



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I523048 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 02 月 21 日

(21)申請案號：102108010

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 07 日

(51)Int. Cl. : H01B7/00 (2006.01)

H01B13/06 (2006.01)

(30)優先權：2012/03/07 日本

JP2012-051037

(71)申請人：古河電氣工業股份有限公司(日本) FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD. (JP)

日本

古河電磁線股份有限公司(日本) FURUKAWA MAGNET WIRE CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：武藤大介 MUTO, DAISUKE (JP)；大矢真 OYA, MAKOTO (JP)；仲聰志 NAKA, SATOSHI (JP)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

(56)參考文獻：

TW 200604267A

TW 200809878A

TW 200901232A

TW 201129990A

TW 201140620A

US 4000362

審查人員：徐新翰

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：2 共 25 頁

(54)名稱

絕緣線、電子/電氣機器及絕緣線之製造方法

(57)摘要

一種絕緣線，具有導體、發泡絕緣層、及發泡絕緣層外圍之未發泡的填充層，於上述填充層含有耐局部放電性物質。該絕緣線具備高局部放電起始電壓、耐局部放電性、耐熱性以及耐磨耗性(耐損傷性)全部。

指定代表圖：

符號簡單說明：

1 . . . 導體

2 . . . 發泡絕緣層

3 . . . 耐局部放電性物質

4 . . . 填充層

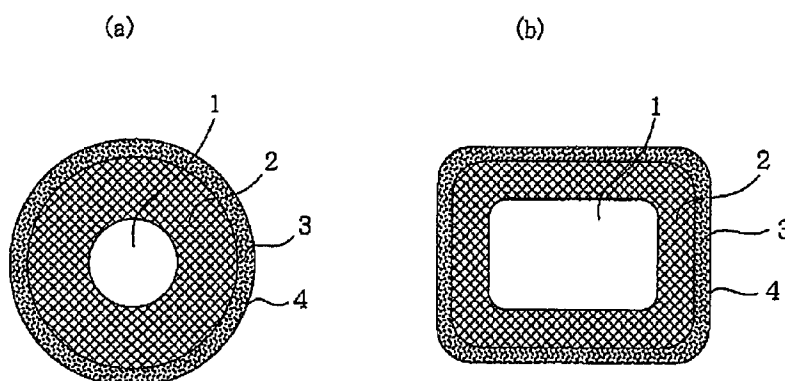


圖1

發明摘要

※ 申請案號：102108010

※ 申請日：102.3.7

※IPC 分類：H01B 7/00 (2006.01)

H01B 13/66 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

絕緣線、電子／電氣機器及絕緣線之製造方法

【中文】

一種絕緣線，具有導體、發泡絕緣層、及發泡絕緣層外圍之未發泡的填充層，於上述填充層含有耐局部放電性物質。該絕緣線具備高局部放電起始電壓、耐局部放電性、耐熱性以及耐磨耗性（耐損傷性）全部。

【英文】

無

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 1 導體
- 2 發泡絕緣層
- 3 耐局部放電性物質
- 4 填充層

【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】(中文/英文)

絕緣線、電子／電氣機器及絕緣線之製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種絕緣線、電氣機器及絕緣線之製造方法。

【先前技術】

【0002】 反相器係作為有效之可變速控制裝置而安裝於大量電氣機器中。然而，於數 kHz～數十 kHz 下進行切換，每一該等脈衝下產生突波電壓。此種反相器突波於傳播系統內之阻抗器之不連續點（例如連接之配線之始端或終端等）發生反射，其結果為最大時施加反相器輸出電壓之 2 倍電壓的現象。尤其是，藉由 IGBT 等高速切換元件產生之輸出脈衝其電壓梯度高，由此，即便連接纜線短，突波電壓亦高，進而由該連接纜線所致之電壓衰減亦較小，其結果為，產生反相器輸出電壓之近 2 倍之電壓。

【0003】 於反相器相關機器，例如高速切換元件、反相器馬達、變壓器等電氣機器線圈中，主要使用漆包線即絕緣線作為電磁線。因此，如上所述，反相器相關機器中，施加反相器輸出電壓之近 2 倍之電壓，故而開始對絕緣線要求使由反相器突波所引起之局部放電劣化成為最低限。

【0004】 通常，所謂局部放電劣化，係指因電氣絕緣材料之局部放電（存在微小空隙狀缺陷等之部分的放電）時產生之帶電粒子之碰撞所致的分子鏈切斷劣化、濺鍍劣化、因局部溫度上升所致之熱熔融或熱分解劣化、或者因放電時產生之臭氧所致之化學劣化等複雜地生成現象。實際之

局部放電時劣化之電氣絕緣材料可見其厚度減少等情況。

【0005】 為了防止此種因局部放電所致之絕緣線劣化，提出有藉由於絕緣皮膜摻合粒子而提高耐電暈放電性之絕緣線。例如，提出有：使絕緣皮膜中含有金屬氧化物微粒子或矽氧化物微粒子者（參照專利文獻 1）、或使絕緣皮膜中含有二氧化矽者（參照專利文獻 2）。該等絕緣電線係藉由含有粒子之絕緣皮膜而降低因電暈放電所致之侵蝕劣化。然而，該等具有含有粒子之絕緣皮膜之絕緣電線存在局部放電起始電壓降低或皮膜之可撓性降低的問題。

【0006】 亦有獲得不產生局部放電之絕緣線，即局部放電之產生電壓較高之絕緣線的方法。於此可考慮加厚絕緣線之絕緣層厚度、或者對絕緣層使用相對介電常數較低之樹脂等方法。

