



(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 202306224 A

(43)公開日：中華民國 112 (2023) 年 02 月 01 日

(21)申請案號：111111670

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 03 月 28 日

(51)Int. Cl.：

*H01M8/0228 (2016.01)**C08J5/24 (2006.01)**C08J5/06 (2006.01)**C08J5/18 (2006.01)*

(30)優先權：2021/03/31

德國

102021203265.6

(71)申請人：德商西格里碳素歐洲股份有限公司 (德國) SGL CARBON SE (DE)

德國

(72)發明人：奧廷格 歐斯溫 OETTINGER, OSWIN (DE)；施密特 尤那斯 SCHMITZ, JONAS (DE)；舒伯特 法比恩 SCHUBERT, FABIAN (DE)；卡梅邁爾 珍妮佛

KAMMERMEIER, JENNIFER (DE)；密那爾 諾馬 MINAR, NORMA KARLA (DE)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：5 共 24 頁

(54)名稱

分隔板

(57)摘要

本發明係關於分隔板、製造分隔板之方法及其用途。

The present invention relates to a separator plate, a method for producing the separator plate and its use.



【發明摘要】

【中文發明名稱】

分隔板

【英文發明名稱】

SEPARATOR PLATE

【中文】

本發明係關於分隔板、製造分隔板之方法及其用途。

【英文】

The present invention relates to a separator plate, a method for producing the separator plate and its use.

【指定代表圖】無

【代表圖之符號簡單說明】無

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

分隔板

【英文發明名稱】

SEPARATOR PLATE

【技術領域】

【0001】本發明係關於分隔板、製造分隔板之方法及其用途。

【先前技術】

【0002】質子交換膜(PEM)燃料電池、磷酸燃料電池或氧化還原液流電池(redox flow battery)中之分隔板或雙極板(bipolar plate)係以金屬為主(metal-based)或以碳為主(carbon-based)。雖然金屬板極安定以及可非常薄(<0.2 mm)，但必須保護金屬免於腐蝕，以及增長整體系統的使用年限。金屬板經常塗布貴金屬或碳/石墨以保護其免於腐蝕。此方法的缺點係其極為昂貴。以碳為主之板(carbon-based plate)沒有任何腐蝕問題，但是機械安定性較差，因此具有高的壁厚度，通常大於0.6 mm。高的壁厚度對於構造體積(construction volume)及整體系統之重量兩方面均具有負面作用，以及導致因較高生產成本及材料之使用所造成的較高成本。此外，若分隔板可製成無端材料

(endless material)會是有利的，因為最終產品係大量安裝，此可降低生產成本。

【0003】碳纖維紙(carbon fibre paper)已知為用於燃料電池(fuel cell)或氧化還原液流電池中之氣體擴散層(gas diffusion layer)的主要產品，例如於EP1369528B1中所述。其中所述之方法可以連續製程(continuous process)進行。碳纖維紙係經酚樹脂漿料(phenolic resin slurry)浸漬，然後碳化(carbonised)或石墨化(graphitised)(見EP1369528B1之實施態樣1(embodiment 1))。碳纖維紙以及漿料浸漬且碳化(carbonisation)/石墨化(graphitisation)之後的第一中間產品具有極高孔隙度(porosity)，其意指彼等具有極高滲透率(permeability)以及低機械安定性。

【發明內容】

【0004】本發明之目的因而係提供克服上述先前技術之缺點的分隔板，以及其製造及用途。

【0005】係藉由提供包含經熱固性樹脂(duromer resin)浸漬的單層之碳纖維強化碳(carbon fibre-reinforced carbon)的分隔板(separator plate)而達成目的，分隔板具有連續的導電性碳網狀結構(continuous electrically conductive carbon network)且厚度小於0.5 mm、較佳為0.1至0.3 mm，以及抗張強度(tensile strength)大於30 MPa、較佳為大於35 MPa、特佳為大於45 MPa。

【0006】於本發明之內容中，連續的導電性網狀結構

(continuous electrically conductive network)理解為意指不中斷(not interrupted)之網狀結構。

【0007】分隔板之厚度理解為意指壁厚度(wall thickness)，小於0.5 mm之厚度具有機械安定性足夠以及具有較低重量之優點，因此在整體燃料電池之層結構內所需之構造體積(construction volume)較低。抗張強度大於30 MPa，則分隔板具有充足機械安定性，此係其可以小厚度製造及操作的原因。厚度大於0.5 mm時，體積電阻(volume resistance)顯著提高，使得整體燃料電池變得無效率。

