

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：96132724

108K9/6. (2006.02)

※ 申請日期：96.9.3

※IPC 分類：

3/64. (2006.02)

一、發明名稱：(中文/英文)

08L101/02 (2006.02)

經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

弘光科技大學

代表人：(中文/英文)

方國權

住居所或營業所地址：(中文/英文)

(433)台中縣沙鹿鎮中棲路 34 號

國 籍：(中文/英文)

中華民國

三、發明人：(共 7 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 江金龍

2. 王彙中

3. 陳嘉勳

4. 官振豐

5. 關旭強

6. 許舒惟

7. 林燦章

國 籍：(中文/英文)

1~7 皆為中華民國

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☐ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☐ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☒ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

申請日：96 年 7 月 17 日

申請案號：96126008

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種複合材料，特別是指一種經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料。

【先前技術】

由於高分子材料具有相當優越的機械性質，所以目前已非常普遍地被用作為建築材料、包裝材、機械零件、電路板等，但是高分子材料遇燃時，本身很容易燃燒，而且在燃燒過程中會釋放出大量濃煙和有毒氣體，容易引發火災以及造成空氣污染，因此，業界皆希望改善高分子材料易燃的缺點，同時也極欲尋求一可與高分子材料併用的難燃劑。一般較常使用之難燃劑大多含有鹵素，但在電器及電子設備廢棄物處理法草案(Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE)中已提出危害物質禁用指令(Restriction of Hazardous Substance, RoHS)來規範各電子電器設備中之有害物質的使用，其中，含鹵素之難燃劑已於 2006 年 7 月 31 日起被禁止使用，因此，目前較符合業界需求且不含鹵素之難燃劑為膨脹型石墨(expandable graphite)。

膨脹型石墨一般是藉由將天然石墨與酸進行反應所製得，由於天然石墨為碳六角型平面堆積而成的層狀結構，在與酸反應時，酸分子將會插入各個石墨層之間，並同時讓膨脹型石墨的結構上具有雙鍵及 OH、COOH 等基團。當膨脹型石墨受熱高於 200°C 時，其之層間插入物質將會分解生成氣體，使得膨脹型石墨膨脹至原有體積的數百倍，

進而變成體積蓬鬆的蠕蟲狀粉末，所以可在燃燒表面形成阻隔碳層，以隔絕熱及降低空氣的流動，再加上石墨的氣化點超過 3000°C 以上及燃燒時只產生水蒸氣，足以抵抗一般的火災溫度並可濃密地保護建材表面，同時在未產生有毒氣體下，達到防火的目的，可見膨脹型石墨確實為符合環保要求且具有極佳防火性質之難燃劑。

膨脹型石墨雖具有不錯的難燃性，但是由於膨脹型石墨為無機材料，機械性質遠不及有機高分子材料，較不利於後續加工，所以，如欲發揮膨脹型石墨的難燃性質，大多需將其與有機高分子組合製成複合材料，或者是將其與其他試劑混合製成塗佈材料。不過，如同一般無機材料/有機高分子複合材料所遇到的問題，無機材料與有機高分子材料的相容性不佳，容易產生混合不均或相分離情形，更嚴重的是會影響無機材料或有機高分子的原有性質，因此，膨脹型石墨目前大多僅能少量添加至有機高分子或是被製成塗佈材料，使得後續應用受到限制。

目前並未發現任何文獻或專利針對市售膨脹型石墨進行改質，亦未發現任何關於將此經改質之膨脹型石墨與經改質之有機高分子(特別是熱固性高分子)一起反應並製得複合材料的技術概念，因此，針對增加經改質之膨脹型石墨與有機高分子之間的相容性，並使兩者反應製成具備難燃性及熱穩定性之複合材料，對於目前業界而言，仍存在一極大需求。

【發明內容】

習知複合材料僅單純由膨脹型石墨與有機高分子混合所製成，而容易發生混合不均或相分離等問題。為了解決上述問題，本發明嘗試將膨脹型石墨予以改質，再將此經改質之膨脹型石墨與經改質之有機高分子進行反應而製成一複合材料，此複合材料同時具備膨脹型石墨之難燃性及有機高分子之機械性質。

