



(21) 申請案號：111145414

(22) 申請日：中華民國 111 (2022) 年 11 月 28 日

(51) Int. Cl. : C08G77/14 (2006.01)

(30) 優先權：2021/11/30 日本 2021-194147

(71) 申請人：日商琳得科股份有限公司 (日本) LINTEC CORPORATION (JP)  
日本

(72) 發明人：森瑤子 MORI, YOKO (JP)；樫尾幹広 KASHIO, MIKIHIRO (JP)

(74) 代理人：洪澄文；洪茂

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：7 項 圖式數：0 共 32 頁

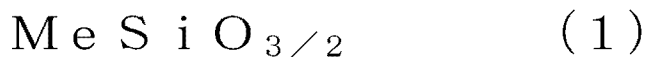
(54) 名稱

矽烷化合物聚合物

(57) 摘要

本案提一種矽烷化合物聚合物，具有以下述式(1)表示的重複單元(重複單元(1))

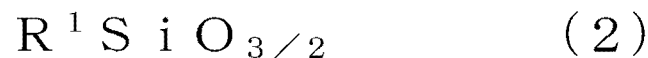
[化1]



(Me 表示甲基)，

具有或不具有下述式(2)表示的重複單元(重複單元(2))，

[化2]

(R<sup>1</sup> 表示選自由未取代的碳數 2~10 的烷基、具有取代基的碳數 1~10 的烷基、未取代的碳數 6~12 的芳基及具有取代基的碳數 6~12 的芳基所組成之群組的基)，

且滿足特定的要件 1~4。此矽烷化合物聚合物在室溫下為液體且具有熱硬化性。

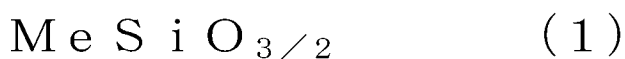
## 【發明摘要】

【中文發明名稱】 矽烷化合物聚合物

【中文】

本案提一種矽烷化合物聚合物，具有以下述式(1)表示的重複單元(重複單元(1))

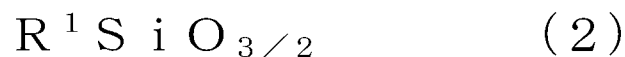
[化1]



(Me表示甲基)，

具有或不具有下述式(2)表示的重複單元(重複單元(2))，

[化2]



(R<sup>1</sup>表示選自由未取代的碳數2~10的烷基、具有取代基的碳數1~10的烷基、未取代的碳數6~12的芳基及具有取代基的碳數6~12的芳基所組成之群組的基)，

且滿足特定的要件1~4。此矽烷化合物聚合物在室溫下為液體且具有熱硬化性。

【指定代表圖】 無

【代表圖之符號簡單說明】 無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 矽烷化合物聚合物

【技術領域】

【0001】 本發明是關於一種矽烷化合物聚合物。

【先前技術】

【0002】 以往，硬化性組成物根據其用途進行了各種改良，作為光學部件、成形體等的原料、接著劑、塗佈劑等在工業上廣泛使用。

此外，硬化性組成物作為光學元件固定材用接著劑、光學元件固定材用密封材等的光學元件固定材用組成物也備受矚目。

【0003】 光學元件包括半導體雷射(LD)等的各種雷射、發光二極體(LED)等的發光元件、受光元件、複合光學元件、光學體體電路等。

近年來，發光的波峰波長更短的藍色光、白色光等的光學元件得到開發和廣泛應用。這種發光的波峰波長短的發光元件的高亮度化迅速提高，與此相伴，光學元件的發熱量有進一步增加的趨勢。

【0004】 然而，隨著近來光學元件的高亮度化，光學元件固定材用組成物的硬化物長時間暴露於更高能量的光、光學元件產生的更高溫度的熱等，產生了接著力下降之問題。

為了解決此問題，專利文獻1~3提出了以聚倍半矽氧烷(polysilsesquioxane)化合物為主成分的光學元件固定材用組成物。

【0005】 然而，在這些如光學元件固定材用組成物的硬化性組成物中，以在室溫下為固體的聚倍半矽氧烷化合物為主成分的情況下，為了提高硬化性組成物的塗佈性，通常在硬化性組成物中添加溶劑。

但是，近年來，從降低環境負荷的觀點出發，希望硬化性組成物的無溶劑化。因此，迄今為止已經進行了各種研究以合成在室溫下為液體的聚倍半矽氧烷化合物。

**【0006】** 例如，專利文獻4描述了一種在不使用有機溶媒的聚倍半矽氧烷液體的製造方法，其包含將3官能烷氧基矽（silicon alkoxide）、水和酸觸媒構成的混合物加水分解及聚縮合後，去除由3官能烷氧基矽的加水分解而產生的酒精。

在專利文獻4的實施例中，使用3-巰基丙基三甲氧基矽烷、乙基三甲氧基矽烷、丙基三甲氧基矽烷、苯基三甲氧基矽烷作為單體，製造了各種的聚倍半矽氧烷液體。

**【0007】** 專利文獻5記載了以具有特定重複單元的聚倍半矽氧烷作為主要成分的聚倍半矽氧烷液體。

在專利文獻5的製造例中，使用乙基三甲氧基矽烷作為單體來製造聚倍半矽氧烷液體。

**【0008】** 專利文獻6記載了一種含有在室溫下為液狀的聚倍半矽氧烷等的縮合反應型矽酮組成物。

在專利文獻6的製造例1、2中，使用甲基三甲氧基矽烷作為單體，製造了液狀的聚倍半矽氧烷。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

**【0009】**

[專利文獻1] 日本特開2004-359933號公報

[專利文獻2] 日本特開2005-263869號公報

[專利文獻3] 日本特開2006-328231號公報

第 2 頁，共 29 頁(發明說明書)

[專利文獻4] 日本特開2013-253223號公報

[專利文獻5] 日本特開2016-98245號公報

[專利文獻6] 日本特開WO2017/122762號

## 【發明內容】

[發明所欲解決的問題]

**【0010】** 如上述，專利文獻4~6中記載了在室溫下為液體的矽烷化合物聚合物。

然而，本發明人研究的結果發現，當使用甲基三烷氧基矽烷作為單體時，在與專利文獻4或5的實施例或製造例相同的反應條件下，難以獲得在室溫下為液體的矽烷化合物聚合物。

另外，發現根據專利文獻6記載的方法，雖然可得到具有源自甲基三烷氧基矽烷的重複單元且在室溫下為液體的矽烷化合物聚合物，但由於此矽烷化合物聚合物的熱硬化性差，除非添加硬化觸媒，否則矽烷化合物聚合物不能充分硬化。

本發明以解決這些問題為目的而完成，目的在於提供一種具有源自甲基三烷氧基矽烷的重複單元、在常溫(25°C，下同)下為液體且具有熱硬化性的矽烷化合物聚合物。

另外，在本發明中，「室溫下為液體」是指在25°C具有流動性。

另外，所謂「熱硬化性」是指即使不存在硬化觸媒，僅通過加熱也能硬化的性質。

[用以解決問題的手段]

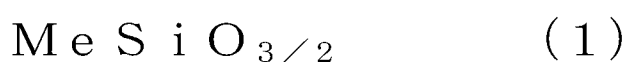
**【0011】** 為了解決上述問題，本發明人深入研究了具有源自甲基三烷氧基矽烷的重複單元的矽烷化合物聚合物。

