



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201224018 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：100133110

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 09 月 14 日

(51)Int. Cl.：

C08J5/08 (2006.01)

C03C13/00 (2006.01)

B29C70/06 (2006.01)

F41H5/02 (2006.01)

C08G61/08 (2006.01)

B29K309/08 (2006.01)

(30)優先權：2010/09/14 美國

61/382,794

2010/11/05 美國

12/940,764

2011/09/09 美國

13/229,012

(71)申請人：片片堅俄亥俄州工業公司 (美國) PPG INDUSTRIES OHIO, INC. (US)

美國

(72)發明人：彼德斯 詹姆士 卡爾 PETERS, JAMES CARL (US)；席蘭諾 朱安 卡米羅

SERRANO, JUAN CAMILO (CO)；李鴻 LI, HONG (US)；理查爾斯 雪洛 A

RICHARDS, CHERYL A. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：0 共 71 頁

(54)名稱

用於衝擊應用之低密度及高強度玻璃纖維

LOW DENSITY AND HIGH STRENGTH FIBER GLASS FOR BALLISTIC APPLICATIONS

(57)摘要

本發明係關於納入由玻璃組合物形成之玻璃纖維之織物、複合物、預浸材、壓層物及其他產品。在一些實施例中，將玻璃纖維納入可適用於諸如抗衝擊或抗爆炸應用等高能量撞擊應用之複合物中。由玻璃組合物之一些實施例形成之玻璃纖維可具有某些合意性質，該等性質可包括(例如)合意的電性質(例如低 D_k)或合意的機械性質(例如，比強度)。



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201224018 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：100133110

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 09 月 14 日

(51)Int. Cl.：

C08J5/08 (2006.01)

C03C13/00 (2006.01)

B29C70/06 (2006.01)

F41H5/02 (2006.01)

C08G61/08 (2006.01)

B29K309/08 (2006.01)

(30)優先權：2010/09/14 美國

61/382,794

2010/11/05 美國

12/940,764

2011/09/09 美國

13/229,012

(71)申請人：片片堅俄亥俄州工業公司 (美國) PPG INDUSTRIES OHIO, INC. (US)

美國

(72)發明人：彼德斯 詹姆士 卡爾 PETERS, JAMES CARL (US)；席蘭諾 朱安 卡米羅

SERRANO, JUAN CAMILO (CO)；李鴻 LI, HONG (US)；理查爾斯 雪洛 A

RICHARDS, CHERYL A. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：0 共 71 頁

(54)名稱

用於衝擊應用之低密度及高強度玻璃纖維

LOW DENSITY AND HIGH STRENGTH FIBER GLASS FOR BALLISTIC APPLICATIONS

(57)摘要

本發明係關於納入由玻璃組合物形成之玻璃纖維之織物、複合物、預浸材、壓層物及其他產品。在一些實施例中，將玻璃纖維納入可適用於諸如抗衝擊或抗爆炸應用等高能量撞擊應用之複合物中。由玻璃組合物之一些實施例形成之玻璃纖維可具有某些合意性質，該等性質可包括(例如)合意的電性質(例如低 D_k)或合意的機械性質(例如，比強度)。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於包含適用於諸如抗衝擊或抗爆炸應用等高能量撞擊應用之玻璃纖維之複合物。

關於由聯邦政府發起的研究或開發的聲明

本發明係根據由 Army Research Laboratory 授予之合同 W911NF-09-9-0003 在政府支持下作出的。政府具有本發明之某些權利。

本申請案主張於 2010 年 9 月 14 日申請之美國臨時專利申請案第 61/382,794 號之優先權，該申請案之全部揭示內容以引用方式併入本文中。本申請案主張於 2011 年 9 月 9 日申請之美國專利申請案第 13/229,012 號之優先權且係其部分接續申請案，美國專利申請案第 13/229,012 號係於 2010 年 11 月 05 日申請之美國專利申請案第 12/940,764 號之部分接續申請案，美國專利申請案第 12/940,764 號係於 2006 年 12 月 14 日申請之美國專利申請案第 11/610,761 號(現為於 2010 年 11 月 09 日公佈之美國專利第 7,829,490 號)之接續申請案，該等申請案之全部內容各自以引用方式併入本文中。

【先前技術】

可操作以抵抗各種來源(例如射彈及爆炸壓縮波)之高能量撞擊之材料可用於多種應用，包括民用及軍用結構強化應用及裝甲車輛應用。舉例而言，陶瓷板及強化複合材料已用於保護車輛不受各種炸藥裝置造成的潛在損壞。然而，眾所周知難以預測哪些材料將展示用於衝擊應用之合

意性質。

已使用玻璃纖維來強化各種聚合物樹脂許多年。用於強化應用之一些常用玻璃組合物包括「E-玻璃」及「D-玻璃」家族的組合物。另一常用玻璃組合物係以商品名「S-2玻璃」自AGY (Aiken, South Carolina)購得。然而，用於諸如抗衝擊或抗爆炸應用等高能量撞擊應用之具有玻璃纖維之強化聚合物樹脂未必亦產生具有其他合意機械性質之複合物。

一般而言，可自經由位於套管中之小噴絲孔擠出之小熔融玻璃流來製造玻璃纖維。將自套管流出之熔融玻璃之纖維拉細至預期直徑，此藉由拉伸纖維直至達成預期直徑來達成，在此期間纖維冷卻並固化。然後可用可賦予預期性質之漿液塗佈此等經冷卻纖維或長絲。本文所用術語「漿液」係指在纖維玻璃長絲形成後立即施加之塗佈組合物，且該術語可與術語「漿料」、「上漿組合物」、「主要漿液」、「黏合劑組合物」及「黏合劑」互換使用。在其形成及處理後，可使經上漿玻璃纖維聚集成包含複數根個別纖維之束或股。同樣，可進一步使束或股聚集成包含複數根束或股之粗紗。可將連續股或粗紗纏繞於線軸上以形成卷裝。然後可視需要自線軸分配股或粗紗之長度。

【發明內容】

本發明之各實施例概言之係關於低密度及高強度玻璃纖維，且係關於玻璃纖維股、紗線、織物、組合物及適用於抗衝擊或抗爆炸應用之包含低密度及高強度玻璃纖維之裝

甲面板。

在一實施例中，本發明之複合物包含聚二環戊二烯樹脂及配置於該聚二環戊二烯樹脂中之複數根玻璃纖維，其中該複數根玻璃纖維中之至少一者包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含：

SiO_2	60-68重量%；
B_2O_3	7-12重量%；
Al_2O_3	9-15重量%；
MgO	8-15重量%；
CaO	0-4重量%；
Li_2O	0-2重量%；
Na_2O	0-1重量%；
K_2O	0-1重量%；
Fe_2O_3	0-1重量%；
F_2	0-1重量%；
TiO_2	0-2重量%；及

其他成份總計0-5重量%，

其中 $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 含量小於2重量%，其中 MgO 含量以重量%計為 CaO 含量的至少兩倍，且其中該複合物適用於抗衝擊或抗爆炸應用。

在另一實施例中，本發明之複合物包含聚二環戊二烯樹脂及配置該聚二環戊二烯樹脂中之複數根玻璃纖維，其中該複數根玻璃纖維中之至少一者包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含

SiO ₂	53.5-77 重量 % ;
B ₂ O ₃	4.5-14.5 重量 % ;
Al ₂ O ₃	94.5-18.5 重量 % ;
MgO	4-12.5 重量 % ;
CaO	0-10.5 重量 % ;
Li ₂ O	0-4 重量 % ;
Na ₂ O	0-2 重量 % ;
K ₂ O	0-1 重量 % ;
Fe ₂ O ₃	0-1 重量 % ;
F ₂	0-2 重量 % ;
TiO ₂	0-2 重量 % ; 及

其他成份總計 0-5 重量 % ;

其中該複合物適用於抗衝擊或抗爆炸應用。

在一些實施例中，當藉由美國國防部裝甲 V₅₀ 衝擊測試之測試方法標準 MIL-STD-662F，1997 年 12 月量測時，本發明之複合物在約 2 lb/ft² 之面密度及約 5-6 mm 之厚度下可展示至少約 900 fps 之 0.30 cal FSP V₅₀ 值。在一些實施例中，當藉由美國國防部裝甲 V₅₀ 衝擊測試之測試方法標準 MIL-STD-662F，1997 年 12 月量測時，本發明之複合物在約 4.8-4.9 lb/ft² 之面密度及約 13-13.5 mm 之厚度下可展示至少約 1200 fps 之 0.50 cal FSP V₅₀ 值。

在一些實施例中，用於該複合物之複數根玻璃纖維經佈置以形成織物。用於本發明複合物之一些實施例之複數根玻璃纖維經織造以形成織物。在一些實施例中，該等織物

可包括平織織物、斜紋織物、皺紋織物、緞織織物、縫編織物或3D織造織物。

本發明之一些實施例係關於包含本發明複合物之裝甲板。

此等及其他實施例更詳細地論述於隨後的實施方式中。

【實施方式】

出於本說明書之目的，除非另有說明，否則所有表示成份數量、反應條件及本說明書中所用諸如此類之數字在所有情況下皆應理解為由術語「約」修飾。因此，除非說明相反情況，否則，以下說明書中所闡述之數字參數均為可隨本發明尋求達成之期望性質而變化的近似值。最低限度地，且並非試圖限制申請專利範圍之等效項之原則的應用，每一數字參數皆應至少根據所報告有效位的數量且藉由使用普通舍入技術來解釋。

儘管闡述本發明寬範圍之數值範圍及參數係近似值，但在特定實例中所闡述之數值盡可能準確地報告。然而，任一數值固有地含有必然由適用測試量測中存在之標準偏差引起的誤差。

應進一步注意，除非清楚且明確地限於一個指示物，否則本說明書中所用單數形式「一(a, an)」及「該(the)」包括複數個指示物。

已研發出可纖維化玻璃組合物，其相對於標準E-玻璃提供改良之電性能(即，低介電常數 D_k 及/或低耗散因子 D_f)，同時提供比先前低 D_k 玻璃方案更有益於商業上實際纖維成

型之溫度-黏度關係。該等玻璃組合物闡述於美國專利第7,829,490號及於2011年9月9日申請之美國專利申請案第13/229,012號中，該兩個專利之全部內容皆以引用方式併入本文中。美國專利第7,829,490號及美國專利申請案第13/229,012號中所述玻璃組合物之另一可選態樣在於至少一些組合物因原料批料成本相對較低而可商業化。

本發明之一些實施例係關於包含玻璃纖維之組合物。在一些實施例中，本發明之複合物適用於高機械應力應用，包括但不限於高能量撞擊應用。舉例而言，在一些實施例中，本發明之複合物包含聚合物樹脂及配置於該聚合物樹脂中之複數根玻璃纖維。可用於本發明一些實施例之玻璃纖維可展示尤其合意用於諸如抗衝擊或抗爆炸應用等高能量撞擊應用之性質。與包含E-玻璃之玻璃纖維相比，可用於本發明一些實施例之玻璃纖維可展示高破壞應變、高強度及/或低纖維密度，對於給定纖維體積分數或給定複合物性能而言，該組合可使玻璃纖維強化複合物具有更低之面密度。

在一些實施例中，本發明之複合物可適用於裝甲應用。舉例而言，複合物之一些實施例可用於製造裝甲面板。在一些實施例中，本發明之複合物可形成面板，其中當藉由美國國防部裝甲V₅₀衝擊測試之測試方法標準MIL-STD-662F，1997年12月(下文「MIL-STD-662F」)量測時，該面板在約2 lb/ft²之面板面密度及約5-6 mm之面板厚度下可展示至少約900英尺/秒(fps)之0.30 cal FSP(「碎片模擬射

彈」) V_{50} 值，該測試方法標準之全部內容以引用方式併入本文中。在此背景下，術語「複合物」通常係指包含聚合物樹脂及配置於該聚合物樹脂中之複數根玻璃纖維之材料，而術語「面板」係指具有片狀實際尺寸或形狀之複合物。在其他實施例中，本發明之複合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約4.8-4.9 lb/ft²之面板面密度及約13-13.5 mm之面板厚度下可展示至少約1200 fps之0.50 cal FSP V_{50} 。由於 V_{50} 值可取決於面板面密度及面板厚度，故本發明之複合物可具有不同的 V_{50} 值，此取決於面板如何構造。本發明一些實施例之一個優點係提供 V_{50} 值高於使用E-玻璃纖維合股之以類似方式構造之複合物的複合物。

在一些實施例中，本發明之複合物包含聚合物樹脂及配置於該聚合物樹脂中之複數根玻璃纖維，其中該複數根玻璃纖維中之至少一者包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含以下組份：

SiO ₂	60-68重量%；
B ₂ O ₃	7-12重量%；
Al ₂ O ₃	9-15重量%；
MgO	8-15重量%；
CaO	0-4重量%；
Li ₂ O	0-2重量%；
Na ₂ O	0-1重量%；
K ₂ O	0-1重量%；

Fe_2O_3 0-1 重量 % ;
 F_2 0-1 重量 % ;
 TiO_2 0-2 重量 % ; 及

其他成份總計 0-5 重量 % ;

其中該複合物適用於抗衝擊或抗爆炸應用。在一些實施例中， $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 含量可小於 2 重量 % 且 MgO 含量以重量 % 計可為 CaO 含量的至少兩倍。在其他實施例中， Li_2O 含量可大於 Na_2O 含量或 K_2O 含量。