【0007】 然而，若加厚絕緣層則絕緣線變粗，其結果為，招致電氣機器之大型化。此種情況與近年來以馬達或變壓器為代表之電氣機器之小型化的要求相反。例如，具體而言，說是根據於定子槽中放入幾根電線而決定馬達等旋轉機之性能並不為過，其結果為，近年來要求使導體剖面面積相對於定子槽剖面面積之比率（占積率）尤高。因此，加厚絕緣層之厚度則占積率降低，若考慮要求性能則欠理想。

【0008】 另一方面，針對絕緣層之相對介電常數，常用作絕緣層之材料之樹脂大多數相對介電常數為 3~4 之間，並無相對介電常數特別低者。又，現實情況下，於考慮對絕緣層所要求之其他特性（耐熱性、耐溶劑性、可撓性等）之情形時，常常未必可選擇相對介電常數較低者。

【0009】 作為減小絕緣層之實際相對介電常數之方法，可考慮以發

泡體形成絕緣層，自先前起具有導體與發泡絕緣層之發泡電線已廣泛用作通信電線。先前，例如使聚乙烯等烯烴系樹脂或氟樹脂發泡所獲得之發泡電線已爲人熟知，且作爲此種發泡電線，例如，專利文獻 3 中記載有發泡而成之聚乙烯絕緣電線，專利文獻 4 中記載有發泡而成之氟樹脂絕緣電線，專利文獻 5 中對兩者均有記載。

然而，於如該等般之先前之發泡電線中，皮膜之耐熱溫度低，耐損傷性亦較差，故而於該方面尙未滿足。

【0010】

[專利文獻 1] 日本專利第 3496636 號公報

[專利文獻 2] 日本專利第 4584014 號公報

[專利文獻 3] 日本專利第 3299552 號公報

[專利文獻 4] 日本專利第 3276665 號公報

[專利文獻 5] 日本專利第 3457543 號公報

【發明內容】

【0011】 本發明係爲解決上述課題而完成者，其目的在於提供一種具備高局部放電起始電壓、耐局部放電性、耐熱性以及耐磨耗性（耐損傷性）全部的優異之絕緣線及其製造方法。進而其目的在於提供一種使用上述性能優異之絕緣線的電氣機器。

【0012】 本發明之課題係藉由下述手段解決。

(1) 一種絕緣線，具有導體、使熱硬化性樹脂發泡而成之發泡絕緣層、及發泡絕緣層外圍之未發泡的填充層，其特徵在於：於上述填充層含有相對於樹脂爲 30 質量%以下之耐局部放電性物質，上述發泡絕緣層厚度爲發

泡絕緣層厚度與填充層厚度之合計的 30%以上。

(2) 如(1)之絕緣線，其中，於上述發泡絕緣層之內圍具有填充層。

(3) 如(1)或(2)之絕緣線，其中，上述發泡絕緣層係使於內外圍或單側具有填充層之發泡層積層複數層而成。

(4) 如(2)或(3)之絕緣線，其中，於上述發泡絕緣層及／或內圍之填充層含有耐局部放電性物質。

(5) 如(1)至(4)中任一項之絕緣線，其中，上述耐局部放電性物質為二氧化鈦或二氧化矽。

(6) 如(1)至(5)中任一項之絕緣線，其中，上述發泡絕緣層及填充層由聚醯亞胺、聚醯胺亞醯胺中之任一者構成。

(7) 如(1)至(6)中任一項之絕緣線，其介電常數為 4 以下。

(8) 如(1)至(7)中任一項之絕緣線，其中，發泡絕緣層之平均氣泡直徑為 $5\mu\text{m}$ 以下。

(9) 一種絕緣線之製造方法，其係(1)至(8)中任一項之絕緣線的製造方法，係於導體上直接或隔著填充層塗佈並燒製熱硬化性樹脂之清漆，並於該熱硬化性樹脂之清漆的燒製步驟中發泡，藉此形成上述發泡絕緣層。

(10) 一種電子／電氣機器，其係將(1)至(8)中任一項之絕緣線用於馬達或變壓器而成。

【0013】 根據本發明，可提供一種耐局部放電性、局部放電起始電壓、可撓性、耐熱性優異之絕緣線。而且可製造如上所述之特性優異的絕緣線。

【0014】 本發明之上述及其他特徵及優點係適當參照附圖，並由下述記載而更加明確。

【圖式簡單說明】

【0015】

圖 1 (a) 係表示本發明之發泡電線一實施態樣的剖面圖，圖 1 (b) 係表示本發明之發泡電線另一實施態樣的剖面圖。

圖 2 (a) 係表示本發明之發泡電線進而另一實施態樣的剖面圖，圖 2 (b) 係表示本發明之發泡電線又一實施態樣的剖面圖。

【實施方式】

【0016】 以下，參照圖式對本發明之發泡電線之實施態樣進行說明。

剖面圖顯示於圖 1 (a) 中之本發明之絕緣線之一實施態樣係具有導體 1、被覆導體 1 之發泡絕緣層 2、及含有耐局部放電性物質 3 之填充層 4 而成。

剖面圖顯示於圖 1 (b) 中之本發明之絕緣線之另一實施態樣係使用剖面呈矩形者作為導體 1，除此以外基本與圖 1 (a) 相同，由於導體 1 之剖面呈矩形，故而發泡絕緣層 2、含有耐局部放電性物質 3 之填充層 4 之剖面亦為矩形。