【0008】根據本發明，分隔板具有低於8 $\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 、較佳低於5 $\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 、特佳低於3 $\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 之體積電阻。若體積電阻大於8 $\text{m}\Omega\text{cm}^2$ ，則例如，歐姆損耗(ohmic loss)變得太高且燃料電池損失效率，以及過度升溫。體積電阻之測量於下文中描述。

【0009】分隔板有利地具有低於1.7 g/cm^3 、較佳低於1.4 g/cm^3 、特佳低於1.3 g/cm^3 之密度(density)。密度大於1.7 g/cm^3 ，則所得之較重分隔板重量的缺點會具有負面影響。

【0010】根據本發明，碳纖維強化碳(carbon fibre-reinforced carbon)包含在碳纖維間具有碳黏合劑橋(carbon binder bridge)的單層之碳纖維紡織品(carbon fibre textile)。此使得能有特別薄且高張力(high-tensile)之分隔板，乃因纖維強化(fibre reinforcement)之故，且傳導率

(conductivity)亦良好，乃因碳纖維間之碳黏合劑橋之故，此產生連續的導電性網狀結構。

【0011】有利的，碳纖維紡織品係來自碳纖維紙(carbon fibre paper)、碳纖維不織布(carbon fibre nonwoven fabric)、碳纖維織物(carbon fibre fabric)或短纖維織物(staple fibre fabric)之群組。

【0012】於碳纖維紙之製造中，將水性短碳纖維黏合劑混合物(aqueous short carbon fibre binder mixture)之漿料(slurry)沉積於造紙機(paper machine)中之網篩(screen)上。於乾燥步驟之後，將短切纖維(short cut fibre)彼此結合以及碳纖維係於紙之平面中以平面取向(planar orientation)(二維結構(two-dimensional structure))對準(align)。另一方面，碳纖維不織布為藉由短纖維(short fibre)之濕式(wet)或乾式(dry)佈層(laying)所製造的三維結構(three-dimensional structure)，該三維結構係藉由使用針(needle)或水噴注(water jet)之機械性強化製程(mechanical strengthening process)製造。碳纖維織物為具有至少兩個非平行延伸因而相交之經紗系統(thread system)的紡織物(textile fabric)。短纖維織物(staple fibre fabric)係由拉伸斷裂(stretch-broken)且絞撚(twisted)之長絲(filament)所製成的編織紗(woven yarn)。

【0013】根據本發明，熱固性樹脂(duromer resin)包含來自環氧樹脂(epoxy resin)、酚樹脂(phenolic resin)、呋喃樹脂(furan resin)或苯并噁嗪樹脂(benzoxazine resin)之

群組的樹脂。

【0014】熱固性樹脂使碳纖維紡織品之孔封閉，且同時維持基於碳網狀結構(carbon network)之傳導率(conductivity)。此外，此提高密度及機械強度。

【0015】有利的，熱固性樹脂包含分散之填料(dispersed filler)。

【0016】填料係選自下列之群組：碳黑(carbon black)、膨脹石墨(expanded graphite)、天然(natural)或合成(synthetic)石墨、經研磨碳纖維(ground carbon fibre)或其混合物。填料可進一步提高傳導率(conductivity)，原因係連續的傳導性碳網狀結構(continuous conductive carbon network)因填料而進一步膨脹。視填料粒子之形態(morphology)而定，彼等亦可對分隔板之密度具有正面影響，例如，係藉由因待浸漬的碳網狀結構之較佳濕潤(better wetting)而防止孔形成，或者藉由在小板狀各向異性形態(platelet-like anisotropic morphology)之情況下形成齒狀層(toothed layer)作為氣體障壁(gas barrier)。

【0017】根據本發明，填料之質量分率(mass fraction)為0 wt.%至40 wt.%、較佳為5 wt.%至20 wt.%、特佳為8 wt.%至15 wt.%。少於5 wt.%無法獲致傳導率充分提高，而超過40 wt.%導致高黏度，此於完全浸漬(complete impregnation)時會產生問題。