結果發現，通過調節矽烷化合物聚合物中的烷氧基的量，可以獲得具有源自甲基三烷氧基矽烷的重複單元、在室溫下為液體並且具有熱硬化性的矽烷化合物聚合物，從而完成了本發明。

【0012】 因此，根據本發明，提供下述[1]~[7]矽烷化合物聚合物。

【0013】 [1]一種矽烷化合物聚合物，具有以下述式(1)表示的重複單元(重複單元(1))，

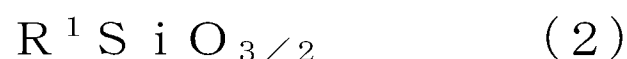
[化1]



(Me表示甲基)，

具有或不具有下述式(2)表示的重複單元(重複單元(2))

[化2]



(R<sup>1</sup>表示選自由未取代的碳數2~10的烷基、具有取代基的碳數1~10的烷基、未取代的碳數6~12的芳基及具有取代基的碳數6~12的芳基所組成之群組的基)，

且滿足以下的要件1~4：

[要件1]

相對於重複單元(1)及重複單元(2)的合計量，矽烷化合物聚合物含有的重複單元(1)的量為70~100莫耳%，

[要件2]

矽烷化合物聚合物於25°C的黏度為15,000 Pa·s以下，

[要件3]

矽烷化合物聚合物具有熱硬化性，

[要件4]

矽烷化合物聚合物具有烷氧基。

【0014】 [2]如[1]所述之矽烷化合物聚合物，其中矽烷化合物聚合物中重複單元(1)及重複單元(2)的合計量為矽烷化合物聚合物的全部重複單元中的80~100莫耳%。

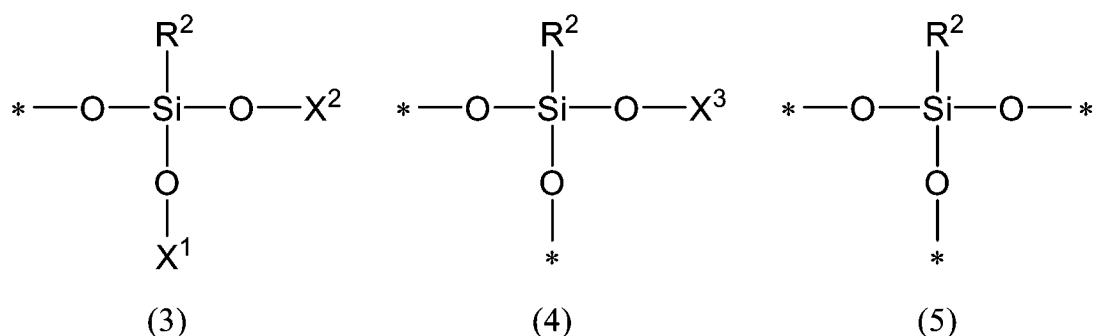
【0015】 [3]如[1]或[2]所述之矽烷化合物聚合物，其中矽烷化合物聚合物的質量平均分子量(Mw)為500~20,000。

【0016】 [4]如[1]~[3]中任一項所述之矽烷化合物聚合物，其中矽烷化合物聚合物藉由烷氧基矽烷化合物的加水分解聚縮合獲得。

【0017】 [5]如[4]所述之矽烷化合物聚合物，其中矽烷化合物聚合物的烷氧基殘存率為2.5%~25%。

【0018】 [6]如[1]~[5]中任一項所述之矽烷化合物聚合物，其中矽烷化合物聚合物具有以下述式(3)所表示的T1位點、以下述式(4)所表示的T2位點及以下述式(5)所表示的T3位點，相對於T1位點、T2位點、及T3位點的合計量，所述T1位點的量為2.5~25莫耳%。

[化3]



(R<sup>2</sup>表示選自由未取代的碳數1~10的烷基、具有取代基的碳數1~10的烷基、未取代的碳數6~12的芳基及具有取代基的碳數6~12的芳基所組成之群組的基，X<sup>1</sup>~X<sup>3</sup>各自獨立的表示氫原子或烷基，\*處鍵結有矽原子)。

【0019】 [7]如[6]所述之矽烷化合物聚合物，其中具有烷氧基的T1位點的量為全體T1位點的20~60莫耳%。

## [發明功效]

【0020】 根據本發明，提供一種具有源自甲基三烷氧基矽烷的重複單元、在室溫下為液體且具有熱硬化性的矽烷化合物聚合物。

## 【圖式簡單說明】

無。

## 【實施方式】

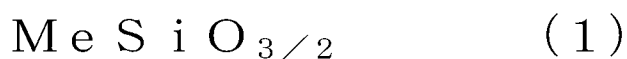
## 【0021】 &lt;&lt;矽烷化合物聚合物&gt;&gt;

本發明的矽烷化合物聚合物是具有上述重複單元(1)、具有或不具有上述重複單元(2)的矽烷化合物聚合物，且滿足上述要件1~4。

## 【0022】 [構成矽烷化合物聚合物的重複單元]

本發明的矽烷化合物聚合物具有下述式(1)所表示的重複單元(1)。

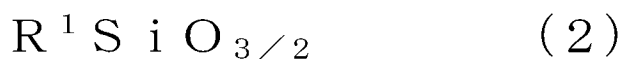
## 【0023】 [化4]



【0024】 式(1)中，Me表示甲基。

【0025】 本發明的矽烷化合物聚合物具有或不具有下述式(2)所表示重複單元(2)。

## 【0026】 [化5]



【0027】 式(2)中，R<sup>1</sup>表示選自由未取代的碳原子數為2~10的烷基、具有取代基的碳原子數為1~10的烷基、未取代的碳原子數為6~12的芳基、以及具有取代基的碳原子數為6~12的芳基所組成之群組的基。

【0028】 以R<sup>1</sup>所表示的「未取代的碳原子數為2~10的烷基」的碳原子數

較佳為2~6，更佳為2~3。

作為「未取代的碳原子數為2~10的烷基」，可以舉例乙基、正丙基、異丙基、正丁基、異丁基、二級丁基、三級丁基、正戊基、正己基、正辛基、正壬基、正癸基等。

**【0029】** 以 $R^1$ 所表示的「具有取代基的碳原子數為1~10的烷基」的碳原子數較佳為1~6，更佳為1~3。另外，此碳原子數是指除去取代基的部分(烷基的部分)的碳原子數。因此，當 $R^1$ 為「具有取代基的碳原子數為1~10的烷基」時， $R^1$ 的碳原子數也可以超過10。

作為「具有取代基的碳原子數為1~10的烷基」的烷基，可以舉例甲基、或與作為「未取代的碳原子數為2~10的烷基」所例示的烷基相同的烷基等。

**【0030】** 「具有取代基的碳原子數為1~10的烷基」的取代基的原子數(但氫原子數除外)通常為1~30，較佳為1~20。

作為「具有取代基的碳原子數為1~10的烷基」的取代基，可以舉出氟原子、氯原子、溴原子等的鹵素原子；苯基等的芳基等。

**【0031】** 以 $R^1$ 所表示的「未取代的碳原子數為6~12的芳基」的碳原子數較佳為6。

作為「未取代的碳原子數為6~12的芳基」，可以舉出苯基、1-萘基、2-萘基等。

**【0032】** 以 $R^1$ 所表示的「具有取代基的碳原子數為6~12的芳基」的碳原子數較佳為6。另外，此碳原子數是指除去取代基的部分(芳基的部分)的碳原子數。因此，當 $R^1$ 為「具有取代基的碳原子數為6~12的芳基」時， $R^1$ 的碳原子數也可以超過12。