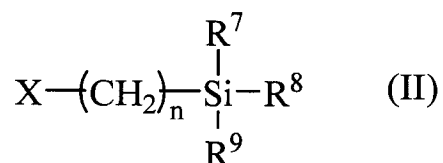
因此，本發明之目的，即在提供一種具備難燃性及熱穩定性且可解決不相容問題之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料。

於是，本發明之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料為一經矽烷改質劑改質之膨脹型石墨與一經改質之熱固性高分子前趨體進行溶膠凝膠反應所得之一產物，其中，該經改質之膨脹型石墨為一矽烷改質劑與一具有多數個羥基及多數個羧基之膨脹型石墨進行接枝反應所得之一產物，且該含雙鍵之矽烷改質劑含有至少一用於與該膨脹型石墨之羥基或羧基形成鍵結之基團及至少一可水解之矽氧烷基，該經改質之熱固性高分子前趨體具有至少一可水解之矽氧烷基。

本發明之複合材料藉由使該經改質之膨脹型石墨與經改質之熱固性高分子前趨體進行溶膠凝膠反應並形成鍵結，使得在後續反應後可讓膨脹型石墨與熱固性高分子能穩定結合，進而解決原有相分離等問題，讓所製得之複合材料同時具備優異的難燃性、熱穩定性及機械性質。

【實施方式】

較佳地，該用於改質膨脹型石墨之矽烷改質劑是由下式(II)所示：



，於式(II)中，X 表示異氰酸基、胺基或環氧基， R^7 、 R^8 及 R^9 可為相同或不同且分別表示氫、碳數範圍介於 1 至 6 之間的烷基、碳數範圍介於 1 至 6 之間的烷氧基或碳數範圍介於 1 至 6 之間的三烷基矽烷基，但有條件的是 R^7 、 R^8 及 R^9 之至少一者為烷氧基，及 n 表示 0 至 6 之間之正整數。更佳地， R^7 、 R^8 及 R^9 分別表示氫、碳數範圍介於 1 至 3 之間的烷基、碳數範圍介於 1 至 3 之間的烷氧基或碳數範圍介於 1 至 3 之間的三烷基矽烷基，但有條件的是 R^7 、 R^8 及 R^9 之至少一者為烷氧基。又更佳地，該式(II)所示之改質劑是選自於 3-異氰酸丙基三乙氧基矽烷[3-isocyanatopropyltriethoxysilane, IPTS]、間-胺基苯基三甲氧基矽烷[m-aminophenyltrimethoxysilane]、3-胺基丙基三乙氧基矽烷[3-aminopropyltriethoxysilane]、3-胺基丙基三甲氧基矽烷[3-aminopropyltrimethoxysilane]或 3,4-環氧基丁基三甲氧基矽烷[3,4-epoxybutyltrimethoxysilane]。而於本發明之一具體例中，該式(II)所示之改質劑是 3-異氰酸丙基三乙氧基矽烷。

該「經改質之熱固性高分子前趨體」是表示經改質但未經固化(呈現液態或凝膠態)而後續將變為該經改質之熱固性高分子的材料。上述經改質之熱固性高分子前趨體可運用任何習知改質劑進行改質，但必須使該經改質之熱固性

高分子前趨體具備至少一可水解之基團。較佳地，該經改質之熱固性高分子前趨體是由一矽烷改質劑與一熱固性高分子原料進行接枝反應而得之一產物。

較佳地，用於改質該熱固性高分子原料之矽烷改質劑是由上式(II)所示，其之各個基團的界定與上述定義相同。而於本發明之一具體例中，該用於改質熱固性高分子原料之改質劑是 3-異氰酸丙基三乙氧基矽烷。

