



(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 201712694 A

(43) 公開日：中華民國 106 (2017) 年 04 月 01 日

(21) 申請案號：105121352

(22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 07 月 06 日

(51) Int. Cl. : H01B7/02 (2006.01)

H01B3/44 (2006.01)

H01B11/20 (2006.01)

(30) 優先權：2015/07/22 美國

62/195,593

(71) 申請人：科慕 F C 有限責任公司 (美國) THE CHEMOURS COMPANY, FC, LLC (US)
美國(72) 發明人：查普曼 葛列格里 艾倫 CHAPMAN, GREGORY ALLEN (US)；凡卡塔拉曼 桑
達 奇爾納格 VENKATARAMAN, SUNDAR KILNAGAR (US)；榮 羅伯特 湯
瑪士 YOUNG, ROBERT THOMAS (US)；肖咸江 XIAO, XIANJIANG (CN)；張雷
鳴 ZHANG, LEIMING (CN)

(74) 代理人：陳傳岳；郭雨嵐

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：18 項 圖式數：1 共 30 頁

(54) 名稱

用於超高速資料傳輸之 USB 電纜

USB CABLE FOR SUPER SPEED DATA TRANSMISSION

(57) 摘要

提供一種用於在至少 10GHz 之頻率下以超高速傳輸資料之 USB 電纜，該 USB 電纜包含一護套、以及定位在該護套內的至少一電力電纜及複數個用於以高達每通道 10Gbps 之速度傳輸該資料的屏蔽絕緣導體，該等絕緣導體之絕緣材料表現出在 10GHz 下不大於 0.00035 之散逸率，且包含可熔融加工的全氟聚合物，諸如四氟乙烯/六氟丙烯共聚物或四氟乙烯/全氟(烷基乙烯醚)共聚物。

A USB cable for transmitting data at superspeed at a frequency of at least 10 GHz is provided, comprising a jacket, and positioned within said jacket at least a power cable and a plurality of shielded insulated conductors for transmitting said data at speeds up to 10 Gbps per channel, the insulation of said insulated conductors exhibiting a dissipation factor of no greater than 0.00035 at 10 GHz, and comprising melt-fabricable perfluoropolymer, such as tetrafluoroethylene/hexafluoropropylene copolymer or tetrafluoroethylene/perfluoro(alkyl vinyl ether) copolymer.

發明摘要

※ 申請案號：105121352

※ 申請日：105- 2 6

※IPC 分類：

H01B 7/02
H01B 3/44
H01B 11/20

【發明名稱】 用於超高速資料傳輸之USB電纜

USB CABLE FOR SUPER SPEED DATA
TRANSMISSION

【中文】

提供一種用於在至少 10 GHz 之頻率下以超高速傳輸資料之 USB 電纜，該 USB 電纜包含一護套、以及定位在該護套內的至少一電力電纜及複數個用於以高達每通道 10 Gbps 之速度傳輸該資料的屏蔽絕緣導體，該等絕緣導體之絕緣材料表現出在 10 GHz 下不大於 0.00035 之散逸率，且包含可熔融加工的全氟聚合物，諸如四氟乙烯/六氟丙烯共聚物或四氟乙烯/全氟(烷基乙烯醚)共聚物。

【英文】

A USB cable for transmitting data at superspeed at a frequency of at least 10 GHz is provided, comprising a jacket, and positioned within said jacket at least a power cable and a plurality of shielded insulated conductors for transmitting said data at speeds up to 10 Gbps per channel, the insulation of said insulated conductors exhibiting a dissipation factor of no greater than 0.00035 at 10 GHz, and comprising melt-fabricable perfluoropolymer, such as

tetrafluoroethylene/hexafluoropropylene copolymer or
tetrafluoroethylene/perfluoro(alkyl vinyl ether) copolymer.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：無

【本代表圖之符號簡單說明】：無

【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】 用於超高速資料傳輸之USB電纜

USB CABLE FOR SUPER SPEED DATA
TRANSMISSION

【相關申請案之交互參照】

【0001】 本申請案主張對 2015 年 7 月 22 日提出申請之美國臨時專利申請案第 62/195593 號的優先權。

【技術領域】

【0002】 本發明係關於一種 USB 電纜，其用於在至少 10 GHz 且甚至是至少 15 GHz 之頻率下以超高速傳輸資料的操作。

【先前技術】

【0003】 通用串列匯流排（或「USB」）電纜係含有多個用於在電子裝置之間傳輸低電壓差分信號（資料）的絕緣導體的電纜，且在此等裝置外部用作互連。絕緣導體之屏蔽防止外部信號之干擾。此與 RF 電纜（天線用線）相反，RF 電纜由單一絕緣導體組成，用於接收並發送無線電頻率電磁波（外部信號），且其定位於電子裝置內部。絕緣導體之屏蔽會使天線用線不能運作。

【0004】 USB 2.0 電纜之電子特性為能夠在 0.4 GHz 之最高頻率下以 0.480 Gbps（(Gbps, gigabits per second)每秒十億位元）之最高速度傳輸資料。絕緣線在此頻率下傳輸資料之信號損失（衰減）係-5.80 dB/m。

【0005】 USB 3.0 電纜之電子特性為其 32 AWG 絕緣絞合導體之屏蔽差分線對能夠在 7.5 GHz 之最高頻率下以每通道 5 Gbps 之最高速度傳輸資料，這樣對於利用 32 AWG 絕緣絞合導體之典型構造而言造成 -7.1 dB/m 之衰減。相較於 USB 2.0 電纜之 0.480 Gbps 之最高速度，USB 3.0 電纜之每通道 5 Gbps 之最高速度被 USB 應用者論壇(USB-IF)定義為超高速（1 代(Gen 1)）。

【0006】 用於 2.0 USB 電纜及 3.0 USB 電纜中之資料傳輸導體的絕緣材料一般係聚烯烴，諸如聚乙烯。

【0007】 然而，USB 3.1 電纜及 USB 3.1 C 型電纜可達到在 10 GHz 之頻率下每通道 10 Gbps 之最高速度，且此傳訊速率定義為超高速加（超高速+）或超高速 2 代(SuperSpeed Gen 2)。儘管事實上隨著頻率增加，衰減亦會增加，但是 USB 3.1 C 型電纜之衰減限制於在 10 GHz 下 -7.2 dB/m(使用 32 AWG 絞合導體之雙絞線對(twisted pair)結構)，該值係 USB 3.0 電纜之衰減的僅少量增加。若使 USB 3.1 電纜在低於 USB 3.0 電纜之 7.5 GHz 頻率下運作，則 USB 3.1 電纜之衰減降至 -5.9 dB/m(使用 32 AWG 絞合導體之雙絞線對結構)，此顯示了當頻率從 7.5 GHz 增加至 10 GHz 時，會有相對大的衰減增加。

