201542908

(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 201542908 A

(43)公開日： 中華民國 104 (2015) 年 11 月 16 日

(21)申請案號：104102746 (22)申請日： 中華民國 104 (2015) 年 01 月 27 日

(51)Int. Cl.：

D21H27/12	*(2006.01)*	*D21H13/16*	*(2006.01)*
D21H13/40	*(2006.01)*	*D21H17/63*	*(2006.01)*
D21H17/34	*(2006.01)*	*H01B3/02*	*(2006.01)*
H01B3/52	*(2006.01)*	*H01B17/56*	*(2006.01)*
H01B7/02	*(2006.01)*	*H01F27/32*	*(2006.01)*

(30)優先權：2014/01/27 美國 61/931,792

(71)申請人：３Ｍ新設資產公司 (美國) 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY (US) 美國

(72)發明人：圖聘 羅伯特 漢彌爾頓 TURPIN, ROBERT HAMILTON (US)；黃 蜜雪 詹泰 HUANG, MITCHELL TSENG-TEH (US)；布朗寧 瑞莎Ｍ BROWNING, RHESA M. (US)；史坦基司 大衛 史丹利 STANKES, DAVID STANLEY (US)；馬哈尼 大衛 維森特 MAHONEY, DAVID VINCENT (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：19 項 圖式數：2 共 25 頁

(54)名稱

電氣絕緣材料以及變壓器

ELECTRICAL INSULATION MATERIAL AND TRANSFORMER

(57)摘要

本發明係一種物件，其包含無機填料、經完全水解之聚乙烯醇纖維、聚合物黏合劑、以及高表面積纖維。該物件可經形成為用於電氣設備(諸如充液變壓器)之電氣絕緣紙，因此可藉此而為實質上無纖維素。

An article comprises an inorganic filler, fully hydrolyzed polyvinyl alcohol fibers, a polymer binder, and high surface area fibers. The article can be formed as an electrically insulating paper for electrical equipment, such as a liquid filled transformer, which can thereby be substantially cellulose free.

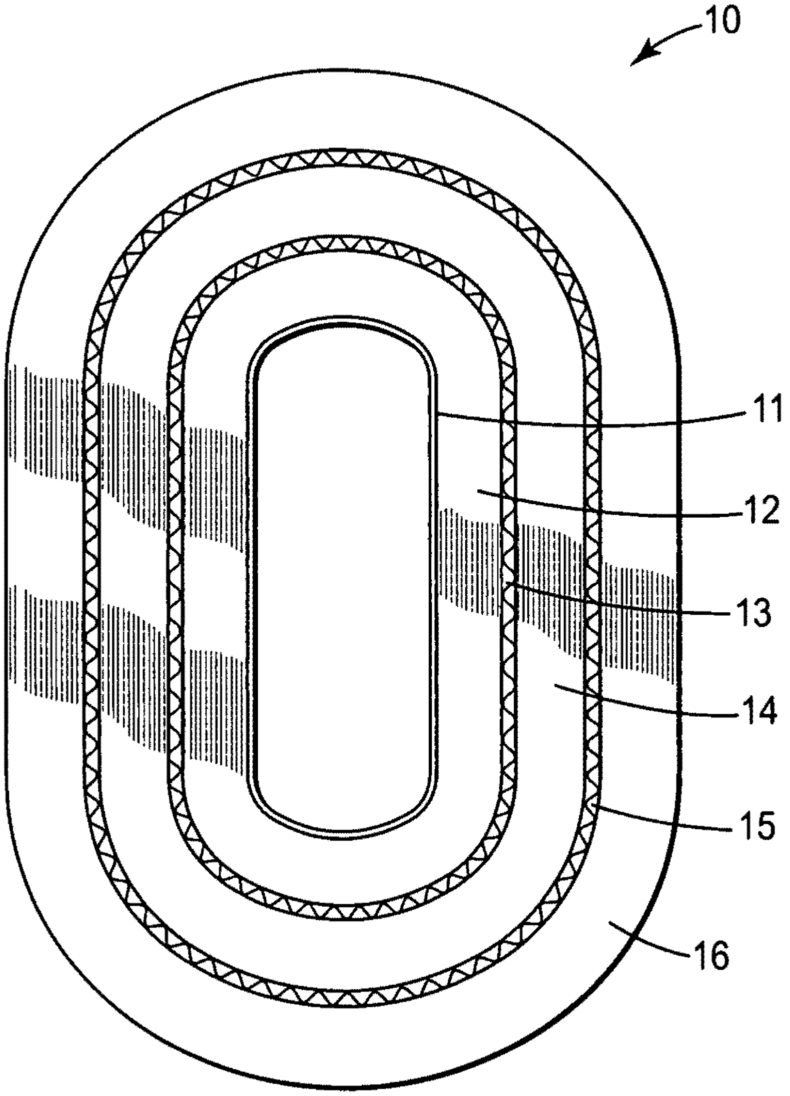

圖1

10・・・絕緣系統

11・・・繞組形狀

12・・・第一低電壓繞組

13・・・第一繞組間絕緣

14・・・第一高電壓繞組

15・・・第二繞組間絕緣

16・・・第二低電壓繞組

201542908

發明摘要

※ 申請案號：104102746

※ 申請日：104.1.27

※IPC 分類：H01B

D21H27/12(2006.01)
D21H13/16(2006.01)
D21H13/40(2006.01)
D21H17/63(2006.01)
D21H17/34(2006.01)
H01B3/02(2006.01)
H01B3/52(2006.01)
H01B17/56(2006.01)
H01B7/02(2006.01)
H01F27/32(2006.01)