上述之「熱固性高分子原料」是指未經固化反應之單體原料或低分子量的預聚物原料。較佳地，該熱固性高分子原料是選自於環氧樹脂單體、酚醛樹脂單體、聚醯亞胺單體、尿素樹脂單體、矽氧樹脂單體、三聚氰胺樹脂單體或不飽和聚酯樹脂單體。而於本發明之一具體例中，該熱固性高分子原料是環氧樹脂單體。

於上述經改質之膨脹型石墨或經改質之熱固性高分子前趨體的製作過程中，所進行之接枝反應可分別依據習知方法選擇適當的反應物、反應輔助試劑(如反應促進劑)及反應條件(溫度、壓力等)，且該膨脹型石墨或熱固性高分子原料與該矽烷改質劑之比例可依據習知反應用量來調配。較佳地，該接枝反應是在一溶劑之存在下進行。

較佳地，該接枝反應是在超音波震盪下進行。

較佳地，該膨脹型石墨與該矽烷改質劑之重量比例是介於 1:1 至 1:10 之間；更佳地，該膨脹型石墨與該改質劑之重量比例介於 1:3 至 1:6 之間。於本發明之一具體例中，該膨脹型石墨與該矽烷改質劑之重量比例是 1:5。

較佳地，該熱固性高分子原料與該矽烷改質劑之莫耳比例是介於 1：1 至 6：1 之間；更佳地，該熱固性高分子原料與該矽烷改質劑之莫耳比例是介於 1：1 至 3：1 之間。

較佳地，該溶劑是選自於四氫呋喃(tetrahydrofuran, THF)、異戊醇(isoamyl alcohol)、異丁醇(isobutyl alcohol)、異丙醇(isopropyl alcohol)、乙醚(ethyl ether)、二甲苯(xylene)、氯苯(chlorobenzene)、丁酮(methyl ethyl ketone)、氮,氮-二甲基甲醯胺(N,N-dimethyl formamide)、甲苯(toluene)、丙酮(acetone)、甲醇(methanol)或前述之一組合。而於本發明之一具體例中，該溶劑是四氫呋喃。

該接枝反應的溫度可依據反應物、所使用溶劑或其他反應條件(如壓力)等進行調整變化。較佳地，該接枝反應於常壓下的溫度是介於室溫至 60°C 之間；更佳地，該反應溫度是介於 30°C 至 60°C 之間。

較佳地，以該經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料的總重為 100 wt%計算，該經改質之膨脹型石墨的重量比例範圍是介於 1 wt%至 50 wt%之間。更佳地，該經改質之膨脹型石墨的重量比例範圍是介於 10 wt%至 50 wt%之間。

該溶膠凝膠反應是使該經改質之膨脹型石墨及該經改質之熱固性高分子前趨體於一酸液中進行水解，再加入一硬化劑並進行加熱縮合步驟而完成。較佳地，該溶膠凝膠反應之溫度是介於 60°C 至 180°C 之間；更佳地，該溶膠凝

膠反應之溫度是介於 100°C 至 180°C 之間。該硬化劑可使用任何市售硬化劑，特別是適於與熱固性高分子前趨體併用之硬化劑，例如伸甲基二苯胺(4,4'-methylenedianiline, DDM)。

本發明之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料後續可應用於各種領域，例如：建築材料、半導體封裝材料、抗靜電材料或塗佈材料等等。

本發明將就以下實施例來作進一步說明，但應瞭解的是，該實施例僅為例示說明之用，而不應被解釋為本發明實施之限制。

< 實施例 >

[製備例] 經矽烷改質劑改質之膨脹型石墨的製備：

將 1 克之膨脹型石墨(由台灣聯碳公司所製造，品名為 CE011)加入 10 mL 之四氫呋喃中，再加入 5 克(0.02 mol)之 3-異氰酸丙基三乙氧基矽烷而獲得一溶液，將此溶液於超音波下震盪 2 小時(反應溫度為 60°C)，便獲得該經矽烷改質劑改質之膨脹型石墨。