作為「具有取代基的碳原子數為6~12的芳基」的芳基，可以舉出與作為「未取代的碳原子數為6~12的芳基」例示的芳基相同的芳基。

【0033】 「具有取代基的碳原子數為6~12的芳基」的取代基的原子數(但氫原子數除外)通常為1~30，較佳為1~20。

作為「具有取代基的碳原子數為6~12的芳基」的取代基，可以舉出甲基、乙基、正丙基、異丙基、正丁基、二級丁基、異丁基、三級丁基、正戊基、正己基、正庚基、正辛基、異辛基等的烷基；氟原子、氯原子、溴原子等的鹵素原子；甲氧基、乙氧基等的烷氧基等。

【0034】 其中，作為 $R^1$ ，較佳為未取代的碳原子數為2~10的烷基或未取代的碳原子數為6~12的芳基。

【0035】 當本發明的矽烷化合物聚合物具有重複單元(2)時，本發明的矽烷化合物聚合物可以具有1種的 $R^1$ ，也可以具有2種以上的 $R^1$ 。

【0036】 本發明的矽烷化合物聚合物滿足上述要件1。

即，在本發明的矽烷化合物聚合物中，相對於重複單元(1)和重複單元(2)的合計量，重複單元(1)的量為70~100莫耳%，較佳為80~100莫耳%，更佳為90~100莫耳%，又更佳為95~100莫耳%。

以往，「具有源自甲基三烷氧基矽烷的重複單元的矽烷化合物聚合物」在室溫下具有容易成為固體的傾向。另外，根據專利文獻6記載的方法，雖使用甲基三甲氧基矽烷作為單體，可以得到液狀的聚倍半矽氧烷(Silsesquioxane)，但通過此方法得到的聚倍半矽氧烷的熱硬化性差。

另一方面，本發明的矽烷化合物聚合物含有較多的重複單元(1)(即，源自甲基三烷氧基矽烷的重複單元)，但滿足要件2和要件3(即，在室溫下為液體且具有熱硬化性)。

如後所述，通過適當調節矽烷化合物聚合物中的烷氧基的量，可以得到滿足要件1、要件2及要件3的矽烷化合物聚合物。

【0037】 本發明的矽烷化合物聚合物中的重複單元(1)和重複單元(2)的合

計量在全部重複單元中較佳為80~100莫耳%，更佳為85~100莫耳%，又更佳為90~100莫耳%。

在全部重複單元中，重複單元(1)和重複單元(2)的合計量為80莫耳%以上的矽烷化合物聚合物在室溫下為液體，並且傾向於具有熱硬化性。

**【0038】** 當本發明矽烷化合物聚合物具有重複單元(1)、重複單元(2)等以外的重複單元時，作為重複單元(1)、重複單元(2)等以外的重複單元，可以舉例源自三甲基甲氧基矽烷等的1官能矽烷化合物的重複單元、源自二甲基二甲氧基矽烷等的2官能矽烷化合物的重複單元、源自3官能矽烷化合物的重複單元(但，除了重複單元(1)和重複單元(2))、源自四甲氧基矽烷等的4官能矽烷化合物的重複單元等。

**【0039】** [矽烷化合物聚合物的物性]

本發明的矽烷化合物聚合物滿足上述要件2。

即，本發明的矽烷化合物聚合物在25°C的黏度為15,000Pa·s以下，較佳為4,000Pa·s以下，更佳為2,000Pa·s以下。

由於本發明的矽烷化合物聚合物在25°C的黏度為15,000Pa·s以下，因此本發明的矽烷化合物聚合物在室溫下具有充分的流動性。因此，本發明的矽烷化合物聚合物適合作為不含有機溶媒的硬化性組成物的硬化性成分。

本發明的矽烷化合物聚合物的25°C的黏度的下限值沒有特別限定，通常為0.3Pa·s以上。

因此，本發明的矽烷化合物聚合物在25°C的黏度較佳為0.3~15,000Pa·s。

**【0040】** 在本說明書中，「25°C的黏度」是指使用錐半徑(圓錐底面的半徑)12.5mm、錐角度為0.5度的錐板(cone plate)，相對於剪切速度 $2.2\text{s}^{-1}$ 的黏度。但是，在此測定中超過50Pa·s時，所謂「25°C的黏度」是指使用半徑12.5mm的平行板(parallel plate)，相對於角頻率2.0rad/s的黏度。

**【0041】** 本發明的矽烷化合物聚合物滿足上述要件3。

即，本發明的矽烷化合物聚合物可以在不存在硬化觸媒的情況下，僅通過加熱而充分硬化。因此，本發明的矽烷化合物聚合物適合作為不含硬化觸媒的硬化性組成物的硬化成分。

**【0042】** 以本發明的矽烷化合物聚合物為試料，進行實施例中記載的熱硬化性試驗時，直至攪拌扭矩達到0.049N/cm的時間較佳為1,500秒以下，更佳為1,000秒以下。

直至攪拌轉矩達到0.049N/cm的時間為1,500秒以下的矽烷化合物聚合物更適合作為熱硬化性優異的硬化性組成物的硬化性成分。

直至攪拌轉矩達到0.049N/cm的時間的下限值沒有特別限定，但通常為100秒以上。

因此，本發明的矽烷化合物聚合物在進行實施例所記載的熱硬化性試驗時，直至攪拌轉矩達到0.049N/cm的時間較佳為100~1,500秒。

**【0043】** 本發明的矽烷化合物聚合物滿足上述要件4。

即，本發明的矽烷化合物聚合物具有烷氧基。

通過滿足要件4，更容易獲得同時滿足要件1、要件2和要件3的矽烷化合物聚合物。

即，即使矽烷化合物聚合物含有較多源自甲基三烷氧基矽烷的重複單元，但由於含有較多的烷氧基，因此傾向在室溫下成為液體。

另一方面，烷氧基過多的矽烷化合物聚合物傾向熱硬化性變差。

因此，通過適當調整矽烷化合物聚合物中烷氧基的量，可以獲得滿足要件1、要件2及要件3的矽烷化合物聚合物。

**【0044】** 如後所述，本發明的矽烷化合物聚合物可以通過使烷氧基矽烷化合物加水分解聚縮合來有效地製造。以下，有時將本發明的矽烷化合物聚合物

中由將烷氧基矽烷化合物加水分解聚縮合而得的聚合物記載為「矽烷化合物聚合物(A)」。

**【0045】** 矽烷化合物聚合物(A)的烷氧基殘存率較佳為2.5~25%，更佳為3.0~20%。

矽烷化合物聚合物(A)的烷氧基殘存率表示作為單體使用的烷氧基矽烷化合物中含有的烷氧基在矽烷化合物聚合物(A)中殘留的程度。

烷氧基殘存率為2.5%以上的矽烷化合物聚合物(A)在室溫下有成為液體的傾向。

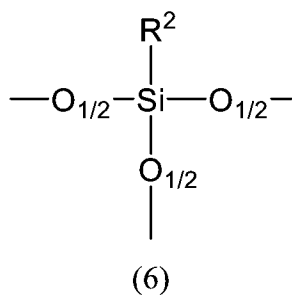
烷氧基殘存率為25%以下的矽烷化合物聚合物(A)傾向於具有充分的熱硬化性。

**【0046】** 烷氧基殘存率可以通過測定矽烷化合物聚合物(A)的<sup>1</sup>H-NMR而算出。例如，使用甲基三乙氧基矽烷製造矽烷化合物聚合物(A)時，測定矽烷化合物聚合物(A)的<sup>1</sup>H-NMR，根據波峰的面積比求出甲基和乙氧基的比例，由此可以算出矽烷化合物聚合物(A)的烷氧基殘存率。