【發明名稱】 電氣絕緣材料以及變壓器

ELECTRICAL INSULATION MATERIAL AND TRANSFORMER

【中文】

本發明係一種物件，其包含無機填料、經完全水解之聚乙烯醇纖維、聚合物黏合劑、以及高表面積纖維。該物件可經形成為用於電氣設備（諸如充液變壓器）之電氣絕緣紙，因此可藉此而為實質上無纖維素。

【英文】

An article comprises an inorganic filler, fully hydrolyzed polyvinyl alcohol fibers, a polymer binder, and high surface area fibers. The article can be formed as an electrically insulating paper for electrical equipment, such as a liquid filled transformer, which can thereby be substantially cellulose free.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1。

【本代表圖之符號簡單說明】：

10...絕緣系統

11...繞組形狀

12...第一低電壓繞組

13...第一繞組間絕緣

14...第一高電壓繞組

15...第二繞組間絕緣

16...第二低電壓繞組

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動）

【發明名稱】 電氣絕緣材料以及變壓器

ELECTRICAL INSULATION MATERIAL AND TRANSFORMER

【技術領域】

【0001】 本發明係關於適用於電氣絕緣應用之材料。具體而言，本發明係關於適用於變壓器（諸如：充液變壓器）之電氣絕緣材料。

【先前技術】

【0002】 電氣設備（諸如：電動機、發電機、以及變壓器）常常需要某些形式的電絕緣來隔離相鄰的導體。習知的絕緣材料為牛皮紙(Kraft paper)，其為一種常用於充液變壓器中的基於纖維素材料。

【0003】 然而，纖維素紙受有數個缺點之困擾，諸如：高吸濕性、分解後出水、以及有限的耐熱能力。目前充液變壓器之水分含量必須少於 0.5 wt%才足以使其於經設計之產品生命週期內能可靠地運作。充液變壓器中的水污染現象因為電力損失與放電活動增加而導致性能降低。由於纖維素紙對水具有強親附性（吸濕性），迫使充液變壓器製造商在將這些材料最後組裝至充液變壓器中之前需要耗費大量的時間以及能源來使這些材料乾燥。水分的存在會進一步加速纖維素分解且導致釋放出額外水成為分解產物。

【0004】 纖維素紙之其他主要缺點為其受限的熱穩定性。標準牛皮紙具有 105℃之耐熱等級，而經耐熱性升級之牛皮紙具有 120℃之

耐熱等級。用牛皮紙絕緣的充液變壓器之最高操作溫度係受限於牛皮紙之耐熱能力。

【發明內容】

【0005】 某些電氣絕緣應用所需要的材料必須具有較低的吸濕性以及較高的熱穩定性來達到在電氣設備應用上適合的性能。

【0006】 本發明之材料適用於對變壓器、電動機、發電機、以及需要絕緣電氣元件之其他裝置中之電氣元件進行絕緣。具體而言，此類材料為適合做為充油式變壓器以及其他充油式電氣元件的絕緣紙。

【0007】 本發明之至少一些實施例提供一種具有較低吸濕性的絕緣物件。本發明之至少一些實施例提供一種電氣絕緣紙，當與習知基於纖維素牛皮紙比較時，該電氣絕緣紙具有所需的吸濕性、熱穩定性、以及導熱度。

【0008】 本發明之至少一實施例提供一種物件，其包含無機填料、經完全水解的聚乙烯醇纖維、聚合物黏合劑、以及高表面積纖維。在另一態樣中，該物件經形成為非織造紙(nonwoven paper)。

【0009】 在另一態樣中，該無機填料包含以下之至少一者：高嶺土、滑石、雲母、碳酸鈣、二氧化矽、氧化鋁、三水合氧化鋁、蒙脫石、膨潤石、膨土、伊利石、綠泥石、海泡石、綠坡縷石、多水高嶺土、蛭石、合成鋰皂石、累托石、珍珠岩、氮化鋁、碳化矽、氮化硼、及其組合。

【0010】 在另一態樣中，該無機填料包含高嶺土。在一進一步態樣中，該高嶺土包含水洗高嶺土、剝層高嶺土、煅燒高嶺土、以及經表面處理之高嶺土之至少一者。

【0011】 在另一態樣中，該聚合物黏合劑包含基於乳膠之材料。在一進一步態樣中，該聚合物黏合劑包含丙烯酸、腈、以及苯乙烯丙烯酸乳膠之至少一者。

【0012】 在另一態樣中，該高表面積纖維包含玻璃微纖維(glass microfiber)。

【0013】 在另一態樣中，該物件包含自約 3%至約 20%的經完全水解之聚乙烯醇纖維。在一進一步態樣中，該物件包含自約 50%至約 85%的高嶺土、自約 7%至約 25%的聚合物黏合劑、以及自約 2%至約 10%的玻璃微纖維。百分率係以重量計。

【0014】 在另一態樣中，該物件係實質上無纖維素。

【0015】 在另一態樣中，該物件係非吸濕性。

【0016】 本發明之另一實施例提供一種用於電氣設備之絕緣系統，其中該絕緣系統包含前述之物件。該電氣設備包含變壓器、電動機、以及發電機之一者。在一態樣中，該電氣設備包含充液變壓器。