[實施例 1~3] 經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料的製備：

將 10 克(0.028 mol)之 DGEBA 型環氧樹脂(由台灣南亞公司所製造，品名為 NPEL-128，環氧當量為 180)溶於 10 mL 之四氫呋喃中，再加入 2.74 克(0.011 mol)之 3-異氰酸丙基三乙氧基矽烷而獲得一溶液，將溶液於 60°C 溫度下進行攪拌加熱，而獲得該經改質之熱固

性高分子前驅體。

將 10 mL 之水與 10 mL 之四氫呋喃予以混合，再加入適量鹽酸，以獲得一酸液。接著，分別依據經改質之膨脹型石墨與經改質之熱固性高分子前趨體之重量比例為 10：90、20：80 及 30：70，於此酸液中分別緩慢加入上述經改質之膨脹型石墨與經改質之熱固性高分子前趨體而得到一混合液，然後將此混合液於超音波下震盪 2 小時，再於該混合液中加入 2.65 g 之 4,4-伸甲基二苯胺，繼續於 150°C 溫度下加熱攪拌 24 小時，以分別製得實施例 1~3 之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料。

[比較例] 比較例之材料為 DGEBA 型環氧樹脂與 4,4-伸甲基二苯胺反應所製得之材料。

[測試]

1. 熱性質分析：

- (1) 熱重量損失：分別利用一熱重分析儀(TGA)測試實施例 1~3 之複合材料及比較例之材料在氮氣環境下的熱重損失行為，同時紀錄 Td_{10} (熱重量損失 10%裂解溫度)及 800°C 下之焦炭殘餘量[char yield, C.Y.(wt%)]，所得結果如表 1 所示。當 Td_{10} 溫度越高以及焦炭殘餘量越高，顯示熱穩定性越佳。
- (2) 積分程序分解溫度(integral procedure decomposition temperature, IPDT)：分別依據上述熱重量損失所測得之曲線圖及以下公式來計算實施例 1~3 之複合材

料及比較例之材料之積分程序分解溫度：

$$\text{IPDT}(\text{°C}) = A^* \times K^* \times (T_f - T_i) + T_i$$

T_i 為最初實驗溫度， T_f 為最終實驗溫度， $A^* = (S_1 + S_2)/(S_1 + S_2 + S_3)$ 及 $K^* = (S_1 + S_2)/S_1$ ，分別依據圖 1 所標示處，計算各個熱重量損失曲線圖之 S_1 、 S_2 及 S_3 的面積。

所得結果分別如表 1 所示。IPDT 溫度越高，熱穩定性越佳。

2. 燃燒性質：依據標準方法 ASTM D2863，藉由分別測定實施例 1~3 之複合材料及比較例之材料之極限需氧指數 (limiting oxygen index, L.O.I.) 來判定難燃性質，所得結果分別如表 1 所示。當 $\text{L.O.I.} \leq 21$ 時，顯示材料為可燃性；當 $22 \leq \text{L.O.I.} \leq 25$ 時，顯示材料為自熄性(不易燃燒)以及 $\text{L.O.I.} \geq 26$ 時，顯示材料為難燃性。依據一般防火產品的需求來看，複合材料以具備自熄性或難燃性為較佳。

表 1

	$T_{d10}(\text{°C})$	C.Y.(wt%)	IPDT(°C)	L.O.I.
比較例	330.20	14.77	640.2	24
實施例 1	372.86	22.80	767.0	36
實施例 2	368.27	33.01	1030.9	39
實施例 3	331.68	39.93	1289.1	44

[結果]

1. 熱性質：

由表 1 之結果可發現，比較例之材料的焦炭殘餘量為最低，顯現環氧樹脂於高溫下之熱穩定度不佳。而實施例 1~3 之複合材料則具有較佳之焦炭殘餘量($> 20 \text{ wt}\%$)，且 IPDT 溫度皆有明顯提昇至高於 760°C ，證明實施例 1~3 之複合材料具備較佳之熱穩定度。由以上比較可知，本發明之複合材料確實具備較佳之熱穩定性。

