起永久性拉伸应力。本领域技术人员已知的是，对于小支柱，由支柱在玻璃片的外表面处引起的拉伸应力与其外圆周的尺寸无关。通过小的支柱，通常意味着由支柱的外圆周限定的支柱与玻璃片的接触表面通常等于或小于5mm^2、优选地等于或小于3mm^2、更优选地等于或小于1mm^2。

[0095] 在这些情况下，对于基于等边三角形、正方形或六边形方案的规则阵列，这种也被称为拉伸应力的大气压力引起应力可以通过以下公式针对玻璃片计算：$\sigma_p \leqslant 0.11x\lambda^2/Z^2$ [MPa]，其中，λ[m]和Z[m]分别是间隔件之间的间距以及玻璃片厚度。“间距”应当理解为任何间隔件与其相邻间隔件分开的最短距离。特别地，对于基于正方形的规则阵列，拉伸应力最大，并且因此遵循以下公式：$\sigma_p = 0.11x\lambda^2/Z^2$[MPa]。

[0096] 针对VIG的第一玻璃片材和第二玻璃片材中的每个计算最大大气压力应力，σ_{p1}和σ_{p2}。

[0097] 一旦第一玻璃片(1,T_1)与第二玻璃片(2,T_2)之间存在温度差，就会在VIG的玻璃片的外表面上产生热引起应力，并且该热引起应力随着T_1与T_2之间的差增大而增大。温度差(ΔT)是针对第一玻璃片(1)计算出的平均温度T_1与针对第二玻璃片(2)计算出的平均温度T_2之间的绝对差。玻璃片的平均温度例如可以通过本领域技术人员已知的数值模拟来计算。对于本发明，两个玻璃片之间的温度差是使用计算软件“Window 7.4”计算的，该软件基于美国国家门窗热效评级委员会NFRC提出的与ISO 15099一致的方法。在恶劣条件下，当玻璃片之间的这种绝对温度差达到30℃时、甚至当绝对温度差高于40℃时，热引起应力可能导致破坏VIG。内部环境的温度通常是20℃到25℃，而外部环境的温度可以从冬季的-20℃扩大到夏季的+35℃。因此，在恶劣条件下，内部环境与外部环境之间的温度差可以达到高于40℃。因此，在针对第一玻璃片(1)计算出的平均温度T＝与针对第二玻璃片(2)计算出的平均温度T_2之间的温度差(ΔT)也可以达到高于40℃。数值模拟用于计算VIG的每个玻璃片的外表面上引起的最大热应力σ_T。已经通过商业软件Abaqus2017(以前称为ABAQUS)建立了有限元分析(FEA)模型，以模拟VIG在暴露于不同温度条件时的表现。计算是通过使用C3D8R单元对玻璃片进行网格划分来实现的，其中这些单元在玻璃厚度上具有5个积分点。使用的全局网格尺寸为1cm。为了实现本发明的ΔT，在两个玻璃片上施加初始且均匀的温度，然后在玻璃片中的一个上施加均匀的温度变化，同时将另一个玻璃片保持在初始温度。在两个玻璃片之间施加机械联接，以迫使两个接触的玻璃表面具有相等的位移。已经设定了其他边界条件，以防止组件的刚体运动。针对所有具有自由、不受约束的边缘的玻璃窗执行计算。

[0098] 出于本发明的目的，所使用的严冬温度条件是：外部空气温度为-20℃，内部空气温度为20℃，从而使外部与内部之间的最大温度差为40℃。

[0099] 诸位发明人发现，由于在玻璃片中同时产生热引起应力和大气压力应力，因此在确定VIG的尺寸时，需要考虑的是组合应力(σ_c)，也就是热引起应力与大气压力引起应力的组合。术语“组合引起应力”或“引起应力的组合”应理解为是指热引起应力和大气压力引起应力之和($\sigma_c = \sigma_p + \sigma_T$)。组合应力可以针对所选择的冬季条件$\sigma_{cw}$和所选择的夏季条件$\sigma_{cs}$进