在一些實施例中，本發明之複合物包含聚合物樹脂及配置於該聚合物樹脂中之複數根玻璃纖維，其中該複數根玻璃纖維中之至少一者包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含以下組份：

SiO_2 53.5-77 重量 % ;
 B_2O_3 4.5-14.5 重量 % ;
 Al_2O_3 4.5-18.5 重量 % ;
 MgO 4-12.5 重量 % ;
 CaO 0-10.5 重量 % ;
 Li_2O 0-4 重量 % ;
 Na_2O 0-2 重量 % ;
 K_2O 0-1 重量 % ;
 Fe_2O_3 0-1 重量 % ;
 F_2 0-2 重量 % ;
 TiO_2 0-2 重量 % ; 及

其他成份總計 0-5 重量 % ;

其中該複合物適用於抗衝擊或抗爆炸應用。在一些實施例中， $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 含量可小於2重量%且 MgO 含量以重量%計可為 CaO 含量的至少兩倍。在其他實施例中， Li_2O 含量可大於 Na_2O 含量或 K_2O 含量。

本文揭示一些其他玻璃組合物，且本發明之其他實施例係關於包含複數根由該等組合物形成之玻璃纖維之複合物。

本發明之一些實施例係關於面板，例如包含本發明複合物之裝甲面板。在一些實施例中，本發明之複合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約2 lb/ft²之面板面密度及約5-6 mm之面板厚度下展示至少約900 fps之0.30 cal FSP V_{50} 值。在其他實施例中，本發明之複合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約2 lb/ft²之面板面密度及約5-6 mm之面板厚度下展示至少約1000 fps之0.30 cal FSP V_{50} 值。在本發明之又一些實施例中，複合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約2 lb/ft²之面板面密度及約5-6 mm之面板厚度下展示至少約1100 fps之0.30 cal FSP V_{50} 值。在本發明之一些實施例中，複合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約2 lb/ft²之面板面密度及約5-6 mm之面板厚度下展示約900 fps至約1140 fps之0.30 cal FSP V_{50} 值。

在一些實施例中，本發明之複合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約4.8-4.9 lb/ft²之面

板面密度及約 13-13.5 mm之面板厚度下展示至少約 1200 fps之 0.50 cal FSP V_{50} 。在本發明之其他實施例中，複合物可形成面板，其中當藉由 MIL-STD-662F 量測時，該面板在約 4.8-4.9 lb/ft²之面板面密度及約 13-13.5 mm之面板厚度下展示至少約 1300 fps之 0.50 cal FSP V_{50} 。在本發明之又一些實施例中，複合物可形成面板，其中當藉由 MIL-STD-662F 量測時，該面板在約 4.8-4.9 lb/ft²之面板面密度及約 13-13.5 mm之面板厚度下展示至少約 1400 fps之 0.50 cal FSP V_{50} 。在本發明之一些實施例中，複合物可形成面板，其中當藉由 MIL-STD-662F 量測時，該面板在約 4.8-4.9 lb/ft²之面板面密度及約 13-13.5 mm之面板厚度下展示約 1200 fps至約 1440 fps之 0.50 cal FSP V_{50} 值。

本發明之複合物可包含各種聚合物樹脂，此視預期性質及應用而定。在本發明之一些實施例中，複合物包含聚合物樹脂及配置於該聚合物樹脂中之複數根玻璃纖維，其中該複數根玻璃纖維中之至少一者包含如本文所揭示之玻璃組合物，該複合物可形成面板，例如用於抗衝擊或抗爆炸之裝甲面板，且該聚合物樹脂包含環氧樹脂。在一些實施例中，本發明之複合物包含聚合物樹脂及配置於該聚合物樹脂中之複數根玻璃纖維，其中該複數根玻璃纖維中之至少一者包含如本文所揭示之玻璃組合物，該複合物可形成面板，例如用於抗衝擊或抗爆炸之裝甲面板，且該聚合物樹脂包含聚二環戊二烯樹脂。在本發明之一些實施例中，聚合物樹脂可包含聚乙烯、聚丙烯、聚醯胺(包括耐綸

(Nylon))、聚對苯二甲酸丁二酯、聚碳酸酯、熱塑性聚胺基甲酸酯、酚系樹脂、聚酯、乙烯基酯、熱固性聚胺基甲酸酯、氰酸酯或雙-馬來醯亞胺樹脂。

在本發明之一些實施例中，複合物包含聚合物樹脂及配置於該聚合物樹脂中之複數根玻璃纖維，其中該複數根玻璃纖維中之至少一者包含如本文所揭示之玻璃組合物，該複合物可形成面板，例如用於抗衝擊或抗爆炸之裝甲面板，且該複數根玻璃纖維中之至少一者至少部分地經上漿組合物塗佈。在本發明之一些實施例中，上漿組合物可與聚合物樹脂相容。

在本發明之一些實施例中，複合物包含聚合物樹脂及配置於該聚合物樹脂中之複數根玻璃纖維，其中該複數根玻璃纖維中之至少一者包含如本文所揭示之玻璃組合物，該複合物可形成面板，例如用於抗衝擊或抗爆炸之裝甲面板，且該複數根玻璃纖維經佈置以形成織物。在包含經佈置以形成織物之複數根玻璃纖維之本發明一些實施例中，複合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約 2 lb/ft^2 之面板面密度及約5-6 mm之面板厚度下展示至少約1000 fps之0.30 cal FSP V_{50} 值。在包含經佈置以形成織物之複數根玻璃纖維之本發明其他實施例中，複合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約 2 lb/ft^2 之面板面密度及約5-6 mm之面板厚度下展示至少約1100 fps之0.30 cal FSP V_{50} 值。在包含經佈置以形成織物之複數根玻璃纖維之本發明又一些實施例中，複

合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約 2 lb/ft^2 之面板面密度及約 $5\text{-}6 \text{ mm}$ 之面板厚度下展示約 900 fps 至約 1140 fps 之 $0.30 \text{ cal FSP } V_{50}$ 值。在包含經佈置以形成織物之複數根玻璃纖維之本發明一些實施例中，複合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約 $4.8\text{-}4.9 \text{ lb/ft}^2$ 之面板面密度及約 $13\text{-}13.5 \text{ mm}$ 之面板厚度下展示至少約 1200 fps 之 $0.50 \text{ cal FSP } V_{50}$ 值。在包含經佈置以形成織物之複數根玻璃纖維之本發明其他實施例中，複合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約 $4.8\text{-}4.9 \text{ lb/ft}^2$ 之面板面密度及約 $13\text{-}13.5 \text{ mm}$ 之面板厚度下展示至少約 1300 fps 之 $0.50 \text{ cal FSP } V_{50}$ 值。在包含經佈置以形成織物之複數根玻璃纖維之本發明又一些實施例中，複合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約 $4.8\text{-}4.9 \text{ lb/ft}^2$ 之面板面密度及約 $13\text{-}13.5 \text{ mm}$ 之面板厚度下展示至少約 1400 fps 之 $0.50 \text{ cal FSP } V_{50}$ 值。在包含經佈置以形成織物之複數根玻璃纖維之本發明一些實施例中，複合物可形成面板，其中當藉由MIL-STD-662F量測時，該面板在約 $4.8\text{-}4.9 \text{ lb/ft}^2$ 之面板面密度及約 $13\text{-}13.5 \text{ mm}$ 之面板厚度下展示約 1200 fps 至約 1440 fps 之 $0.50 \text{ cal FSP } V_{50}$ 值。

在包含經佈置以形成織物之複數根玻璃纖維之本發明一些實施例中，複數根玻璃纖維經織造以形成織物。在本發明之其他實施例中，玻璃纖維織物包含平織織物、斜紋織物、皺紋織物、緞織織物、縫編織物(亦稱為無捲曲織物)

或「三維」織造織物。

在包含經佈置以形成織之複數根玻璃纖維物之本發明一些實施例中，聚合物樹脂包含環氧樹脂。在包含經佈置以形成織物之複數根玻璃纖維之本發明一些實施例中，聚合物樹脂包含聚二環戊二烯樹脂。在本發明之一些實施例中，聚合物樹脂包含聚乙烯、聚丙烯、聚醯胺(包括耐綸)、聚對苯二甲酸丁二酯、聚碳酸酯、熱塑性聚胺基甲酸酯、酚系樹脂、聚酯、乙烯基酯、熱固性聚胺基甲酸酯、氰酸酯或雙-馬來醯亞胺樹脂。

可用於本發明之玻璃纖維可藉由熟習此項技術者已知之任一適宜方法來製備，例如但不限於上文所述之方法。可用於本發明之玻璃纖維織物通常可藉由熟習此項技術者已知之任一適宜方法來製備，例如但不限於使緯紗(weft yarn)(亦稱為「緯紗(fill yarn)」)交織於複數根經紗中。該交織可藉由以下方式達成：以大致平行平面陣列將經紗定位於織機上，且然後藉由使緯紗以預定重複圖案上下來回穿過經紗將緯紗織入經紗中。所用圖案取決於期望的織物式樣。

經紗通常可使用熟習此項技術者已知之技術來製備。可藉由拉細來自套管或紡紗機之複數個熔融玻璃流來形成經紗。然後，可將上漿組合物施加至個別玻璃纖維且可將纖維聚集在一起以形成股。隨後可藉由使若干末端聚集在一起並稍以加撚將單一末端股處理成經合股之粗紗。偶爾藉由用水或蒸汽處理以增加束完整性。然後可將聚集多末端

股纏繞於3"卡板線軸上。此時，可藉由將股末端綁在傳統劍梳式織機中利用線軸進給經紗或緯紗來將織物織造成預定式樣。

本發明之複合物可藉由熟習此項技術者已知之任一適宜方法來製備，例如但不限於真空輔助樹脂灌注模製、擠出複合、壓縮模製、樹脂轉移模製、反應注射模製及拉擠成型。本發明之複合物可使用如熟習此項技術者已知之該等模製技術來製備。

如本文所進一步闡述，本發明之一些複合物可使用真空輔助樹脂灌注技術來製備，如本文所進一步闡述。可將本發明玻璃纖維織物之堆疊切割成期望大小並置於經聚矽氧釋放處理之玻璃桌上。然後可用剝離板層覆蓋該堆疊，裝配流動增強介質，並使用耐綸袋膜進行真空裝袋。然後，可對所謂的「疊層」施加約27英吋Hg之真空壓力。另外，擬用玻璃纖維織物強化之聚合物樹脂可使用熟習此項技術者已知用於彼特定樹脂之技術來製備。舉例而言，對於一些聚合物樹脂而言，可將適當樹脂(例如，胺可固化環氧樹脂)與適當固化劑(例如，用於胺可固化環氧樹脂之胺)以樹脂製造商所建議或熟習此項技術者已知之比例混合。然後可在真空室中使組合樹脂脫氣30分鐘並灌注至織物預成型件中直至織物堆疊實質上完全濕透。此時，將工具設定為約45-50°C之溫度，保持24小時。然後可將所得剛性複合物脫模並在可程式化對流烘箱中在約250°F下後固化4小時。然而，如熟習此項技術者已知，各種參數(例如脫氣

時間、加熱時間及後固化條件)可根據所用特定樹脂系統而有所變化，且熟習此項技術者瞭解如何根據特定樹脂系統選擇該等參數。

在聚合物樹脂包含聚二環戊二烯之本發明複合物之一些實施例中，該等複合物亦可使用如本文所述之真空輔助樹脂灌注技術來製備。可將本發明玻璃纖維織物之堆疊切割成預期大小並置於經聚矽氧釋放處理之玻璃桌上。然後可用剝離板層覆蓋該堆疊，裝配流動增強介質，並使用耐綸袋膜進行真空裝袋。然後，可對所謂的「疊層」施加約27英吋Hg之真空壓力。單獨地，擬用纖維玻璃織物強化之聚二環戊二烯樹脂可使用熟習此項技術者已知之技術來製備。舉例而言，對於聚二環戊二烯樹脂而言，將樹脂與適當量之觸媒(且在一些情形下抑制劑)以pDCPD供應商所推薦或熟習此項技術者已知之比例混合。然後可在真空室中使DCPD樹脂脫氣30分鐘並灌注至織物預成型件中直至織物堆疊實質上完全濕透。此時，將該工具設定為約120°C之溫度，保持長達4小時。然後可使所得剛性複合物脫模。然而，如熟習此項技術者已知，各種參數(例如脫氣時間、加熱時間及後固化條件)可根據所用特定樹脂系統而有所變化，且熟習此項技術者瞭解如何根據特定樹脂系統選擇該等參數。

如上文所述，本發明之組合物可包含複數根玻璃纖維。適用於本發明之玻璃纖維可具有熟習此項技術者已知之任一適當直徑，此視預期應用而定。適用於本發明一些實施

例之玻璃纖維具有約 5 μm 至約 12 μm 之直徑。適用於本發明其他實施例之玻璃纖維具有約 6 μm 之直徑。舉例而言，在擬在用於諸如抗衝擊或抗爆炸應用等高能量撞擊應用之複合物中使用玻璃纖維的一些實施例中，玻璃纖維可具有約 6 μm 之直徑，但亦可使用其他玻璃纖維直徑。

另外，適用於本發明之玻璃纖維及玻璃纖維股可包含多種玻璃組合物。該等玻璃纖維及玻璃纖維股之一些實施例闡述於上文中且其他闡述於下文中。如上文所述，適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股中之一個實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含