【0017】 本發明之另一實施例提供一種充油式變壓器，其包含具有經完全水解之聚乙烯醇纖維的電氣絕緣紙。在另一態樣中，該電氣絕緣紙進一步包含無機填料、聚合物黏合劑、以及高表面積纖維。在一進一步態樣中，該充油式變壓器包含約 3%至約 20%的經完全水解之聚乙烯醇纖維、自約 50%至約 85%的高嶺土、自約 7%至約 25%的

聚合物黏合劑、以及自約 2%至約 10%的玻璃微纖維，其中百分率係以重量計。在一進一步態樣中，該電氣絕緣紙係實質上無纖維素。

【0018】 如此說明書中所用：

「實質上無纖維素」意指含有少於 10 wt%的基於纖維素之材料，較佳地含有少於 5 wt%的基於纖維素之材料，更佳地僅含有微量的基於纖維素之材料，以及最佳地不含有任何基於纖維素之材料。

【0019】 「非吸濕性」意指在相對溼度 50%下含水量少於 5 wt%，更佳地在相對溼度 50%下含水量少於 1.5 wt%，且甚至更佳地在相對溼度 50%下含水量少於 1 wt%。

【0020】 本發明之以上發明內容並非意欲說明本發明各個所揭示實施例或是每一個實施方案。下文的實施方式對本發明之實施例進行更具體地說明。

【圖式簡單說明】

【0021】 以下將部分參照本發明中的非限制性實例並參照圖式來描述本發明，其中：

圖 1 為適用於如本發明之一態樣之電氣變壓器的絕緣系統之示意圖。

圖 2 為包含根據本發明之一態樣之絕緣紙與習知牛皮紙之間的乾燥時間的比較圖。

【0022】 雖然本發明可具有各種修改與替代形式，但已在圖式中以舉例方式顯示其中細節且將詳細描述。不過，應瞭解，並未意圖將本發明限制於所描述的具體實施例。相反地，本發明應涵蓋所有落於

如隨附申請專利範圍所定義的本發明之範疇內之修改例、均等例與替代例。

【實施方式】

【0023】 在下述的說明中，應了解可預期各式的其他實施例且熟習此項技術者可按照本說明書之教導對該等實施例修改而不偏離本發明之範圍或精神。因此，下文詳細說明不應視為限制本發明。

【0024】 除非另有指明，說明書及申請專利範圍中所用以表達特徵之尺寸、數量以及物理特性的所有數字，皆應理解為在所有情況下以「約（about）」一詞修飾之。因此，除非另有相反指示，在下述說明書以及隨附申請專利範圍中所提出的數值參數是約略值，其可依據所屬技術領域中具有通常知識者運用本文所揭示的教導所欲獲致之所要特性而有所不同。藉由端值表示的數值範圍包括該範圍內的所有數字（如，1 至 5 包括 1、1.5、2、2. 75、3、3.80、4 和 5）以及該範圍內的任何範圍。

【0025】 本發明之至少一實施例提供一種物件，其包含無機填料、經完全水解的聚乙烯醇纖維、聚合物黏合劑、以及高表面積纖維。該物件可經形成為用於電氣設備（諸如：變壓器、電動機、發電機）之絕緣紙。該物件可經形成為用於充液電氣設備（諸如：充液變壓器、充液電纜、以及充液開關設備）之絕緣紙。因此，絕緣系統以及電氣設備可為實質上不含纖維素。

【0026】 本發明之至少一些實施例提供一種電氣絕緣物件，其具有比習知基於纖維素牛皮紙更低的吸濕性、更高的熱穩定性、以及更高的導熱度。

【0027】 雖然基於纖維素牛皮紙已使用於充液變壓器工業許多年，習知的缺點有：高吸濕性、易受水解影響、以及受限的耐高溫能力。藉由免除該物件內之纖維素並且改用經完全水解之聚乙烯醇纖維，更具體而言，無機填料（諸如：高嶺土）、以及經完全水解之聚乙烯醇纖維之組合，展示一種比標準牛皮紙具有較低的吸濕性、較佳的水解穩定性、較高的熱穩定性、以及較高的導熱度之電氣絕緣紙。

【0028】 本文中所描述之用於充液變壓器的物件以及電氣絕緣紙可協助變壓器製造商縮減目前耗費大量時間與能源的乾燥循環，該乾燥循環係典型地於浸油之前實施以乾透利用習知牛皮紙絕緣之變壓器單元。取決於單元的設計以及尺寸，這些乾燥循環可能耗時達 12 小時至數天之久。進一步，牛皮纖維素紙不僅具有吸濕性，纖維素的老化以及實際的分解會產生水成為副產品，該水分會進一步降低變壓器油的絕緣品質。

【0029】 如上所述，電氣絕緣紙包含聚乙烯醇纖維。在一實例中，電氣絕緣紙包含佔其重量約 3%至約 20%的經完全水解之聚乙烯醇纖維。所謂「經完全水解」意指纖維含有少於 5%的未經水解之乙酸乙烯酯單元，因此水解程度至少為 95%。經完全水解之聚乙烯醇一般所具有之熔點為 230℃。更佳地，經完全水解之纖維具有高韌度（> 6 g/丹尼[DDD1]）。經完全水解、高韌度之聚乙烯醇纖維一般在室溫下為