【0018】有利的，分隔板之橫斷面(cross section)具有填料之濃度梯度(concentration gradient)。此意指，視粒子

之大小(size)及形態(morphology)而定，填料可主要留在表面，導致形成濃度梯度。此意指在分隔板之外部區域(outer region)中之填料濃度較高，而在分隔板之內部區域(inner region)中之填料濃度較低。濃度梯度取決於填料之類型以及特別是粒子大小(particle size)。填料主要留在表面之事實進一步提高分隔板之密度，改善傳導率以及降低接觸電阻(contact resistance)。

【0019】分隔板有利地具有低於 $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、較佳低於 $1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之滲透係數(permeation coefficient)。當滲透係數低於 $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ 時，分隔板被視為技術緻密(technically dense)之分隔板；即，技術密度(technical density)滿足用作為不同氣體或液體空間之分隔板的需求。

【0020】根據本發明，經熱固性樹脂浸漬的碳纖維強化碳之表面具有結構化。結構化(structuring)使得能針對性(targeted)且受控制地(controlled)供應氣體/液體以及移除可能出現的任何反應產物。此外，結構化可用於水冷卻(water cooling)堆疊結構(stack structure)。

【0021】本發明之另一標的為用於製造分隔板之方法，其包含下列步驟：

- a) 提供碳纖維紡織品(carbon fibre textile)
- b) 以碳供體(carbon donor)浸漬(impregnation)碳纖維紡織品
- c) 於惰性氣體氣氛(inert gas atmosphere)中以高於

1300℃、較佳高於1700℃、特佳高於2000℃之溫度進行經浸漬的碳纖維紡織品(impregnated carbon fibre textile)之高溫處理

d) 提供熱固性樹脂系統(duromer resin system)

e) 以步驟d)所提供之熱固性樹脂系統浸漬步驟c)所獲得之碳纖維強化碳(carbon fibre-reinforced carbon)

f) 在1-50巴(bar)之壓力下硬化(hardening)及加壓(pressing)來自步驟e)之經樹脂浸漬(resin-impregnated)的碳纖維強化碳。

【0022】本發明之內容中，於步驟b)之碳供體(carbon donor)理解為意指碳產率(carbon yield)大於20 wt.%之樹脂，其可額外填充碳、石墨或碳黑。惰性氣體氣氛(inert gas atmosphere)理解為意指氮(nitrogen)或氬(argon)氣氛。步驟b)及e)之浸漬(impregnation)可在一側(one side)或兩側(both side)進行。於步驟e)及f)藉由熱固性樹脂系統浸漬以及硬化(hardening)及加壓(pressing)提高了碳纖維強化碳之密度及機械強度，此為分隔板可具有極薄設計的原因。

【0023】於步驟f)之後，可有利地藉由在兩側進行研磨(grinding)、噴砂(blasting)、化學處理(chemical treatment)或電漿處理(plasma treatment)以活化(activate)表面。活化(activation)可去除可能存在分隔板上之任何電絕緣層(electrically insulating layer)(樹脂層(resin layer))。

【0024】有利的，0 wt.%至40 wt.%、較佳為5 wt.%至20 wt.%、特佳為8 wt.%至15 wt.%填料係分散於熱固性樹

脂系統中。填料可進一步提高或改善傳導率及密度。

【 0025 】 加 壓 (pressing) 步 驟 係 以 結 構 化 工 具 (structured tool) 有 利 地 進 行 。 工 具 (tool) 理 解 為 意 指 壓 紋 滾 筒 (embossing roller)、 成 形 滾 筒 (forming roller) 或 板 (plate) 。 結 構 化 工 具 實 現 加 壓 步 驟 中 之 變 形 (deformation) 。 加 壓 步 驟 使 熱 固 性 樹 脂 系 統 能 更 進 一 步 透 入 碳 纖 維 紡 織 品 內 部 ， 視 粒 子 大 小 而 定 ， 填 料 可 能 主 要 留 在 表 面 ， 導 致 形 成 濃 度 梯 度 。 此 意 指 分 隔 板 的 橫 斷 面 (cross section) 具 有 濃 度 梯 度 ， 其 於 分 隔 板 之 兩 側 由 分 隔 板 之 外 部 朝 內 部 降 低 。 濃 度 梯 度 取 決 於 填 料 之 類 型 ， 特 別 是 粒 子 大 小 (particle size) 。 由 於 填 料 主 要 留 在 表 面 ， 傳 導 率 可 改 善 ， 以 及 接 觸 電 阻 可 降 低 ， 使 得 可 進 一 步 提 高 分 隔 板 之 密 度 。