剖面圖顯示於圖 2 (a) 中之本發明之絕緣線之進而另一實施態樣係於發泡絕緣層 2 之內側且導體 1 之外圍設置有填充層 25，除此以外與圖 1 (a) 相同。圖 2 (b) 所示之本發明之絕緣線之又一實施態樣係於發泡絕緣層 2 中與發泡絕緣層 2 呈同心圓狀地具有填充層 26 者，相當於將圖 2 (a) 之發

泡絕緣層 2 分割為複數層而積層之形態，該發泡絕緣層 2 設置於外圍設置有填充層 25 之導體 1 的外側。於本說明書中，所謂填充層係指不發泡之層。於以上各圖中相同符號表示相同者，不重複說明。

【0017】 若如此於發泡絕緣層之內外圍或單側具有填充層，則導體與絕緣層之密合性或機械強度提高，故而更佳。然而，於該情形時，為不妨礙降低相對介電常數之效果，發泡絕緣層厚度較佳為發泡絕緣層厚度與填充層厚度之合計的 30~90%。若發泡絕緣層厚度之比率過低，則耐局部放電性差，故而考慮該方面而規定其厚度之比率。

上述耐局部放電性物質係指其為難以受到局部放電劣化之絕緣材料，且具有藉由分散於電線之絕緣皮膜中而提高供電壽命特性之作用的物質。其例有氧化物（金屬或非金屬元素之氧化物）、氮化物、玻璃、雲母等，作為具體例，耐局部放電性物質 3 可使用二氧化矽、二氧化鈦、氧化鋁、鈦酸鋇、氧化鋅、氮化鎵等微粒子。更佳為二氧化矽、二氧化鈦。微粒子之 1 次粒子之粒徑較佳為 $1\mu\text{m}$ 以下，更佳為 500nm 以下。下限並無限制，通常為 1nm。

藉由將耐局部放電性物質之粒徑設為上述範圍，而具有電線之供電壽命提高之作用效果，若粒徑過大，則提高供電壽命之效果較小，而且絕緣皮膜之表面平滑性或可撓性惡化，若過小，則因凝集而難以獲得微細化之效果。

【0018】 發泡絕緣層之外圍之未發泡之填充層中的耐局部放電性物質之含量係根據其目標作用效果方面而決定。較佳為相對於構成填充層之樹脂為 30 質量%以下，更佳為 20~30 質量%。決定可獲得維持可撓性並

且耐局部放電性之提高較大此作用的含量。若耐局部放電性物質之含量過多，則產生絕緣皮膜之可撓性惡化之問題，若過少，則提高供電壽命之效果變小。

於上述發泡絕緣層之內圍亦可具有填充層，或者上述發泡絕緣層亦可由積層有複數層於內外圍或單側具有填充層之發泡層者構成。耐局部放電性物質可含於發泡絕緣層及／或發泡絕緣層之內圍之填充層中。即，可含於外圍之填充層及內圍之填充層中，亦可含於外圍之填充層及發泡絕緣層中，亦可含於外圍之填充層及內圍之填充層及發泡絕緣層之全部中。該情形時耐局部放電性物質之量於發泡絕緣層中，相對於樹脂較佳為 5～30%，於發泡絕緣層之內圍之填充層中，相對於樹脂較佳為 30 質量%以下、更佳為 20～30 質量%之範圍。於介電常數與可撓性方面，較佳為僅含於內圍與外圍之填充層中，於有效發揮耐局部放電性方面，尤佳為僅含於外圍之填充層中。

又，亦可對含有耐局部放電性物質之外圍之填充層之更外圍，即絕緣線之最外圍賦予不含耐局部放電性物質之填充層。如此構成者表面之平滑性較佳，滑動性優異。於該情形時，為了無損於耐局部放電性及介電常數之特性，最外圍之不含耐局部放電性物質之填充層之厚度較佳為整體厚度之 5～10%。

【0019】 上述導體 1 例如可由銅、銅合金、鋁、鋁合金或該等之組合等製作。導體 1 之截面形狀並無限定，可應用圓形、矩形（平角）等。

【0020】 發泡絕緣層 2 較佳為形成為清漆狀者以使其塗佈並燒製於導體上而可形成絕緣皮膜。例如，可使用聚醚醯亞胺（PEI）、聚醚砜（PES）、

聚醯亞胺 (PI)、聚醯胺亞醯胺 (PAI) 等。更佳為耐溶劑性優異之聚醯亞胺 (PI)、聚醯胺亞醯胺 (PAI)。再者，使用之樹脂可單獨使用 1 種，亦可將 2 種以上混合使用。

【0021】 發泡絕緣層 2 可藉由如下方式而獲得：將絕緣清漆塗佈於導體周圍並進行燒製，該絕緣清漆混合有含有清漆之主要溶劑成分即有機溶劑與至少 1 種高沸點溶劑的 2 種或 3 種以上之溶劑（如下所述溶解熱硬化性樹脂之有機溶劑、作為高沸點溶劑之氣泡成核劑、及發泡劑之 3 種，然而，於高沸點溶劑發揮氣泡成核劑與發泡劑兩者之作用之情形時為 2 種）。清漆之塗佈可於導體上直接塗佈，亦可於其間隔著其他樹脂層而進行。

發泡絕緣層 2 可藉由將混合有含有特定之有機溶劑與至少 1 種高沸點溶劑的 3 種以上之溶劑的絕緣清漆塗佈於導體周圍並進行燒製而獲得。清漆之塗佈可於導體上直接塗佈，亦可於其間隔著其他樹脂層而進行。