不溶於水。具有低水解程度之聚乙烯醇纖維一般在室溫下可溶於水，且一般用做為黏結纖維。經部分水解之聚乙烯醇一般具有 180 至 190℃之熔點範圍。

【0030】 另外，電氣絕緣紙包含無機填料。在一態樣中，適用的無機填料包括（但不限於）高嶺土、滑石、雲母、碳酸鈣、二氧化矽、氧化鋁、三水合氧化鋁(alumina trihydrate)、蒙脫石、膨潤石、膨土、伊利石、綠泥石、海泡石、綠坡縷石、多水高嶺土、蛭石、合成鋰皂石，累托石、珍珠岩、氮化鋁、碳化矽、氮化硼、及其組合。無機填料也可經表面處理。適用的高嶺土類型包括（但不限於）水洗高嶺土；剝層高嶺土；煅燒高嶺土；以及經表面處理高嶺土。在一實例中，電氣絕緣紙包含佔其重量約 50%至約 85%的高嶺土。

【0031】 另外，電氣絕緣紙包含聚合物黏合劑。適合的聚合物黏合劑可包括基於乳膠之材料。在另一態樣中，適合的聚合物黏合劑可包括（但不限於）丙烯酸、腈、苯乙烯丙烯酸乳膠、瓜爾膠、澱粉、以及天然橡膠乳膠。在一實例中，電氣絕緣紙包含佔其重量約 7%至約 25%的聚合物黏合劑。

【0032】 另外，電氣絕緣紙包含高表面積纖維。在一實例中，電氣絕緣紙包含玻璃微纖維。在一實例中，電氣絕緣紙包含佔其重量約 2%至約 10%的玻璃微纖維。在此態樣中，高表面積纖維平均直徑約為 0.6 μm 或更少。高表面積纖維可用於在紙成形程序中協助排出混合物。

【0033】 在許多實施例中，電氣絕緣紙經形成為非織造紙。另外，非織造紙可自標準造紙程序形成。例如，可將配方成分混合於水中成為漿料、泵入圓筒造紙機(cylinder paper machine)、形成薄片、然後乾燥。非織造紙也可被壓延來產生高密度紙。

【0034】 所得為一種非織造、非吸濕性絕緣紙，其適用於電氣設備之內（例如用於充液變壓器內之絕緣系統）。電氣絕緣紙為可油飽和。

【0035】 例如，圖 1 展示本發明的另一態樣，用於充液變壓器之絕緣系統 10 的示意圖。在一例示性態樣中，變壓器包含充油式變壓器。絕緣系統 10 係展示為用於變壓器之繞組。

【0036】 在一例示性實施中，在絕緣系統 10 之中央區域具有繞組形狀 11。繞組形狀可經形成為一厚板絕緣，該厚板絕緣係由上述電氣絕緣紙所形成。第一低電壓繞組 12 環繞繞組形狀 11。繞組 12 包含一或多層經纏繞的導體，該導體藉由絕緣層（例如，一或多層絕緣紙，如上述的電氣絕緣紙）隔開。於第一低電壓繞組 12 周圍提供第一繞組間絕緣 13，並且第一繞組間絕緣 13 可由一或多層如上述之電氣絕緣紙所構成。第一高電壓繞組 14 環繞第一繞組間絕緣 13，第一高電壓繞組 14 包含一或多層經纏繞的導體，該導體藉由絕緣層（例如，一或多層絕緣紙，如上述之電氣絕緣紙）隔開。於第一高電壓繞組 14 周圍提供第二繞組間絕緣 15，並且第二繞組間絕緣 15 可由一或多層如上述之電氣絕緣紙所構成。第二低電壓繞組 16（以類似於上述之方式構成）可環繞第二繞組間絕緣 15。如所屬技術領域中具有通常知識

S

者能理解的，也可納入間隔物、管、帶、板以及其他習知的變壓器元件。這些額外的變壓器元件之一或多者也可由本文中描述之電氣絕緣紙所構成。整個總成可浸入油中（諸如：礦物油、矽酮油、天然或是合成酯油、或是其他習知的變壓器液體）。

【0037】 藉由利用在本文中所描述之電氣絕緣紙，變壓器可獲准用於更高的操作等級，且其可經設計以符合（例如）IEEE 標準 C57.154-2012。

【0038】 如以下實例中所展示的，移除纖維素以及基於纖維素之變壓器元件可顯著地縮短乾燥時間，並且允許更高的變壓器操作溫度。

實例

【0039】 以下所提供之實例以及比較例旨在幫助理解本發明，且不得為限制本發明範疇之解讀。除非另有說明，所有分數以及百分率均以重量計。下述試驗方法以及協定被使用於評估下述例證性實例以及比較性實例。

樣本製備：

【0040】 使用如下之本領域習知的方法製成例示性的電氣絕緣非織造紙：

將 6 wt%的微玻璃（B-04，生產自 Lauscha Fiber International）、64 wt%剝層高嶺土（HYDRAPRINT，生產自 KaMin, LLC, USA）、

13%聚(乙烯醇)纖維（經完全水解，1.8 丹尼× 6 mm，生產自 Minifibers Inc，USA）、以及 17 wt%丙烯酸乳膠（HYCAR 26362，生產自 Lubrizol Corp）之混合物分散於水中，以形成固體含量佔重量約 2%的漿料。然後將此漿料泵入圓筒造紙機，在其中水分被排出且在造紙濕氈之間以 300 磅/線性吋(54 kg/cm)壓力擠壓該紙。然後該紙被移入造紙機之加熱區段，並且透過在 250°F (121℃)下與蒸氣加熱之烘乾筒接觸加熱而進一步乾燥至含水量少於約 2%。經乾燥後之標準密度紙（實例 1）不壓延，所得密度約為 50 lb/ft^3 (800 kg/m^3)。經乾燥後之高密度紙（實例 2）係在鋼質壓延輥之間擠壓，所得密度約為 80 lb/ft^3 (1280 kg/m^3)。