【 0026 】 根 據 本 發 明 ， 該 方 法 可 以 連 續 (continuous) 或 分 批 (batch) 方 法 進 行 。 特 別 是 ， 連 續 方 法 係 有 利 的 。

【 0027 】 另 一 標 的 係 分 隔 板 的 用 途 ， 係 用 於 氧 化 還 原 液 流 電 池 (redox flow battery) 或 燃 料 電 池 (fuel cell) 或 者 作 為 靜 電 空 氣 清 淨 裝 置 (electrostatic air-cleaning device) 之 電 極 。

【 0028 】 下 文 中 ， 純 粹 舉 例 說 明 ， 以 有 利 實 施 態 樣 以 及 參 照 所 附 圖 式 描 述 本 發 明 。

【圖式簡單說明】

[圖 1]：包含具有熱固性樹脂 (duromer resin)(2) 的單層

(monolayer) 之碳纖維強化碳 (carbon fibre-reinforced carbon)(1)的分隔板(separator plate)(4)

[圖 2]：包含具有熱固性樹脂(2)及填料(filler)(3)的單層之碳纖維強化碳(1)的分隔板(4)

[圖 3]：包含具有熱固性樹脂(2)及填料(3)的單層之碳纖維強化碳(1)的分隔板(4)

[圖 4]：單層之碳纖維強化碳(1)的掃描式電子顯微鏡(Scanning electron microscope)(SEM)影像

[圖 5]顯示根據本發明之分隔板的顯微照片(micrograph)

線圖 1：體積電阻(volume resistance)與表面壓力(surface pressure)之函數關係

【實施方式】

【0029】圖 1顯示包含經熱固性樹脂(2)浸漬的單層之碳纖維強化碳(1)的分隔板(4)。

【0030】圖 2顯示包含經熱固性樹脂(2)浸漬且具有填料(3)的單層之碳纖維強化碳(1)的分隔板(4)。因填料的性質之故，發生濃度梯度，其確保填料僅極少地透入多孔(porous)碳纖維強化碳(1)之內部。

【0031】圖 3顯示包含經熱固性樹脂(2)浸漬且具有填料(3)的單層之碳纖維強化碳(1)的分隔板(4)。因填料之不同粒子大小(particle size)緣故，較小的粒子比較大的粒子更進一步透入碳纖維強化碳(1)之內部(interior)。

【0032】圖4顯示多孔碳纖維強化碳(1)以熱固性樹脂系統密封(seal)之前的SEM影像。碳纖維間之碳黏合劑橋(carbon binder bridge)清楚可見。纖維與黏合劑橋之組合產生連續的傳導性網狀結構(continuously conductive network)。

【0033】圖5顯示根據本發明之分隔板的顯微照片，外部區域(outer region)有填料累積(accumulation)而內部(inside)之填料濃度較低。

【0034】線圖1顯示根據表面壓力(surface pressure)之體積電阻(volume resistance)。明顯看出，初始高體積電阻(於低表面壓力)不僅代表純材料電阻(pure material resistance)，亦反映相當比例之接觸電阻(contact resistance)。隨著表面壓力提高，接觸電阻降低且所測量之體積電阻主要是材料電阻造成。在1-1.5 MPa之範圍的表面壓力下，幾乎達到固定體積電阻水準(stationary volume resistance level)。1 MPa之表面壓力水準大致對應於燃料電池堆疊(fuel cell stack)中之實際應用條件(real application condition)。線圖1顯示實施態樣1以及外部GDL(氣體擴散層(gas diffusion layers))之參考測量(reference measurement)。可看出分隔板之額外材料層(additional material layer)僅造成具有2 GDL層之夾層結構(sandwich layer structure)之整體電阻(overall resistance)的一小部分。

【0035】以下利用實施態樣解釋本發明，然而該等實

施態樣不代表本發明之任何限制。

【0036】分隔板可如下述製造。

測量方法

體積電阻 (Volume resistance)