【0022】 上述有機溶劑係作為使熱硬化性樹脂溶解之溶劑而發揮作用。作為該有機溶劑，只要不阻礙熱硬化性樹脂之反應則並無特別限制，例如可列舉：N-甲基-2-吡咯啉酮 (NMP)、N,N-二甲基乙醯胺 (DMAC)、N,N-二甲基甲醯胺等醯胺系溶劑；N,N-二甲基乙脲、N,N-二甲基丙脲、四甲基脲等脲系溶劑； γ -丁內酯、 γ -己內酯等內酯系溶劑；碳酸丙二酯等碳酸酯系溶劑；甲基乙基酮、甲基異丁基酮、環己酮等酮系溶劑；乙酸乙酯、乙酸正丁酯、乙酸丁基賽路蘇、丁基卡必醇乙酸酯、乙酸乙基賽路蘇、乙基卡必醇乙酸酯等酯系溶劑；二乙二醇二甲醚、三乙二醇二甲醚、四乙二醇二甲醚等乙二醇二甲醚系溶劑；甲苯、二甲苯、環己烷等烴系溶劑；環丁砜等砜系溶劑等。於該等之中，就高溶解性、高

反應促進性等方面而言，較佳為醯胺系溶劑、脲系溶劑，就不具有容易阻礙加熱所致之交聯反應的氫原子等方面而言，更佳為 N-甲基-2-吡咯啉酮、N,N-二甲基乙醯胺、N,N-二甲基乙烯脲、N,N-二甲基丙烯脲、四甲基脲，尤佳為 N-甲基-2-吡咯啉酮。該有機溶劑之沸點較佳為 160℃～250℃，更佳為 165℃～210℃。

【0023】 可用於氣泡形成用之高沸點溶劑的沸點較佳為 180℃～300℃，更佳為 210℃～260℃。具體而言，可使用：二乙二醇二甲醚、三乙二醇二甲醚、二乙二醇二丁醚、四乙二醇二甲醚、四乙二醇單甲醚等。於氣泡直徑之不均較小方面，更佳為三乙二醇二甲醚。可使用：二乙二醇二甲醚、二丙二醇二甲醚、二乙二醇乙基甲基醚、二丙二醇單甲醚、二乙二醇二乙醚、二乙二醇單甲醚、二乙二醇丁基甲基醚、三丙二醇二甲醚、三乙二醇二甲醚、二乙二醇單丁醚、乙二醇單苯醚、三乙二醇單甲醚、二乙二醇二丁醚、三乙二醇丁基甲基醚、聚乙二醇二甲醚、四乙二醇二甲醚、聚乙二醇單甲醚、丙二醇單甲醚等。於上述之中，四乙二醇二甲醚、二乙二醇二丁醚、三乙二醇二甲醚、二乙二醇二乙醚、三乙二醇單甲醚等作為氣泡成核劑較佳。高沸點溶劑之至少 2 種之較佳之組合為：四乙二醇二甲醚與二乙二醇二丁醚、二乙二醇二丁醚與三乙二醇二甲醚、三乙二醇單甲醚與四乙二醇二甲醚、三乙二醇丁基甲基醚與四乙二醇二甲醚，更佳為包含二乙二醇二丁醚與三乙二醇二甲醚、三乙二醇單甲醚與四乙二醇二甲醚之組合者。

氣泡形成用之高沸點溶劑之沸點必需高於使熱硬化性樹脂溶解之有機溶劑，於添加 1 種至清漆中之情形時，較佳為比使熱硬化性樹脂溶解之有

機溶劑高 10℃ 以上。又，可知於使用 1 種之情形時高沸點溶劑具有氣泡成核劑與發泡劑兩者之作用。另一方面，於使用 2 種以上高沸點溶劑之情形時，沸點最高者作為發泡劑而發揮作用，具有使熱硬化性樹脂溶解之有機溶劑與沸點最高之高沸點溶劑中間之沸點的氣泡形成用高沸點溶劑作為氣泡成核劑而發揮作用。沸點最高之溶劑較佳為比熱硬化性樹脂之溶劑高 20℃ 以上，更佳為高 30~50℃。具有中間沸點之氣泡形成用高沸點溶劑只要於作為發泡劑而發揮作用之溶劑之沸點與熱硬化性樹脂之溶劑的中間具有沸點即可，較佳為與發泡劑之沸點具有 10℃ 以上之沸點差。於具有中間沸點之氣泡形成用高沸點溶劑其熱硬化性之溶解度比作為發泡劑而發揮作用之溶劑高之情形時，在清漆燒製後可形成均勻之氣泡。

【0024】 於本發明中，於不對特性造成影響之範圍內，亦可於獲得發泡絕緣層之原料中摻合氣泡化成核劑、抗氧化劑、抗靜電劑、紫外線抑制劑、光穩定劑、螢光增白劑、顏料、染料、相容劑、潤滑劑、強化劑、難燃劑、交聯劑、交聯助劑、塑化劑、增黏劑、減黏劑、及彈性體等各種添加劑。又，對所獲得之絕緣線可積層由含有該等添加劑之樹脂構成之層，亦可塗佈含有該等添加劑之塗料。