【0041】 藉由在實驗室攪拌器中混合漿料、經過製紙篩網與壓機去除水分、並在實驗室手抄紙乾燥器中乾燥而製成實驗室手抄紙樣本。

【0042】 比較例 CE1 為基於纖維素之牛皮紙(EHV Weidmann，USA)並且如原樣地使用。

試驗方法

性質	測試方法	標題
介電強度	ASTM D149-09	固體電絕緣材料在商業電源頻率下的介電崩潰電壓和介電崩潰強度的標準試驗方法
具有絕緣油之相容性	ASTM D3455-11	具有石油來源之電氣絕緣油的建築材料之相容性的標準試驗方法
介電損失	ASTM D-150-11	固體電絕緣的 AC 損耗特性和電容率（介電常數）的標準試驗方法
介電常數	ASTM D-150-11	固體電絕緣的 AC 損耗特性和電容率（介電常數）的標準試驗方法
熱老化壽命曲線試驗	IEEE C57.100-2011	用於液浸式配電與電力變壓器之絕緣系統的熱評估之標準試驗程序
MD 抗拉強度	ASTM D-828-97 (2002)	使用恆定拉伸率設備之紙和紙板抗拉特性的標準試驗方法
CD 與 MD 撕裂強度	Tappi T-414 om-04	紙之內部抗撕裂度（Elmendorf 式方法）
CD 與 MD 剛性	Tappi T-543	紙之抗彎曲性（Gurley 式試驗機）

【0043】 藉由目視檢驗的方式判斷與樣本紙一同老化後之油顏色。賦予各樣本 1 至 7 之間的相對等級。等級 1 表示油為淡色，而等級 7 表示油為深色。

【0044】 使用經修改的 ASTM D5470-06 熱流計，根據下述程序測量樣本之導熱度。直徑為 2 in. (5 cm)且長度為約 3 in. (7.6 cm)之熱與冷測定棒配備 6 個均勻間隔之熱電偶，該等熱電偶之第一者與該等棒之間的介面相距 5.0 mm。該等棒係由黃銅構成，參考導熱度為 130 W/m-K。測定棒之接觸面係平行於約 5 微米內，並且在試驗期間施加於樣本之力約為 120N。在試驗期間藉由具有 2 微米標稱精度之數位式位移換能器測量樣本的厚度。

【0045】 當測定棒達到平衡時，數位式位移換能器被歸零。將絕緣紙樣本浸入玻璃瓶中之絕緣油，然後在室溫下的真空烘箱中於真空條件下予以脫氣。自油中取出經油飽和的絕緣紙樣本，並且放到下方測定棒之上。該油充當消除接觸熱阻之介面流體。閉合測定棒，並且施加法向力。在測試期間（典型地約 30 分鐘），測量通過測定棒之熱流以及樣本之厚度。通常約 10 分鐘之內會達到平衡狀態。

【0046】 然後由樣本之厚度(L)、測定棒之導熱度(k_m)、測定棒中之溫度梯度(dT/dx)、以及跨樣本之外推溫差(T_u - T_l)而計算樣本之導熱度(k)。

$$k = \frac{k_m(dT/dx)}{(T_u - T_l) / L}$$

結果

【0047】 表 1 展示在礦物油、天然酯植物油（ENVIROTEMP FR3，生產自 Cargill Inc.，USA）、以及空氣（無任何油）中，實例 1 與實例 2 的介電強度係類似於 CE1 之介電強度。

表 1：

	介電強度，V/mil		
	實例 1	**實例 2**	**CE1**
	標準密度	高密度	牛皮紙
礦物油	1343	1683	1450
FR3 油	1384	1477	1810
無油（在空氣中）	143	227	232

【0048】 絕緣紙也應相容於絕緣油，且其不應實質上降低油的絕緣品質。表 2 展示實驗紙以及比較性紙在 302℉ (150℃)下老化之後，絕緣油之介電損耗的量測值以及顏色。將絕緣紙樣本放入油中之前，其係以兩種方式調節：一組係在真空烤箱中乾燥，而另一組係在經控制在 23℃、50% RH 環境中調節 24 小時。然後將含有絕緣紙樣本之油瓶置入真空室中，並且保持在經升高的溫度下數小時以便讓油浸透該紙。結果顯示實驗紙之調節環境對於絕緣油之介電損耗影響甚微。然而，與本發明之絕緣紙一同老化的絕緣油具有較低的介電損耗，顯示其比與 CE1 一同老化之絕緣油有更佳的電氣絕緣性能。絕緣油品質另一個可資區別之特徵為絕緣油的顏色。與牛皮纖維素紙(CE1)一同老化之油明顯地較黑，顯示有較高程度的紙分解產物出現於油中。

表 2：

	介電損失			顏色		
	實例 1	實例 2	CE1	實例 1	實例 2	CE1
FR3 油	1. 7%	3.0%	5.8%	5	4	7
50% RH FR3 油	2.7%	2.1%	N/A	3	6	N/A
礦物油	1.2%	0.50%	1.0%	6	6	7
50% RH 礦物油	0.55%	0.37%	N/A	5	2	N/A