【0037】為了獲得體積電阻之應用導向測量值 (application-oriented measurement value)，所得之硬化分隔板 (hardened separator plate) 係呈（類似於燃料電池之配置 (arrangement)）兩個氣體擴散層 (GDL 22BB；SIGRACET®) 之間的夾層 (layer sandwich) 來測量。體積電阻 (volume resistance) R_z 係使用以下公式計算：

$$R_z = \frac{\Delta U \cdot A}{\Delta I}$$

ΔU 為電極之間的電壓 (voltage)， A 為樣本之表面積 (surface area)，以及 ΔI 為電流 (current)。

【0038】電極以金 (gold) 塗布 (coat) 以避免因氧化表面 (oxidized surface) 所造成的任何可能過渡電阻 (transition resistance)。於測量期間，施加 5 psi (US 單位) 至 1.5 MPa 之不同接觸壓力 (contact pressure)，同時測定層厚度 (layer thickness)。為了測定由 GDL 22BB 所製成之額外材料層 (additional material layer) 的影響，以僅有 2 GDL 22BB 層進行參考測量 (reference measurement)。由於材料電阻在此串聯連接 (series connection) 中疊加 (add up)，樣本之材料電阻可測定為 GDL 22BB / 樣本 / GDL 22BB (GDL 22BB /

sample/GDL 22BB)層結構(layer structure)之電阻與兩個 GDL 22BB層之參考測量(reference measurement)之間的差(difference)。

滲透係數(Permeation coefficient)

【0039】滲透係數係根據 DIN 51935:2019-06測量。

強度(Strength)

【0040】強度係根據 DIN EN ISO 13934-1:2013-08利用抗張強度試驗(tensile strength test)測定。於標準順應性試驗(standard-compliant test)中，使用具有160 mm之長度及50 mm之一致寬度(consistently constant width)的束(beam)作為試樣幾何形狀(test specimen geometry)，於偏差(deviation)中則使用漸縮試樣幾何形狀(tapered specimen geometry)，由此，其亦具有50 mm寬度以及相同長度之無龜裂長度(free crack length)，但在夾緊區(clamping region)的寬度為80 mm，以避免在夾緊區內失效(failure)。

密度(Density)

【0041】幾何密度(geometric density)係藉由秤重具有50 mm直徑之圓形樣本(circular sample)而測定。

【0042】單層之碳纖維強化碳(monolayer of carbon fibre-reinforced carbon)可例如如 EP1369528B1中所述製造。

實施態樣 1：

【 0043 】 使用膜塗布器 (film applicator)，於厚度為 225 μm (於 5 psi 之負荷 (load) 測量) 的單層之碳纖維強化碳 (1)(可從 SGL Carbon GmbH 購得，名稱為 GDL 36 AA；SIGRACET®) 的一側塗布 180 μm 厚之環氧樹脂膜 (epoxy resin film)(2)，其中，7 wt.% 之傳導性碳黑 (conductive carbon black)(得自 Imerys Graphite & Carbon 之 Super P) 分散於環氧樹脂中。然後使經塗布之單層於熱壓機 (hot press) 中以 32.5 巴 (bar) 之壓力及 130 °C 硬化 (harden) 60 分鐘。

【 0044 】 於 1 MPa 壓力下的體積電阻 (volume resistance) 為 7.8 mOhm cm^2 。滲透係數 (permeation coefficient) 為 $2.2 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ 。以此方式獲得之分隔板的厚度為 210 μm (於 5 psi 之負荷測量)。幾何密度 (geometric density) 為 1.14 g/cm。抗張強度 (tensile strength) 為 47 MPa。

實施態樣 2：

【 0045 】 於厚度為 225 μm (於 5 psi 之負荷測量) 的單層之碳纖維強化碳 (1)(可從 SGL Carbon GmbH 購得，名稱為 GDL 36 AA；SIGRACET®) 的兩側塗布 130 μm 厚之環氧樹脂膜 (2)，其中，9 wt.% 之膨脹石墨 (expanded graphite)(得自 SGL Carbon 之 Sigratherm® GFG5) 分散於環氧樹脂中。然

後使經塗布之單層於熱壓機中以32.5巴之壓力及130℃硬化60分鐘。

【0046】於1 MPa表面壓力下的體積電阻為7.7 mOhm cm²。滲透係數為 1.4×10^{-5} cm²/s。以此方式獲得之分隔板的厚度為200 μm(於5 psi之負荷測量)。幾何密度為1.18 g/cm³。抗張強度為39 MPa。