【0008】 當 AWG 線尺寸減小，即導體之直徑變得更小時，由遞增的電纜運作之資料信號頻率引起的遞增的衰減之問題係加劇的。較佳的較小直徑導體係 34 AWG。32 AWG 絞合導體（7 股扭絞在一起的線，其各自具有 0.083 mm 之直徑）具有 9.8 密耳(0.249 mm)

之直徑。34 AWG 絞合導體具有僅 7.9 密耳(0.201 mm)之直徑。伴隨導體直徑之減小，34 AWG 絞合導體之衰減增加-1.2 dB/m。

【0009】 問題在於，如何改造 USB 3.0 電纜，使得其表現得像 USB 3.1 電纜一樣。

【發明內容】

【0010】 本發明藉由提供一個實施例，其係一種用於在至少 10 GHz 之頻率下以超高速傳輸資料之 USB 電纜來解決此問題，該 USB 電纜包含一護套、以及定位在該護套內的至少一電力電纜及複數個用於以每通道 10 Gbps 之速度傳輸該資料的屏蔽絕緣導體，該等絕緣導體之絕緣材料表現出在 10 GHz 下不大於 0.00035 之散逸率且包含可熔融加工的全氟聚合物。儘管能夠以每通道高達 10Gbps 之速率傳輸資料時，其實該複數個絕緣導體亦能夠在 15 GHz 下以每通道高達 10 Gbps 之速率傳輸資料。所傳輸的資料係數位波，而非無線電波。以每通道高達 10 Gbps 之速率傳輸資料的絕緣導體係彼此串聯工作以達成資料傳輸的絕緣導體之屏蔽差分線對(SDP)。

【0011】 本發明之 USB 電纜，包括 USB 3.1 電纜及 USB 3.1 C 型電纜，藉助於屏蔽差分線對表現出可接受的衰減，其符合在 10 GHz 下的衰減（差分介入損失）目標，如下：AWG 線尺寸：

28 AWG	-4.9 dB/m
30 AWG	-6.1 dB/m
32 AWG	-7.6 dB/m
34 AWG	-8.8 dB/m

來源：USB 3.1 type C Cable and Connector Specification，版本 1.1，2015 年 4 月 3 日，針對小型同軸(minicoaxial)電纜之絞線中心導體。本發明之 USB 電纜之屏蔽差分線對表現出低於此等目標之衰減。相同說明書列舉了絕緣雙絞線對及雙線(twinax)線對的絞線導體的不同 AWG 尺寸的衰減（差分介入損失），其以引用方式併入本文中。

【0012】較佳的是，對本發明之 USB 電纜中存在的絕緣導體測定的全氟聚合物之散逸率係不大於 0.00035，較佳不大於以下散逸率：0.00034、0.00033、0.00032、0.00031、0.00030、0.00029、0.00028、0.00027、0.00026、或 0.00025，所有該等數值均係在 10 GHz 下。除非另外指示，否則本文中提及的本發明之 USB 電纜中之絕緣導體係指在 10 GHz 下超高速資料傳輸絕緣導體。此等絕緣導體呈屏蔽差分線對進行資料傳輸。

【0013】意外的是，本文所述之全氟聚合物絕緣材料使絕緣導體能夠表現出低衰減，如將在實施方式中所討論。

【0014】較佳的是，本發明之 USB 電纜之絕緣導體之絕緣材料之共聚物具有以總量計每 10^6 個碳原子不大於 10 個熱不穩定末端基，特別是以下之熱不穩定末端基：-CONH₂、-COF、-COOH、-CH₂OH、及-COOCH₃。-COOH 末端基包括-COOH 及-COOH 二聚物兩者。此等末端基之熱不穩定性本身顯現為在熔體加工期間揮發性增加，且此類末端基在資料（信號）傳輸期間經受極化。

【0015】 在本發明之一個實施例中，本發明之 USB 電纜之絕緣導體係同軸電纜，該等同軸電纜中每一者均包括屏蔽體，即該等絕緣導體中每一者均係屏蔽的。較佳的是，同軸電纜中每一者之導體具有不大於 9.8 密耳(0.249 mm)之直徑，且絕緣導體絕緣材料之絕緣材料厚度不大於 8.2 密耳(0.21 mm)。更佳的是，絕緣材料厚度不大於 7.3 密耳(0.19 mm)，且甚至更佳的是不大於 6.4 密耳(0.16 mm)。

【0016】 另一偏好是，同軸電纜中每一者之導體具有不大於 7.9 密耳(0.201 mm)之直徑，且該等絕緣導體之絕緣材料厚度不大於 6.4 密耳(0.16 mm)。更佳的是，絕緣材料厚度不大於 5.6 密耳(0.14 mm)，且甚至更佳的是不大於 4.9 密耳(0.12 mm)。

【0017】 此等絕緣材料厚度符合同軸絕緣材料之 45 歐姆 \pm 3 歐姆的阻抗規格。

【0018】 就絞合導體（由扭絞在一起的線股製成的導體）而言，9.8 密耳(0.249 mm)及 7.9 密耳(0.201 mm)分別係指 32 AWG 及 34 AWG 線尺寸，該絞合導體係用於本發明之 USB 電纜中小型同軸電纜及雙絞線對及雙軸線對之絕緣導體中的較佳導體。絞線導體比導體係實心線時更具可撓性。

【0019】 在本發明之另一實施例中，本發明之 USB 電纜之絕緣導體係屏蔽雙絞線對。較佳的是，本發明之 USB 電纜之雙絞線對中絕緣導體中每一者之導體具有不大於 7.9 密耳(0.201 mm)之直徑，且絕緣導體之絕緣材料厚度不大於 5.6 密耳(0.14 mm)、較佳不大於 5.1 密耳(0.13 mm)、更佳不大於 4.5 密耳(0.12 mm)。另一較佳者是，雙