SiO_2	60-68 重量%；
B_2O_3	7-12 重量%；
Al_2O_3	9-15 重量%；
MgO	8-15 重量%；
CaO	0-4 重量%；
Li_2O	0-2 重量%；
Na_2O	0-1 重量%；
K_2O	0-1 重量%；
Fe_2O_3	0-1 重量%；
F_2	0-1 重量%；
TiO_2	0-2 重量%；及

其他成份總計 0-5 重量%。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含

SiO ₂	60-68重量%；
B ₂ O ₃	7-12重量%；
Al ₂ O ₃	9-15重量%；
MgO	8-15重量%；
CaO	0-4重量%；
Li ₂ O	>0-2重量%；
Na ₂ O	0-1重量%；
K ₂ O	0-1重量%；
Fe ₂ O ₃	0-1重量%；
F ₂	0-1重量%；
TiO ₂	0-2重量%；及

其他成份總計0-5重量%；

其中Li₂O含量大於Na₂O含量或K₂O含量。在其他實施例中，CaO含量為0-3重量%。在又一些實施例中，CaO含量為0-2重量%。在一些實施例中，CaO含量為0-1重量%。在本發明之一些實施例中，MgO含量為8-13重量%。在其他實施例中，MgO含量為9-12重量%。在一些實施例中，TiO₂含量為0-1重量%。在一些實施例中，B₂O₃含量不超過10重量%。在本發明之一些實施例中，Al₂O₃含量為9-14重量%。在其他實施例中，Al₂O₃含量為10-13重量%。在一些實施例中，(Li₂O+Na₂O+K₂O)含量小於2重量%。在一些實施例中，組合物含有0-1重量% BaO及0-2重量% ZnO。在其他實施例中，組合物基本上不含BaO且基本上不含ZnO。在一些實施例中，其他成份(若存在)以0-2重量%之

總量存在。在其他實施例中，其他成份(若存在)以0-1重量%之總量存在。在一些實施例中， Li_2O 含量為0.4-2.0重量%。在其他包含0.4-2.0重量%之 Li_2O 含量之實施例中， Li_2O 含量大於 $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 含量。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含

SiO_2	60-68重量%；
B_2O_3	7-13重量%；
Al_2O_3	9-15重量%；
MgO	8-15重量%；
CaO	0-4重量%；
Li_2O	0-2重量%；
Na_2O	0-1重量%；
K_2O	0-1重量%；
Fe_2O_3	0-1重量%；
F_2	0-1重量%；及
TiO_2	0-2重量%。

在一些實施例中，玻璃組合物之特徵在於相對較低含量的 CaO ，例如相當於約0-4重量%之數量級。在又一些實施例中， CaO 含量可為約0-3重量%之數量級。在一些實施例中， MgO 含量為 CaO 含量的兩倍(以重量%計)。本發明之一些實施例可具有大於約6.0重量%之 MgO 含量，且在其他實施例中 MgO 含量可大於約7.0重量%。適用於本發明一些實施例之一些玻璃組合物之特徵可在於存在小於1.0重量%

之BaO。在僅存在痕量雜質量BaO之彼等實施例中，可稱BaO含量不超過0.05重量%。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含

SiO ₂	60-68重量%；
B ₂ O ₃	7-12重量%；
Al ₂ O ₃	9-15重量%；
MgO	8-15重量%；
CaO	0-4重量%；
Li ₂ O	>0-2重量%；
Na ₂ O	0-1重量%；
K ₂ O	0-1重量%；
Fe ₂ O ₃	0-1重量%；
F ₂	0-1重量%；
TiO ₂	0-2重量%；及

其他成份總計0-5重量%；

其中Li₂O含量大於Na₂O含量或K₂O含量，且其中該等成份經選擇以提供在1 MHz頻率下介電常數(D_k)小於6.7之玻璃。在其他實施例中，該等成份經選擇以提供在1 MHz頻率下介電常數(D_k)小於6之玻璃。在又一些實施例中，該等成份經選擇以提供在1 MHz頻率下介電常數(D_k)小於5.8之玻璃。在一些實施例中，該等成份經選擇以提供在1 MHz頻率下介電常數(D_k)小於5.6之玻璃。

適用於本發明一些實施例之玻璃組合物之成份可根據預

期成型溫度(定義為黏度為1000泊時的溫度)及/或預期液相溫度加以選擇。在一些實施例中，適用於本發明之玻璃纖維或玻璃纖維股包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含

SiO ₂	60-68重量%；
B ₂ O ₃	7-12重量%；
Al ₂ O ₃	9-15重量%；
MgO	8-15重量%；
CaO	0-4重量%；
Li ₂ O	>0-2重量%；
Na ₂ O	0-1重量%；
K ₂ O	0-1重量%；
Fe ₂ O ₃	0-1重量%；
F ₂	0-1重量%；
TiO ₂	0-2重量%；及

其他成份總計0-5重量%；

其中Li₂O含量大於Na₂O含量或K₂O含量，且其中該等成份經選擇以提供在1000泊黏度下不大於1370°C之成型溫度T_F。在其他實施例中，該等成份經選擇以提供在1000泊黏度下不大於1320°C之成型溫度T_F。在又一些實施例中，該等成份經選擇以提供在1000泊黏度下不大於1300°C之成型溫度T_F。在一些實施例中，該等成份經選擇以提供在1000泊黏度下不大於1290°C之成型溫度T_F。在一些實施例中，該等成份經選擇以提供在1000泊黏度下不大於1370°C之成型溫度T_F及低於該成型溫度至少55°C之液相溫度T_L。在其

他實施例中，該等成份經選擇以提供在1000泊黏度下不大於1320°C之成型溫度 T_F 及低於該成型溫度至少55°C之液相溫度 T_L 。在又一些實施例中，該等成份經選擇以提供在1000泊黏度下不大於1300°C之成型溫度 T_F 及低於該成型溫度至少55°C之液相溫度 T_L 。在一些實施例中，該等成份經選擇以提供在1000泊黏度下不大於1290°C之成型溫度 T_F 及低於該成型溫度至少55°C之液相溫度 T_L 。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含

B_2O_3	小於12重量%；
Al_2O_3	9-15重量%；
MgO	8-15重量%；
CaO	0-4重量%；
SiO_2	60-68重量%；
Li_2O	>0-2重量%；
Na_2O	0-1重量%；
K_2O	0-1重量%；
Fe_2O_3	0-1重量%；
F_2	0-1重量%；及
TiO_2	0-2重量%；

其中該玻璃展示小於6.7之介電常數(D_k)及在1000泊黏度下不大於1370°C之成型溫度(T_F)且其中 Li_2O 含量大於 Na_2O 含量或 K_2O 含量。在一些實施例中， CaO 含量為0-1重量%。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另

一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含

SiO_2	60-68重量%；
B_2O_3	7-12重量%；
Al_2O_3	9-15重量%；
MgO	8-15重量%；
CaO	0-3重量%；
Li_2O	0.4-2重量%；
Na_2O	0-1重量%；
K_2O	0-1重量%；
Fe_2O_3	0-1重量%；
F_2	0-1重量%；及
TiO_2	0-2重量%；

其中該玻璃展示小於5.9之介電常數(D_k)及在1000泊黏度下不大於1300°C之成型溫度(T_F)且其中 Li_2O 含量大於 Na_2O 含量或 K_2O 含量。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物基本上由下列組成：

SiO_2	60-68重量%；
B_2O_3	7-11重量%；
Al_2O_3	9-13重量%；
MgO	8-13重量%；
CaO	0-3重量%；
Li_2O	0.4-2重量%；

Na_2O	0-1 重量 % ;
K_2O	0-1 重量 % ;
$(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{Li}_2\text{O})$	0-2 重量 % ;
Fe_2O_3	0-1 重量 % ;
F_2	0-1 重量 % ; 及
TiO_2	0-2 重量 % ;

其中 Li_2O 含量大於 Na_2O 含量或 K_2O 含量。在一些實施例中， CaO 含量為 0-1 重量 %。在包含 0-1 重量 % CaO 含量之一些實施例中， B_2O_3 含量不超過 10 重量 %。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含

SiO_2	60-68 重量 % ;
B_2O_3	7-10 重量 % ;
Al_2O_3	9-15 重量 % ;
MgO	8-15 重量 % ;
CaO	0-4 重量 % ;
Li_2O	>0-2 重量 % ;
Na_2O	0-1 重量 % ;
K_2O	0-1 重量 % ;
Fe_2O_3	0-1 重量 % ;
F_2	0-1 重量 % ;
TiO_2	0-2 重量 % ; 及

其他成份 0-5 重量 % ;

其中 Li_2O 含量大於 Na_2O 含量或 K_2O 含量。在一些實施例

中，該等成份經選擇以提供在1 MHz頻率下介電常數(D_k)小於6.7之玻璃。在其他實施例中，該等成份經選擇以提供在1 MHz頻率下介電常數(D_k)小於6之玻璃。在又一些實施例中，該等成份經選擇以提供在1 MHz頻率下介電常數(D_k)小於5.8之玻璃。在一些實施例中，該等成份經選擇以提供在1 MHz頻率下介電常數(D_k)小於5.6之玻璃。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含：

SiO_2	53.5-77重量%；
B_2O_3	4.5-14.5重量%；
Al_2O_3	4.5-18.5重量%；
MgO	4-12.5重量%；
CaO	0-10.5重量%；
Li_2O	0-4重量%；
Na_2O	0-2重量%；
K_2O	0-1重量%；
Fe_2O_3	0-1重量%；
F_2	0-2重量%；
TiO_2	0-2重量%；及

其他成份總計0-5重量%。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含：

SiO_2	60-77重量%；
B_2O_3	4.5-14.5重量%；

Al_2O_3 4.5-18.5 重量 % ;

MgO 8-12.5 重量 % ;

CaO 0-4 重量 % ;

Li_2O 0-3 重量 % ;

Na_2O 0-2 重量 % ;

K_2O 0-1 重量 % ;

Fe_2O_3 0-1 重量 % ;

F_2 0-2 重量 % ;

TiO_2 0-2 重量 % ; 及

其他成份總計 0-5 重量 % 。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含：

SiO_2 至少 60 重量 % ;

B_2O_3 5-11 重量 % ;

Al_2O_3 5-18 重量 % ;

MgO 5-12 重量 % ;

CaO 0-10 重量 % ;

Li_2O 0-3 重量 % ;

Na_2O 0-2 重量 % ;

K_2O 0-1 重量 % ;

Fe_2O_3 0-1 重量 % ;

F_2 0-2 重量 % ;

TiO_2 0-2 重量 % ; 及

其他成份總計 0-5 重量 % 。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含：

SiO ₂	60-68重量%；
B ₂ O ₃	5-10重量%；
Al ₂ O ₃	10-18重量%；
MgO	8-12重量%；
CaO	0-4重量%；
Li ₂ O	0-3重量%；
Na ₂ O	0-2重量%；
K ₂ O	0-1重量%；
Fe ₂ O ₃	0-1重量%；
F ₂	0-2重量%；
TiO ₂	0-2重量%；及

其他成份總計0-5重量%。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含：

SiO ₂	62-68重量%；
B ₂ O ₃	7-9重量%；
Al ₂ O ₃	11-18重量%；
MgO	8-11重量%；
CaO	1-2重量%；
Li ₂ O	1-2重量%；
Na ₂ O	0-0.5重量%；
K ₂ O	0-0.5重量%；

Fe_2O_3 0-0.5重量%；

F_2 0.5-1重量%；

TiO_2 0-1重量%；及

其他成份總計0-5重量%。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含：

SiO_2 62-68重量%；

B_2O_3 小於約9重量%；

Al_2O_3 10-18重量%；

MgO 8-12重量%；及

CaO 0-4重量%；

其中該玻璃展示小於6.7之介電常數(D_k)及在1000泊黏度下不大於1370°C之成型溫度(T_F)。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含：

B_2O_3 小於14重量%；

Al_2O_3 9-15重量%；

MgO 8-15重量%；

CaO 0-4重量%；及

SiO_2 60-68重量%；

其中該玻璃展示小於6.7之介電常數(D_k)及在1000泊黏度下不大於1370°C之成型溫度(T_F)。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含：

B_2O_3	小於9重量%；
Al_2O_3	11-18重量%；
MgO	8-11重量%；
CaO	1-2重量%；及
SiO_2	62-68重量%；

其中該玻璃展示小於6.7之介電常數(D_k)及在1000泊黏度下不大於1370°C之成型溫度(T_F)。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含：

SiO_2	60-68重量%；
B_2O_3	7-13重量%；
Al_2O_3	9-15重量%；
MgO	8-15重量%；
CaO	0-3重量%；
Li_2O	0.4-2重量%；
Na_2O	0-1重量%；
K_2O	0-1重量%；
Fe_2O_3	0-1重量%；
F_2	0-1重量%；及
TiO_2	0-2重量%；

其中該玻璃展示小於5.9之介電常數(D_k)及在1000泊黏度下不大於1300°C之成型溫度(T_F)。

適用於本發明一些實施例之玻璃纖維或玻璃纖維股之另一實例包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含：

SiO_2	60-68重量%；
B_2O_3	7-11重量%；
Al_2O_3	9-13重量%；
MgO	8-13重量%；
CaO	0-3重量%；
Li_2O	0.4-2重量%；
Na_2O	0-1重量%；
K_2O	0-1重量%；
$(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{Li}_2\text{O})$ 0-2重量%；	
Fe_2O_3	0-1重量%；
F_2	0-1重量%；及
TiO_2	0-2重量%。

除上文所述本發明之特徵以外或代替該等特徵，可利用本文所述玻璃組合物之一些實施例來提供耗散因子(D_f)低於標準電子E-玻璃之玻璃。在一些實施例中，在1 GHz下 D_F 可不超過0.0150，且在其他實施例中在1 GHz下不超過0.0100。