【0049】 表 3 與表 4 展示本發明之紙的介電損耗以及介電常數，在環境溫度以及經升高溫度下測量時，係類似於 CE1 在乾燥條件下老化之後的介電損耗以及介電常數。然而，試驗結果顯示，實例 1 與實例 2 在 23℃以及 50%相對溼度(RH)的條件下老化之後的介電特性，相較於 CE1 之介電特性更不易受到環境含水量的影響。由表 5 之結果亦

可顯然得知，實例 1 與實例 2 之吸水程度相較於 CE1 係為實質上較低的。標準密度紙（實例 1）以及高密度紙（實例 2）之吸水程度之間沒有統計上顯著的差異，並且兩者之吸水程度明顯地低於 CE1 之吸水程度。

表 3：

老化條件	介電損失@ 23℃			介電損失@ 100℃		
	實例 1	實例 2	CE1	實例 1	實例 2	CE1
未經飽和（無油），在 23℃/50% RH	5.3%	5.4%	41%	7.4%	8.4%	60%
未經飽和（無油），在乾燥真空烘箱內	2.9%	3.1%	1.0%	7.8%	8.8%	6.6%
經飽和於礦物油中，在乾燥真空烘箱內	1.5%	1.9%	0.96%	11%	13%	9.3%
經飽和於 FR3 油中，在乾燥真空烘箱內	1.7%	2.2%	1.0%	12%	13%	9.3%

表 4：

老化條件	介電常數 @ 23℃			介電常數 @ 100℃		
	實例 1	實例 2	CE1	實例 1	實例 2	CE1
未經飽和（無油），在 23℃/50% RH	1.80	2.78	4.85	2.16	3.54	4.93
未經飽和（無油），在乾燥真空烘箱內	1.91	2.88	2.42	2.34	3.67	2.91
經飽和於礦物油中，在乾燥真空烘箱內	2.78	3.55	3.31	3.95	4.88	4.28
經飽和於 FR3 油中，在乾燥真空烘箱內	3.35	3.87	3.89	4.5	5.34	4.58

S

表 5：

	含水量		
	實例 1	**實例 2**	**CE1**
50% RH	0.90%	0.90%	6.4%
65% RH	1.0%	1.0%	7.0%
95% RH	3.7%	3.7%	27%

【0050】 為展示絕緣紙中所存在水分可被移除之速率，將厚度約 95 mils (2.4 mm)之絕緣紙疊先於 95% RH 條件下調節達 20 小時，並且在溫度 115℃或是 150℃下予以乾燥。表 6 中之結果顯示本發明實例中的水分相較於 CE1 更快速地被移除。圖 2 亦繪示在 150℃下之試驗結果。

表 6：

	含水量（水分%）乾燥溫度= 115℃			含水量（水分%）乾燥溫度= 150℃		
乾燥時間，分鐘	實例 1	實例 2	CE1	實例 1	實例 2	CE1
0	2.4%	2.3%	12%	3.1%	2.6%	12%
1	1.8%	2.0%	11%	1.3%	1.9%	10%
2	1.4%	1.7%	10%	0.54%	1.4%	9.1%
3	1.0%	1.5%	9.2%	0.23%	1.1%	8.0%
4	0.76%	1.3%	8.5%	0.09%	0.78%	7.0%
5	0.57%	1.1%	7.9%	0.04%	0.58%	6.1%
6	0.42%	0.97%	7.3%	0.02%	0.43%	5.3%
7	0.32%	0.84%	6.7%	0.01%	0.32%	4.6%
8	0.24%	0.72%	6.2%	0%	0.23%	4.0%
10	0.13%	0.54%	5.3%	0%	0.13%	3.1%
12	0.08%	0.41%	4.5%		0.07%	2.4%
14	0.04%	0.30%	3.9%		0.04%	1.8%
16	0.02%	0.23%	3.3%		0.02%	1.4%
18	0.01%	0.17%	2.8%		0.01%	1.0%
20	0.01%	0.13%	2.4%		0.01%	0.79%
24	0.0%	0.07%	1.8%		0%	0.46%
30		0.03%	1.1%			0.20%
35			0.74%			0.10%
40			0.40%			0.05%
45			0.34%			
50			0.23%			
55			0.15%			
60			0.10%			

【0051】 熱老化壽命曲線試驗之結果係提供於表 7。在礦物油中於 190℃下老化達 700 小時之後，實例 1 展示絕佳的維持抗張強度(97%)。相較之下，CE1，於礦物油中在 180℃下老化之後，在 500 小時老化時間後已達 0%維持抗張強度，且在 235 小時老化時間後已達 50%維持抗張強度。（請注意，一般認為壽命終止之測試值係為達到 50%維持抗張強度的時間。）例示性之無纖維素電氣絕緣紙相較於

CE1 具有甚高的維持抗張強度，此顯示本發明之絕緣紙具有在更高的變壓器操作溫度下作用的可能性。

表 7：

	維持抗張強度			
老化時間，小時	實例 1 @ 190℃	實例 1 @ 205℃	CE1 @160℃	CE1 @180℃
0	100%	100%	100%	100%
97				75%
201				53%
297				42%
552		56%	67%	
672		49%	59%	
697	97%			
864			48%	

【0052】 表 8 總結說明性實例以及比較例的機械特性。實例 1 與實例 2 沿機器方向(machine direction，MD)以及橫向方向(cross direction，CD)之撕裂強度顯然可相當於 CE1 之撕裂強度。雖然實例 1 與實例 2 之抗張強度不如 CE1 高，但由變壓器製造商的線圈繞組試驗顯示，本發明紙的抗張強度足以耐受變壓器製造程序。利用實例 1 所製成的變壓器單元通過標準品質控制測試的要求。另外，在乾燥利用實例 1 所製成之變壓器單元之前與之後所執行的電阻測量顯示出可省略乾燥步驟。