絞線對實施例中絕緣導體之導體具有不大於 9.8 密耳(0.249 mm)之直徑，且該等絕緣導體之絕緣材料厚度不大於 7.0 密耳(0.18 mm)、較佳不大於 6.3 密耳(0.16 mm)、且更佳不大於 5.6 密耳(0.14 mm)。在本發明之另一變型中，本發明之 USB 電纜之絕緣導體係屏蔽雙軸（雙線）線對。在一個實施例中，本發明之 USB 電纜之雙線線對中絕緣導體中每一者之導體具有不大於 7.9 密耳(0.201 mm)之直徑，且絕緣導體之絕緣材料厚度不大於 6.4 密耳(0.16 mm)、較佳不大於 5.6 密耳(0.14 mm)、更佳不大於 4.9 密耳(0.12 mm)。在另一實施例中，雙軸線對實施例中絕緣導體之導體具有不大於 9.8 密耳(0.249 mm)之直徑，且該等絕緣導體之絕緣材料厚度不大於 8.2 密耳(0.21 mm)、較佳不大於 7.3 密耳(0.19 mm)、且更佳不大於 6.4 密耳(0.16 mm)。

【0020】 此等絕緣材料厚度符合雙絞線對及雙線絕緣材料之 90 歐姆 \pm 5 歐姆的阻抗規格。

【0021】 較佳的是，超高速資料傳輸絕緣線之絕緣材料之可熔融加工的全氟聚合物由四氟乙烯(TFE)/六氟丙烯(HFP)共聚物或四氟乙烯(TFE)/全氟(烷基乙烯基醚) (PAVE)共聚物組成，其中烷基含有 1 至 5 個碳原子。

【0022】 較佳的是，本發明之 USB 電纜係 3.1 USB 電纜，更佳的是 USB 3.1 C 型電纜，其中電纜端部之連接器就插入至電子裝置之接受器中而言係可反轉的。在此情況下，絕緣導體可以小型同軸電纜之形式或以雙絞線對或雙軸電纜之形式，且此等電纜中導體之

絕緣材料可係 TFE/HFP 共聚物或 TEF/PAVE 共聚物。在此情況下，絕緣導體中有至少 8 個絕緣導體呈屏蔽差分線對存在。

【0023】 本發明之氟化全氟聚合物在本文中能夠成為 USB 3.1 型電纜中所用之絕緣導體之主要絕緣材料。然而，當全氟聚合物在高頻率信號性能係所欲的通信、電子學、軍用、太空用、及其他類似應用中用作其他類似線及電纜組態之絕緣導體之主要絕緣材料時，全氟聚合物亦可致使電子性能改良。

【圖式簡單說明】

【0024】 圖係出於清楚之目的以放大形式的 USB 超高速資料傳輸電纜，諸如 USB 3.1 電纜及 USB 3.1 C 型電纜，之一個實施例之示意性橫截面圖。

【實施方式】

【0025】 參考該圖，USB 電纜 2 含有許多元件，此係 USB 3.1 電纜及 USB 3.1 C 型電纜之特性。此等元件中之一者係小型同軸電纜 4，其中在 USB 電纜 2 中以橫截面形式展示 4 個此類電纜。各小型同軸電纜 4 由以下組成：中心導體 6，其由多股扭絞在一起的線組成；聚合物絕緣材料 8，其在橫截面中環繞導體 6；金屬編帶屏蔽體 10，其係為了防止外部信號的干擾，在橫截面中在聚合物絕緣材料 8 之外表面上；及聚合物護套 12，其在橫截面中環繞金屬編帶 10。微型同軸(microcoaxial)電纜 4 係 USB 電纜 2 之超高速資料傳輸電纜。此等同軸電纜 4 之聚合物絕緣材料 8 包含可熔融加工的全氟聚合物，其具有不大於 0.00035 且較佳不大於以下中之任一者之散逸

率：0.00034、0.00033、0.00032、0.00031、0.00030、0.00029、0.00028、0.00027、0.00026、及 0.00025，如本文所述所有該等數值均係在 10 GHz 下。超高速小型同軸電纜 4 可由絕緣導體之雙絞線對或絕緣導體之雙線線對置換，其等各自含有由聚合物絕緣材料環繞、扭絞在一起的多股線之中心導體。雙絞線對及雙線線對由金屬箔/聚合物膜層體屏蔽（經其包裹），以防止線對之間的外部信號的干擾，諸如串擾。置換之雙絞線對及雙線線對隨後則係 USB 電纜之超高速資料傳輸電纜。聚合物絕緣材料將係與上文所述之聚合物絕緣材料 8 相同的全氟聚合物。USB 電纜 2 之超高速資料傳輸電纜，不管其等是小型同軸電纜、雙絞線對電纜、或是雙線電纜，均可以大於圖中所示之數目存在於 USB 電纜 2 中。此等超高速電纜提供具有超高速資料傳輸之電纜 2。

【0026】 在電纜 2 內之 4 個小型同軸電纜 4 或 2 個雙絞線對或雙線線對形成一個能夠在 10 GHz 下以 10 Gbps 傳輸資料的通道。此係 USB 3.1 電纜之特性。在電纜 2 內之 8 個小型同軸電纜 4 或 4 個雙絞線對或雙線線對使帶寬加倍至在 10 GHz 下 20 Gbps。此係 USB 3.1 型電纜之特性。圖中所描繪之 4 個電纜 4 之群組中小型同軸電纜 4 之各線對均係屏蔽差分線對，其中屏蔽體 10 係各小型同軸電纜之部分。各雙絞線對及各雙線電纜係屏蔽差分線對，其中屏蔽體係如上文所述來提供。

【0027】 導體 6 之 AWG 尺寸較佳不大於 AWG 26，且包括 28、30、32、34、及 36 之較小 AWG 線尺寸。絕緣材料諸如絕緣材料 8

之厚度係有效提供超高速資料傳輸所需的電絕緣（阻抗），即滿足特性阻抗之設計目標且使整個 USB 系統中之資料傳輸之阻抗不連續性最小化之厚度。

【0028】對於相同 AWG 線尺寸而言，當導體係絕緣導體（電纜）之雙絞線對或雙軸線對之形式時，絕緣材料厚度可小於當絕緣導體係小型同軸電纜時的厚度。當 AWG 線尺寸減小時，絕緣材料厚度亦減小，以達成上文所述之電效應。