行计算。

[0100] 已经发现，在冬季条件下，当VIG是具有较厚的第一玻璃片和较薄的第二玻璃片的非对称时，最高组合冬季应力σ_{cwmax}减小，该最高组合冬季应力是第一玻璃片的组合冬季应力($\sigma_{cw1}=\sigma_{p1}+\sigma_{Tw1}$)与第二玻璃片的组合冬季应力($\sigma_{cw2}=\sigma_{p2}+\sigma_{Tw2}$)之间的最高值$\sigma_{cwmax}=\max(\sigma_{cw1},\sigma_{cw2})$。特别地，对于非对称VIG来说，遵守以下尺寸准则：

[0101] 300mm≤L≤4000mm，

[0102] 300mm≤W≤1500mm，

[0103] $Z_1\geq5mm$，$Z_2\geq3mm$，

[0104] $\Delta Z=Z_1-Z_2\geq1mm$，并且

[0105] 10mm≤λ≤35mm，

[0106] 最高组合冬季应力低于具有相同整体厚度的等效对称VIG的最高组合冬季应力。

[0107] 出于本发明的目的，所使用的温和夏季温度条件是：外部空气温度为32℃，内部空气温度为24℃，并且太阳通量为783W/m^2。

[0108] 在夏季条件下，最高组合夏季应力σ_{csmax}是第一玻璃片的组合夏季应力($\sigma_{cs1}=\sigma_{p1}+\sigma_{Ts1}$)与第二玻璃片的组合夏季应力($\sigma_{cs2}=\sigma_{p2}+\sigma_{Ts2}$)之间的最高值($\sigma_{csmax}=\max(\sigma_{cs1},\sigma_{cs2})$。已经发现，在夏季条件下，非对称VIG中的最高组合夏季应力σ_{csmax}应小于或等于其等效对称VIG的最大组合引起应力，即σ_{cwmax}或σ_{csmax}，才是可接受的。当这种关系得到遵守时，那么在严冬条件和温和夏季条件两者下，非对称VIG由于组合的大气和热引起应力而导致的破裂风险永远不会高于其等效对称VIG。

[0109] 已经发现，通过平衡第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率以及它们针对不同组的L、W和λ参数范围的厚度，可以制造出遵守这种组合引起应力限制的非对称VIG。

[0110] 在本发明的以下具体实施例A至E中，非对称VIG遵守以下关系：

[0111] σ_{cw2}(非对称VIG)<σ_{cw2}(等效对称VIG)并且

[0112] σ_{cs1}(非对称VIG)≤σ_{cw2}(等效对称VIG)

[0113] 实施例A：非对称VIG，其中，当满足关于第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率的加权差的下列条件时，$Z_2=3mm$并且10mm≤λ≤25mm：$\Delta EA\leq0.0084\Delta Z^2/mm^2-0.1545\Delta Z/mm+0.6966$；其中，$\Delta EA=EA_1-2*EA_2$，其中，300mm≤L≤3000mm，300mm≤W≤1500mm，$Z_1\geq5mm$，$\Delta Z=Z_1-Z_2\geq1mm$。

[0114] 实施例B：非对称VIG，其中，当满足关于第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率的加权差的下列条件时，$Z_2=4mm$并且10mm≤λ≤25mm：$\Delta EA\leq-0.0214\Delta Z/mm+0.5696$；其中，$\Delta EA=EA_1-2*EA_2$，其中，300mm≤L≤3000mm，300mm≤W≤1500mm，$Z_1\geq5mm$，$\Delta Z=Z_1-Z_2\geq1mm$。

[0115] 实施例C：非对称VIG，其中，当满足关于第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率的加权差的下列条件时，Z2＝5mm并且10mm≤λ≤35mm：其中，$\Delta EA\leq0.0033\Delta Z^2/mm^2-0.0468\Delta Z/mm+0.7434$；$\Delta EA=EA_1-2*EA_2$，其中，300mm≤L≤3000mm，300mm≤W≤1500mm，$Z_1\geq5mm$，$\Delta Z=Z_1-Z_2\geq1mm$。