實施態樣3：

【0047】使用膜塗布器，於厚度為225 μm(於5 psi之負荷測量)的單層之碳纖維強化碳(1)(可從SGL Carbon GmbH購得，名稱為GDL 36 AA；SIGRACET®)的一側塗布180 μm厚之環氧樹脂膜(2)，其中，9 wt.%之傳導性碳黑(得自Imerys Graphite & Carbon之Super P)分散於環氧樹脂中。然後使經塗布之單層於熱壓機中以32.5巴之壓力及130℃硬化60分鐘。

【0048】於1 MPa壓力下的體積電阻為3.8 mOhm cm²。滲透係數為 5.5×10^{-6} cm²/s。以此方式所獲得之分隔板的厚度為202 μm(於5 psi之負荷測量)，以及幾何密度為1.04 g/cm³。

實施態樣4：

【0049】於厚度為225 μm(於5 psi之負荷測量)的單層之碳纖維強化碳(1)(可從SGL Carbon GmbH購得，名稱為GDL 36 AA；SIGRACET®)的一側塗布180 μm厚之環氧樹

脂膜(2)，其中，10 wt.%之填料分散於環氧樹脂中。10 wt.%係由70比30之比率的傳導性碳黑(得自Imerys之Super P)及膨脹石墨(得自SGL Carbon之Sigratherm® GFG5)構成。然後使經塗布之單層於熱壓機中以32.5巴之壓力及130℃硬化60分鐘。

【0050】於1 MPa表面壓力下的體積電阻為6.2 mOhm cm²。滲透係數為 2.2×10^{-6} cm²/s。以此方式所獲得之分隔板的厚度為220 μm(於5 psi之負荷測量)，以及幾何密度為1.18 g/cm³。

實施態樣5：

【0051】於厚度為225 μm(於5 psi之負荷測量)的單層之碳纖維強化碳(1)(可從SGL Carbon GmbH購得，名稱為GDL 36 AA；SIGRACET®)的一側塗布180 μm厚之環氧樹脂膜(2)，其中，10 wt.%之填料分散於環氧樹脂中。10 wt.%係由30比70之比率的傳導性碳黑(得自Imerys Graphite & Carbon公司之Super P)及膨脹石墨(得自SGL Carbon之Sigratherm® GFG5)構成。然後使經塗布之單層於熱壓機中以32.5巴之壓力及130℃硬化60分鐘。

【0052】於1 MPa表面壓力下的體積電阻為8 mOhm cm²。滲透係數為 3.7×10^{-6} cm²/s。以此方式所獲得之分隔板的厚度為208 μm(於5 psi之負荷測量)，以及幾何密度為1.04 g/cm³。

實施態樣 6：

【0053】使用膜塗布器，於厚度為225 μm (於5 psi之負荷測量)的單層之碳纖維強化碳(1)(可從SGL Carbon GmbH購得，名稱為GDL 36 AA；SIGRACET®)的一側塗布180 μm 厚之環氧樹脂膜(2)，其中，7 wt.%之傳導性碳黑(得自Imerys Graphite & Carbon公司之Super P)分散於環氧樹脂中。然後使經塗布之單層於熱壓機中以10巴之壓力及130℃硬化60分鐘。

【0054】於1 MPa壓力下的體積電阻為5.4 mOhm cm^2 。滲透係數為 $3.9 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ 。以此方式所獲得之分隔板的厚度為205 μm (於5 psi之負荷測量)，以及幾何密度為1.15 g/cm^3 。

【符號說明】

【0055】

1:單層之碳纖維強化碳(carbon fibre-reinforced carbon)

2:熱固性樹脂(duromer resin)

3:填料(filler)

4:分隔板(separator plate)

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種分隔板，其包含經熱固性樹脂 (duromer resin) 浸漬的單層之碳纖維強化碳 (carbon fibre-reinforced carbon)，其中，該分隔板具有連續的導電性碳網狀結構 (continuous electrically conductive carbon network) 且厚度小於 0.5 mm 以及抗張強度大於 30 MPa。

【請求項2】如請求項1之分隔板，其中，該分隔板具有低於 $8 \text{ m}\Omega\text{cm}^2$ 之體積電阻 (volume resistance)。

【請求項3】如請求項1或請求項2之分隔板，其中，該分隔板具有低於 1.7 g/cm^3 之密度。

【請求項4】如請求項1之分隔板，其中，該碳纖維強化碳包含在碳纖維間具有碳 / 黏合劑橋 (carbon/binder bridge) 的單層之碳纖維紡織品 (carbon fibre textile)。