【0029】尤其是就 USB 3.1 C 型電纜而言，32 AWG 小型同軸電纜及其中導體尺寸更小的小型同軸電纜之絕緣材料厚度較佳滿足（符合）45 歐姆 \pm 3 歐姆之阻抗設計目標。尤其是就 USB 3.1 C 型電纜而言，32 AWG 雙絞線對及雙線線對以及其中導體尺寸更小的此類線對之絕緣材料厚度較佳滿足（符合）90 歐姆 \pm 5 歐姆之阻抗設計目標。

【0030】USB 電纜 3.1 內之另一元件係電力線路 14（供電）及電力線路 16（回路），兩者均在橫截面中示出，且兩者均包含扭絞在一起的多股線之中心導體 18 及環繞中心導體 18 之聚合物絕緣材料 20。聚合物絕緣材料 20 之聚合物之實例係聚氯乙烯。電纜 2 之電力線路 14 及 16 較佳具有 100 瓦特（在 5 A 下 20V）之最大功率輸出。

【0031】USB 電纜 2 內之另一元件係聚合物絕緣導體之屏蔽雙絞線對 22，各聚合物絕緣導體包含由聚合物絕緣材料 26 所環繞的扭絞在一起的多股線之中心導體 24，其等所有均展示在橫截面中。

此雙絞線對 22 係 USB 電纜 2 之 USB 2.0 組件，USB 電纜 2.0 具有 0.48 Gbps 的最高資料速度。此係電纜 2 之慢速資料傳輸電纜，其提供與此操作條件相容之界面之連接性。聚合物絕緣材料 26 之聚合物之實例係聚乙烯。

【0032】 未展示出來，但可存在於電纜 2 內之其他元件之實例包括針對額外信號諸如類比無線電信號之邊帶使用電纜(SBU)、及佔據電纜 2 內元件之間的空間隔的填料。

【0033】 橫截面中所示之金屬編帶 28 環繞同軸電纜 4、電力線路 14 及 16、以及雙絞線對 22 之集合體，且護套 30 環繞金屬編帶 28。金屬編帶 28 對整個電纜 2 提供屏蔽，且亦可充當電纜之接地。此屏蔽可具有其他形式，諸如內金屬編帶及外金屬屏蔽之具有夾在其等之間的鋁金屬化聚酯膜之複合物。護套 30 之實例聚合物係乙烯/乙酸乙烯酯共聚物。

【0034】 電纜 2 內之元件以其等鬆散地定位之形式經展示。較佳的是，電纜內之元件緊密地結合在一起，諸如藉由聚酯帶將元件包裹（未示出）在一起，接著施加編帶 28。

【0035】 本發明之 USB 電纜中所用之全氟聚合物係可熔體流動者，使得其等係可熔融加工的，即其等可以熔融態擠壓以形成超高速資料傳輸絕緣導體之導體上之絕緣材料，諸如圖之絕緣材料 8。此等全氟聚合物之熔體流速(MFR)較佳係至少約 20 g/10 min，更佳係至少約 25 g/10 min，又更佳係至少約 28 g/10 min，甚至更佳係至少約 30 g/10 min。高 MFR 係較佳的，提供所欲的熔融全氟聚合

物之流動性，以使得在形成絕緣材料之擠壓期間，在絕緣材料/導體界面處不具有氣隙之情況下獲得緊密接觸。氣隙促使散逸率增加。MFR 係根據 ASTM D-1238，在 372°C 下，使用 5.0 kg 砝碼來對熔融全氟聚合物量測。如前綴「全」所指示，鏈結至組成全氟聚合物鏈之碳原子的單價原子全部係氟原子。其他原子可存在於聚合物端基（亦即，終止聚合物鏈的基）中。

【0036】 可用於本發明 USB 電纜中之全氟聚合物之實例包括四氟乙烯(TFE)與一或多種全氟化可聚合共單體之共聚物，一或多種全氟化可聚合共單體係諸如具有 3 至 8 個碳原子之全氟烯烴，諸如六氟丙烯(HFP)，及/或其中直鏈或支鏈烷基含有 1 至 5 個碳原子之全氟(烷基乙烯基醚) (PAVE)。較佳的 PAVE 單體為烷基在其中含有 1、2、3 或 4 個碳原子者，其分別已知為全氟(甲基乙烯基醚)(PMVE)、全氟(乙基乙烯基醚)(PEVE)、全氟(丙基乙烯基醚)(PPVE)及全氟(丁基乙烯基醚)(PBVE)。TFE/PAVE 共聚物可使用數種 PAVE 單體製成，諸如 TFE/全氟(甲基乙烯基醚)/全氟(丙基乙烯基醚)三聚物，有時製造商稱之為 MFA。TFE/PAVE 共聚物最常稱為 PFA（全氟烷氧基全氟聚合物）。PFA 一般含有至少約 1 wt% PAVE，包括當 PAVE 係 PPVE 或 PEVE 時，且一般含有約 1 至 15 wt% PAVE。當 PAVE 包括 PMVE 時，組成係約 0.5 至 13 wt% PMVE 及約 0.5 至 3 wt% PPVE，其餘組成則係 TFE，總計 100 wt%。此全氟聚合物之 MFR 測定條件揭示於 ASTM D 3307-93 中。在一個實施例中，可應用於上文所述之最小 MFR 作為 MFR 之範圍的最大 MFR 係 50 g/10 min，

在另一實施例中係 46 g/10 min，在另一實施例中係 40 g/10 min，且在另一實施例中係 36 g/10 min。

【0037】另一組全氟聚合物係 TFE/HFP 共聚物，其常稱為 FEP(氟化乙烯丙烯)。在此等共聚物中，HFP 含量一般係約 9 至 17 wt% (由 HFPI \times 3.2 計算而得)。較佳的是，TFE/HFP 共聚物包括少量額外共單體以改良性質。較佳 TFE/HFP 共聚物係 TFE/HFP/PAVE 三聚物，其中 PAVE 係 PEVE 或 PPVE，且其中 HFP 含量係約 9 至 17 wt%，且 PAVE 含量 (較佳係 PEVE) 係約 0.2 至 3 wt%，其餘係 TFE，總計 100 wt%。此全氟聚合物之 MFR 測定條件揭示於 ASTM D 2116-91a 中。可應用於上文所述之各最小值作為 MFR 之範圍的最大 MFR 係 40 g/10 min，較佳係 36 g/10 min。