[0116] 实施例D：非对称VIG，其中，当满足关于第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率的加权差的下列条件时，Z2＝6mm并且10mm≤λ≤35mm：其中$\Delta EA\leq0.0033\Delta Z^2/mm^2-0.0468\Delta Z/mm+0.7702$；$\Delta EA=EA_1-2*EA_2$，其中，300mm≤L≤3000mm，300mm≤W≤1500mm，$Z_1\geq5mm$，$\Delta Z=Z_1-Z_2\geq1mm$。

[0117] 实施例E:非对称VIG,其中,当满足关于第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收率的加权差的下列条件时,Z_2=4mm并且25mm<λ≤30mm:其中ΔEA≤-0.0308ΔZ/mm+0.5294;ΔEA=EA_1-2*EA_2,其中,300mm≤L≤3000mm,300mm≤W≤1500mm,Z_1≥5mm,ΔZ=Z_1-Z_2≥1mm。

[0118] 事实上,已经发现,非对称VIG的第一玻璃片和第二玻璃片的能量吸收的这些限制导致第一玻璃片和第二玻璃片的温度差,该温度差使组合应力水平低于所需的限制。

[0119] 对于夏季条件,发明人发现玻璃片的能量吸收率与获得的温度差之间存在着关联。以下关系是基于定位在VIG的第一玻璃片的内面上的上述示例涂层建立的:

[0120] ΔT/℃=37.386xΔEA+6.2068;ΔEA=EA_1-2*EA_2并且ΔT=T_1-T_2。当玻璃片在VIG中时,玻璃片的能量吸收率EA是根据ISO15099标准参考EN410:2011来确定的。对于计算EA,不考虑支柱。

[0121] 这些应力计算是针对大量的玻璃尺寸、厚度和红外反射涂层执行的。特别地,使用以下由旭硝子玻璃公司(AGC)商业化的红外反射涂层:Stopray Ultra 50(U50),I-plus Top 1.1(I+)。所有这些涂层提供辐射率<0.4。针对计算,认为玻璃窗在所有边缘处都是自由的且不受约束的。

[0122] 钠钙透明玻璃Planibel Clearlite(CL)被用于大多数示例。深灰色玻璃(DG)已被用于一些示例。

[0123] 对比示例被标为“C.Ex.”,根据本发明的示例被标为“Ex.”。

[0124] 在示例和对比示例中,玻璃片之间的空间为100μm,并且支柱阵列为规则的正方形阵列,并且大小W x L为1.5m x 3m。

[0125] 表4

[0126]

	VIG 组成					
	外玻璃片		内玻璃片			间距
	类型	厚度（mm）	P3 中的涂层	类型	厚度（mm）	（mm）
示例 1	CL	8	I+	CL	4	25
对比示例 1	DG	8	I+	CL	4	25
示例 2	CL	7	I+	CL	3	25
对比示例 2	CL	5	I+	CL	5	25
示例 3	CL	12	I+	CL	4	25
对比示例 3	CL	8	I+	CL	8	25
对比示例 4	DG	11	I+	CL	5	25
对比示例 5	DG	8	I+	CL	8	25
示例 4	CL	11	I+	CL	5	25
对比示例 6	CL	8	I+	CL	8	25
对比示例 7	DG	8	I+	CL	8	25
示例 5	CL	12	I+	CL	6	25
对比示例 8	DG	12	I+	CL	6	25
对比示例 9	DG	9	I+	CL	9	25
示例 6	CL	10	I+	CL	4	30
对比示例 10	CL	7	I+	CL	7	30

[0127]

	VIG 组成					
	外玻璃片		内玻璃片			间距
	类型	厚度（mm）	P3 中的涂层	类型	厚度（mm）	（mm）
示例 7	CL	11	I+	CL	5	30
对比示例 11	CL	8	I+	CL	8	30
对比示例 12	DG	11	I+	CL	5	30
对比示例 13	DG	8	I+	CL	8	30
示例 8	CL	12	I+	CL	6	30
对比示例 14	DG	12	I+	CL	6	30
对比示例 15	DG	9	I+	CL	9	30
示例 9	CL	11	I+	CL	5	35
对比示例 16	CL	8	I+	CL	8	35
对比示例 17	DG	11	I+	CL	5	35
对比示例 18	DG	8	I+	CL	8	35
示例 10	CL	12	I+	CL	6	35
对比示例 19	DG	12	I+	CL	6	35
对比示例 20	DG	9	I+	CL	9	35