另外，由於本發明的矽烷化合物聚合物可溶於各種有機溶媒，例如丙酮等的酮類溶媒；苯等的芳香族烴類溶媒；二甲基亞砷等的含硫系溶媒；四氫呋喃等的醚系溶媒；乙酸乙酯等的酯類溶媒；氯仿等的含鹵素系溶媒；及由此些的2種以上構成的混合溶媒等，因此可以使用此些溶媒測定本發明的矽烷化合物聚合物的溶液狀態下的NMR。

**【0047】** 先前說明的重複單元(1)、重複單元(2)等由下述式(6)表示。

**【0048】** [化6]

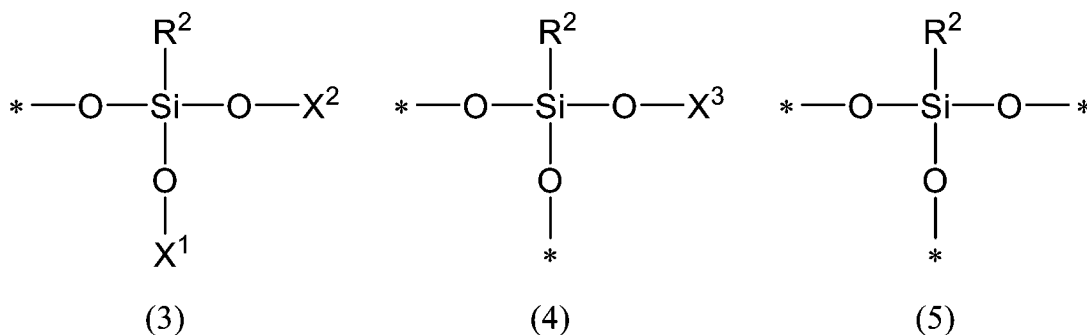


【0049】 式(6)中， $\text{R}^2$ 表示甲基或以 $\text{R}^1$ 所表示的基團。 $\text{O}_{1/2}$ 表示氧原子與相鄰的重複單元共有。

【0050】 如式(6)所示，本發明的矽烷化合物聚合物具有在矽原子上鍵結有3個氧原子、鍵結有1個除此之外的基團(由 $\text{R}^2$ 表示的基團)的部分結構，通常統稱為T位點。

作為本發明的矽烷化合物聚合物中含有的T位點，可以舉出下述式(3)所示的T1位點、下述式(4)所示的T2位點、下述式(5)所示的T3位點。

【0051】 [化7]



【0052】 式(3)~(5)中， $\text{R}^2$ 表示與上述相同的意思。 $\text{X}^1 \sim \text{X}^3$ 分別獨立地表示氫原子或烷基。作為 $\text{X}^1 \sim \text{X}^3$ 的烷基，可以舉出甲基、乙基、正丙基、異丙基等。在上述式(3)~(5)中，\*處鍵結有Si原子。

【0053】 如專利文獻6所記載，前述式(3)表示的T1位點、式(4)表示的T2位點、式(5)表示的T3位點的含有比例可以根據常規方法，藉由測定本發明的矽烷化合物聚合物的溶液狀態的 $^{29}\text{Si-NMR}$ 而求出。

如式(3)~(5)所示，相對於T3位點具有3個鄰接的Si原子、T2位點具有2個鄰接的Si原子，T1位點只有1個鄰接的Si原子。因此，T1位點傾向於構成矽烷化合

物聚合物的末端部，其為與其他分子相互作用時重要的位點。

矽烷化合物聚合物的狀態(液體或固體)、熱硬化性等是作為與其他分子的相互作用的結果而表示的性質。因此，T1位點的含量、含有烷氧基的T1位點相對於T1位點全體的比例等，與上述烷氧基殘存率同樣，可以成為室溫下為液體且具有熱硬化性的矽烷化合物聚合物的指標。

**【0054】** 相對於T1位點、T2位點、T3位點的合計量，本發明的矽烷化合物聚合物中所含的T1位點的量較佳為2.5~25莫耳%，更佳為2.5~15莫耳%。

在本發明的矽烷化合物聚合物中，相對於全體T1位點，含烷氧基的T1位點的比例在全部T1位點中較佳為20~60莫耳%，更佳為25~50%。

含烷氧基的T1位點相對於全體T1位點的比例可以根據實施例所記載的方法而算出。

**【0055】** 本發明的矽烷化合物聚合物的質量平均分子量(Mw)較佳為500~20,000，更佳為600~10,000，又更佳為700~5,000。

本發明的矽烷化合物聚合物的分子量分佈(Mw/Mn)沒有特別限定，通常為1.00~10.00，較佳為1.10~6.00，更佳為1.15~4.00。

質量平均分子量或分子量分佈(Mw/Mn)在上述範圍內的矽烷化合物聚合物適合用作硬化性組成物的硬化性成分。

質量平均分子量(Mw)及數平均分子量(Mn)例如可以通過使用四氫呋喃(THF)作為溶媒的凝膠滲透層析法(GPC)的標準聚苯乙烯換算值求出。

**【0056】** 本發明的矽烷化合物聚合物為共聚物時，本發明的矽烷化合物聚合物可以是無規共聚物、嵌段共聚物、接枝共聚物、交替共聚物等中的任一種，但從製造容易性等的觀點考慮，較佳為無規共聚物。

另外，本發明的矽烷化合物聚合物的結構可以是梯(ladder)型結構、雙層(double decker)型結構、籠型結構、部分開裂籠型結構、環狀型結構、無規型結

構中的任一種結構。

**【0057】** <<矽烷化合物聚合物的製造方法>>

本發明的矽烷化合物聚合物的製造方法沒有特別限定。

作為本發明的矽烷化合物聚合物的製造方法，例如可以舉出具有使甲基三烷氧基矽烷在水和酸觸媒的存在下加水分解聚縮合的製程(製程PO)、和純化製程PO中得到的矽烷化合物聚合物的製程(製程PU)的方法。