【0038】較佳的是，全氟聚合物係部分結晶的，即非彈性體。部分結晶意指共聚物具有一定的結晶度，且係由根據 ASTM D 3418 所量測之可偵檢熔點、及至少約 3 J/g 之熔化吸熱而表徵。上文針對全氟聚合物所提及的散逸率共同地且個別地應用於上文所提及之各 TFE/HFP 共聚物及 TFE/PFA 共聚物之各者。

【0039】全氟聚合物可藉由在多種介質中藉由已知方法聚合適當單體而製造。在一個實施例中，出於經濟及聚合反應提供具有所欲性質之全氟聚合物的能力，於水性介質中製備 (即聚合) 全氟聚合物，所欲性質諸如熔體流動性以及絕緣材料在處理期間保持其完整性所需的強度。於水性介質中的聚合反應必然導致介質含有一或多種添加劑，其等溶解於介質中以形成存在於介質中的離子性物

質。此類添加劑之實例係聚合反應起始劑諸如過硫酸銨、鏈轉移劑（諸如甲醇）、及/或緩衝液（諸如 ω -羥基氟碳酸銨）。在聚合反應期間形成之全氟聚合物粒子的分散劑亦可以水性介質之添加劑之形式存在。儘管從水性介質回收全氟聚合物涉及移除此等添加劑之步驟，但仍有足夠多的一或多種添加劑可保持與全氟聚合物少量締合，而該少量締合卻足以造成全氟聚合物之散逸率增加。此偏好亦應用於上文所提及的 TFE/HFP 共聚物及 TFE/PAVE 共聚物。

【0040】 進一步較佳的是，對可熔融加工的全氟聚合物（包括上文所提及之 FEP 及 PFA 共聚物）進行聚合，使得全氟聚合物之聚合粒子具有均勻的熔體流速，而非在聚合反應期間逐步變化的 MFR，例如核係低 MFR 而殼係高 MFR。

【0041】 全氟聚合物之散逸率之另一誘因係聚合物鏈之熱不穩定末端基，特別是 $-\text{CONH}_2$ 、 $-\text{COF}$ 、 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{CH}_2\text{OH}$ 、及 $-\text{COOCH}_3$ ，其等由聚合反應程序產生。聚合反應程序之差異，諸如上文所提及之添加劑之使用之差異，可導致僅有一些此等熱不穩定末端基存在於全氟聚合物中。如在水性介質中所聚合的全氟聚合物將具有至少數百個此類熱不穩定末端基且還可能具有 $-\text{CF}_2\text{H}$ 末端基，其取決於聚合反應程序之細節。可使用各種末端基穩定化方法以減少此等不穩定末端基及/或不形成 $-\text{CF}_2\text{H}$ 末端基，其中以下所討論之氟化作用係較佳的，因為其可將大部分（即便不是所有）末端基轉化成熱穩定 $-\text{CF}_3$ 末端基。

【0042】 本發明之另一實施例亦可描述為用於在至少 10 GHz 之頻率下以超高速傳輸資料之 USB 電纜，該 USB 電纜包含一護套、以及定位在該護套內的至少一電力電纜及至少一個用於以 10 Gbps 之速度傳輸該資料的屏蔽差分線對，該線對之各成員包含絕緣導體，該等絕緣導體之絕緣材料表現出在 10 GHz 下不大於 0.00035 之散逸率且包含可熔融加工的全氟聚合物。電纜較佳包含至少兩個該等屏蔽差分線對，且更佳至少四個該等屏蔽差分線對。

【0043】 使形成超高速資料傳輸之絕緣材料之全氟聚合物經歷劇烈的氟化作用條件，之後進行擠壓以形成導體絕緣材料。這使得散逸率減小一有效量，以使超高速資料傳輸絕緣導體能夠正面地有助於由除絕緣材料本身之外所引起的衰減，以符合絕緣導體中之特定 AWG 線尺寸的衰減目標且可用於本發明之 USB 3.1 電纜中。氟化作用獲得上文所述之低散逸率值。氟化作用之效應係至少將上文所識別之熱不穩定末端基轉化成穩定的 $-CF_3$ 末端基。對於 $-CF_2H$ 末端基（若存在）亦是如此。

【0044】 根據氟化作用之一個實施例，氟化作用係藉由將全氟聚合物之顆粒暴露於氟氣來進行，諸如美國專利 4,753,658 中所揭示，其中將顆粒放置於雙錐式摻合機中，加熱至 200°C 之溫度，接著添加氟氣/氬氣之混合物且使摻合機旋轉，同時繼續加熱一段時間，該時間段足以導致將大部分（即便不是所有）前述熱不穩定末端基轉化成 $-CF_3$ 末端基。在一個實施例中，此類加熱週期係 6 hr 至 8 hr。一般而言，顆粒之尺寸在直徑上可係 2 mm 至 3 mm。此等溫

度及加熱時間較佳係氟化作用之最小值。在此實施例中，顆粒在氟化作用處理期間保持實心形式。

【0045】 根據另一實施例，氟化作用係於雙螺擠壓機中以熔融相之形式對全氟聚合物進行，如美國專利 6,838,545 中所揭示。擠壓機裝備有特定螺桿，其在將聚合物熔化之後，迫使熔體進入至擠壓機轉筒內的區域中，該擠壓機轉筒裝備有多個混合元件。為了與熔融聚合物反應，將氟氣及氫氣之混合物饋入至此區域中，尤其是將前述不穩定末端基及 $-CF_2H$ 末端基（若存在）轉化成穩定末端基 $-CF_3$ 。將所得的氟化全氟聚合物擠壓成顆粒。較佳的是，可熔融加工的氟聚合物（不管其是 TFE/HFP 共聚物還是 TFE/PAVE 共聚物）之氟化作用將熱不穩定末端基 $-CONH_2$ 、 $-COF$ 、 $-COOH$ 、 $-CH_2OH$ 、及 $-COOCH_3$ 之數目減少至總計每 10^6 個碳原子不大於 10 個，較佳每 10^6 個碳原子不大於 8 個。

【0046】 美國專利 4,753,658 及 6,838,545 之揭露以引用方式併入本文中。在氟化作用之後，使顆粒經歷噴灑，諸如藉由使氫氣流動穿過顆粒以移除可萃取的氟化物及未反應的氟氣。

【0047】 藉由習知程序將所得氟化全氟聚合物擠壓至絞線導體上以形成環繞導體之絕緣材料，從而獲得用於本發明之 USB 超高速電纜中之超高速絕緣導體（由於全氟聚合物具有上文所述之低散逸率）。可進行擠壓，使得絕緣材料係實心全氟聚合物，即未發泡的，或絕緣材料係藉由習知擠壓程序發泡的。較佳的是藉由以下進行擠壓發泡，在擠壓之前，將發泡孔成核劑與氟聚合物摻合，且在擠壓