【0025】 於所獲得之絕緣線中，為獲得局部放電發生電壓提高之效果，絕緣線有效之相對介電常數較佳為 4.0 以下，進而較佳為 3.0 以下。相對介電常數之下限並無限制，較佳為 1.5 以上。相對介電常數可使用市售之測定器進行測定。關於測定溫度及測定頻率，可視需要進行變更，但於本說明書中只要無特別記載，則將測定溫度設為 25℃，將測定頻率設為 50Hz 進行測定。

【0026】 為實現必需之相對介電常數，發泡絕緣層 2 之發泡倍率較佳為 1.2 倍以上，更佳為 1.4 倍以上。發泡倍率之上限並無限制，通常較佳為設為 5.0 倍以下。發泡倍率係利用水中置換法測定為發泡而被覆之樹脂之密度 (ρ_f) 及發泡前之密度 (ρ_s)，並藉由 (ρ_s / ρ_f) 算出。

【0027】 發泡絕緣層 2 將平均氣泡直徑設為 $5\mu m$ 以下，較佳為 $3\mu m$ 以下，進而較佳為 $1\mu m$ 以下。若超過 $5\mu m$ ，則絕緣破壞電壓降低，藉由設為 $5\mu m$ 以下而可良好地維持絕緣破壞電壓。進而，藉由設為 $3\mu m$ 以下而可更確實地保持絕緣破壞電壓。平均氣泡直徑之下限並無限制， $1nm$ 以上較實際而較佳。發泡絕緣層 2 之厚度並無限制， $10\sim 200\mu m$ 較實際而較佳。

【0028】 耐局部放電性物質 3 可使用二氧化矽、二氧化鈦、氧化鋁、鈦酸鋇、氧化鋅、氮化鎵等微粒子。更佳為二氧化矽、二氧化鈦。微粒子之粒徑較佳為 $1\mu m$ 以下，更佳為 $500nm$ 以下。

【0029】 填充層 4 於本發明中係指不發泡之層。為提高耐局部放電性而於絕緣皮膜之最外層含有耐局部放電性物質 3。此外之填充層中可含有耐局部放電性物質，亦可為全層含有耐局部放電性物質。

[實施例]

【0030】 繼而，基於實施例進一步詳細說明本發明，但此並不限制本發明。再者，下述之例中，表示組成之%係指質量%。

【0031】 以如下方式製作實施例、比較例之絕緣線。用於發泡絕緣層之聚醯胺亞醯胺清漆係藉由如下方式而獲得：於 2L 容積可分離燒瓶中放入 HI-406 (樹脂成分 32 質量%之 NMP 溶液) (商品名，日立化成公司製

造) 1000g，並於該溶液中添加三乙二醇單甲醚 100g 與四乙二醇二甲醚 150g 作為氣泡形成劑。用於填充層之聚醯胺亞醯胺清漆係使用 1000g HI-406。該聚醯胺亞醯胺清漆 1000g 係使用 NMP 作為溶劑製成 30 質量%樹脂溶液使用。

用於發泡絕緣層之聚醯亞胺清漆係藉由在 2L 容積可分離燒瓶中放入 U Imide(樹脂成分 25 質量%之 NMP 溶液)(Unitika 公司製造之商品名)1000g，並添加 NMP 75g、DMAC 150g、四乙二醇二甲醚 200g 作為溶劑而獲得。用於填充層之聚醯亞胺清漆係使用 U Imide，於該樹脂 1000g 中添加 DMAC 250g 作為溶劑進行製備。

將所獲得之各絕緣清漆塗佈於 1mm ϕ 之銅導體上，以爐溫 520℃進行燒製，獲得膜厚 26~29 μm 之絕緣線。對所獲得之絕緣線評價尺寸、介電常數、局部放電起始電壓、供電壽命、耐熱性、可撓性。

【0032】 (實施例 1)

獲得由發泡聚醯胺亞醯胺層(厚度 18 μm)、聚醯胺亞醯胺之內部填充層(4 μm)、以及聚醯胺亞醯胺中含有 20%之二氧化矽(粒徑 15nm)之外側填充層(4 μm)構成之絕緣線(參照圖 2(a))。氣泡直徑為 4 μm 。

【0033】 (實施例 2)

獲得由發泡聚醯胺亞醯胺層(厚度 18 μm)、聚醯胺亞醯胺之內部填充層(4 μm)、以及聚醯胺亞醯胺中含有 20%之二氧化鈦(粒徑 15nm)之外側填充層(5 μm)構成之絕緣線(參照圖 2(a))。氣泡直徑為 4 μm 。

【0034】 (實施例 3)

獲得由發泡聚醯胺亞醯胺層(厚度 18 μm)、聚醯胺亞醯胺之內部填充

層 ($4\mu\text{m}$)、以及聚醯胺亞醯胺中含有 30%之二氧化鈦 (粒徑 15nm) 之外側填充層 ($4\mu\text{m}$) 構成之絕緣線 (參照圖 2 (a))。氣泡直徑為 $4\mu\text{m}$ 。

【0035】 (實施例 4)

獲得由發泡聚醯胺亞醯胺層 (厚度 $10\mu\text{m}$)、聚醯胺亞醯胺之內部填充層 ($4\mu\text{m}$)、以及聚醯胺亞醯胺中含有 30%之二氧化鈦 (粒徑 15nm) 之外側填充層 ($15\mu\text{m}$) 構成之絕緣線 (參照圖 2 (a))。氣泡直徑為 $4\mu\text{m}$ 。

【0036】 (實施例 5)