**【0058】** [製程PO]

製程PO是在水和酸觸媒的存在下，使甲基三烷氧基矽烷加水分解聚縮合的步驟。

**【0059】** 在製程PO中，使用甲基三烷氧基矽烷作為必須的單體。作為甲基三烷氧基矽烷，可以舉出甲基三甲氧基矽烷、甲基三乙氧基矽烷、甲基三丙氧基矽烷等。

**【0060】** 在製程PO中，只要獲得滿足上述要件1的矽烷化合物聚合物，亦可以使用除甲基三烷氧基矽烷以外的3官能烷氧基矽烷化合物作為單體。

作為甲基三烷氧基矽烷以外的3官能烷氧基矽烷化合物，可舉例由下述式(7)表示的3官能烷氧基矽烷化合物。

**【0061】** [化8]



**【0062】** 式(7)中， $R^1$ 表示與上述相同的意思。OR表示烷氧基。OR可以彼此相同或不同。

**【0063】** OR表示的烷氧基的碳原子數較佳為1~6，更佳為1~3。

作為OR表示的烷氧基，可以舉出甲氧基、乙氧基、丙氧基等。

**【0064】** 作為式(7)所示3官能烷氧基矽烷化合物的具體例，可以舉出乙基

三甲氧基矽烷、乙基三乙氧基矽烷、乙基三丙氧基矽烷、正丙基三甲氧基矽烷、正丙基三乙氧基矽烷、正丙基三丙氧基矽烷等的烷基三烷氧基矽烷化合物類；

3,3,3-三氟丙基三甲氧基矽烷、3,3,3-三氟丙基三乙氧基矽烷、3,3,3-三氟丙基三丙氧基矽烷等的經取代的烷基三烷氧基矽烷化合物；

苯基三甲氧基矽烷、苯基三乙氧基矽烷、苯基三丙氧基矽烷等的芳基三烷氧基矽烷化合物類；

4-甲氧基苯基三甲氧基矽烷、4-甲氧基苯基三乙氧基矽烷、4-甲氧基苯基三丙氧基矽烷等的經取代的芳基三烷氧基矽烷化合物類等。

這些3官能烷氧基矽烷化合物可以單獨使用1種，或者組合使用2種以上。

【0065】 相對於3官能烷氧基矽烷化合物的合計量，甲基三烷氧基矽烷的量通常為70~100莫耳%，較佳為80~100莫耳%，更佳為90~100莫耳%，又更佳為95~100莫耳%。

【0066】 在製程PO中，除了3官能烷氧基矽烷化合物之外，還可以使用三甲基甲氧基矽烷等的1官能烷氧基矽烷化合物、二甲基二甲氧基矽烷等的2官能烷氧基矽烷化合物、四甲氧基矽烷等的4官能烷氧基矽烷化合物作為單體。

【0067】 3官能烷氧基矽烷化合物的量在烷氧基矽烷化合物全體中較佳為80~100莫耳%，更佳為85~100莫耳%，又更佳為90~100莫耳%。

3官能烷氧基矽烷化合物的量在烷氧基矽烷化合物全體中為80莫耳%以上，由此容易得到室溫下為液體且具有熱硬化性的矽烷化合物聚合物。

【0068】 在製程PO中添加到反應系內的水的量，較佳為以下述式(F1)導出的水與烷氧基的莫耳比M為0.46~0.86的量，更佳為0.48~0.80的量，又更佳為0.50~0.70的量。

【0069】 [數1]

$$M = M_{\text{H}_2\text{O}} / M_{\text{OR}} \quad (\text{F } 1)$$

第 15 頁，共 29 頁(發明說明書)

【0070】 式(F1)中， $M_{H_2O}$ 是在反應系內添加的水的物質質量(莫耳數)， $M_{OR}$ 是烷氧基矽烷化合物中的烷氧基的總數(總莫耳數)。

例如，對1莫耳甲基三烷氧基矽烷添加1莫耳水時，莫耳比M的值為1/3(0.33)。

【0071】 通過莫耳比M為0.46~0.86，可以高效地得到含有適量烷氧基、滿足上述要件2及要件3的矽烷化合物聚合物。

【0072】 作為製程(PO)中使用的酸觸媒，可以舉出磷酸、鹽酸、硼酸、硫酸、硝酸等的無機酸；檸檬酸、乙酸、甲磺酸、三氟甲磺酸、苯磺酸、對甲苯磺酸等的有機酸等。其中，較佳為選自磷酸、鹽酸、硼酸、硫酸、檸檬酸、乙酸和甲磺酸中的至少1種。

【0073】 酸觸媒的使用量相對於烷氧基矽烷化合物的合計量通常為0.05~10莫耳%，較佳為0.1~5莫耳%。

【0074】 製程PO例如可以通過在反應容器中加入烷氧基矽烷化合物、水和酸觸媒，攪拌得到的混合物而進行。另外，在反應容器內，除了這些成分以外，也可以存在有機溶媒。

作為有機溶媒，可以舉出苯、甲苯、二甲苯等的芳香族烴類；乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸丙酯、乙酸丁酯、丙酸甲酯等的酯類；丙酮、甲乙酮、甲基異丁基酮、環己酮等的酮類；甲醇、乙醇、正丙醇、異丙醇、正丁醇、異丁醇、二級丁醇、三級丁醇等的醇類等。這些溶媒可以單獨使用1種，或者將2種以上組合使用。

在製程PO中使用有機溶媒時，相對於烷氧基矽烷化合物，較佳使用體積基準為0.05~3倍、更佳為0.1~1.5倍的有機溶媒。

【0075】 製程PO的反應條件沒有特別限定。

製程PO的反應溫度通常為0~85°C，較佳為15~75°C。

製程PO的反應時間通常為30分鐘~50小時，較佳為1~24小時。

【0076】 製程PO可以在從開始到結束一定的條件下進行(即，可以具有1個步驟)，也可以具有反應條件不同的複數步驟。

從能够高效地製造目標分子量的矽烷化合物聚合物來看，製程PO較佳包含在水和酸觸媒的存在下進行烷氧基矽烷化合物的加水分解的步驟(步驟PO-I)和調整矽烷化合物聚合物的分子量的步驟(步驟PO-II)。

【0077】 步驟PO-I是在水和酸觸媒的存在下進行烷氧基矽烷化合物的加水分解的步驟。

步驟PO-I例如可以通過在反應容器中加入烷氧基矽烷化合物、水和酸觸媒，攪拌得到的混合物來進行。另外，在反應容器內，除了這些成分以外，還可以存在有機溶媒。

作為有機溶媒，可以舉出作為製程PO的有機溶媒而先前例示的有機溶媒。

在步驟PO-I中使用有機溶媒時，相對於烷氧基矽烷化合物，較佳使用體積基準為0.05~1倍、更佳為0.1~0.5倍的有機溶媒。

【0078】 步驟PO-I的反應條件沒有特別限定。

步驟PO-I的反應溫度通常為0~50°C，較佳為15~35°C。

步驟PO-I的反應時間通常為10分鐘~2小時，較佳為15~90分鐘。

【0079】 用於烷氧基矽烷化合物的加水分解而添加的水較佳在步驟PO-I結束時充分消耗。水的消耗量可以通過，例如，當使用甲基三乙氧基矽烷作為單體時，對反應生成物測定<sup>1</sup>H-NMR，並將「Si-Me」的量與「Si-OEt」的量進行對比而推測。