期間，將氮氣注入至熔融氟聚合物中。較佳的是，擠壓係熔體拉伸，其中當將擠壓的全氟聚合物塗佈至導體上時，由注入氮氣之膨脹所致的發泡發生，發泡孔成核劑之存在致使發泡在絕緣材料之厚度內係精細均勻的空隙之形式。較佳的是，發泡絕緣材料之空隙含量係30%至50%，如根據美國專利 8,178,592 中所揭示之計算所判定。

【0048】 如所欲裝配複數個此等絕緣導體（不管絕緣材料是實心的還是發泡的）以形成 USB 電纜之屏蔽差分線對、電力線路、及其他元件，且藉由習知程序對此集合體編結並加套。

【0049】 意外的是，藉由全氟聚合物之氟化作用置換幾乎所有熱不穩定末端基使根據本發明之 USB 3.1 電纜及 USB 3.1 C 型電纜中所用的超高速資料傳輸電纜表現出的衰減低於針對此等電纜所規定的最大衰減值。美國專利 7,638,709 (US'709) 揭示，由於此類置換缺乏 TFE/HFP 共聚物絕緣材料對於導體之親和力而具有高回路損失之缺點。儘管高氟化 TFE/HFP 共聚物可具有低散逸率，但是以此所得之共聚物絕緣的導體將由於絕緣材料與導體之關係而具有不良的電性能。就此而言，任何由低散逸率引起之電效益均藉由絕緣材料與導體之間的界面處的不良相互作用而抵消。

【0050】 US'709 揭示用於將 TFE/HFP 聚合物絕緣材料應用於導體的擠壓程序係熔體拉伸型式。此擠壓涉及將共聚物擠壓成環繞導體之管，且在擠壓管內抽真空以將管拉伸至導體上。此係用於形成圍繞導體之絕緣材料以形成本發明之電纜中所用的超高速資料傳輸電纜之較佳方法。

【0051】 藉由熔體拉伸變成圓錐形的管狀擠壓物在接觸導體之後仍係熔融的。儘管 US'709 係關於形成發泡絕緣材料，但是發泡直至熔融聚合物接觸導體之後才開始。此種發泡延遲使熔融聚合物能夠在熔體拉伸期間發生的牽拉期間保持其完整性。熔體在此接觸時間係實心的，而非發泡的。

【0052】 US'709 揭示，TFE/HFP 共聚物需要一些熱不穩定末端基，以對於導體具有較大的親和力，且此較大的親和力減小所得同軸電纜之回路損失。此較大親和力本身藉由絕緣材料對導體之較大黏附力來顯現，而該較大黏附力以剝離力之增加來量測。根據 US'709，不穩定末端基之量（其應該係由 TFE/HFP 聚合物，例如藉由較小程度的氟化作用所保持）係每 10^6 個碳原子 30 至 120 個。本發明已發現，對於用於本發明、由扭絞在一起的線製成的小直徑導體，儘管呈現出對於全氟聚合物之熔體拉伸絕緣材料的導體表面複雜性，但是導體與絕緣材料之間的界面並不存在 US'709 中所揭示之回路損失問題。

實例

【0053】 散逸率係根據 ASTM 2520 方法 B 共振腔擾動技術 (Resonant Cavity Perturbation Technique) 對全氟聚合物之 2.5 mm 厚壓縮模製板進行測定，其中共振腔之內的電場平行於板之長度 (15.25 cm)。

【0054】 關於本發明之全氟聚合物之不穩定末端基係藉由以下程序測定：藉由壓縮模製來製備全氟聚合物之 0.25 mm 至 0.3 mm

厚測試膜，隨後使其經歷 FT-IR 分析以藉由在如下的末端基之特性波長處的吸收分析熱不穩定末端基之量：

末端基	IR 波長(cm^{-1})	校準因數 (消光係數)
-CONH ₂	3440	914
-COF	1884	381
-COOH	1813	455
-COOH 二聚物	1775	432
-CH ₂ OH	3648	2325
-COOCH ₃	1795	355
-CF ₂ H	3005	22047

消光係數之值取決於特定波長處的吸收。

【0055】 類似地，藉由將全氟聚合物之顆粒暴露於氟氣來產生已知不具有欲分析的末端基的參考材料之膜，諸如美國專利 4,753,658 中所揭示，其中將顆粒放置於雙錐式摻合機中，加熱至 200 °C 之溫度，接著連續添加 25 莫耳%氟氣及 75 莫耳%氬氣之混合物，且使摻合機旋轉，同時繼續加熱 8 hr。對顆粒重複進行氟化作用程序，直至模製且從所得方塊掃描的膜指示：已知末端基峰之吸收從一個氟化作用處理至後續處理並未發生變化。在較低溫度或較低氟氣濃度下的氟化作用可能會留下一些不穩定末端基，藉由得出之參考膜不會是完全氟化的，因此不可用於偵檢所有不穩定末端。

【0056】 測定對應於末端基之各波長處的微分吸收，且藉由方程式將其轉化成每 10^6 個碳原子之末端基之數目：末端基/ 10^6 (ppm) = (微分吸光度 × 消光係數) / 測試膜厚度 (單位係 mm)。

【0057】 在約 390°C 之熔體加工（擠壓）溫度下，就 TFE/HFP 共聚物而言，末端基 $-\text{CF}_2\text{H}$ 不是熱不穩定末端基。在任何情況下， $-\text{CF}_2\text{H}$ 末端基之數目以與上文相同的方式測定，特性吸收峰係在 3005 cm^{-1} 。

聚合反應實例 1

【0058】 TFE/HFP/PEVE 聚合反應係使用美國專利申請公開案 2012/0004365A1 實例 7 之條件進行，除了反應期間的起始劑之泵送速率從 3.5 ml/min 增加至 3.67 ml/min 。所得聚合物具有 10.2% 之 HFP 含量、1.2% 之 PEVE 含量、及 28.8 g/10 min 之 MFR。將此全氟聚合物藉由高剪切機械凝固而自分散體分離，且乾燥。