在玻璃組合物之一些實施例中。在1 GHz下 D_F 不超過0.007，且在其他實施例中在1 GHz下不超過0.003，且在又一些實施例中在1 GHz下不超過0.002。

在一些實施例中，可用於玻璃纖維或玻璃纖維股之玻璃組合物之特徵在於相對較低含量的CaO，例如，約0-4重量%之數量級。在又一些實施例中，CaO含量可為約0-3重量%之數量級。在又一些實施例中，CaO含量可為約0-2重量

%之數量級。一般而言，最小化CaO含量以改良電性質，且在一些實施例中已將CaO含量減少至低含量以便其可視為可選成份。在一些其他實施例中，CaO含量可為約1-2重量%之數量級。

另一方面，此類玻璃之MgO含量相對較高，其中在一些實施例中，MgO含量為CaO含量的兩倍(以重量%計)。一些實施例可具有大於約5.0重量%之MgO含量，且在其他實施例中MgO含量可大於8.0重量%。在一些實施例中，該等組合物之特徵在於MgO含量，例如，約8-13重量%之數量級。在又一些實施例中，MgO含量可為約9-12重量%之數量級。在一些其他實施例中，MgO含量可為約8-12重量%之數量級。在又一些其他實施例中，MgO含量可為約8-10重量%之數量級。

在一些實施例中，可用於玻璃纖維或玻璃纖維股之組合物之特徵在於(MgO+CaO)含量，例如，其小於16重量%。在又一些實施例中，(MgO+CaO)含量小於13重量%。在一些其他實施例中，(MgO+CaO)含量為7-16重量%。在又一些其他實施例中，(MgO+CaO)含量可為約10-13重量%之數量級。

在又一些其他實施例中，該等組合物之特徵可在於(MgO+CaO)/(Li₂O+Na₂O+K₂O)含量之比率為約9.0之數量級。在某些實施例中，Li₂O/(MgO+CaO)含量之比率可為約0-2.0之數量級。在又一些其他實施例中，Li₂O/(MgO+CaO)含量之比率可為約1-2.0之數量級。在某些實施

例中， $\text{Li}_2\text{O}/(\text{MgO}+\text{CaO})$ 含量之比率可為約1.0之數量級。

在一些其他實施例中， $(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3)$ 含量可為70-76重量%之數量級。在又一些實施例中， $(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3)$ 含量可為70重量%之數量級。在其他實施例中， $(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3)$ 含量可為73重量%之數量級。在又一些實施例中， Al_2O_3 重量%與 B_2O_3 重量%之比率為1至3之數量級。在一些其他實施例中， Al_2O_3 重量%與 B_2O_3 重量%之比率為1.5至2.5之數量級。在某些實施例中， SiO_2 含量為65-68重量%之數量級。

如上文所述，先前技術之一些低 D_k 組合物具有需要灌注大量 BaO 之缺點，且應注意，在用於本發明一些實施例之玻璃組合物之一些實施例中無需 BaO 。儘管本發明之有利電性質及製造性質不排除 BaO 之存在，但 BaO 之非故意納入可視為本發明一些實施例之額外優點。因此，本發明之實施例之特徵可在於存在小於1.0重量% BaO 。在僅存在痕量雜質之彼等實施例中，可稱 BaO 含量不超過0.05重量%。

可用於本發明一些實施例之組合物所包括 B_2O_3 之量少於依賴於高 B_2O_3 以達成低 D_k 之先前技術方法。該結果顯著節約了成本。在一些實施例中， B_2O_3 含量需不超過13重量%或不超過12重量%。本發明之一些實施例亦屬於電子E-玻璃之ASTM定義，即，不超過10重量% B_2O_3 。

在一些實施例中，該等組合物之特徵在於 B_2O_3 含量，例如，約5-11重量%之數量級。在一些實施例中， B_2O_3 含量可為6 -11重量%。在一些實施例中， B_2O_3 含量可為6-9重

量%。在一些實施例中， B_2O_3 含量可為5-10重量%。在一些其他實施例中， B_2O_3 含量不大於9重量%。在又一些其他實施例中， B_2O_3 含量不大於8重量%。

在一些實施例中，可用於本發明一些實施例之組合物之特徵在於 Al_2O_3 含量，例如約5-18重量%之數量級。在一些實施例中， Al_2O_3 含量可為9-18重量%。在又一些實施例中， Al_2O_3 含量為約10-18重量%之數量級。在一些其他實施例中， Al_2O_3 含量為約10-16重量%之數量級。在又一些其他實施例中， Al_2O_3 含量為約10-14重量%之數量級。在某些實施例中， Al_2O_3 含量為約11-14重量%之數量級。

在一些實施例中， Li_2O 係可選成份。在一些實施例中，該等組合物之特徵在於 Li_2O 含量，例如約0.4-2.0重量%之數量級。在一些實施例中， Li_2O 含量大於 (Na_2O+K_2O) 含量。在一些實施例中， $(Li_2O+Na_2O+K_2O)$ 含量不大於2重量%。在一些實施例中， $(Li_2O+Na_2O+K_2O)$ 含量為約1-2重量%之數量級。

在某些實施例中，本發明組合物之特徵在於 TiO_2 含量，例如約0-1重量%之數量級。

在上文所闡述組合物之一些實施例中，該等成份經配比以得到介電常數低於標準E-玻璃介電常數之玻璃。參照標準電子E-玻璃進行比較，在1 MHz頻率下此可小於約6.7。在其他實施例中，在1 MHz頻率下介電常數(D_k)可小於6。在其他實施例中，在1 MHz頻率下介電常數(D_k)可小於5.8。其他實施例在1 MHz頻率下展示小於5.6或甚至更低

之介電常數(D_k)。在其他實施例中，在1 MHz頻率下介電常數(D_k)可小於5.4。在又一些實施例中，在1 MHz頻率下介電常數(D_k)可小於5.2。在又一些實施例中，在1 MHz頻率下介電常數(D_k)可小於5.0。

上文所闡述之組合物亦可具有有益於玻璃纖維實際商業製造之合意溫度-黏度關係。一般而言，與先前技術之D-玻璃類型的組合物相比，製造纖維需要更低之溫度。合意特性可以多種方式表現，且其可藉由本文所述組合物之一些實施例單獨或組合獲得。舉例而言，可製備在上文所闡述範圍內之某些玻璃組合物，該等玻璃組合物在1000泊黏度下展示不大於1370°C之成型溫度(T_F)。一些實施例之 T_F 不大於1320°C、或不大於1300°C、或不大於1290°C、或不大於1260°C、或不大於1250°C。此等組合物亦可涵蓋成型溫度與液相溫度(T_L)之差為正數之玻璃，且在一些實施例中，成型溫度比液相溫度高至少55°C，此有利於自此等玻璃組合物商業製造纖維。

一般而言，最小化用於形成玻璃纖維或玻璃纖維股之玻璃組合物之鹼性氧化物含量可幫助降低 D_k 。在期望優化 D_k 減少之彼等實施例中，鹼性氧化物總含量可不超過玻璃組合物之2重量%。在一些實施例中，已發現最小化 Na_2O 及 K_2O 比 Li_2O 在此方面更有效。鹼性氧化物之存在通常使得成型溫度較低。因此，在提供相對較低成型溫度優先之本發明彼等實施例中，大量納入 Li_2O ，例如至少0.4重量%。出於此目的，在一些實施例中， Li_2O 含量大於 Na_2O 或 K_2O

含量，且在其他實施例中 Li_2O 含量大於 Na_2O 與 K_2O 含量之總和，在一些實施例中為其兩倍或更多倍。

在一些實施例中一個有利態樣依賴於玻璃纖維工業中習用之成份及避免大量原料來源昂貴之成份。對於此態樣而言，即使不需要，亦可納入除彼等於玻璃組成定義中明確闡述之成份以外的成份，但總量不大於5重量%。此等可選成份包括熔融助劑、澄清助劑、著色劑、痕量雜質及其他熟習玻璃製造者已知之添加劑。相對於一些先前技術低 D_k 玻璃，本發明之組合物中無需 BaO ，但無法排除納入少量 BaO (例如，至多約1重量%)。同樣，在本發明中無需大量 ZnO ，但在一些實施例中可納入少量(例如，至多約2.0重量%)。在可選成份最小化之本發明之彼等實施例中，可選成份之總量不超過2重量%或不超過1重量%。另一選擇為，據稱本發明之一些實施例可基本上由指定成份組成。

批料成份之選擇及其成本主要取決於其純度要求。例如用於E-玻璃製造之典型市售成份含有呈各種化學形式之 Na_2O 、 K_2O 、 Fe_2O_3 或 FeO 、 SrO 、 F_2 、 TiO_2 、 SO_3 等雜質。此等雜質之大多數陽離子可藉由與玻璃中之 SiO_2 及/或 B_2O_3 形成非橋接氧來增加玻璃之 D_k 。

硫酸鹽(表示為 SO_3)亦可作為精製劑存在。亦可存在少量來自原料或來自熔融製程期間污染之雜質，例如 SrO 、 BaO 、 Cl_2 、 P_2O_5 、 Cr_2O_3 或 NiO (不限於此等特定化學形式)。亦可存在其他精製劑及/或加工助劑，例如 As_2O_3 、 MnO 、 MnO_2 、 Sb_2O_3 或 SnO_2 (不限於此等特定化學形式)。

此等雜質及精製劑(若存在)通常各自以小於總玻璃組合物之0.5重量%之量存在。視情況，可將元素週期表稀土族之元素添加至本發明之組合物中，包括原子序數21 (Sc)、39 (Y)及57 (La)至71 (Lu)。此等可充當加工助劑或用以改良玻璃之電性質、物理性質(熱性質及光學性質)、機械性質及化學性質。可就原始化學形式及氧化態納入稀土添加劑。添加稀土元素被視為可選的，尤其係在具有最小化原料成本目的之本發明之彼等實施例中，此乃因即使在低濃度下其亦會增加批料成本。在任一情形下，其成本通常將決定稀土組份(以氧化物形式量測)(若包括)以不大於總玻璃組合物之約0.1-1.0重量%之量存在。

尤其與E-玻璃纖維、由E-玻璃形成之玻璃纖維股及相關產品相比，玻璃纖維、玻璃纖維股及其他納入該等纖維或股之產品可在一些實施例中展示合意的機械性質。該等機械性質可在本發明複合物(或納入複合物之面板)之一些實施例中係有益的。舉例而言，尤其與E-玻璃纖維相比時，玻璃纖維之一些實施例可具有相對較高之比強度或相對較高之比模數。比強度係指抗拉強度(以 N/m^2 計)除以比重(以 N/m^3 計)。比模數係指楊氏模數(以 N/m^2 計)除以比重(以 N/m^3 計)。具有相對較高比強度及/或相對較高比模數之玻璃纖維在期望增加機械性質或產品性能同時減少複合物總重之抗衝擊或抗撞擊應用中可能係合意的。

如業內已知，玻璃纖維在形成後通常至少部分地經上漿組合物塗佈。一般而言，用於形成本發明複合物之玻璃纖

維將至少部分地經上漿組合物塗佈。熟習此項技術者可根據多種因素為玻璃纖維選擇多種市售上漿組合物中之一者，該等因素包括(例如)上漿組合物之性能性質、所得織物之期望撓性、成本及其他因素。可用於本發明一些實施例中之市售上漿組合物之非限制性實例包括常用於單一末端粗紗上之上漿組合物，例如Hybon 2026、Hybon 2002、Hybon 1383、Hybon 2006、Hybon 2022、Hybon 2032及Hybon 2016、Tufrov 4588；以及常用於紗線上之上漿組合物，例如1383、611、900、610及690等，其中每一者皆係指購自PPG Industries公司之上漿組合物產品。對於擬用於強化聚二環戊二烯樹脂之玻璃纖維而言，適宜上漿組合物可包括Hybon 2026或彼等美國專利第6,890,050號中所述之上漿組合物，該專利以引用方式併入本文中。

如上文所述，在一些實施例中，本發明之複合物可包含經佈置以形成織物之複數根玻璃纖維。可使用熟習此項技術者已知之用於衝擊應用之任一適宜織物設計。適宜織物可包括使用標準紡織設備(例如，劍梳式織機、片織造織機或噴氣織機)製造之織物。該等織物之非限制性實例包括平織織物、斜紋織物、皺紋織物及緞織織物。在本發明之一些實施例中亦可使用縫編或無捲曲織物。該等織物可包括(例如)單向、雙軸及三軸無捲曲織物。另外，在本發明之一些實施例中亦可使用3D織造織物。該等織物可使用多臂機或提花機龍頭使用具有開口之多層經紗末端來製造。

如上文所述，本發明之複合物可包含經紗及緯紗。可使用熟習此項技術者已知之用於衝擊應用之任何適宜經紗及緯紗。舉例而言，在一些實施例中，經紗可包含藉由聚集G75紗線、DE75紗線及/或DE150紗線之若干末端所製造的250每磅碼數(yield)之合股粗紗。