另外，在步驟PO-I中，不僅可以進行烷氧基矽烷化合物的加水分解反應，還可以進行聚縮合反應。

【0080】 步驟PO-II是調整矽烷化合物聚合物的分子量的步驟。

即，步驟PO-II是為了生成具有目標分子量的矽烷化合物聚合物，而使步驟

PO-I的反應生成物進行聚縮合反應的步驟。

**【0081】** 為了調整矽烷化合物聚合物的分子量，較佳在進行步驟PO-II時根據需要在反應系中添加鹼基。

通過加入較多的鹼基、在較高的溫度下進行步驟PO-II、或延長步驟PO-II的反應時間，傾向獲得在室溫下為液體、具有熱硬化性且大分子量的矽烷化合物聚合物。另外，在步驟PO-I中，通過調節酸觸媒的量、反應溫度等，加速烷氧基矽烷化合物的加水分解反應，傾向得到大分子量的矽烷化合物聚合物。

另一方面，通過添加較少的鹼基、在較低的溫度下進行步驟PO-II、或縮短步驟PO-II的反應時間，傾向獲得室溫下為液體、具有熱硬化性且較小分子量的矽烷化合物聚合物。另外，在步驟PO-I中，通過調節酸觸媒的量、反應溫度等，略微抑制烷氧基矽烷化合物的加水分解反應，傾向獲得小分子量的矽烷化合物聚合物。

**【0082】** 當在步驟PO-II進行時向反應系內添加鹼基時，相對於步驟PO-I中使用的酸觸媒，其添加量較佳為0.1-20當量，更佳為0.5-8當量。

通過向反應系內添加上述量的鹼基，可以高效地製造具有目標分子量的矽烷化合物聚合物。

**【0083】** 作為鹼基，可舉例氨水；三甲胺、三乙胺、二異丙基胺基鋰、雙(三甲基甲矽烷基)胺基鋰、吡啶、1,8-二氮雜雙環[5.4.0]-7-十一碳烯、苯胺、甲基吡啶(picoline)、1,4-二氮雜雙環[2.2.2]辛烷、咪唑等的有機鹼基；四甲基氫氧化銨、四乙基氫氧化銨等的有機氫氧化物；甲醇鈉、乙醇鈉、三級丁醇鈉、三級丁醇鉀等的金屬醇鹽；氫化鈉、氫化鈣等的金屬氫化物；氫氧化鈉、氫氧化鉀、氫氧化鈣等的金屬氫氧化物；碳酸鈉、碳酸鉀、碳酸鎂等的金屬碳酸鹽；碳酸氫鈉、碳酸氫鉀等的金屬碳酸氫鹽等。

**【0084】** 步驟PO-II的反應條件沒有特別限制。

第 18 頁，共 29 頁(發明說明書)

P220165300TWF

步驟PO-II的反應溫度通常為20-85°C，較佳為24-70°C。

步驟PO-II的反應時間通常為20分鐘至48小時，較佳為1至24小時。

【0085】 以往，在製造矽烷化合物聚合物時，為了使聚縮合反應充分進行，會設置「熟成製程」。關於此熟化製程，例如在上述專利文獻4的第(0020)段中記載有「較佳將3官能烷氧基矽（silicon alkoxide）、水和酸觸媒構成的混合物於20~60°C左右的溫度保持24小時，進行加水分解和聚縮合」實際上，在專利文獻4的實施例中，將3官能烷氧基矽、水和酸觸媒所構成的混合物在密閉容器中於20°C攪拌3小時後，於60°C熟成(靜置)24小時，並製造矽烷化合物聚合物。

【0086】 步驟PO-II雖然與上述熟成製程同樣使聚縮合反應充分進行，但與熟成製程不同，步驟PO-II較佳一邊攪拌一邊進行。

即，將加水分解反應後的混合物靜置這樣的熟化製程，可以認為是如專利文獻4的實施例，添加足夠量的水(相對於3官能烷氧基矽為3當量的水)，使幾乎全部的烷氧基置換為羥基後的聚縮合反應所適宜的製程。另一方面，在製造本發明的矽烷化合物聚合物時，較佳在水與烷氧基的莫耳比M為0.46~0.86的範圍的條件下進行，因此即使在添加的水通過加水分解完全消耗的情況下，在步驟PO-I的反應生成物中也殘留有烷氧基。

如此一來，由於步驟PO-I的反應生成物中混合有Si-OH和Si-OR，為了有效地進行此反應生成物的聚縮合反應而得到目標分子量的矽烷化合物聚合物，較佳攪拌反應系內。

【0087】 步驟PO-II較佳在有機溶媒存在下進行。通過在有機溶媒存在下進行步驟PO-II，可以使反應系內充分攪拌，可以充分進行步驟PO-I的反應生成物的聚縮合反應。

另外，由於可以在稀釋條件下進行步驟PO-I的反應生成物的聚縮合反應，所以可以再現性良好地進行分子量的調整。

**【0088】** 作為有機溶媒，可以舉出作為製程PO中的有機溶媒而先前例示的有機溶媒。

因此，在有機溶媒的存在下進行步驟PO-I時，可以直接利用此有機溶媒進行步驟PO-II。

另一方面，在不存在有機溶媒的狀態下進行步驟PO-I時，通過在步驟PO-I中得到的反應混合物中加入有機溶媒，可以在有機溶媒存在下進行步驟PO-II。

在步驟PO-II中使用有機溶媒時，相對於步驟PO-I中使用的烷氧基矽烷化合物，較佳使用體積基準為0.05~3倍、更佳為0.1~1.5倍的可機溶媒。

**【0089】** 步驟PO-II較佳在開放系中進行。通過在開放系中進行步驟PO-II，作為製程PO中的生成物的水、醇等容易釋放到反應系外，因此能夠避免由水、醇等阻礙聚縮合反應。另外，在有機溶媒的存在下進行步驟PO-II時，能夠抑制成為過度的加壓狀態，因此能夠安全地進行聚縮合反應。

所謂開放系，是指反應系和其周圍的體系沒有完全被遮斷，分子能夠相互移動的狀態的體系。

#### **【0090】 [製程PU]**

製程PU是將得到的矽烷化合物聚合物純化的製程。

通過進行製程PU，可以獲得高純度的矽烷化合物聚合物。如此的矽烷化合物聚合物更適合作為光學元件固定材用組成物等的硬化性組成物的硬化性成分。

**【0091】** 作為製程PU，可舉例藉由溶媒萃取法的純化製程。

作為藉由溶媒萃取法的純化製程，例如可以舉出具有以下步驟的製程。

(步驟PU-I)在製程PO中得到的反應混合物中，根據需要加入水不混溶性的有機溶媒、水等，將其攪拌後靜置，使其分離為有機相和水相的步驟

(步驟PU-II)分取步驟PU-I中產生的有機相，根據需要用水清洗有機相的步驟

(步驟PU-III)乾燥在步驟PU-II中分取的有機相的步驟

(步驟PU-IV)從步驟PU-III中乾燥的有機相中去除溶媒的步驟

**【0092】** 在步驟PU-I中，根據需要，在上述反應混合物中加入水不混溶性的有機溶媒、水等的溶媒，以使製程PO中得到的反應混合物分離為有機相和水相。添加的溶媒的量、有機溶媒的種類只要在製程PO中得到的反應混合物分離為有機相和水相，就沒有特別限定。