獲得由發泡聚醯亞胺層 (厚度 $17\mu\text{m}$)、聚醯亞胺之內部填充層 ($4\mu\text{m}$)、以及聚醯胺亞醯胺中含有 30%之二氧化鈦 (粒徑 15nm) 之外側填充層 ($5\mu\text{m}$) 構成之絕緣線 (參照圖 2 (a))。氣泡直徑為 $2\mu\text{m}$ 。

【0037】 (實施例 6)

獲得由發泡聚醯胺亞醯胺層 (厚度 $20\mu\text{m}$)、聚醯胺亞醯胺中含有 30%之二氧化鈦 (粒徑 15nm) 之內部填充層 ($4\mu\text{m}$)、以及外側填充層 ($6\mu\text{m}$) 構成之絕緣線 (參照圖 2 (a))。氣泡直徑為 $4\mu\text{m}$ 。

【0038】 (實施例 7)

獲得由含有 30%之二氧化鈦 (粒徑 15nm) 之發泡聚醯胺亞醯胺層 (厚度 $20\mu\text{m}$)、相同地含有 30%之二氧化鈦 (粒徑 15nm) 之聚醯胺亞醯胺之內部填充層 ($4\mu\text{m}$)、以及外側填充層 ($6\mu\text{m}$) 構成之絕緣線 (參照圖 2 (a))。氣泡直徑為 $4\mu\text{m}$ 。

【0039】 (比較例 1)

獲得由聚醯胺亞醯胺層 ($26\mu\text{m}$) 構成之絕緣線。

【0040】 (比較例 2)

獲得由含有 30%之二氧化矽（粒徑 15nm）之聚醯胺亞醯胺層（ $27\mu\text{m}$ ）構成之絕緣線。

【0041】 （比較例 3）

獲得由含有 30%之二氧化鈦（粒徑 15nm）之聚醯胺亞醯胺層（ $28\mu\text{m}$ ）構成之絕緣線。

【0042】 （比較例 4）

獲得由發泡聚醯胺亞醯胺層（厚度 $18\mu\text{m}$ ）、聚醯胺亞醯胺之內部填充層（ $5\mu\text{m}$ ）、以及聚醯胺亞醯胺之外側填充層（ $4\mu\text{m}$ ）構成之絕緣線。

【0043】 （比較例 5）

獲得由發泡聚醯胺亞醯胺層（厚度 $19\mu\text{m}$ ）、聚醯胺亞醯胺之內部填充層（ $4\mu\text{m}$ ）、以及聚醯胺亞醯胺中含有 40%之二氧化鈦（粒徑 15nm）之外側填充層（ $4\mu\text{m}$ ）構成之絕緣線。氣泡直徑為 $4\mu\text{m}$ 。

【0044】 （比較例 6）

獲得由發泡聚醯胺亞醯胺層（厚度 $5\mu\text{m}$ ）、聚醯胺亞醯胺之內部填充層（ $4\mu\text{m}$ ）、以及聚醯胺亞醯胺中含有 30%之二氧化鈦（粒徑 15nm）之外側填充層（ $20\mu\text{m}$ ）構成之絕緣線。氣泡直徑為 $4\mu\text{m}$ 。

【0045】 將實施例 1~5 及比較例 1~6 中所獲得之絕緣線之構成、物性與評價試驗結果示於表 1、表 2。

評價方法係如下所述。

【0046】 [發泡絕緣層之厚度及平均氣泡直徑]

發泡絕緣層之厚度及平均氣泡直徑係藉由利用掃描電子顯微鏡（SEM）觀測發泡電線之剖面而求出。若對平均氣泡直徑進一步具體說明，則測定

自以 SEM 觀察之剖面任意選擇之 20 個氣泡之直徑，並求出其等之平均值。

【0047】 [空隙率]

空隙率係利用水中置換法測定發泡電線之密度 (ρ_f) 及發泡前之密度 (ρ_s)，並藉由 (ρ_f / ρ_s) 算出。

【0048】 [相對介電常數]

相對介電常數係測定發泡電線之靜電電容並算出由靜電電容與發泡絕緣層之厚度所獲得之相對介電常數。於靜電電容之測定中，使用 LCR HiTESTER (日置電機股份有限公司製造，型式 3532-50)。

【0049】 [局部放電發生電壓]

製作使 2 根電線呈麻花狀地撚合而成之試驗片，於各個導體間施加正弦波 50Hz 之交流電壓，一面連續升壓一面測定放電電荷量為 10pC 時之電壓 (有效值)。測定溫度設為常溫。於局部放電發生電壓之測定中使用局部放電試驗機 (菊水電子工業製造，KPD2050)。

【0050】 [供電壽命]

撚合 2 根電線，於各個導體間施加正弦波 10kHz-1kVp 之交流電壓，測定直至進行絕緣破壞為止之時間。測定溫度設為常溫。將直至絕緣破壞為止之時間為 100 分鐘以上設為合格。

◎：1000 分鐘以上

○：100 分鐘以上、未達 1000 分鐘

×：未達 100 分鐘

【0051】 [耐熱性]

將電線於 200℃ 之高溫槽中放置 500 小時，以目視檢查皮膜有無龜裂。

○：無龜裂

x：有龜裂

【0052】 [可撓性]

於各電線自身之周圍以線與線接觸之方式緊密捲繞 10 次，以目視檢查此時之皮膜有無龜裂。

○：無龜裂

x：有龜裂

[粒徑]

粒徑係藉由利用掃描電子顯微鏡（SEM）觀測而求出。測定任意選擇之 20 個 1 次粒子之直徑，並定義為其等之平均值。

[氣泡直徑]