如上文所述，在一些實施例中，本發明之複合物可包含聚合物樹脂。可使用各種聚合物樹脂。已知可用於諸如抗衝擊或抗爆炸應用等高能量撞擊應用之聚合物樹脂尤其可用於一些實施例中。在一些實施例中，聚合物樹脂可包含熱固性樹脂。可用於本發明一些實施例之熱固性樹脂系統可包括但不限於環氧樹脂系統、基於酚系樹脂之樹脂、聚酯、乙烯基酯、熱固性聚胺基甲酸酯、聚二環戊二烯(pDCPD)樹脂、氰酸酯及雙-馬來醯亞胺。在一些實施例中，聚合物樹脂可包含環氧樹脂。在一些實施例中，聚合物樹脂可包含聚二環戊二烯樹脂。在其他實施例中，聚合物樹脂可包含熱塑性樹脂。可用於本發明一些實施例之熱塑性聚合物包括但不限於聚乙烯、聚丙烯、聚醯胺(包括耐綸)、聚對苯二甲酸丁二酯、聚碳酸酯及熱塑性聚胺基甲酸酯(TPU)。可用於本發明一些實施例之聚合物樹脂之非限制性實例包括具有1366固化劑之Hexion RIMR 135環氧樹脂(購自Hexion Specialty Chemicals, Columbus, Ohio)及Applied Poleramic MMFCS2環氧樹脂(購自Applied Poleramic公司, Benicia, California)。可用於本發明一些實施例之二環戊二烯樹脂以及觸媒及/或其他可用於固化

樹脂之材料係自 Materia 公司 (Pasadena, CA) 購得。

實例

現將在以下特定非限制性實例中闡釋本發明之一些實例性實施例。

實例 1

可用於本發明一些實施例之玻璃纖維之物理性質係在受控處理條件下量測且列示於表 1 中。納入標準 E-玻璃纖維之物理性質用於參考。表 1 中「比模數」係楊氏模數 (Young's modulus) (以 N/m^2 計) 除以比重 (以 N/m^3 計)，其係在 $296 \pm 2 \text{ K}$ ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) 之溫度及 $50 \pm 5\%$ 之相對濕度下量測。表 1 中「比拉伸強度」係最終拉伸強度 (以 N/m^2 計) 除以比重 (以 N/m^3 計)，其係在 $296 \pm 2 \text{ K}$ ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) 之溫度下量測。如熟習此項技術者所瞭解，使用根據 ASTM D3379-75 (1989)e1 「Standard Test Method for Tensile Strength and Young's Modulus for High-Modulus Single- 長絲 Materials」之程序測試單一纖維拉伸強度。該測試涉及量測/拉斷在同一天於 4 小時內製備之 65 至 72 根個別纖維。如藉由 x-射線螢光光譜所量測，表 1 中樣品 1 之玻璃纖維包含玻璃組合物，該玻璃組合物包含

SiO_2 65.80 重量%；

B_2O_3 8.90 重量%；

Al_2O_3 12.35 重量%；

MgO 10.27 重量%；

CaO 1.52 重量%；

Na ₂ O	0.27 重量 % ;
K ₂ O	0.13 重量 % ;
Fe ₂ O ₃	0.17 重量 % ;
F ₂	0.35 重量 % ;
TiO ₂	0.14 重量 % ;
SrO	0.02 重量 % ;
SO ₃	0.00 重量 % ;
ZrO	0.06 重量 % ; 及
Cr ₂ O ₃	0.01 重量 % 。

表 1. E-玻璃 及可用於本發明一些實施例之玻璃組合物之性質之比較。

	E-玻璃	樣品1
成型溫度, T _F (°C)	1157	1290
液相溫度, T _L (°C)	1056	1220
T _F -T _L (°C)	101	70
折射率	1.563	1.510
纖維密度(g/cm ³)	2.59	2.41
纖維拉伸強度(MPa)	3221	3533
纖維模數(GPa)	73	71.6
破壞應變(%)	4.12	5.16
比拉伸強度(10 ⁻³ m)	118.51	156.13
比模數(10 ⁻⁶ m)	2.87	3.03

實例 2

為評價本發明一些複合物之強度，在劍梔式織機上製造可用於本發明一些實施例之 8 oz/yd²單向織物並用高模數環氧樹脂(Hexion RIMR 135)灌注以進行機械性質表徵。該等織物包含經澱粉-油上漿組合物上漿之E-225紗線，且該

等紗線包含玻璃纖維，該等玻璃纖維包含表1中樣品1之玻璃組合物。亦用E-玻璃進料(input)來製造等效單向織物及複合物作為對照。使用真空輔助樹脂灌注技術來製備包含單向織物之複合物。為製備複合物，將經長絲纏繞之單向纖維預成型件切割成預期大小並置於經聚矽氧釋放處理之玻璃桌上。然後用剝離板層覆蓋該堆疊，裝配流動增強介質，並使用耐綸袋膜進行真空裝袋。然後，對所謂的「預成型件」施加約27英吋Hg之真空壓力。單獨地，將胺可固化環氧樹脂與胺固化劑以樹脂製造商所推薦之比例混合。然後在真空室中使組合樹脂脫氣30分鐘並灌注至織物預成型件中直至織物堆疊完全濕透。此時，將該桌用熱毯(設定為約45°C至50°C之溫度)覆蓋12小時。然後將所得剛性複合物脫模並在可程式化對流烘箱中在約176°F下後固化5小時。

本發明複合物及對照E-玻璃複合物之一些所量測機械性質顯示於下文表2中。若合適，亦列示每一機械性質之相關標準ISO方法。此等標準方法中每一者之全部內容皆以引用方式併入本文中。表2顯示在等效纖維重量份數下本發明複合物之拉伸性能與市售E-玻璃纖維複合物相比有所增加。

表 2. E-玻璃複合物與本發明之複合物性質之比較。

	ISO方法	E-玻璃	樣品2
拉伸強度			
平均值(MPa)	ISO 527	350.4	390
COV (%)	--	4.34	3.08
比重	--	1.78	1.73
平均玻璃含量(%)	ISO 1172	63.65	62.89
平均樹脂含量(%)	ISO 1172	36.35	37.11
平均空隙含量(%)	--	0	1.71
平均面板厚度(mm)	--	0.796	0.816

實例 3

藉由以不同面密度製造並測試面板來評價各種複合物之衝擊性能。作為參考，用購自 AGY (Aiken, South Carolina)之標準 S-2 Glass[®] (24 oz/yd²)織造粗紗並用購自 PPG Industries公司之 Hybon 2006 (25 oz/yd²) E-玻璃織造粗紗來製備參考面板。用於參考面板之對照聚合物樹脂基質材料係購自 Applied Poleramic (Benicia, California)之 MMFCS2 Epoxy。對不同面密度下之 0.30 cal FSP來篩選參考面板。根據 MIL-STD-662F來計算六點衝擊限值(V₅₀)。另外，在兩個代表參考面板上實施損壞分析以確定由衝擊事件造成的損壞程度。對於此分析而言，使用影像分析軟體來量測在高強度光下於面板中所觀察到之六個最大損壞圖案，並計算平均損壞區。

為與包含 S-2 Glass[®]及 E-玻璃之參考面板進行比較，如下製備本發明之實例性複合物。使用玻璃球熔融纖維製造

技術來形成可用於本發明之玻璃纖維之粗紗。製造固定數量之小 G150 成型絲餅，且隨後加撚並合股成 250 每磅碼數之纖維玻璃粗紗。該粗紗包含經 1383 上漿組合物處理且公稱直徑為約 9 μm 之玻璃纖維。然後在劍梳式織機上將粗紗織造成 25 oz/yd² 平織織物 (5.0 ppi $\times$ 5.3 ppi，其中 ppi=緯數/英吋)。使用購自 Applied Poleramic (Benicia, California) 之基準環氧樹脂 MMFCS2 Epoxy 經由樹脂灌注以 2 lb/ft² 及 5 lb/ft² 製造包含本發明複合物之面板，分別對 0.30 cal FSP 及 0.50 cal FSP 進行衝擊篩選。該等面板之物理特性及衝擊性能提供於下文表 3 中。表 4 提供包含本發明複合物之面板與包含包含 E-玻璃及 S-2 Glass[®] 複合物之面板之衝擊性能的比較。表 3 及 4 指示在相當面密度下，包含本發明複合物之面板與包含 E-玻璃之面板相比意外地展示顯著增加之衝擊性能，且不優於包含昂貴 S-2 Glass[®] 之面板。另外，在包含本發明複合物之面板上所觀察到之損壞與針對包含 S-2 Glass[®] 之面板所計算之損壞程度相當，但包含 E-玻璃之面板展示更少之損壞。

表 3. 包含本發明複合物之面板之物理特性及衝擊性能。

組合物：	1	2	3	4	5	6	7	8
織物面密度 (oz/yd ²)	23	23	24	24	25	25	25	25
層數	8	8	8	8	20	20	20	20
總織物面密度 (oz/yd ²)	184	184	192	192	500	500	480	480
面板面密度 (AD) (lb/ft ²)	1.92	1.92	2.048	2.048	4.83	4.84	4.93	4.9
面板重量(lb)	3	2.9	3.2	3.2	19.31	19.34	19.5	19.4
面板厚度 (mm)	5.23	5.41	5.97	5.92	12.80	13.13	13.46	13.28
玻璃含量(%)	73.79	71.89	68.08	67.95	71.41	71.5	70.2	71.51
威脅	0.30 cal FSP	0.30 cal FSP	0.30 cal FSP	0.30 cal FSP	0.50 cal FSP	0.50 cal FSP	0.50 cal FSP	0.50 cal FSP
V ₅₀ (fps)	1075	1067	1116	1137	1444	1430	1399	1363
V ₅₀ /面板AD	560	556	545	555	299	296	284	278

表 4. 包含本發明複合物之面板(1-8)與包含 S-2 Glass[®] 及 E-玻璃之面板(9-19)之衝擊性能的比較。

面板	玻璃	面板A.D. (lb/ft ²)	0.30 cal V50 值(fps)	0.50 cal V50 值(fps)
9	E-玻璃	1.96	983	--
10	E-玻璃	1.96	973	--
11	S-2 Glass [®]	1.98	1140	--
12	S-2 Glass [®]	2.08	1176	--
13	S-2 Glass [®]	1.99	1136	--
14	S-2 Glass [®]	1.98	1134	--
1	本發明	1.92	1075	--
2	本發明	1.92	1067	--
3	本發明	2.048	1116	--
4	本發明	2.048	1137	--
15	E-玻璃	4.8	--	1185
16	S-2 Glass [®]	4.77	--	1391
17	S-2 Glass [®]	4.72	--	1419
18	S-2 Glass [®]	4.72	--	1376
19	S-2 Glass [®]	4.81	--	1378
5	本發明	4.83	--	1444
6	本發明	4.84	--	1430
7	本發明	4.93	--	1399
8	本發明	4.90	--	1363

實例 4

根據美國國家司法研究所(National Institute of Justice, NIJ)標準 0108.01 來評價其他複合物之衝擊性能。作為參考，用購自 PPG Industries 公司之 Hybon 2006 (24 oz/yd²) E-玻璃織造粗紗來製備參考面板。用於參考面板之對照聚合物樹脂基質材料係購自 Applied Poleramic (Benicia, California)之 MMFCS2 Epoxy。

為與包含 E-玻璃之參考面板進行比較，如下製備本發明之實例性複合物。使用直接熔融纖維製造爐來形成可用於本發明之玻璃纖維之粗紗。製造固定數量之小 DE150 成型絲餅，且隨後加撚並合股成 250 每磅碼數之纖維玻璃粗紗。該粗紗包含經 1383 上漿組合物處理且公稱直徑為約 9 μm 之玻璃纖維。然後在劍梳式織機上將粗紗織造成 24 oz/yd² 平織織物 (5.0 ppi $\times$ 5.3 ppi，其中 ppi=緯數/英吋)。使用購自 Applied Poleramic (Benicia, California)之基準環氧樹脂 MMFCS2 Epoxy 經由樹脂灌注來製造包含本發明複合物之面板。

抵抗 .44 mag 240 SWCGC 射彈來測試複合物。NIJ 標準 0108.01 測試之結果匯總於下文表 5 中。

表 5. 包含本發明複合物之面板之物理特性及衝擊性能。

面板	漿液	層數	樹脂	面密度(lb/ft ²)	V ₅₀
本發明	1383	22	MMFCS2	5.29	1857
本發明	1383	20	MMFCS2	4.39	1580
E-玻璃	2006	22	MMFCS2	5.46	1648
E-玻璃	2006	20	MMFCS2	5.01	1529

表 5 指示與由 E-玻璃形成之面板相比，包含本發明複合

物之面板在等效面密度下得到更高之 V_{50} 或在更低面密度下得到等效 V_{50} 。

實例 5

此實例中之玻璃係藉由在 10%Rh/Pt 坩堝中在介於 1500°C 與 1550°C 間之溫度 (2732°F 至 2822°F) 下將呈粉末形式之試劑級化學品混合物熔融 4 小時來製備。每一批料為約 1200 克。在 4 小時熔融期後，將熔融玻璃倒在鋼板上淬火。為補償 B_2O_3 揮發損失 (對於 1200 克批量而言，在實驗室批料熔融條件下通常為總目標 B_2O_3 濃度的約 5%)，將批料計算中之硼滯留因子設定為 95%。未調節批料中其他揮發性物質 (例如氟化物及鹼性氧化物) 之發射損失，此乃因其在玻璃中濃度低。實例中之組合物代表分批組合物。由於在製備玻璃期間使用試劑級化學品並適當調節 B_2O_3 ，故將所闡釋分批組合物視為接近所量測組合物。

分別藉由使用 ASTM 測試方法 C965 「Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point,」及 C829 「Standard Practices for Measurement of Liquidus Temperature of Glass by the Gradient Furnace Method,」來測定熔體黏度隨溫度及液相溫度之變化。