**【0093】** 矽烷化合物聚合物通常包含在有機相中。因此，在步驟PU-II中，分取步驟PU-I中產生的有機相。之後，也可以按照常規方法用水清洗有機相。

**【0094】** 在步驟PU-III中，根據添加硫酸鎂等的常規方法乾燥有機相。

**【0095】** 在步驟PU-IV中，從有機相中除去溶媒。溶媒的除去可以按照蒸發器的濃縮處理、真空乾燥處理等的常規方法進行。

**【0096】** [實施例]

以下，舉出實施例更詳細地說明本發明。但是，本發明並不限定於以下的實施例。

**【0097】** [實施例1]

在300ml茄型燒瓶中加入甲基三乙氧基矽烷47.41g(266mmol)後，一邊攪拌，一邊加入在蒸餾水9.576g(531mmol)中溶解有35質量%鹽酸0.0693g(HCl:0.665mmol，相對於甲基三乙氧基矽烷為0.250mol%)的水溶液，將整體在30°C攪拌1小時。將體系升溫至70°C，向其中加入乙酸丙酯11.9g和28%氨水溶液0.040g(NH<sub>3</sub>:0.658mmol，相對於HCl為0.99當量)，攪拌2小時。

使反應液冷卻至室溫(25°C)後，向溶液中加入乙酸丙酯100g和水200g進行分液處理，分取含有反應生成物的有機相。向此有機相中加入硫酸鎂進行乾燥處理。過濾除去硫酸鎂後，將有機層以蒸發器濃縮，接著，藉由將所得濃縮物真空乾燥，得到矽烷化合物聚合物。

**【0098】** [實施例2~4、比較例1~3]

除了變更為第1表所記載的條件以外，與實施例1同樣地得到矽烷化合物聚合物。

**【0099】** [表1]

第 1 表

	步驟PO-I						步驟PO-II				
	單體		H <sub>2</sub> O	M <sub>1120</sub> /M <sub>OX</sub>	HCl		反應條件	乙酸丙酯	NH <sub>3</sub>		反應條件
	MeSi(OEt) <sub>3</sub>	PhSi(OMe) <sub>3</sub>			添加量	相對於單體的比列			添加量	相對於HCl的比列	
實施例1	47.41g (266mmol)	-	9.576g (531mmol)	0.666	0.665mmol	0.250mol%	30°C 1小時	11.9g	0.658mmol	0.99當量	70°C 2小時
實施例2	23.70g (133mmol)	-	4.785g (266mmol)	0.666	0.665mmol	0.500mol%	30°C 15分	28.3g	1.50mmol	2.2當量	70°C 6小時
實施例3	47.41g (266mmol)	-	7.182g (399mmol)	0.500	0.664mmol	0.250mol%	30°C 1小時	13.6g	0.658mmol	0.99當量	70°C 2小時
比較例 1	23.70g (133mmol)	-	7.182g (399mmol)	0.999	0.332mmol	0.250mol%	30°C 1小時	13.3g	0.329mmol	0.99當量	70°C 2小時
比較例 2	23.70g (133mmol)	-	2.394g (133mmol)	0.333	0.332mmol	0.250mol%	30°C 1小時	13.3g	0.986mmol	3.0當量	70°C 2小時
實施例4	14.60g (81.9mmol)	6.96g (35.1mmol)	4.21g (234mmol)	0.666	0.293mmol	0.250mol%	30°C 1小時	6.44g	0.293mmol	1.0當量	70°C 2小時
比較例 3	14.60g (81.9mmol)	6.96g (35.1mmol)	6.32g (351mmol)	0.999	0.293mmol	0.250mol%	30°C 1小時	6.97g	0.293mmol	1.0當量	70°C 2小時

【0100】 對實施例1~4、比較例1~3中得到的矽烷化合物聚合物各別進行

第 23 頁，共 29 頁(發明說明書)

以下的測定、試驗。結果如第2表所示。

### 【0101】 [黏度測定]

在實施例1、3、比較例2中，使用流變儀(裝置名「MCR301」，Anton Paar公司製造)，使用錐半徑為12.5mm、錐角度為0.5°的錐板，在25°C測定 $2.2\text{s}^{-1}$ 的黏度。

在實施例2、4中，使用半徑為12.5mm的平行板，在25°C測定 $2.0\text{rad/s}$ 的黏度。

### 【0102】 [熱硬化性試驗]

使用自動硬化時間測定裝置「MADOKA」(Cyber Co., Ltd.製造)，在以下的條件下測定硬化時間。

在加熱至170°C的不銹鋼板上，加入0.20ml的樣品並攪拌。由於攪拌轉矩隨時間而上升，所以測定到 $0.049\text{N}\cdot\text{cm}$ 為止的時間(秒)。

基於此時間，藉由以下的基準評價矽烷化合物聚合物的熱硬化性。

另外，由於比較例1、比較例3中得到矽烷化合物聚合物為固體，因此作為參考實驗使用混合溶媒[丁基二甘醇乙酸酯：三丙二醇單丁醚(4:6)]稀釋的物質(比較例1為固形物成分濃度90重量%，比較例3為固形物成分濃度80重量%)作為試料，進行熱硬化性試驗。

○：1000秒以下

△：超過1000秒1500秒以下

×：超過1500秒

此外，攪拌條件如下。

- 攪拌葉片的自轉轉速：200rpm
- 攪拌葉片的公轉轉速：80rpm
- 間隙(加熱板與攪拌葉片間的距離)：0.2mm

### 【0103】 [ $^1\text{H-NMR}$ 測定]

裝置名：Bruker BioSpin公司製 AV-500

$^1\text{H}$ -NMR共振頻率：500MHz

探針：5mm $\phi$ 溶液探針

測定溫度：室溫(25°C)

重複時間：1s

掃瞄次數：16次

**【0104】** [ $^1\text{H}$ -NMR試料製作方法]

矽烷化合物聚合物濃度：3%

測定溶媒：丙酮-d6

內部標準：TMS

**【0105】** [烷氧基殘存率]

根據 $^1\text{H}$ -NMR測定結果，求出烷氧基相對於甲基的比例，計算矽烷化合物聚合物的烷氧基殘存率。

**【0106】** [ $^{29}\text{Si}$ -NMR測定]

裝置名：Bruker BioSpin公司製 AV-500

$^{29}\text{Si}$ -NMR共振頻率：99.352MHz

探針：5mm $\phi$ 溶液探針

測定溫度：室溫(25°C)

試料轉速：20kHz

測定法：反向閘去耦合法(inverse-gated decoupling)

$^{29}\text{Si}$  翻轉角：90°

$^{29}\text{Si}$  90°脈衝寬度：8.0  $\mu\text{s}$

重複時間：5s

掃瞄次數：9200次

觀測幅度：30kHz

**【0107】** [<sup>29</sup>Si-NMR試料製作方法]

為了縮短緩和時間，添加Fe(acac)<sub>3</sub>作為緩和試劑進行測定。

矽烷化合物聚合物濃度：15%

Fe(acac)<sub>3</sub>濃度：0.6%

測定溶媒：丙酮-d<sub>6</sub>

內部標準：TMS

**【0108】** [波形處理解析]

對於傅立葉轉換後的光譜的各波峰，根據峰頂的位置求出化學位移，進行積分。

**【0109】** 另外，在甲基三乙氧基矽烷的均聚物中，根據以下範圍的積分值，分別求出T1位點、T2位點、T3位點的量。

T1位點：-52.0~ -45.0ppm

T2位點：-60.7~ -52.0ppm

T3位點：-71.5~ -60.7ppm

另外，在甲基三乙氧基矽烷和苯基三甲氧基矽烷的共聚物中，根據以下範圍的積分值，分別求出T1位點、T2位點、T3位點的量。

T1位點：-51.0~ -46.0ppm

T2位點：-74.0~ -68.5ppm、-60.5~ -51.0ppm

T3位點：-83.0~ -74.0ppm、-68.5~-60.5ppm

**【0110】** [含有烷氧基的T1位點相對於T1位點全體的比例]

進行<sup>29</sup>Si-NMR測定，根據以下範圍的積分值，求出具有1個或2個烷氧基的T1位點的量。

甲基三乙氧基矽烷的均聚物：-52.0~-50.0ppm

第 26 頁，共 29 頁(發明說明書)