平均氣泡直徑係藉由利用掃描電子顯微鏡（SEM）觀測發泡層之剖面而求出。若對平均氣泡直徑進一步具體說明，則測定自以 SEM 觀察之剖面任意選擇之 20 個氣泡於絕緣層之厚度方向上的長度，並定義為其等之平均值。

[燒製條件]

【0053】 各實施例、比較例之發泡絕緣層、填充層之燒製溫度係如下述表 1、2 中所彙總。

【0054】

[表 1]

	實施例 1	實施例 2	實施例 3	實施例 4	實施例 5	實施例 6	實施例 7
發泡絕緣層之有無	有	有	有	有	有	有	有
絕緣材質	PAI	PAI	PAI	PAI	PI	PAI	PAI
耐局部放電性材料	二氧化矽	二氧化鈦	二氧化鈦	二氧化鈦	二氧化鈦	二氧化鈦	二氧化鈦
上述之含量[%]	20	20	30	30	30	30	30
含有上述之層	外側	外側	外側	外側	外側	外側、內側	外側、內側發泡絕緣層
絕緣皮膜之厚度[μm]	26	27	26	29	26	30	30
發泡絕緣層之厚度[μm]	18	18	18	10	17	20	20
內側填充層之厚度[μm]	4	4	4	4	4	4	4
外側填充層之厚度[μm]	4	5	4	15	5	6	6
發泡絕緣層之厚度之比率[%]	69	67	69	34	66	67	67
平均氣泡直徑[μm]	4	4	4	4	2	4	4
空隙率[%]	42	40	42	21	39	40	40
相對介電常數	2.3	2.4	2.4	3.5	2.3	2.5	2.6
局部放電起始電壓[Vrms]	670	670	660	600	690	700	690
供電壽命[分鐘]	○	○	○	◎	○	◎	◎
耐熱性	○	○	○	○	○	○	○
可撓性	○	○	○	○	○	○	○

PAI：聚醯胺亞醯胺

PI：聚醯亞胺

【0055】

[表 2]

	比較例 1	比較例 2	比較例 3	比較例 4	比較例 5	比較例 6
發泡絕緣層之有無	無	無	無	有	有	有
絕緣材質	PAI	PAI	PAI	PAI	PAI	PAI
耐局部放電性材料	無	二氧化矽	二氧化鈦	無	二氧化鈦	二氧化鈦
上述之含量[%]	0	30	30	0	40	30
含有上述之層	—	26	全層	—	外層	外層
絕緣皮膜之厚度[μm]	26	27	28	27	27	29
發泡絕緣層之厚度[μm]	無	無	無	5	19	4
內側填充層之厚度[μm]	無	無	無	18	4	5
外側填充層之厚度[μm]	無	無	無	4	4	20
發泡絕緣層之厚度之比率[%]	—	—	—	67	67	17
平均氣泡直徑[μm]	—	—	—	4	4	4
空隙率[%]	0	0	0	40	42	45
相對介電常數	4.2	4.3	6.5	2.3	2.3	4.5
局部放電起始電壓[Vrms]	540	540	450	700	690	520
供電壽命[分鐘]	×	◎	◎	×	◎	◎
耐熱性	○	○	○	○	○	○
可撓性	○	○	○	○	×	○

【0056】 根據表 1 可知，具有發泡絕緣層與其外圍之含有耐局部放電性物質之填充層的實施例 1~4 之漆包線可見發泡所致之相對介電常數之降低與局部放電起始電壓之提高，又，供電壽命、耐熱性、可撓性良好。

又，關於在內圍與外圍具有含有耐局部放電性物質之填充層的實施例 6、及於內圍與外圍之填充層及發泡絕緣層中均含有耐局部放電性物質的實施例 7 之漆包線，亦同樣地可見發泡所致之相對介電常數之降低與局部放電起始電壓之提高，又，供電壽命、耐熱性、可撓性良好。

● 【0057】 另一方面，根據表 2 可知，不具有發泡絕緣層與含耐局部放電物質之填充層的比較例 1 係局部放電起始電壓、供電壽命較差。具有含耐局部放電物質之填充層但不具有發泡絕緣層的比較例 2~3 係局部放電起始電壓較差。具有發泡絕緣層但不具有含耐局部放電物質之填充層的比較例 4 係供電壽命較差。具有發泡絕緣層與含耐局部放電物質之填充層但耐局部放電物質之含量為 40%的比較例 5 係可撓性較差。具有發泡絕緣層與含耐局部放電物質之填充層但發泡絕緣層之比率以層之厚度計為 17%的比較例 6 係局部放電起始電壓較差。

● 【0058】 本發明之絕緣線為如圖 1 及圖 2 中剖面圖所示般之剖面。

實施例 1~5 為於發泡絕緣層之內側及外側具有填充層、如圖 2 (a) 中剖面圖所示般之剖面。相對於該等，本發明之發泡電線亦可如圖 1 (a) 中剖面圖所示般使用無內側填充層之情形，或者如圖 1 (b) 中剖面圖所示般使用矩形之導體。

【0059】 本發明可不限定於上述實施態樣而於本發明之技術性事項之範圍內進行各種變更。

[產業上之可利用性]

【0060】 本發明可用於以汽車爲首之各種電氣／電子機器等需要耐電壓性或耐熱性的領域。本發明之絕緣線可提供用於馬達或變壓器等中之高性能之電氣／電子機器。尤其是較佳地用作 HV（油電混合車）或 EV（電動汽車）之驅動馬達用之繞線。