[0128] 下面的表5示出，针对上面的表4的示例和对比示例，根据本发明的最大可允许ΔEA以及各示例或对比示例的计算出的ΔEA。对比示例呈现出过高的ΔEA值，并且因此呈现出较高的破损风险，它们的ΔEA值高于按本发明允许的ΔEA值。示例Ex.2至13特别地呈现出比对应的等效对称真空隔热玻璃窗低的破损风险。

[0129] 表5

[0130]

	允许的最大 ΔEA	ΔEA	$\Delta T_{夏季}$（°C）	$\Delta T_{冬季}$（°C）
示例 1	0.6358	0.6358	6.3	40
对比示例 1	0.6358	0.6358	38.5	40
示例 2	0.6358	0.213	6.2	40
对比示例 2			3.6	40
示例 3	0.607	0.3984	8.9	40
对比示例 3			4.5	40
对比示例 4	0.6082	0.5814	40	40
对比示例 5			38.5	40
示例 4	0.6082	0.5814	7.8	40
对比示例 6			4.5	40
对比示例 7			38.5	40
示例 5	0.6082	0.6082	7.9	40
对比示例 8	0.6082	0.6082	40.4	40
对比示例 9			39.1	40
示例 6	0.6082	0.3446	7.6	40
对比示例 10			3.7	40
示例 7	0.6082	0.5814	7.8	40
对比示例 11			4.5	40
对比示例 12	0.6082	0.5814	40	40
对比示例 13			38.5	40

[0131]

	允许的最大 ΔEA	ΔEA	$\Delta T_{夏季}$(°C)	$\Delta T_{冬季}$ (°C)
示例 8	0.6082	0.6082	7.9	40
对比示例 14	0.6082	0.6082	40.4	40
对比示例 15			39.1	40
示例 9	0.6082	0.5814	7.8	40
对比示例 16			4.5	40
对比示例 17	0.6082	0.5814	40	40
对比示例 18			38.5	40
示例 10	0.6082	0.6082	7.9	40
对比示例 19	0.6082	0.6082	40.4	40
对比示例 20			39.1	40

[0132] 下面的表6示出了在夏季和冬季条件下的示例和对比示例中获得的引起应力。该支柱上方的玻璃片中的压力引起应力分别记为σ_{p1}和σ_{p2}。冬季温度应力分别表示为σ_{Tw1}和σ_{Tw2},夏季温度应力分别表示为σ_{Ts1}和σ_{Ts2}。组合夏季应力分别表示为σ_{cs1}($\sigma_{cs1}=\sigma_{p1}+\sigma_{Ts1}$)和$\sigma_{cs2}$($\sigma_{cs2}=\sigma_{p2}+\sigma_{Ts2}$),组合冬季应力分别表示为$\sigma_{cw1}$($\sigma_{cw1}=\sigma_{p1}+\sigma_{Tw1}$)和$\sigma_{cw2}$($\sigma_{cw2}=\sigma_{p2}+\sigma_{Tw2}$)。最高组合冬季应力和最高组合夏季应力分别表示为$\sigma_{cwmax}$($\sigma_{cwmax}=\max(\sigma_{cw1}+\sigma_{cw2})$)和$\sigma_{csmax}$($\sigma_{cwmax}=\max(\sigma_{cs1}+\sigma_{cs2})$)。在夏季或冬季条件下产生的最高组合引起应力表示为σ_{cmax}。所有应力的测量单位是MPa。每个示例的最大组合应力值用下划线表示,并且因此对应于σ_{cmax}。