每一玻璃樣品皆使用具有 40 mm 直徑及 1-1.5 mm 厚度之經拋光盤進行電性質及機械性質量測，該等玻璃樣品由退火玻璃製成。藉由 ASTM 測試方法 D150 「Standard Test Methods for A-C Loss Characteristics and Permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulating

Materials」自 1 MHz至 1 GHz測定每一玻璃之介電常數(D_k)及耗散因子(D_f)。根據該程序，在 25°C 及 50%濕度下將所有樣品預處理 40 小時。使用 ASTM 測試方法 C729「Standard Test Method for Density of Glass by the Sink-Float Comparator,」對玻璃密度實施選擇性測試，其中所有樣品皆退火。

對於所選組合物，使用微壓痕法來測定楊氏模數(在壓頭卸載循環中，來自壓痕負載-壓痕深度曲線之初始斜率)及微硬度(來自最大壓痕負載及最大壓痕深度)。對於該等測試，使用已測試 D_k 及 D_f 之同一盤樣品。實施 5 次壓痕量測以獲得平均楊氏模數及微硬度數據。使用市售標準參考玻璃磚(產品名 BK7)來校正微壓痕裝置。參考玻璃之楊氏模數係 90.1 GPa(具有 0.26 GPa 之一個標準偏差)且微硬度係 4.1 GPa(具有 0.02 GPa 之一個標準偏差)，其皆係基於 5 次量測。

實例中之所有組成值均以重量%表示。在下表中，「E」係指楊氏模數；「H」係指微硬度； σ_f 係指長絲強度；且「Std」係指標準偏差。

表 6 組合物

樣品 1 至 8 提供玻璃組合物(表 6)(以重量%計)：SiO₂ 62.5-67.5%、B₂O₃ 8.4-9.4%、Al₂O₃ 10.3-16.0%、MgO 6.5-11.1%、CaO 1.5-5.2%、Li₂O 1.0%、Na₂O 0.0%、K₂O 0.8%、Fe₂O₃ 0.2-0.8%、F₂ 0.0%、TiO₂ 0.0%及硫酸鹽(表示為 SO₃)0.0%。

發現該等玻璃在 1 MHz 下具有 5.44 至 5.67 之 D_k 及 0.0006 至 0.0031 之 D_f ，且在 1 GHz 頻率下具有 5.47 至 6.67 之 D_k 及 0.0048 至 0.0077 之 D_f 。系列 III 組合物之電性質展示顯著低於標準 E-玻璃(即，改良)之 D_k 及 D_f ，標準 E-玻璃在 1 MHz 下 D_k 為 7.29 且 D_f 為 0.003 且在 1 GHz 下 D_k 為 7.14 且 D_f 為 0.0168。

就纖維成型性質而言，表 6 中組合物具有 1300°C 至 1372°C 之成型溫度 (T_F) 及 89°C 至 222°C 之成型窗 (forming window) ($T_F - T_L$)。此可與 T_F 通常在 1170°C 至 1215°C 範圍內之標準 E-玻璃媲美。為防止在纖維成型期間玻璃失透，大於 55°C 之成型窗 ($T_F - T_L$) 係合意的。表 6 中所有組合物均展示令人滿意之成型窗。儘管表 6 組合物之成型溫度高於 E-玻璃，但其成型溫度顯著低於 D-玻璃(通常為約 1410°C)。表 6. 可用於本發明一些實施例之一些玻璃組合物。

樣品：	1	2	3	4	5	6	7	8
Al ₂ O ₃	11.02	9.45	11.64	12.71	15.95	10.38	10.37	11.21
B ₂ O ₃	8.55	8.64	8.58	8.56	8.46	8.71	9.87	9.28
CaO	5.10	5.15	3.27	2.48	1.50	2.95	2.01	1.54
CoO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62
Fe ₂ O ₃	0.39	0.40	0.39	0.39	0.39	0.53	0.80	0.27
K ₂ O	0.77	0.78	0.77	0.77	0.76	0.79	0.79	0.78
Li ₂ O	0.98	0.99	0.98	0.98	0.97	1.00	1.00	1.00
MgO	6.70	7.44	8.04	8.69	9.24	10.39	11.05	11.04
SiO ₂	66.48	67.16	66.32	65.42	62.72	65.26	64.12	64.26
性質								
D_k , 1 MHz	5.62	5.59	5.44	5.47	5.50	5.67	5.57	5.50
D_k , 1 GHz	5.65	5.62	5.46	5.47	5.53	5.67	5.56	5.50
D_f , 1 MHz	0.0010	0.0006	0.0016	0.0008	0.0020	0.0031	0.0012	0.0010
D_f , 1 GHz	0.0048	0.0059	0.0055	0.0051	0.0077	0.0051	0.0053	0.0049
T_L (°C)	1209	1228	1215	1180	1143	1219	1211	1213
T_F (°C)	1370	1353	1360	1372	1365	1319	1300	1316
$T_F - T_L$ (°C)	161	125	145	192	222	100	89	103

表 7 組合物

樣品 9 至 15 提供玻璃組合物： SiO_2 60.8-68.0%、 B_2O_3 8.6% 及 11.0%、 Al_2O_3 8.7-12.2%、 MgO 9.5-12.5%、 CaO 1.0-3.0%、 Li_2O 0.5-1.5%、 Na_2O 0.5%、 K_2O 0.8%、 Fe_2O_3 0.4%、 F_2 0.3%、 TiO_2 0.2% 及 硫酸鹽 (表示為 SO_3) 0.0%。

發現該等玻璃在 1 MHz 下具有 5.55 至 5.95 之 D_k 及 0.0002 至 0.0013 之 D_f ，且在 1 GHz 頻率下具有 5.54 至 5.94 之 D_k 及 0.0040 至 0.0058 之 D_f 。表 7 中組合物之電性質展示顯著低於標準 E-玻璃 (改良) 之 D_k 及 D_f ，標準 E-玻璃在 1 MHz 下 D_k 為 7.29 且 D_f 為 0.003 且在 1 GHz 下 D_k 為 7.14 且 D_f 為 0.0168。

就機械性質而言，表 7 組合物具有 86.5-91.5 GPa 之楊氏模數及 4.0-4.2 GPa 之微硬度，二者等於或高於標準 E 玻璃，標準 E 玻璃之楊氏模數為 85.9 GPa 且微硬度為 3.8 GPa。表 7 組合物之楊氏模數亦顯著高於 D-玻璃 (基於文獻數據為約 55 GPa)。

就纖維成型性質而言，與 T_F 在 1170°C 至 1215°C 範圍內之標準 E-玻璃相比，表 7 組合物具有 1224°C 至 1365°C 之成型溫度 (T_F) 及 6°C 至 105°C 之成型窗 ($T_F - T_L$)。一些 (但非所有) 表 7 組合物具有大於 55°C 之成型窗 ($T_F - T_L$)，在一些情況下認為可較佳避免在商業纖維成型作業中玻璃失透。表 7 組合物之成型溫度低於 D-玻璃之成型溫度 (1410°C)，但高於 E-玻璃。

表 7. 可用於本發明一些實施例之一些玻璃組合物。

樣品：	9	10	11	12	13	14	15
Al ₂ O ₃	12.02	11.88	10.41	12.08	12.18	8.76	12.04
B ₂ O ₃	10.98	10.86	9.90	8.71	8.79	8.79	8.68
CaO	1.07	2.90	2.02	2.95	1.09	1.09	2.94
F ₂	0.32	0.31	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Fe ₂ O ₃	0.40	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
K ₂ O	0.78	0.77	0.79	0.79	0.79	0.79	0.78
Li ₂ O	0.50	0.49	1.00	0.50	1.51	1.51	1.49
MgO	12.35	9.56	11.10	12.41	12.51	9.81	9.69
Na ₂ O	0.51	0.51	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
SiO ₂	60.87	62.13	63.35	61.14	61.68	67.80	62.95
TiO ₂	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
性質							
D _k , 1 MHz	5.69	5.55	5.74	5.84	5.95	5.60	5.88
D _k , 1 GHz	5.65	5.54	5.71	5.83	5.94	5.55	5.86
D _f , 1 MHz	0.0007	0.0013	0.0007	0.0006	0.0002	0.0002	0.0011
D _f , 1 GHz	0.0042	0.0040	0.0058	0.0043	0.0048	0.0045	0.0053
T _L (°C)	1214	1209	1232	1246	1248	1263	1215
T _F (°C)	1288	1314	1287	1277	1254	1365	1285
T _F -T _L (°C)	74	105	55	31	6	102	70
E (GPa)	90.5	87.4	86.8	86.5	89.6	87.2	91.5
H (GPa)	4.12	4.02	4.02	4.03	4.14	4.07	4.19

表 8. 可用於本發明一些實施例之一些玻璃組合物。

樣品：	16	17	18	19	20
Al ₂ O ₃	10.37	11.58	8.41	11.58	12.05
B ₂ O ₃	8.71	10.93	10.66	8.98	8.69
CaO	2.01	2.63	3.02	1.78	2.12
F ₂	0.32	0.30	0.30	0.30	0.30
Fe ₂ O ₃	0.40	0.27	0.27	0.27	0.27
K ₂ O	0.79	0.25	0.25	0.16	0.10
Li ₂ O	0.50	1.21	1.53	0.59	1.40
MgO	11.06	10.04	9.65	11.65	10.57
Na ₂ O	0.52	0.25	0.57	0.35	0.15
SiO ₂	65.13	62.55	65.35	64.35	64.35
TiO ₂	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
總計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
D _k , 1 MHz	5.43	5.57		5.30	5.42
D _k , 1 GHz	5.33	5.48		5.22	5.33
D _f , 1 MHz	0.0057	0.0033		0.0031	0.0051
D _f , 1 GHz	0.0003	0.0001		0.0008	0.0014
T _L (°C)	1231	1161	1196	1254	1193
T _F (°C)	1327	1262	1254	1312	1299
T _F -T _L (°C)	96	101	58	58	106
T _M (°C)	1703	1592	1641	1634	1633
E (GPa)	85.3	86.1	85.7	91.8	89.5
Std E (GPa)	0.4	0.6	2.5	1.7	1.5
H (GPa)	3.99	4.00	4.03	4.22	4.13
Std H (GPa)	0.01	0.02	0.09	0.08	0.05

表 8(續)

樣品：	21	22	23	24	25	26
Al ₂ O ₃	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.54
B ₂ O ₃	8.65	8.69	10.73	10.73	11.07	8.73
CaO	2.06	2.98	2.98	2.98	2.98	2.88
F ₂	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	2.00
Fe ₂ O ₃	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
K ₂ O	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.40
Li ₂ O	1.53	1.05	1.05	0.59	0.48	
MgO	10.47	10.62	9.97	11.26	11.26	11.26
Na ₂ O	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50
SiO ₂	63.05	62.42	61.03	60.2	59.97	61.34
TiO ₂	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
總計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
D _k , 1 MHz	5.75	5.73	5.61	5.64	5.63	5.35
D _k , 1 GHz	5.68	5.61	5.55	5.54	5.49	5.38
D _f , 1 MHz	0.004	0.0058	0.0020	0.0046	0.0040	0.0063
D _f , 1 GHz	0.0021	0.0024	0.0034	0.0019	0.0023	0.0001
T _L (°C)	1185	1191	1141	1171	1149	1227
T _F (°C)	1256	1258	1244	1246	1249	1301
T _F -T _L (°C)	71	67	103	75	100	
T _M (°C)	1587	1581	1587	1548	1553	
E (GPa)						
Std E (GPa)						
H (GPa)						
Std H (GPa)						
σ _f (KPSI/GPa)			475.7/ 3.28	520.9/ 3.59	466.5/ 3.22	522.0
Std σ _f (KPSI/GPa)			37.3/ 0.26	18.3/ 0.13	41.8/ 0.29	18.70
密度(g/cm ³)			2.4209*	2.4324*	2.4348*	

表 9. 可用於本發明一些實施例之一些玻璃組合物。

樣品：	27	28	E-玻璃
Al ₂ O ₃	12.42	12.57	13.98
B ₂ O ₃	9.59	8.59	5.91
CaO	0.11	0.10	22.95
F ₂	0.35	0.26	0.71
Fe ₂ O ₃	0.21	0.21	0.36
K ₂ O	0.18	0.18	0.11
Li ₂ O	0.80	1.01	0
MgO	10.25	10.41	0.74
Na ₂ O	0.15	0.18	0.89
SiO ₂	65.47	65.96	54.15
TiO ₂	0.17	0.17	0.07
D _k , 1 MHz	5.3	5.4	7.3
D _k , 1 GHz	5.3	5.4	7.1
D _f , 1 MHz	0.003	0.008	
D _f , 1 GHz	0.011	0.012	0.0168
T _L (°C)	1184	1201	1079
T _F (°C)	1269	1282	1173
T _F -T _L (°C)	85	81	94
E (GPa)			
H (GPa)	3.195	3.694	

樣品 29 至 62 提供玻璃組合物(表 10)(以重量%計)：SiO₂ 53.74-76.97%、B₂O₃ 4.47-14.28%、Al₂O₃ 4.63-15.44%、MgO 4.20-12.16%、CaO 1.04-10.15%、Li₂O 0.0-3.2%、Na₂O 0.0-1.61%、K₂O 0.01-0.05%、Fe₂O₃ 0.06-0.35%、F₂ 0.49-1.48%、TiO₂ 0.05-0.65%及硫酸鹽(表示為 SO₃)0.0-0.16%。