【0061】 雖說明本發明與其實施態樣，但只要本發明沒有特別指定，則即使在說明本發明之任一細部中，皆非用以限定本發明，且只要在不違反本案申請專利範圍所示之發明精神與範圍下，應作最大範圍的解釋。

【0062】 本案主張基於 2012 年 3 月 7 日於日本提出申請之特願 2012-51037 之優先權，本發明係參照此申請案並將其內容加入作爲本說明書記載之一部份。

【符號說明】

【0063】

- 1 導體
- 2 發泡絕緣層
- 3 耐局部放電性物質
- 4 填充層
- 25 填充層
- 26 填充層

申請專利範圍

1. 一種絕緣線，具有導體、使熱硬化性樹脂發泡而成之發泡絕緣層、及發泡絕緣層外圍之未發泡的填充層，其特徵在於：於該填充層含有相對於樹脂為 30 質量%以下之耐局部放電性物質之微粒子，該發泡絕緣層厚度為發泡絕緣層厚度與填充層厚度之合計的 30%以上。
2. 如申請專利範圍第 1 項之絕緣線，其中，於該發泡絕緣層之內圍具有填充層。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之絕緣線，其中，該發泡絕緣層係使於內外圍或單側具有填充層之發泡層積層複數層而成。
4. 如申請專利範圍第 2 項之絕緣線，其中，於該外圍填充層及該內圍填充層，或該外圍填充層及該發泡絕緣層，或該外圍填充層及該發泡絕緣層及該內圍填充層含有耐局部放電性物質之微粒子。
5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之絕緣線，其中，該耐局部放電性物質為二氧化鈦或二氧化矽。
6. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之絕緣線，其中，該發泡絕緣層及填充層係由聚醯亞胺、聚醯胺亞醯胺中之任一者構成。
7. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之絕緣線，其中，由發泡絕緣層與填充層所構成之層的介電常數為 4 以下。
8. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之絕緣線，其中，發泡絕緣層之平均氣泡直徑為 $5\mu\text{m}$ 以下。
9. 一種絕緣線之製造方法，其係申請專利範圍第 1 或 2 項之絕緣線的製造方法，係於導體上直接或隔著填充層塗佈並燒製熱硬化性樹脂之清漆，

於該熱硬化性樹脂之清漆的燒製步驟中發泡，藉此形成該發泡絕緣層。

- 10.一種電子／電氣機器，其係將申請專利範圍第 1 或 2 項之絕緣線用於馬達或變壓器而成。

圖式

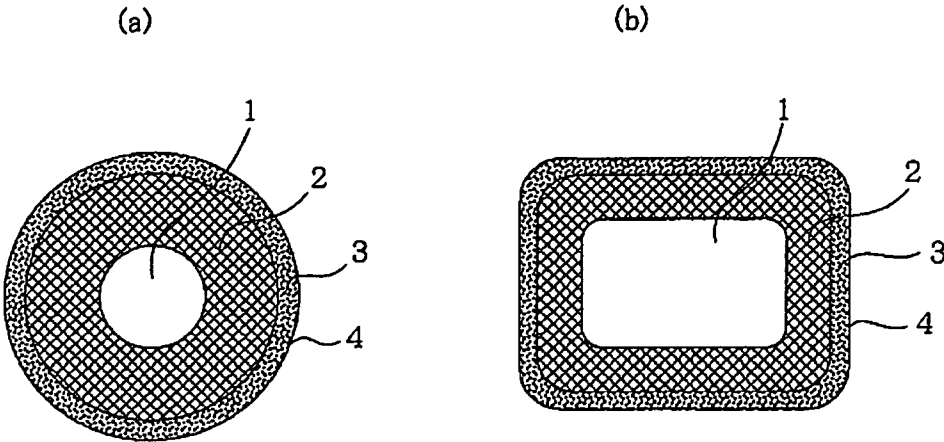


圖1

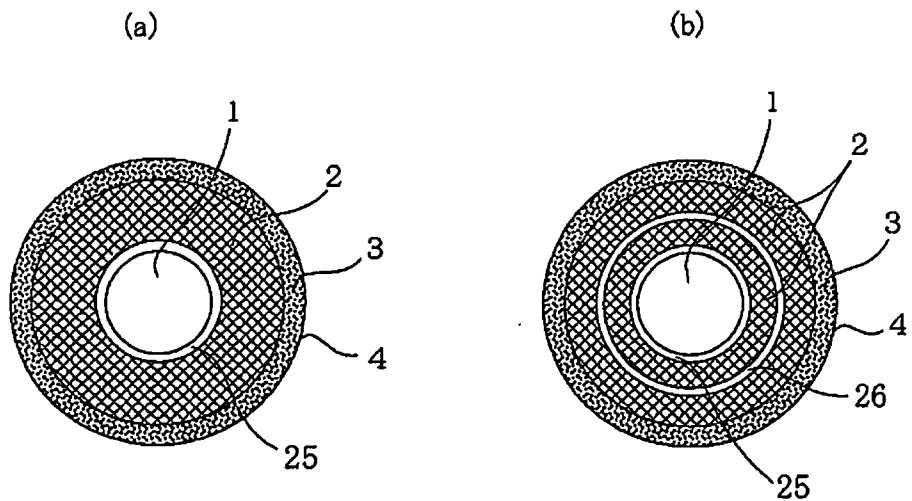


圖2