甲基三乙氧基矽烷與苯基三甲氧基矽烷的共聚物：-50.3~-49.0ppm

接著，基於這些區域的積分值，算出含有烷氧基的T1位點相對於T1位點全體的比例(T1(OR)/T1(total))。

**【0111】** [平均分子量測定]

矽烷化合物聚合物的質量平均分子量(Mw)在以下的裝置和條件下測定。

裝置名：HLC-8220GPC、TOSOH Co., Ltd.製

管柱：依次連接「TSK guard column SuperH-H」、「TSK gel SuperHM-H」、「TSK gel SuperHM-H」、「TSK gel SuperH2000」

溶媒：四氫呋喃

標準物質：聚苯乙烯

注入量：20  $\mu$ l

測定溫度：40°C

流速：0.6ml/分

檢測器：示差折射計

**【0112】** [表2]

第 2 表

	$M_{H_2O}/M_{OR}$	狀態 (25 °C)	黏度 (25 °C) [Pa · s]	熱硬化性 試驗		烷氧基 殘存率 [%]	$^{29}Si-NMR$				質量 平均 分子量
				硬化 時間 [秒]	評 價		T1 [%]	T2 [%]	T3 [%]	T1(OR)/T1(total) [%]	
實施例1	0.666	液體	32.24	734	○	4.2	2.9	37.8	59.3	34.0	2,000
實施例2	0.666	液體	758	585	○	6.2	8.0	46.7	45.3	33.0	3,600
實施例3	0.500	液體	0.31	1400	△	11.5	4.5	51.6	44.0	48.4	1,300
比較例 1	0.999	固體	-	597	○	2.2	2.0	40.4	57.6	18.8	1,600
比較例 2	0.333	液體	0.03	超過3600	×	32.0	26.2	41.1	32.7	83.9	1,800
實施例4	0.666	液體	159.8	664	○	7.6	4.7	46.7	48.6	25.0	1,300
比較例 3	0.999	固體	-	311	○	2.6	0.9	44.4	54.7	23.2	1,300

【0113】 從第1表及第2表可知以下情況。

實施例1~4中得到的矽烷化合物聚合物含有源自甲基三烷氧基矽烷的重複單元，但在室溫下為液體且具有熱硬化性。

另一方面，比較例1、3中得到的矽烷化合物聚合物在室溫下為固體。

另外，雖然比較例2中得到的矽烷化合物聚合物在室溫下為液體，但熱硬化性差。

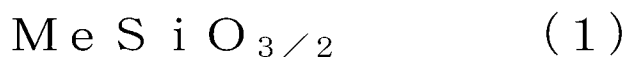
【符號說明】

無。

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種矽烷化合物聚合物，具有以下述式(1)表示的重複單元(重複單元(1))，

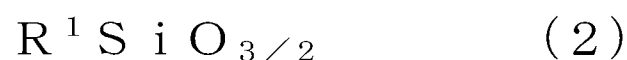
[化1]



(Me表示甲基)，

具有或不具有下述式(2)表示的重複單元(重複單元(2))

[化2]



(R<sup>1</sup>表示選自由未取代的碳數2~10的烷基、具有取代基的碳數1~10的烷基、未取代的碳數6~12的芳基及具有取代基的碳數6~12的芳基所組成之群組的基)，

且滿足以下的要件1~4：

[要件1]

相對於重複單元(1)及重複單元(2)的合計量，矽烷化合物聚合物含有的重複單元(1)的量為70~100莫耳%，

[要件2]

矽烷化合物聚合物於25°C的黏度為15,000 Pa·s以下，

[要件3]

矽烷化合物聚合物具有熱硬化性，

[要件4]

矽烷化合物聚合物具有烷氧基。

【請求項2】 如請求項1所述之矽烷化合物聚合物，其中矽烷化合物聚合物中重複單元(1)及重複單元(2)的合計量為矽烷化合物聚合物的全部重複單元中的80~100莫耳%。

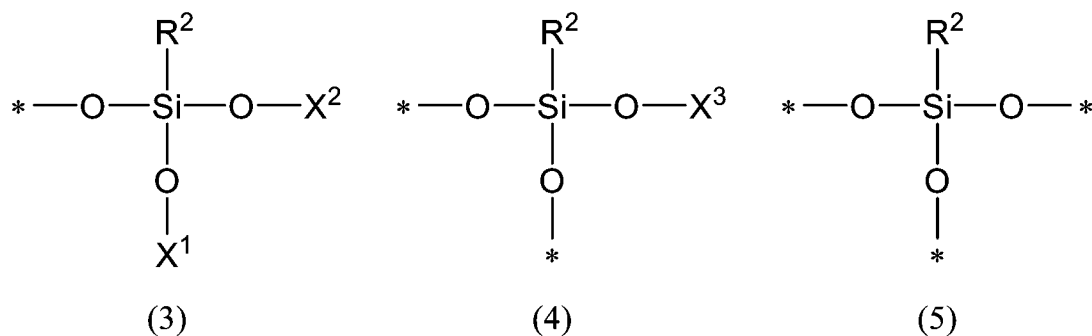
【請求項3】如請求項1所述之矽烷化合物聚合物，其中矽烷化合物聚合物的質量平均分子量(Mw)為500~20,000。

【請求項4】如請求項1所述之矽烷化合物聚合物，其中矽烷化合物聚合物藉由烷氧基矽烷化合物的加水分解聚縮合獲得。

【請求項5】如請求項4所述之矽烷化合物聚合物，其中矽烷化合物聚合物的烷氧基殘存率為2.5%~25%。

【請求項6】如請求項1所述之矽烷化合物聚合物，其中矽烷化合物聚合物具有以下述式(3)所表示的T1位點、以下述式(4)所表示的T2位點及以下述式(5)所表示的T3位點，相對於T1位點、T2位點、及T3位點的合計量，所述T1位點的量為2.5~25莫耳%

[化3]



(R<sup>2</sup>表示選自由未取代的碳數1~10的烷基、具有取代基的碳數1~10的烷基、未取代的碳數6~12的芳基及具有取代基的碳數6~12的芳基所組成之群組的基，X<sup>1</sup>~X<sup>3</sup>各自獨立的表示氫原子或烷基，\*處鍵結有矽原子)。

【請求項7】如請求項6所述之矽烷化合物聚合物，其中具有烷氧基的T1位點的量為全體T1位點的20~60莫耳%。