樣品 29 至 62 提供玻璃組合物(表 10)(以重量%計)，其中 (MgO+CaO)含量為 7.81-16.00%，CaO/MgO 之比率為 0.09-1.74%，(SiO₂+B₂O₃)含量為 67.68-81.44%，Al₂O₃/B₂O₃ 之比

率為0.90-1.71%， $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 含量為0.03-3.38%，且 $\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 之比率為0.00-0.95%。

就機械性質而言，表10組合物具有2.331-2.416 g/cm³之纖維密度及3050-3578 MPa之平均纖維抗拉強度(或纖維強度)。

為量測纖維抗拉強度，藉由10Rh/90Pt單頭式纖維牽伸單元製造玻璃組合物之纖維樣品。將約85克給定組合物之玻璃屑進給至套管式熔融單元中並在接近或等於100泊熔體黏度之溫度下處理2小時。隨後將熔體降低至接近或等於1000泊熔體黏度之溫度並在纖維牽伸前穩定1小時。藉由控制纖維牽伸捲繞機之速度來控制纖維直徑以製造直徑為約10 μm之纖維。所有纖維樣品均係在空氣中捕獲而與外物無任何接觸。在受控濕度在40% RH與45% RH間之房間中完成纖維牽伸。

使用配備有Kawabata C型荷重元之Kawabata KES-G1(Kato Tech有限公司，Japan)抗拉強度分析儀來量測纖維抗拉強度。使用樹脂黏著劑將纖維樣品安裝在紙框架條上。向纖維施加拉力直至破壞，藉此根據纖維直徑及斷裂應力來確定纖維強度。該測試係在室溫及介於40% RH至45% RH間之受控濕度下實施。根據65至72纖維樣品大小來計算每一組合物之平均值及標準偏差。

發現玻璃在1 GHz下具有4.83至5.67之 D_k 及0.003至0.007之 D_f 。表10中組合物之電性質展示顯著低於標準E-玻璃(即，改良)之 D_k 及 D_f ，在1 GHz下標準E-玻璃 D_k 為7.14且 D_f

為0.0168。

就纖維成型性質而言，表10組合物具有1247°C至1439°C之成型溫度(T_F)及53°C至243°C之成型窗(T_F-T_L)。表10中組合物具有1058°C至1279°C之液相溫度(T_L)。此可與 T_F 通常在1170°C至1215°C範圍內之標準E-玻璃媲美。為防止在纖維成型期間玻璃失透，大於55°C之成型窗(T_F-T_L)有時係合意的。表10中所有組合物均展示令人滿意之成型窗。

表10.可用於本發明一些實施例之一些玻璃組合物。

wt%	29	30	31	32	33
SiO ₂	64.24	58.62	57.83	61.00	61.56
Al ₂ O ₃	11.54	12.90	12.86	12.87	12.82
Fe ₂ O ₃	0.28	0.33	0.33	0.33	0.32
CaO	1.70	1.04	2.48	2.48	1.08
MgO	11.69	11.63	12.16	9.31	10.69
Na ₂ O	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
B ₂ O ₃	8.96	14.28	13.15	12.81	12.30
F ₂	0.53	0.62	0.61	0.61	0.65
TiO ₂	0.40	0.54	0.54	0.54	0.54
Li ₂ O	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
SO ₃	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
總計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
(MgO+CaO)	13.39	12.67	14.64	11.79	11.77
CaO/Mg	0.15	0.09	0.20	0.27	0.10
MgO/(MgO+CaO)	0.87	0.92	0.83	0.79	0.91
SiO ₂ +B ₂ O ₃	73.20	72.90	70.98	73.81	73.86
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.29	0.90	0.98	1.00	1.04
(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.64	0.03	0.03	0.03	0.03
Li ₂ O/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00
T_L (°C)	1196	1228	1205	1180	1249
T_F (°C)	1331	1300	1258	1334	1332
T_F-T_L (°C)	135	72	53	154	83
在1 GHz下之 D_k	5.26	***	***	5.30	***
在1 GHz下之 D_f	0.0017	***	***	0.001	***
纖維密度(g/cm ³)	***	***	***	***	***
纖維強度(MPa)	***	***	***	***	***

表 10(續)

wt%	34	35	36	37	38
SiO ₂	63.83	65.21	66.70	60.02	53.74
Al ₂ O ₃	10.97	10.56	10.11	12.32	15.44
Fe ₂ O ₃	0.26	0.25	0.24	0.29	0.24
CaO	2.38	2.29	2.19	4.01	3.83
MgO	10.64	10.23	9.79	9.95	10.53
Na ₂ O	0.29	0.28	0.27	0.33	0.09
K ₂ O	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
B ₂ O ₃	9.32	8.96	8.57	10.48	13.94
F ₂	1.20	1.16	1.11	1.35	1.48
TiO ₂	0.36	0.35	0.33	0.41	0.65
Li ₂ O	0.70	0.67	0.64	0.79	0.02
SO ₃	0.14	0.14	0.13	0.16	0.14
總計	100.13	100.13	100.12	100.15	100.13
(MgO+CaO)	13.02	12.52	11.98	13.96	14.36
CaO/MgO	0.22	0.22	0.22	0.40	0.36
MgO/(MgO+CaO)	0.82	0.82	0.82	0.71	0.73
SiO ₂ +B ₂ O ₃	73.15	74.17	75.27	70.50	67.68
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.18	1.18	1.18	1.18	1.11
(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	1.02	0.98	0.94	1.15	0.14
Li ₂ O/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.69	0.68	0.68	0.69	0.16
T _L (°C)	1255	1267	1279	1058	1175
T _F (°C)	1313	1320	1333	1266	1247
T _F -T _L (°C)	58	53	54	208	72
在1 GHz下之D _k	***	5.46	5.43	5.56	5.57
在1 GHz下之D _f	***	0.0036	0.0020	0.0025	0.00437
纖維密度(g/cm ³)	2.402	2.408	2.352	2.416	***
纖維強度(MPa)	3310	3354	3369	3413	***

表 10(續)

wt%	39	40	41	42	43
SiO ₂	62.54	63.83	65.21	66.70	59.60
Al ₂ O ₃	11.36	10.97	10.56	10.11	13.52
Fe ₂ O ₃	0.27	0.26	0.25	0.24	0.33
CaO	2.47	2.38	2.29	2.19	1.80
MgO	11.02	10.64	10.23	9.79	9.77
Na ₂ O	0.31	0.29	0.28	0.27	0.10
K ₂ O	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
B ₂ O ₃	9.65	9.32	8.96	8.57	12.70
F ₂	1.25	1.20	1.16	1.11	1.21
TiO ₂	0.37	0.36	0.35	0.33	0.51
Li ₂ O	0.73	0.70	0.67	0.64	0.41
SO ₃	0.15	0.14	0.14	0.13	0.15
總計	100.14	100.13	100.13	100.12	100.14
(MgO+CaO)	13.49	13.02	12.52	11.98	11.57
CaO/MgO	0.22	0.22	0.22	0.22	0.18
MgO/(MgO+CaO)	0.82	0.82	0.82	0.82	0.84
SiO ₂ +B ₂ O ₃	72.19	73.15	74.17	75.27	72.30
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.18	1.18	1.18	1.18	1.06
(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	1.07	1.02	0.98	0.94	0.54
Li ₂ O/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.68	0.69	0.68	0.68	0.76
T _L (°C)	1238	1249	1266	1276	1083
T _F (°C)	1293	1313	1342	1368	1310
T _F -T _L (°C)	55	64	76	92	227
在1 GHz下之D _k	5.45	5.31	5.39	5.25	5.20
在1 GHz下之D _f	0.00531	0.00579	0.00525	0.00491	0.00302
纖維密度(g/cm ³)	2.403	***	***	***	***
纖維強度(MPa)	3467	***	***	***	***

表 10(續)

wt%	44	45	46	47	48
SiO ₂	59.90	60.45	62.68	65.30	65.06
Al ₂ O ₃	13.23	13.06	12.28	11.51	12.58
Fe ₂ O ₃	0.34	0.35	0.20	0.19	0.25
CaO	1.86	1.58	1.65	1.39	1.25
MgO	10.14	10.50	8.74	8.18	6.56
Na ₂ O	0.10	0.10	0.10	0.09	0.13
K ₂ O	0.03	0.03	0.02	0.02	0.05
B ₂ O ₃	12.40	12.29	12.69	11.89	10.03
F ₂	1.26	1.07	1.11	0.94	0.82
TiO ₂	0.53	0.55	0.51	0.48	0.07
Li ₂ O	0.20	0.00	0.00	0.00	3.20
SO ₃	0.15	0.16	0.15	0.14	0.11
總計	100.14	100.15	100.14	100.13	100.10
RO (MgO+CaO)	12.00	12.08	10.39	9.57	7.81
CaO/Mg	0.18	0.15	0.19	0.17	0.19
MgO/(MgO+CaO)	0.85	0.87	0.84	0.85	0.84
SiO ₂ +B ₂ O ₃	72.30	72.74	75.37	77.19	75.09
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.07	1.06	0.97	0.97	1.25
(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.33	0.13	0.12	0.11	3.38
Li ₂ O/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.61	0.00	0.00	0.00	0.95
T _L (°C)	1129	1211	1201	1196	***
T _F (°C)	1303	1378	1378	1439	***
T _F -T _L (°C)	174	167	177	243	***
在1 GHz下之Dk	5.24	5.05	4.94	4.83	5.67
在1 GHz下之Df	0.00473	0.00449	0.00508	0.00254	0.007
纖維密度(g/cm ³)	2.387	2.385	2.354	2.34	2.345
纖維強度(MPa)	3483	3362	3166	3050	3578

表 10(續)

wt%	49	50	51	52	53
SiO ₂	61.14	60.83	62.45	61.88	66.25
Al ₂ O ₃	12.90	13.02	12.52	12.72	10.60
Fe ₂ O ₃	0.27	0.28	0.26	0.28	0.18
CaO	1.72	1.74	1.59	1.63	3.33
MgO	9.25	9.36	8.98	9.13	5.98
Na ₂ O	0.10	0.10	0.10	0.10	0.86
K ₂ O	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
B ₂ O ₃	12.70	12.70	12.29	12.38	11.44
F ₂	1.16	1.17	1.08	1.10	0.90
TiO ₂	0.51	0.51	0.50	0.50	0.44
Li ₂ O	0.21	0.25	0.21	0.25	0.00
SO ₃	0.15	0.15	0.14	0.14	0.00
總計	100.14	100.14	100.13	100.13	100.00
(MgO+CaO)	10.97	11.10	10.57	10.76	9.31
CaO/Mg	0.19	0.19	0.18	0.18	0.56
MgO/(MgO+CaO)	0.84	0.84	0.85	0.85	0.64
SiO ₂ +B ₂ O ₃	73.84	73.53	74.74	74.26	77.69
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.02	1.03	1.02	1.03	0.93
(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.34	0.38	0.34	0.38	0.88
Li ₂ O/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.62	0.66	0.62	0.66	0.00
T _L (°C)	1179	1179	1186	1191	***
T _F (°C)	1342	1340	1374	1366	***
T _F - T _L (°C)	163	161	188	175	***
在1 GHz下之D _k	***	5.24	4.96	5.06	5.03
在1 GHz下之D _f	***	0.0018	0.0015	0.0014	0.0027
纖維密度(g/cm ³)	2.358	2.362	2.338	***	2.331
纖維強度(MPa)	3545	3530	3234	***	3161

表 10(續)

wt%	54	55	56	57	58
SiO ₂	66.11	69.19	70.68	69.44	69.40
Al ₂ O ₃	10.58	10.37	8.87	7.20	7.21
Fe ₂ O ₃	0.18	0.18	0.16	0.13	0.14
CaO	5.31	5.20	5.50	5.57	10.15
MgO	4.20	7.13	7.54	10.39	5.85
Na ₂ O	0.86	0.55	0.59	0.59	0.59
K ₂ O	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
B ₂ O ₃	11.41	6.39	5.72	5.80	5.79
F ₂	0.90	0.53	0.55	0.55	0.55
TiO ₂	0.44	0.43	0.37	0.30	0.30
Li ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
總計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
(MgO+CaO)	9.51	12.33	13.04	15.96	16.00
CaO/Mg	1.26	0.73	0.73	0.54	1.74
MgO/(MgO+CaO)	0.44	0.58	0.58	0.65	0.37
SiO ₂ +B ₂ O ₃	77.52	75.58	76.40	75.24	75.19
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	0.93	1.62	1.55	1.24	1.25
(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.88	0.57	0.61	0.61	0.61
Li ₂ O/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T _L (°C)	***	***	***	***	***
T _F (°C)	***	***	***	***	***
T _F -T _L (°C)	***	***	***	***	***
在1 GHz下之D _k	***	***	***	***	***
在1 GHz下之D _f	***	***	***	***	***
纖維密度(g/cm ³)	2.341	***	***	***	***
纖維強度(MPa)	3372	***	***	***	***