【請求項5】如請求項1或請求項2之分隔板，其中，該熱固性樹脂包含來自環氧樹脂 (epoxy resin)、酚樹脂 (phenolic resin)、呋喃樹脂 (furan resin) 或苯并噁吡啶樹脂 (benzoxazine resin) 之群組的樹脂。

【請求項6】如請求項1或請求項2之分隔板，其中，該熱固性樹脂包含分散之填料。

【請求項7】如請求項5或請求項6之分隔板，其中，該填料之質量分率 (mass fraction) 為 0 wt.% 至 40 wt.%。

【請求項8】如請求項1或請求項2之分隔板，其中，該分隔板具有低於 $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ 之滲透係數 (permeation coefficient)。

【請求項9】如請求項1或請求項2之分隔板，其中，經熱固性樹脂浸漬的該碳纖維強化碳的表面具有結構化(structuring)。

【請求項10】如請求項6或請求項7之分隔板，其中，該分隔板之橫斷面(cross section)具有該填料之濃度梯度(concentration gradient)。

【請求項11】一種製造如請求項1之分隔板之方法，其包含下列步驟：

- a) 提供碳纖維紡織品
- b) 以碳供體(carbon donor)浸漬該碳纖維紡織品
- c) 於惰性氣體氣氛(inert gas atmosphere)中以高於1300℃之溫度進行經浸漬的碳纖維紡織品之高溫處理
- d) 提供熱固性樹脂系統
- e) 以步驟d)所提供之該熱固性樹脂系統浸漬步驟c)所獲得之碳纖維強化碳
- f) 在1-50巴(bar)之壓力下硬化(hardening)及加壓(pressing)來自步驟e)之經樹脂浸漬的碳纖維強化碳。

【請求項12】如請求項11之方法，其中，在步驟f)之後，藉由研磨(grinding)、噴砂(blasting)、化學處理(chemical treatment)或電漿處理(plasma treatment)兩側而使表面活化。

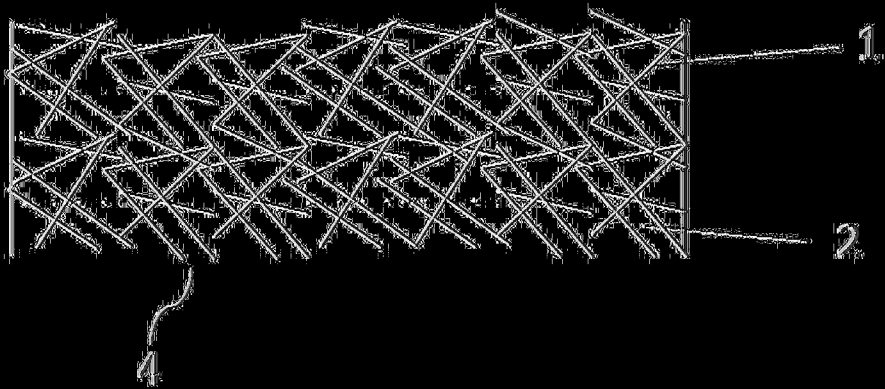
【請求項13】如請求項11或請求項12之方法，其中，將0 wt.%-40 wt.%之填料分散於該熱固性樹脂系統中。

【請求項14】如請求項11或請求項12之方法，其中，

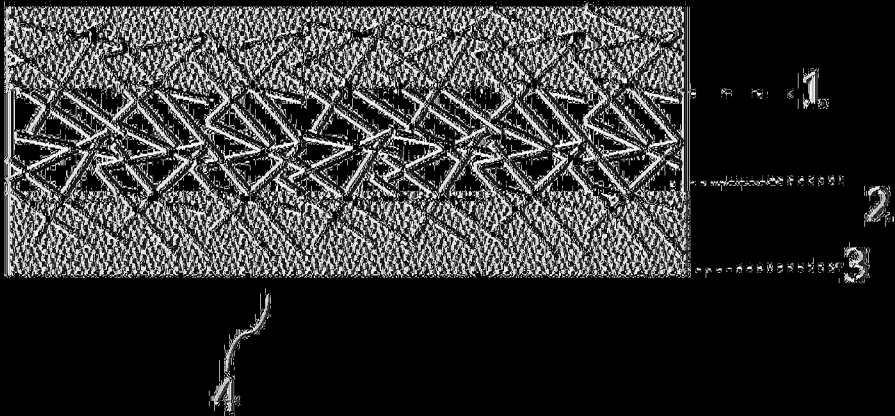
加壓步驟係以結構化工具(structured tool)進行。

【請求項 15】一種分隔板之用途，係用於氧化還原液流電池(redox flow battery)或燃料電池(fuel cell)或者作為靜電空氣清淨裝置(electrostatic air-cleaning device)之電極。