[0133] 从下面的表6中可以看出,在对称VIG中,除了少数例外,最高组合应力值是在冬季条件下在第二玻璃片上达到的。在任何条件下达到的最大应力值都用作比较非对称VIG和其等效对称VIG的参考点。此外,已经发现,当VIG是非对称的,承载有较厚的第一玻璃片和较薄的第二玻璃片时,最高组合冬季应力σ_{cwmax}会减小,并且特别地,对于遵守以下尺寸准则的非对称VIG:300mm≤L≤4000mm,300mm≤W≤1500mm,$Z_1\geq5mm$,$Z_2\geq3mm$,$\Delta Z=Z_1-Z_2\geq1mm$,并且10mm≤λ≤35mm,最高组合冬季应力低于具有相同整体厚度的等效对称VIG。

[0134] 从下面的表6中还可以看出,在夏季条件下,非对称VIG中的最高组合夏季应力σ_{csmax}比其等效对称VIG中高。在本发明的具体实施例中,即在标有星号的示例中,已经发现,本发明的示例中的最高组合夏季应力σ_{csmax}是可接受的,该最高组合夏季应力σ_{csmax}小于或等于其等效对称VIG的最高组合应力(冬季或夏季),即其等效对称VIG中的第二玻璃片的组合冬季应力σ_{cw2}。

[0135] 表6

[0136]

	外片压力（MPa）					内片压力（MPa）				
	σ_{Ts1}	σ_{Tw1}	σ_{p1}	σ_{cs1}	σ_{cw1}	σ_{Ts2}	σ_{Tw2}	σ_{p2}	σ_{cs2}	σ_{cw2}
示例 1	1.84	0.04	1.07	2.92	1.11	1.63	4.09	4.30	5.93	8.38
对比示例 1	11.27	0.04	1.07	12.34	1.11	9.98	4.09	4.30	14.28	8.38
示例 2	1.79	1.66	1.40	3.20	3.07	2.18	2.08	7.64	9.82	9.72
对比示例 2	0.84	9.14	2.75	3.59	11.89	0.82	9.36	2.75	3.57	12.11
示例 3	2.36	0.00	0.48	2.84	0.48	2.41	1.71	4.30	6.71	6.01
对比示例 3	1.03	0.89	1.07	2.10	1.97	0.10	9.15	1.07	1.17	10.22
对比示例 4	11.43	0.00	0.57	11.99	0.57	7.87	4.41	2.75	10.62	7.16
对比示例 5	8.80	0.89	1.07	9.88	1.97	0.86	9.15	1.07	1.93	10.22
示例 4	2.23	0.00	0.57	2.80	0.57	1.53	4.41	2.75	4.28	7.16
对比示例 6	1.03	0.89	1.07	2.10	1.97	0.10	9.15	1.07	1.17	10.22
对比示例 7	8.80	0.89	1.07	9.88	1.97	0.86	9.15	1.07	1.93	10.22

[0137]

	外片压力（MPa）					内片压力（MPa）				
	σ_{Ts1}	σ_{Tw1}	σ_{p1}	σ_{cs1}	σ_{cw1}	σ_{Ts2}	σ_{Tw2}	σ_{p2}	σ_{cs2}	σ_{cw2}
示例 5	2.25	0.00	0.48	2.73	0.48	1.11	5.51	1.91	3.02	7.42
对比示例 8	11.53	0.00	0.48	12.00	0.48	5.66	5.51	1.91	7.57	7.42
对比示例 9	8.83	0.00	0.85	9.68	0.85	0.00	9.03	0.85	0.85	9.88
示例 6	2.15	0.00	0.99	3.14	0.99	2.01	2.78	6.19	8.20	8.97
对比示例 10	0.86	2.73	2.02	2.88	4.75	0.25	9.25	2.02	2.27	11.27
示例 7	2.23	0.00	0.82	3.05	0.82	1.53	4.41	3.96	5.49	8.37
对比示例 11	1.03	0.89	1.55	2.58	2.44	0.10	9.15	1.55	1.65	10.69
对比示例 12	11.43	0.00	0.82	12.24	0.82	7.87	4.41	3.96	11.83	8.37
对比示例 13	8.80	0.89	1.55	10.35	2.44	0.86	9.15	1.55	2.41	10.69
示例 8	2.25	0.00	0.69	2.94	0.69	1.11	5.51	2.75	3.86	8.26
对比示例 14	11.53	0.00	0.69	12.21	0.69	5.66	5.51	2.75	8.41	8.26
对比示例 15	8.83	0.00	1.22	10.05	1.22	0.00	9.03	1.22	1.22	10.26
示例 9	2.23	0.00	1.11	3.34	1.11	1.53	4.41	5.39	6.92	9.80
对比示例 16	1.03	0.89	2.11	3.13	3.00	0.10	9.15	2.11	2.21	11.25
对比示例 17	11.43	0.00	1.11	12.54	1.11	7.87	4.41	5.39	13.26	9.80
对比示例 18	8.80	0.89	2.11	10.91	3.00	0.86	9.15	2.11	2.97	11.25
示例 10	2.25	0.00	0.94	3.19	0.94	1.11	5.51	3.74	4.85	9.25
对比示例 19	11.53	0.00	0.94	12.46	0.94	5.66	5.51	3.74	9.40	9.25
对比示例 20	8.83	0.00	1.66	10.49	1.66	0.00	9.03	1.66	1.66	10.70