表 10(續)

wt%	59	60	61	62
SiO ₂	69.26	71.45	74.07	76.97
Al ₂ O ₃	8.72	5.30	7.27	4.63
Fe ₂ O ₃	0.13	0.06	0.09	0.10
CaO	4.89	5.24	4.88	5.69
MgO	9.92	10.63	4.77	5.56
Na ₂ O	0.53	0.58	0.73	1.61
K ₂ O	0.03	0.02	0.03	0.01
B ₂ O ₃	5.09	4.96	6.39	4.47
F ₂	0.49	0.50	0.66	0.77
TiO ₂	0.27	0.05	0.17	0.19
Li ₂ O	0.69	1.20	0.95	0.00
SO ₃	0.00	0.00	0.00	0.00
總計	100.00	100.00	100.00	100.00
(MgO+CaO)	14.81	15.87	9.65	11.25
CaO/Mg	0.49	0.49	1.02	1.02
MgO/(MgO+CaO)	0.67	0.67	0.49	0.49
SiO ₂ +B ₂ O ₃	74.35	76.41	80.46	81.44
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.71	1.07	1.14	1.04
(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	1.25	1.80	1.71	1.62
Li ₂ O/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.55	0.67	0.56	0.00
T _L (°C)	***	***	***	***
T _F (°C)	1358/1355	1331/1333	1493/1484	***
T _F -T _L (°C)	***	***	***	***
在1 GHz下之D _k	***	***	***	***
在1 GHz下之D _f	***	***	***	***
纖維密度(g/cm ³)	***	***	***	***
纖維強度(MPa)	***	***	***	***

樣品 63 至 73 提供玻璃組合物(表 11)(以重量%計)：SiO₂ 62.35-68.35%、B₂O₃ 6.72-8.67%、Al₂O₃ 10.53-18.04%、MgO 8.14-11.44%、CaO 1.67-2.12%、Li₂O 1.07-1.38%、

Na_2O 0.02%、 K_2O 0.03-0.04%、 Fe_2O_3 0.23-0.33%、 F_2 0.49-0.60%、 TiO_2 0.26-0.61%及硫酸鹽(表示為 SO_3)0.0%。

樣品 63 至 73 提供玻璃組合物(表 11)(以重量%計)，其中 ($\text{MgO}+\text{CaO}$)含量為 9.81-13.34%， CaO/MgO 之比率為 0.16 至 0.20，($\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3$)含量為 69.59-76.02%， $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{B}_2\text{O}_3$ 之比率為 1.37-2.69，($\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)含量為 1.09-1.40%，且 $\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 之比率為 0.98。

就機械性質而言，表 11 組合物具有 2.371-2.407 g/cm^3 之纖維密度及 3730-4076 MPa之平均纖維抗拉強度(或纖維強度)。以與結合表 10 組合物量測之纖維抗拉強度類似之方式量測由表 11 組合物製成之纖維之纖維抗拉強度。

發現由該等組合物形成之纖維具有介於 73.84 GPa 至 81.80 Gpa 間之楊氏模數(E)值。使用音波模數法在纖維上量測該等纖維之楊氏模數(E)值。在購自 Panametrics 公司(Waltham, Massachusetts)之 Panatherm 5010 儀器上使用超音波聲波脈衝技術來測定自具有所敘述組合物之玻璃熔體牽伸之纖維之彈性模數值。使用 20 微秒持續時間 200 kHz 脈衝來獲得伸張波反射時間。量測樣品長度並計算相應伸張波速度(V_E)。使用 Micromeritics AccuPyc 1330 比重計來量測纖維密度(ρ)。一般而言，每一組合物實施 20 次量測並根據式 $E=V_E^2 \cdot \rho$ 計算平均楊氏模數(E)。使用胡克定律(Hooke's Law)根據已知纖維強度及楊氏模數值來計算纖維破壞應變。

發現玻璃在 1 GHz 下具有 5.20-5.54 之 D_k 及 0.0010-0.0020

之 D_f 。表 11 中組合物之電性質展示顯著低於標準 E-玻璃 (即，改良) 之 D_k 及 D_f ，標準 E-玻璃在 1 GHz 下 D_k 為 7.14 且 D_f 為 0.0168。

就纖維成型性質而言，表 11 中組合物具有 1303°C 至 1388°C 之成型溫度 (T_F) 及 51°C 至 144°C 之成型窗 ($T_F - T_L$)。

表 11. 可用於本發明一些實施例之一些玻璃組合物。

wt%	63	64	65	66	67
SiO ₂	64.25	65.35	66.38	67.35	68.35
Al ₂ O ₃	11.88	11.52	11.18	10.86	10.53
Fe ₂ O ₃	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23
CaO	2.12	2.05	1.99	1.93	1.87
MgO	10.50	10.17	9.87	9.58	9.29
Na ₂ O	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
K ₂ O	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
B ₂ O ₃	8.67	8.40	8.15	7.91	7.67
F ₂	0.60	0.58	0.56	0.54	0.53
TiO ₂	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26
Li ₂ O	1.38	1.33	1.29	1.26	1.22
SO ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
總計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
(MgO+CaO)	12.61	12.22	11.86	11.51	11.16
CaO/MgO	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
MgO/(MgO+CaO)	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
SiO ₂ +B ₂ O ₃	72.92	73.75	74.53	75.26	76.02
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37
(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	1.40	1.36	1.32	1.28	1.24
Li ₂ O/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
T_L (°C)	1241	1259	1266	1268	1287
T_F (°C)	1306	1329	1349	1374	1388
$T_F - T_L$ (°C)	65	70	83	106	101
在 1 GHz 下之 D_k	5.44	5.35	5.29	5.31	5.2
在 1 GHz 下之 D_f	0.0013	0.0016	0.001	0.002	0.0013
纖維密度(g/cm ³)	2.395	2.385	2.384	2.375	2.371
纖維強度(MPa)	3730	3759	3813	3743	3738
楊氏模數(GPa)	***	***	***	74.25	***
纖維破壞應變(%)	***	***	***	5.04	***

表 11(續)

wt%	68	69	70	71	72	73
SiO ₂	64.39	63.63	62.87	65.45	65.61	62.35
Al ₂ O ₃	14.05	16.04	18.04	11.05	14.29	14.74
Fe ₂ O ₃	0.28	0.30	0.33	0.24	0.28	0.29
CaO	1.90	1.79	1.67	1.91	1.77	1.79
MgO	9.39	8.77	8.14	11.44	8.72	11.37
Na ₂ O	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
K ₂ O	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
B ₂ O ₃	7.75	7.23	6.72	7.80	7.19	7.28
F ₂	0.54	0.51	0.49	0.54	0.51	0.51
TiO ₂	0.41	0.51	0.61	0.28	0.43	0.45
Li ₂ O	1.23	1.15	1.07	1.24	1.14	1.16
SO ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
總計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
(MgO+CaO)	11.29	10.55	9.81	13.34	10.49	13.16
CaO/MgO	0.20	0.20	0.20	0.17	0.20	0.16
MgO/(MgO+CaO)	0.83	0.83	0.83	0.86	0.83	0.86
SiO ₂ +B ₂ O ₃	72.14	70.87	69.59	73.25	72.80	69.63
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.81	2.22	2.69	1.42	1.99	2.02
(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	1.25	1.17	1.09	1.26	1.16	1.18
Li ₂ O/(Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O)	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
T _L (°C)	1231	1219	1236	1266	1235	1220
T _F (°C)	1349	1362	1368	1317	1379	1303
T _F -T _L (°C)	118	143	132	51	144	83
在1 GHz下之D _k	5.4	5.38	5.39	5.54	5.52	5.58
在1 GHz下之D _f	0.0016	0.0013	0.002	0.0015	0.0016	0.0015
纖維密度(g/cm ³)	2.393	2.398	2.407	***	***	***
纖維強度(MPa)	3954	3977	4076	***	***	***
楊氏模數(GPa)	73.84	80.34	81.57	80.69	81.80	***
纖維破壞應變(%)	5.36	4.95	5.00	4.68	4.72	***

與具有類似衝擊性能之玻璃纖維及組合物相比，本發明
所有實施例可展示之多種但非必需之合意特性可包括但不

限於下列：提供具有相對較低密度之玻璃纖維；提供具有相對較高強度之玻璃纖維；提供具有相對較高破壞應變之玻璃纖維；提供對於給定纖維體積份數或給定組合物性能而言具有相對較低面密度之複合物；提供可用於衝擊應用之玻璃纖維及複合物；及提供具有相對較低成本之玻璃纖維及複合物。

本發明之各實施例已闡述於本發明之各標的物之實施方案中。應認識到，此等實施例僅闡釋本發明之原則。熟習此項技術者將易知其許多修改及改編，且此並不背離本發明之精神及範疇。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100133110

※申請日：100.9.14

※IPC 分類：

C08J 5/68 (2006.01)

C03C 13/60 (2006.01)

B29C 70/06 (2006.01)

F41H 5/02 (2006.01)

C08G 61/08 (2006.01)

B29K 309/08 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於衝擊應用之低密度及高強度玻璃纖維

LOW DENSITY AND HIGH STRENGTH FIBER GLASS FOR
BALLISTIC APPLICATIONS

二、中文發明摘要：

本發明係關於納入由玻璃組合物形成之玻璃纖維之織物、複合物、預浸材、壓層物及其他產品。在一些實施例中，將玻璃纖維納入可適用於諸如抗衝擊或抗爆炸應用等高能量撞擊應用之複合物中。由玻璃組合物之一些實施例形成之玻璃纖維可具有某些合意性質，該等性質可包括(例如)合意的電性質(例如低 D_k)或合意的機械性質(例如，比強度)。

三、英文發明摘要：

The present invention relates to fabrics, composites, prepregs, laminates, and other products incorporating glass fibers formed from glass compositions. The glass fibers, in some embodiments, are incorporated into composites that can be adapted for use in high energy impact applications such as ballistic or blast resistance applications. Glass fibers formed from some embodiments of the glass compositions can have certain desirable properties that can include, for example, desirable electrical properties (e.g. low D_k) or desirable mechanical properties (e.g., specific strength).

七、申請專利範圍：

1. 一種複合物，其包含：

聚二環戊二烯樹脂；及

配置於該聚二環戊二烯樹脂中之複數根玻璃纖維，其中該複數根玻璃纖維中之至少一者包含具有以下組成之玻璃組合物

SiO₂ 60-68重量%；

B₂O₃ 7-12重量%；

Al₂O₃ 9-15重量%；

MgO 8-15重量%；

CaO 0-4重量%；

Li₂O 0-2重量%；

Na₂O 0-1重量%；

K₂O 0-1重量%；

Fe₂O₃ 0-1重量%；

F₂ 0-1重量%；

TiO₂ 0-2重量%；及

其他成份總計0-5重量%；

其中該(Li₂O+Na₂O+K₂O)含量小於2重量%，其中該MgO含量以重量%計為CaO含量的至少兩倍，且其中該複合物適用於抗衝擊或抗爆炸應用。

2. 如請求項1之複合物，其中當藉由美國國防部裝甲V₅₀衝擊測試之測試方法標準MIL-STD-662F，1997年12月量測時，該複合物在約2 lb/ft²之面密度及約5-6 mm之厚度下

展示至少約900 fps之0.30 cal FSP V_{50} 值。

3. 如請求項1之複合物，其中當藉由美國國防部裝甲 V_{50} 衝擊測試之測試方法標準MIL-STD-662F，1997年12月量測時，該複合物在約4.8-4.9 lb/ft²之面密度及約13-13.5 mm之厚度下展示至少約1200 fps之0.50 cal FSP V_{50} 值。
4. 如請求項1之複合物，其中該複數根玻璃纖維中之該至少一者至少部分地經上漿組合物塗佈。
5. 如請求項1之複合物，其中該複數根玻璃纖維係經佈置以形成織物。
6. 如請求項5之複合物，其中該複數根玻璃纖維係經織造以形成該織物。
7. 如請求項5之複合物，其中該織物包含平織織物、斜紋織物、皺紋織物、緞織織物、縫編織物或3D織造織物。
8. 一種裝甲面板，其包含如請求項5之複合物。
9. 一種複合物，其包含：

聚二環戊二烯樹脂；及

配置於該聚二環戊二烯樹脂中之複數根玻璃纖維，其中該複數根玻璃纖維中之至少一者包含具有以下組成之玻璃組合物

SiO ₂	53.5-77重量%；
B ₂ O ₃	4.5-14.5重量%；
Al ₂ O ₃	94.5-18.5重量%；
MgO	4-12.5重量%；
CaO	0-10.5重量%；

Li ₂ O	0-4重量%；
Na ₂ O	0-2重量%；
K ₂ O	0-1重量%；
Fe ₂ O ₃	0-1重量%；
F ₂	0-2重量%；
TiO ₂	0-2重量%；及
其他成份總計0-5重量%；	

其中該複合物適用於抗衝擊或抗爆炸應用。

10. 如請求項9之複合物，其中當藉由美國國防部裝甲V₅₀衝擊測試之測試方法標準MIL-STD-662F，1997年12月量測時，該複合物在約2 lb/ft²之面密度及約5-6 mm之厚度下展示至少約900 fps之0.30 cal FSP V₅₀值。
11. 如請求項9之複合物，其中當藉由美國國防部裝甲V₅₀衝擊測試之測試方法標準MIL-STD-662F，1997年12月量測時，該複合物在約4.8-4.9 lb/ft²之面密度及約13-13.5 mm之厚度下展示至少約1200 fps之0.50 cal FSP V₅₀值。
12. 如請求項9之複合物，其中該複數根玻璃纖維中之該至少一者至少部分地經上漿組合物塗佈。
13. 如請求項9之複合物，其中該複數根玻璃纖維係經佈置以形成織物。
14. 如請求項13之複合物，其中該複數根玻璃纖維係經織造以形成該織物。
15. 如請求項13之複合物，其中該織物包含平織織物、斜紋織物、皺紋織物、緞織織物、縫編織物或3D織造織物。
16. 一種裝甲面板，其包含如請求項13之複合物。

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：(無)

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)