2. 燃燒性質：

由比較例之材料及實施例 1~3 之複合材料之結果可發現，實施例 1~3 複合材料的 L.O.I.值皆高於 36，最高可達 44，顯見實施例 1~3 之複合材料皆符合後續製作成防火材料的需求。

綜上所述，本發明之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料藉由將該經改質之膨脹型石墨與該經改質之熱固性高分子前趨體進行溶膠凝膠反應而製得，可有效解決原有相分離等問題，讓所製得之複合材料同時具備不錯的難燃性、熱穩定性及維持原有的機械性質。

惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍，即大凡依本發明申請專利範圍及發明說明內容所作之簡單的等效變化與修飾，皆仍屬本發明專利涵蓋之範圍內。

【圖式簡單說明】

無

【主要元件符號說明】

無

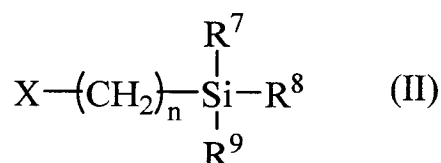
五、中文發明摘要：

一種經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料為一經改質之膨脹型石墨與一經改質之熱固性高分子前趨體進行溶膠凝膠反應所得之一產物，其中，該經改質之膨脹型石墨為一矽烷改質劑與一具有多數個羥基及多數個羧基之膨脹型石墨進行接枝反應所得之一產物，且該含雙鍵之矽烷改質劑含有至少一用於與該膨脹型石墨之羥基或羧基形成鍵結之基團及至少一可水解之矽氧烷基，該經改質之熱固性高分子前趨體具有至少一可水解之矽氧烷基。本發明之複合材料具備優異的難燃性及熱穩定性，且利於後續應用。

六、英文發明摘要：

十、申請專利範圍：

1. 一種經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，為一經矽烷改質劑改質之膨脹型石墨與一經改質之熱固性高分子前趨體進行溶膠凝膠反應所得之一產物，其中，該經矽烷改質劑改質之膨脹型石墨為一矽烷改質劑與一具有多數個羥基及多數個羧基之膨脹型石墨進行接枝反應所得之一產物，而該矽烷改質劑含有至少一用於與該膨脹型石墨之羥基或羧基形成鍵結之基團及至少一可水解之矽氧烷基，該經改質之熱固性高分子前趨體具有至少一可水解之矽氧烷基。
2. 依據申請專利範圍第 1 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該矽烷改質劑是由下式(II)所示：

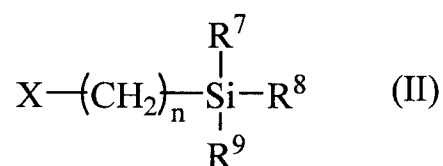


，於式(II)中，X 表示異氰酸基、胺基或環氧基， R^7 、 R^8 及 R^9 可為相同或不同且分別表示氫、碳數範圍介於 1 至 6 之間的烷基、碳數範圍介於 1 至 6 之間的烷氧基或碳數範圍介於 1 至 6 之間的三烷基矽烷基，但有條件的是 R^7 、 R^8 及 R^9 之至少一者為烷氧基，及 n 表示 0 至 6 之間之正整數。

3. 依據申請專利範圍第 2 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該式(II)所示之改質劑是選自於 3-異氰酸丙基三乙氧基矽烷、3-胺基丙

基三乙氧基矽烷、3-胺基丙基甲基二乙氧基矽烷或 3-胺基丙基二甲基乙氧基矽烷。

4. 依據申請專利範圍第 3 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該(II)所示之改質劑是 3-異氰酸丙基三乙氧基矽烷。
5. 依據申請專利範圍第 1 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該經改質之熱固性高分子前趨體是由一矽烷改質劑與一熱固性高分子原料進行接枝反應而得之一產物，該矽烷改質劑含有至少一與該熱固性高分子原料形成鍵結之基團及至少一可水解之矽烷基。
6. 依據申請專利範圍第 5 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該矽烷改質劑是由下式(II)所示：