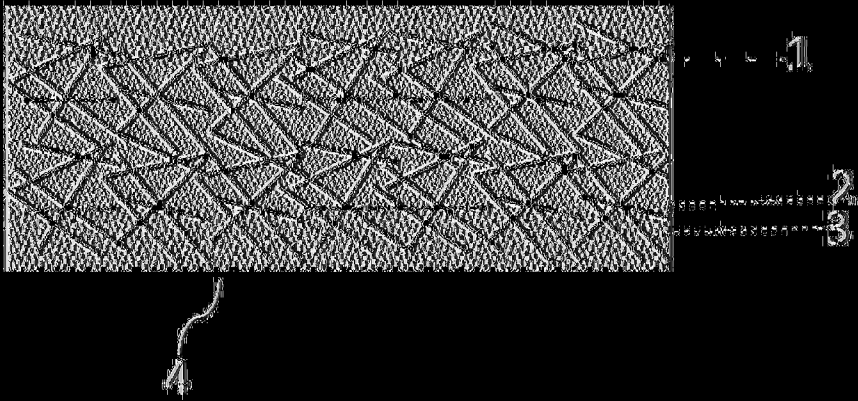
|(發明圖式)|



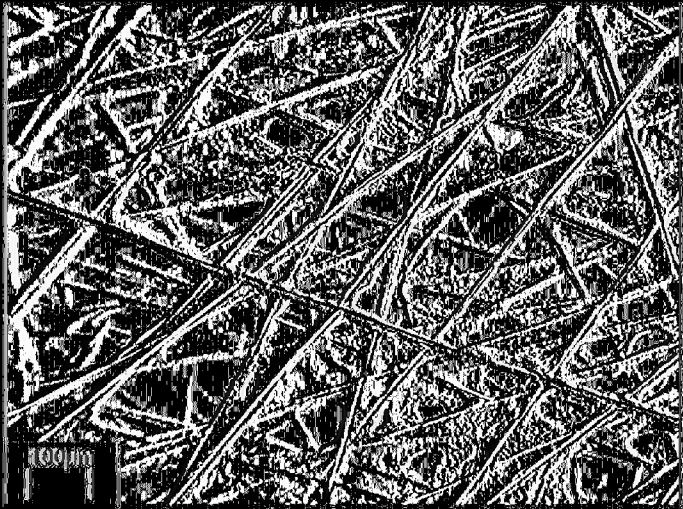
|(|圖| 1)|



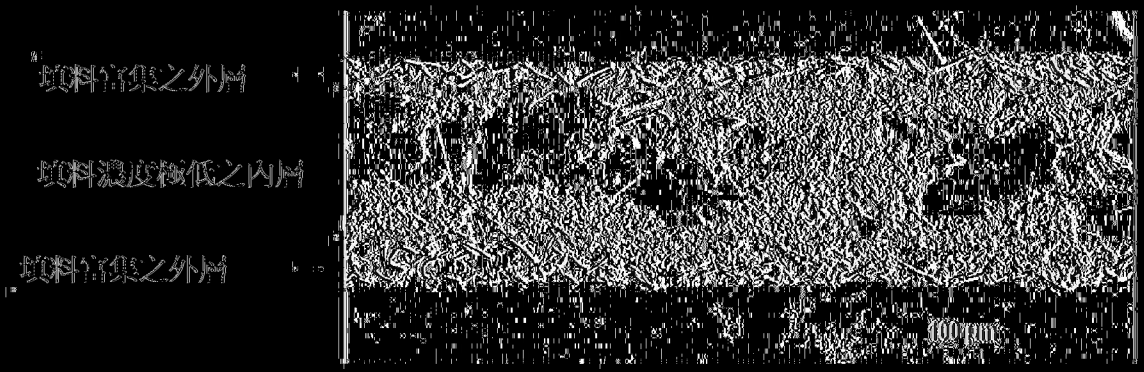
|(|圖| 2)|



(圖 3)



(圖 4)



(圖 5)

線圖1