【0053】 導熱度結果（也提供於表 8）顯示，當實例 1 與實例 2 經飽和於礦物油中時，兩者都展示較 CE1 更高的導熱度。

表 8：

	實例 1	實例 2	CE1
MD 抗張強度，lb/in	30	33	80
MD 撕裂強度，g	248	172	168
CD 撕裂強度，g	358	281	240
MD 剛性，mg	1032	534	1313
CD 剛性，mg	652	304	307
在礦物油內導熱度，W/m-K	0.261	0.333	0.24

【0054】 由獨立測試實驗室所進行之試驗已證實，實例 1 與實例 2 符合或優於詳載於 ASTM D3455-11：「具有石油來源之電氣絕緣油之施工材料之相容性的標準試驗方法(Standard Test Methods for Compatibility of Construction Material with Electrical Insulating Oil of Petroleum Origin)」之油相容性要求。

【0055】 雖然本文已針對說明較佳實施例之目的而例示並說明特定實施例，但所屬技術領域中具有通常知識者將了解，在不背離本發明之範疇之下，各種替代例及/或均等實施都可取代所示與所說明的特定實施例。本申請書旨在涵蓋本文所述之較佳實施例之任何調適或變化。因此，本發明顯然意欲僅受限於申請專利範圍及其均等範圍。

【符號說明】

【0056】

10...絕緣系統

11...繞組形狀

12...第一低電壓繞組

13...第一繞組間絕緣

14...第一高電壓繞組

15...第二繞組間絕緣

16...第二低電壓繞組

申請專利範圍

1. 一種物件，其包含：

   無機填料；

   經完全水解之聚乙烯醇纖維；

   聚合物黏合劑；以及

   高表面積纖維。

2. 如請求項 1 之物件，其經形成為非織造紙。

3. 如請求項 1 之物件，其中該無機填料包含以下之至少一者：高嶺土、滑石、雲母、碳酸鈣、二氧化矽、氧化鋁、三水合氧化鋁(alumina trihydrate)、蒙脫石、膨潤石、膨土、伊利石、綠泥石、海泡石、綠坡縷石、多水高嶺土、蛭石、合成鋰皂石、累托石、珍珠岩、氮化鋁、碳化矽、氮化硼、及其組合。

4. 如請求項 3 之物件，其中無機填料包含高嶺土。

5. 如請求項 4 之物件，其中該高嶺土包含水洗高嶺土、剝層高嶺土、煅燒高嶺土、以及經表面處理高嶺土之至少一者。

6. 如請求項 1 之物件，其中該聚合物黏合劑包含基於乳膠之材料。

7. 如請求項 1 之物件，其中該聚合物黏合劑包含丙烯酸、腈、以及苯乙烯丙烯酸乳膠之至少一者。

8. 如請求項 1 之物件，其中該等高表面積纖維包含玻璃微纖維。

9. 如請求項 1 至 8 之物件，其包含自約 3%至約 20%的經完全水解之聚乙烯醇纖維，其中該百分率係以重量計。

10. 如請求項 9 之物件，其包含：

    自約 50%至約 85%的高嶺土；

    自約 7%至約 25%的聚合物黏合劑；以及

    自約 2%至約 10%的玻璃微纖維，其中該百分率係以重量計。

11. 如請求項 1 之物件，其中該物件為實質上無纖維素。

12. 如請求項 1 之物件，其中該物件為非吸濕性。

13. 一種用於電氣設備之絕緣系統，其中該絕緣系統包含如請求項 1 之物件。

14. 如請求項 13 之絕緣系統，其中該電氣設備包含變壓器、電動機、以及發電機中之一者。

15. 如請求項 13 之絕緣系統，其中該電氣設備包含充液變壓器。

16. 一種充油式變壓器，其包含具有經完全水解之聚乙烯醇纖維之電氣絕緣紙。

17. 如請求項 16 之充油式變壓器，其中該電氣絕緣紙進一步包含無機填料、聚合物黏合劑、以及玻璃微纖維。

18. 如請求項 17 之充油式變壓器，其中該電氣絕緣紙進一步包含約 3%至約 20%的經完全水解之聚乙烯醇纖維、自約 50%至約 85%的高嶺土、自約 7%至約 25%的聚合物黏合劑、以及自約 2%至約 10%的玻璃微纖維，其中該百分率係以重量計。