，於式(II)中，X 表示異氰酸基、胺基或環氧基， R^7 、 R^8 及 R^9 可為相同或不同且分別表示氫、碳數範圍介於 1 至 6 之間的烷基、碳數範圍介於 1 至 6 之間的烷氧基或碳數範圍介於 1 至 6 之間的三烷基矽烷基，但有條件的是 R^7 、 R^8 及 R^9 之至少一者為烷氧基，及 n 表示 0 至 6 之間之正整數。

7. 依據申請專利範圍第 6 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該式(II)所示之

改質劑是選自於 3-異氰酸丙基三乙氧基矽烷、3-胺基丙基三乙氧基矽烷、3-胺基丙基甲基二乙氧基矽烷或 3-胺基丙基二甲基乙氧基矽烷。

8. 依據申請專利範圍第 7 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該(II)所示之改質劑是 3-異氰酸丙基三乙氧基矽烷。
9. 依據申請專利範圍第 5 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該熱固性高分子原料與該改質劑之莫耳比例是介於 1：1 至 6：1 之間。
10. 依據申請專利範圍第 5 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該熱固性高分子原料是選自於環氧樹脂單體、酚醛樹脂單體、聚醯亞胺單體、尿素樹脂單體、矽氧樹脂單體、三聚氰胺樹脂單體或不飽和聚酯樹脂單體。
11. 依據申請專利範圍第 10 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該熱固性高分子原料是環氧樹脂單體。
12. 依據申請專利範圍第 1 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，以該複合材料之總重為 100 wt% 計算，該經改質之膨脹型石墨的重量比例範圍是介於 1 wt% 至 50 wt% 之間。
13. 依據申請專利範圍第 12 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，以該複合材

料之總重為 100 wt% 計算，該經改質之膨脹型石墨的重量比例範圍是介於 10 wt% 至 50 wt% 之間。

14. 依據申請專利範圍第 1 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該膨脹型石墨與該矽烷改質劑之重量比例是介於 1:1 至 1:10 之間。
15. 依據申請專利範圍第 1 項或第 5 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該接枝反應是在一溶劑存在下進行，該溶劑是選自於四氫呋喃、異戊醇、異丁醇、異丙醇、乙醚、二甲苯、氯苯、丁酮、氮,氮-二甲基甲醯胺、甲苯、丙酮、甲醇或前述之一組合。
16. 依據申請專利範圍第 15 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該溶劑是四氫呋喃。
17. 依據申請專利範圍第 1 項或第 5 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該接枝反應是在一介於室溫至 60°C 之間的溫度下進行。
18. 依據申請專利範圍第 1 項或第 5 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該接枝反應是在超音波震盪下進行。
19. 依據申請專利範圍第 1 項所述之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料，其中，該溶膠凝膠反應之溫度是介於 60°C 至 180°C 之間。