氟化作用實例 1

【0059】 聚合反應實例 1 之乾燥全氟聚合物係使用美國專利 6,838,545 實例 2 中所揭示之程序進行氟化，不同之處在於含有注入、混合、及反應部份之部份從 11 L/D 增加至 26 L/D，其中反應區域現含有 20 個 TME 元件及 1 個 ZME 元件，且氟氣之於聚合物之比率調整至以重量計 2,000 ppm。末端基分析顯示，共聚物中存在每 10^6 個碳原子僅 8 個熱不穩定末端基，且不存在 $-\text{CF}_2\text{H}$ 末端基。共聚物之散逸率係在 10 GHz 下 0.00023。

氟化作用實例 2

【0060】 聚合反應實例 1 之乾燥全氟聚合物係使用氟化作用實例 1 中所述之程序來氟化，除了氟氣之於聚合物之比率調整至以重量計 900 ppm。隨後藉由將先前氟化的全氟聚合物之顆粒暴露於氟氣來對全氟聚合物進行再次氟化，諸如美國專利 4,753,658 中所揭示，其中將顆粒放置於雙錐式摻合機中，加熱至 200°C 之溫度，接著添加 25 莫耳%氟氣及 75 莫耳%氬氣之混合物，且使摻合機旋轉，同時繼續加熱 8 hr。重複雙錐式摻合機氟化作用程序。所得全氟聚合物表現出在 10 GHz 下 0.00031 之散逸率，且含有每 10^6 個碳原子小於 2 個不穩定末端基，且不含有 $-\text{CF}_2\text{H}$ 末端基。

氟化作用實例 3

【0061】 藉由將顆粒暴露於氟氣來對具有 42 g/10 min 之 MFR 及 5.2 重量百分比之 PPVE 含量的 TFE/PPVE 共聚物進行氟化，諸如美國專利 4,753,658 中所揭示，其中將顆粒放置於雙錐式摻合機中，加熱至 200°C 之溫度，接著添加 10 莫耳%氟氣及 90 莫耳%氬氣之混合物，且使摻合機旋轉，同時繼續加熱 7 hr。所得全氟聚合物表現出在 10 GHz 下 0.00034 之散逸率，且含有每 10^6 個碳原子 5 個不穩定末端基，且不含有 $-\text{CF}_2\text{H}$ 末端基。

擠壓實例 1

【0062】 在以下條件下，將在聚合反應實例 1 下製備、在氟化作用實例 1 下製備且氟化的全氟聚合物藉由熔體拉伸擠壓而擠壓至

32 AWG 絞線導體(7/0.083 mm)上以產生 0.19 mm 之厚度的絕緣材料，OD 0.62 mm：

模 6.5 mm、尖端 2.4 mm、DRB = 1.05、DDR = 112

30 mm 擠壓機，L/D=24 至 28

線速 200 m/min

擠壓機中之溫度概況，(單位：°C)

區域	區域 1	區域 2	區域 3	區域 4	區域 5	夾子	頭部	模
溫度設定	330	340	350~365	360~375	370~380	370~380	375~386	375~386

將所得絕緣導體用金屬編帶屏蔽，隨後加套，接著切割成 8 段。隨後將所得小型同軸電纜呈 4 個屏蔽差分線對併入至 USB 3.1 C 型電纜中。

【0063】 小型同軸電纜之屏蔽差動線對各自表現出在 10 GHz 下小於 -7.6 dB/m 之衰減。

擠壓實例 2

【0064】 將在聚合反應實例 1 下製備且根據氟化作用 2 氟化之後的全氟聚合物與 0.3 wt%發泡孔成核劑摻合，該發泡孔成核劑摻合包含 91.1 w%氮化硼、2.5 wt%四硼酸鈣、及 6.4 wt%調聚物 B 磺酸之鋇鹽，如美國專利 8,178,592 中所述。擠壓至 32 AWG 絞合導體上以形成 7.2 密耳厚(0.18 mm)且具有 45%之空隙含量的絕緣材料對

絕緣材料提供了 48 歐姆之所欲所欲阻抗。將 8 段此發泡絕緣導體(屏蔽的且加套的)併入至 USB 3.1 C 型電纜中。對於超高速電纜而言，此等小型同軸電纜上各屏蔽差分線對之衰減在 10 GHz 下小於-6.8 dB/m。

【0065】 擠壓條件係如下：

20 mm 螺桿，L/D=28 至 32

模 1.6 mm，尖端 0.8 mm

導體 OD：0.24 mm，

絕緣材料 OD 0.6 mm

對於具有在 300 巴測試，8 cc/min 之流速的氮氣噴射器，氮氣注入壓力係 350~400 巴

線速 80 m/min

溫度概況：(單位 °C)

區域	區域 1	區域 2	區域 3	區域 4	區域 5	夾子	頭部	模
溫度	290~	340~	370~	375~	365~	365~	350~	340~
設定	300	360	380	385	375	375	360	360

擠壓實例 3

將在氟化作用實例 3 下製備的全氟聚合物以類似於擠壓實例 1 之方式擠壓至 32 AWG 絞線導體上，以獲得相同絕緣材料厚度。將編結並加套之後的數段此絕緣導體併入至 USB 3.1 C 型電纜中。所

得小型同軸電纜之屏蔽差分線對表現出在 10 GHz 下小於-7.6 dB/m 之衰減。

【0066】 所有在實例中所製備的超高速電纜均能夠在 10 GHz 下以每通道 10 Gbps 傳輸資料。

【符號說明】

- 【0067】 2...USB 電纜/電纜
- 【0068】 4...小型同軸電纜/微型同軸電纜/同軸電纜
- 【0069】 6...中心導體/導體
- 【0070】 8...聚合物絕緣材料/絕緣材料
- 【0071】 10...金屬編帶屏蔽體/金屬編帶/屏蔽體
- 【0072】 12...聚合物護套
- 【0073】 14...電力線路
- 【0074】 16...電力線路
- 【0075】 18...中心導體
- 【0076】 20...聚合物絕緣材料
- 【0077】 22...屏蔽雙絞線對
- 【0078】 24...中心導體
- 【0079】 26...聚合物絕緣材料
- 【0080】 28...金屬編帶
- 【0081】 30...護套