19. 如請求項 16 之充油式變壓器，其中該電氣絕緣紙為實質上無纖維素。

圖式

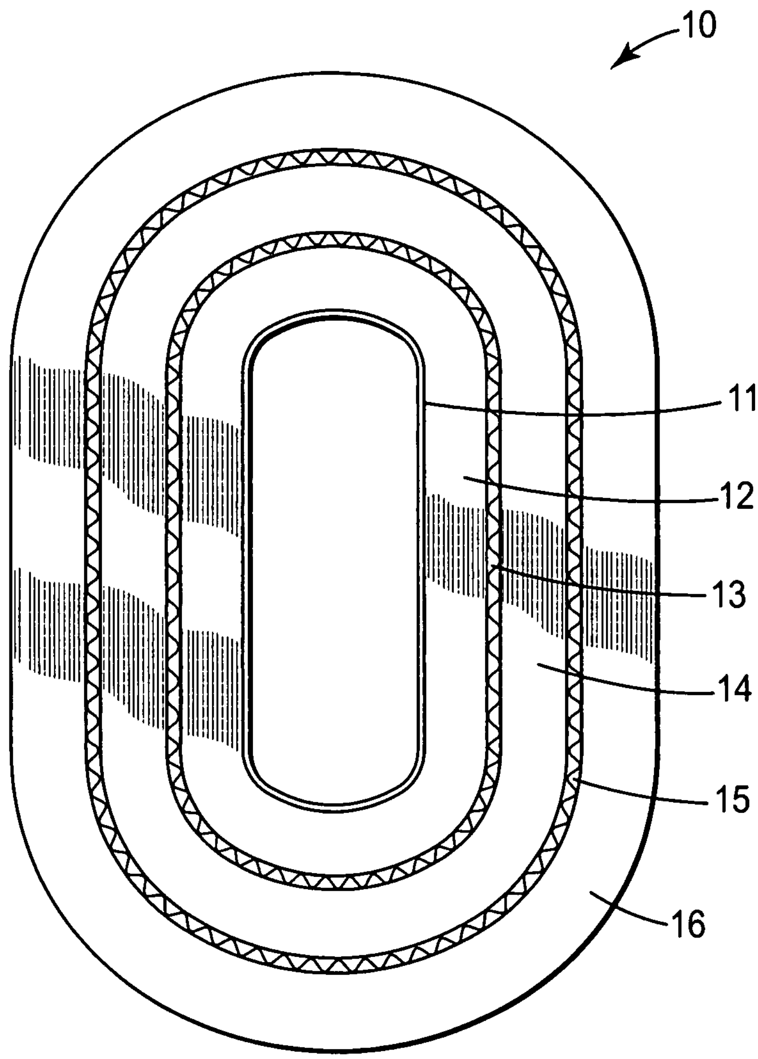

圖1

S

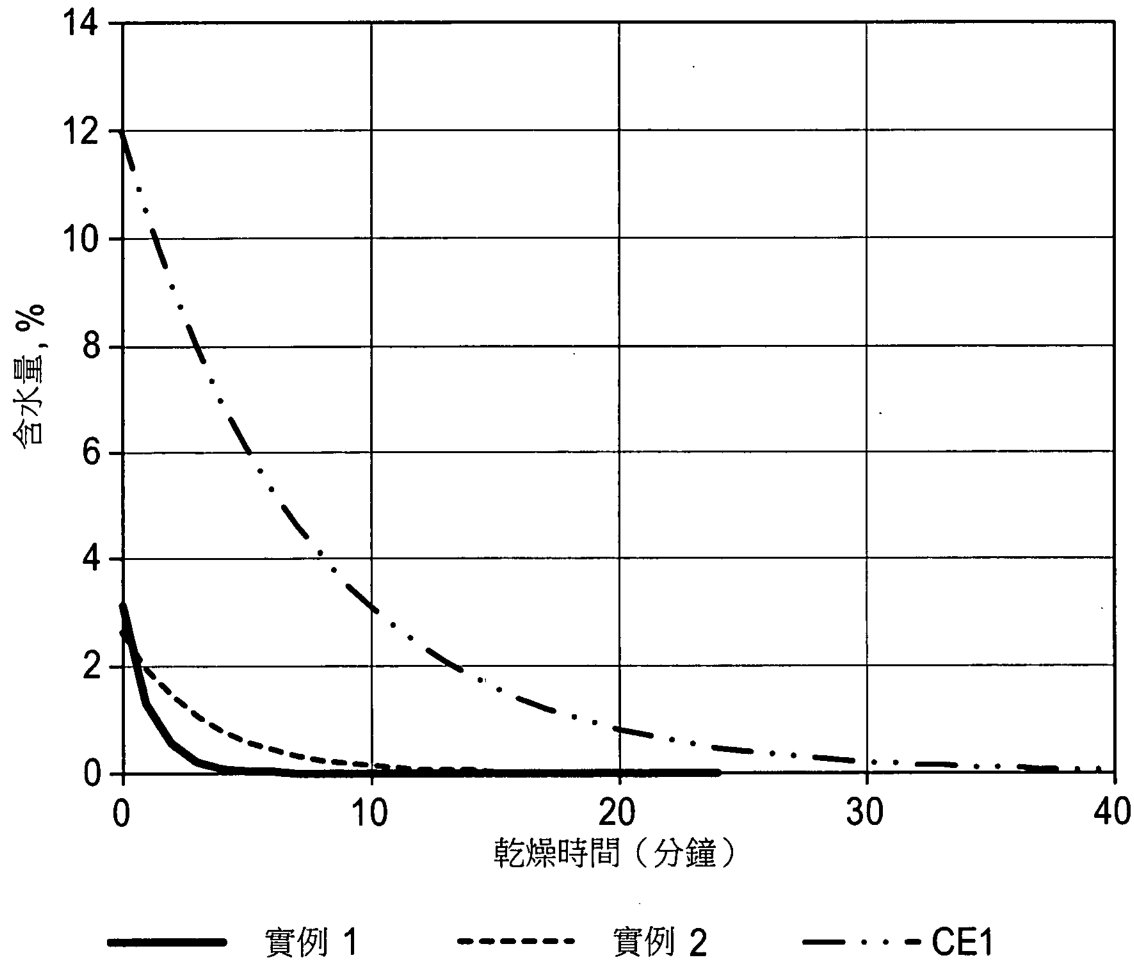

圖2