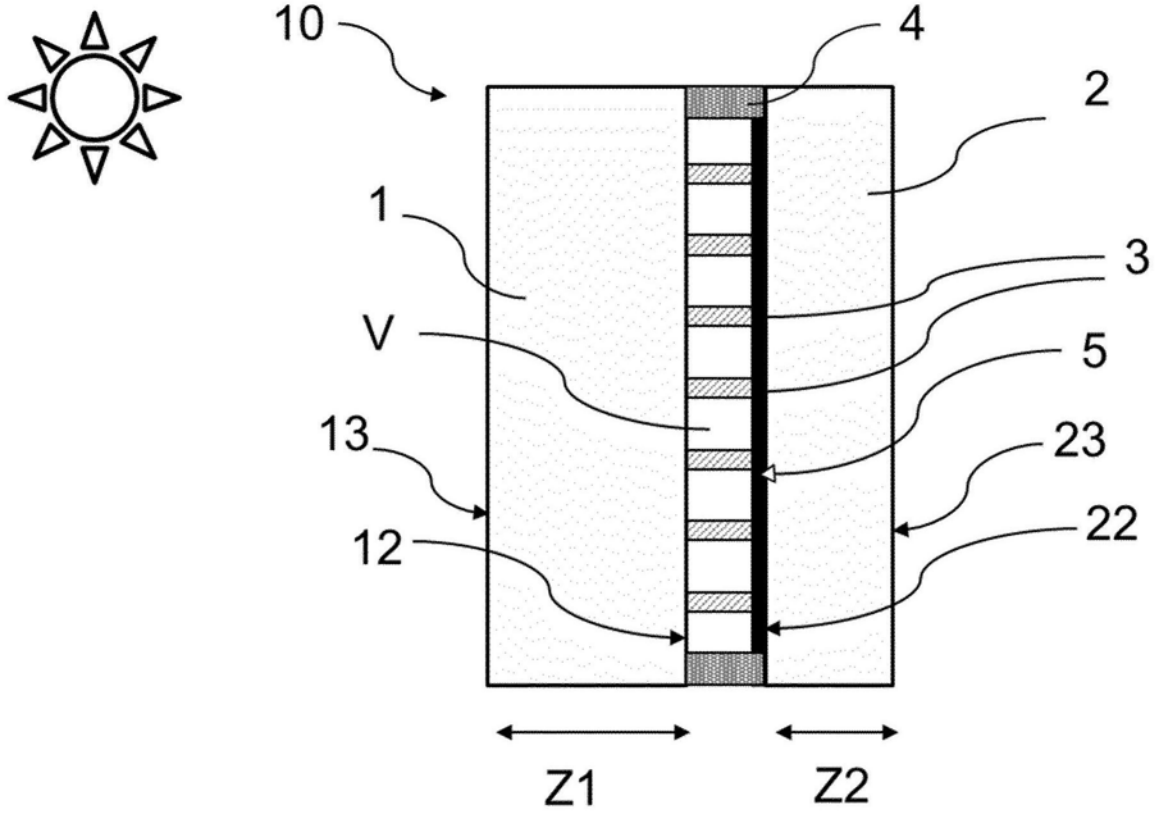


图1