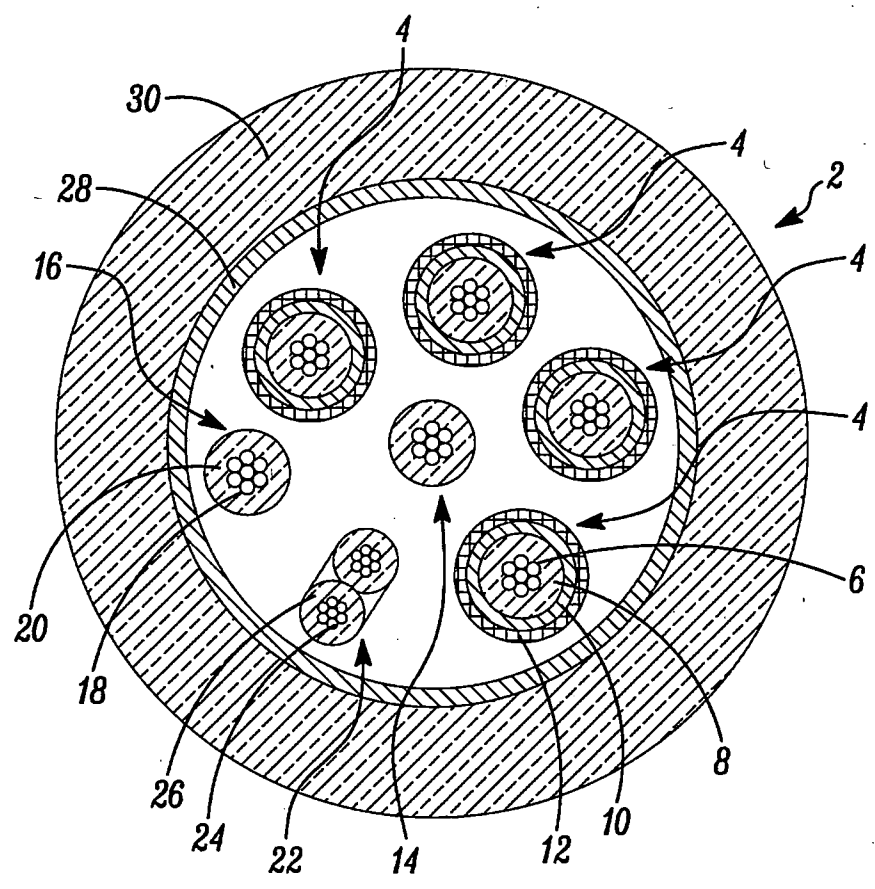
申請專利範圍

1. 一種用於在至少 10 GHz 之頻率下以超高速傳輸資料之 USB 電纜，該 USB 電纜包含一護套、以及定位在該護套內的至少一電力電纜及複數個用於以高達每通道 10 Gbps 之速度傳輸該資料的屏蔽絕緣導體，該等絕緣導體之絕緣材料表現出在 10 GHz 下不大於 0.00035 之散逸率且包含可熔融加工的全氟聚合物。
2. 如請求項 1 之電纜，其中該散逸率不大於 0.00031。
3. 如請求項 1 之 USB 電纜，其中該等絕緣導體係同軸電纜，該等絕緣導體中之各者係經屏蔽的。
4. 如請求項 3 之 USB 電纜，其中各該等同軸電纜中之該導體具有不大於 9.8 密耳(0.249 mm)之直徑，且該絕緣導體絕緣材料之絕緣材料之厚度不大於 8.2 密耳(0.21 mm)。
5. 如請求項 4 之 USB 電纜，其中該絕緣材料之該厚度不大於 6.4 密耳(0.16 mm)。
6. 如請求項 3 之 USB 電纜，其中各該等同軸電纜中之該導體具有不大於 7.9 密耳(0.201 mm)之直徑，且該等絕緣導體之該絕緣材料之該厚度不大於 6.4 密耳(0.16 mm)。
7. 如請求項 6 之 USB 電纜，其中該絕緣材料之該厚度不大於 4.9 密耳(0.12 mm)。
8. 如請求項 1 之 USB 電纜，其中該等絕緣導體係雙絞線對或雙軸線對，該線對中之各者係屏蔽的。

9. 如請求項 8 之 USB 電纜，其中以該雙絞線對形式之該等絕緣導體之該導體具有不大於 7.9 密耳(0.201 mm)之直徑，且該等絕緣導體之該絕緣材料之該厚度不大於 5.6 密耳(0.14 mm)。
10. 如請求項 8 之 USB 電纜，其中以該雙絞線對形式之該等絕緣導體之該導體具有不大於 9.8 密耳(0.249 mm)之直徑，且該等絕緣導體之該絕緣材料之該厚度不大於 7.5 密耳(0.19 mm)。
11. 如請求項 8 之 USB 電纜，其中以該雙軸線對形式之該等絕緣導體之該導體具有不大於 7.9 密耳(0.201 mm)之直徑，且該等絕緣導體之該絕緣材料之該厚度不大於 6.4 密耳(0.16 mm)。
12. 如請求項 8 之 USB 電纜，其中以該雙軸線對形式之該等絕緣導體之該導體具有不大於 9.8 密耳(0.249 mm)之直徑，且該等絕緣導體之該絕緣材料之該厚度不大於 8.2 密耳(0.21 mm)。
13. 如請求項 1 之 USB 電纜，其中該全氟聚合物之 $-\text{CONH}_2$ 、 $-\text{COF}$ 、 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{CH}_2\text{OH}$ 、及 $-\text{COOCH}_3$ 熱不穩定末端基之總量係每 10^6 個碳原子不大於 10 個。
14. 如請求項 1 之 USB 電纜，其中該全氟聚合物經氟化以將該全氟聚合物之選自 $-\text{CONH}_2$ 、 $-\text{COF}$ 、 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{CH}_2\text{OH}$ 、及 $-\text{COOCH}_3$ 之熱不穩定末端基轉化成 $-\text{CF}_3$ 末端基，且其中該所得氟化全氟聚合物之該等熱不穩定末端基之總量係每 10^6 個碳原子不大於 10 個。
15. 如請求項 1 之 USB 電纜，其含有至少 8 個該等絕緣導體作為屏蔽差分線對。

16. 如請求項 1 之 USB 電纜，其中該絕緣材料係發泡的。
17. 如請求項 1 之 USB 電纜，其中該可熔融加工的全氟聚合物係四
氟乙烯/六氟丙烯共聚物或四氟乙烯/全氟(烷基乙烯基醚)共聚
物，其中該烷基含有 1 至 5 個碳原子。
18. 如請求項 1 之 USB 電纜，其中該可熔融加工的全氟聚合物之熔
體流速係至少 28 g/10 min。

圖式



圖