十一、圖式

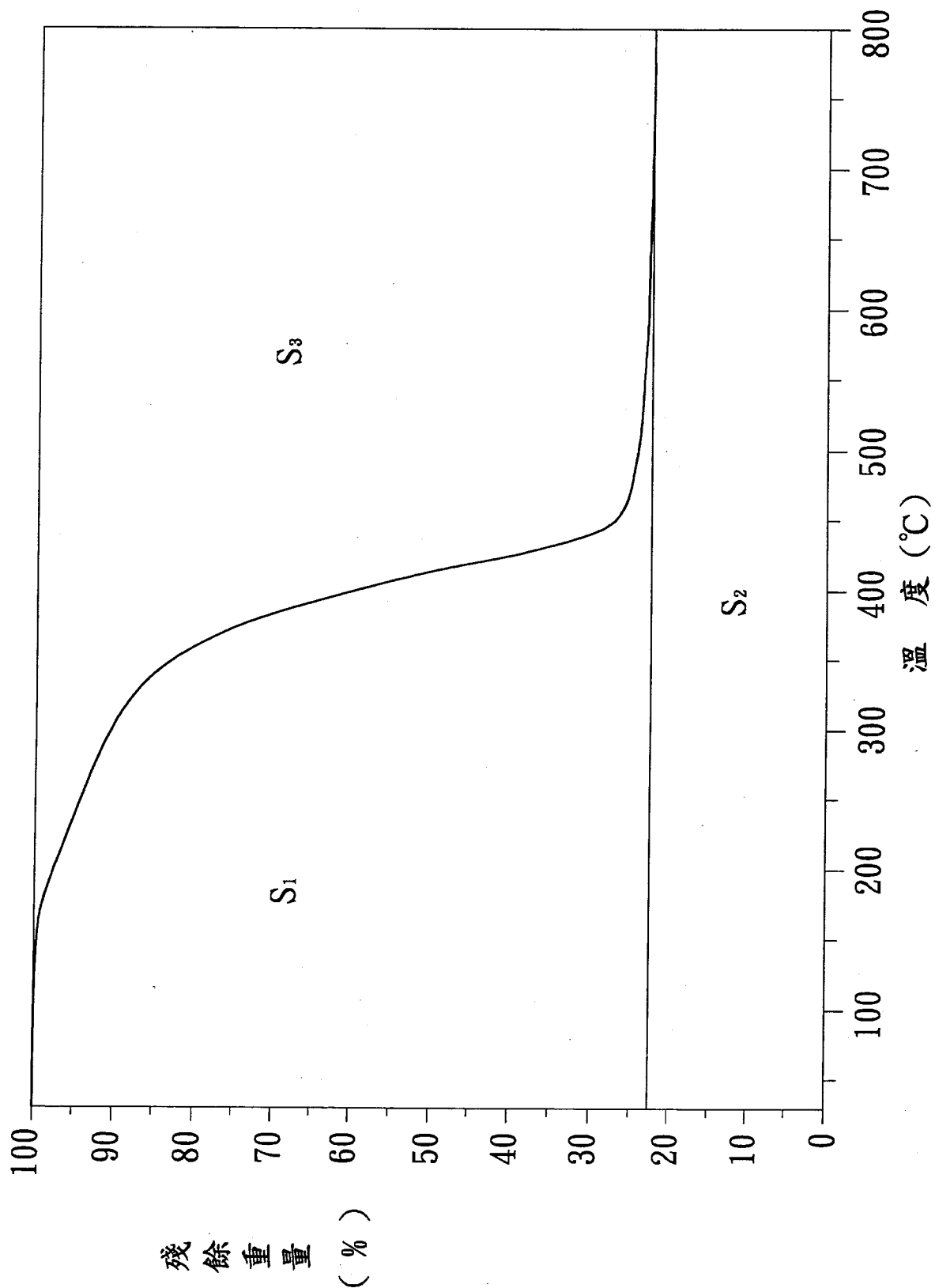


圖1

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：(無)。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

無

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

由表 1 之結果可發現，比較例之材料的焦炭殘餘量為最低，顯現環氧樹脂於高溫下之熱穩定度不佳。而實施例 1~3 之複合材料則具有較佳之焦炭殘餘量($> 20 \text{ wt}\%$)，且 IPDT 溫度皆有明顯提昇至高於 760°C ，證明實施例 1~3 之複合材料具備較佳之熱穩定度。由以上比較可知，本發明之複合材料確實具備較佳之熱穩定性。

2. 燃燒性質：

由比較例之材料及實施例 1~3 之複合材料之結果可發現，實施例 1~3 複合材料的 L.O.I.值皆高於 36，最高可達 44，顯見實施例 1~3 之複合材料皆符合後續製作成防火材料的需求。

綜上所述，本發明之經改質之膨脹型石墨/經改質之熱固性高分子之複合材料藉由將該經改質之膨脹型石墨與該經改質之熱固性高分子前趨體進行溶膠凝膠反應而製得，可有效解決原有相分離等問題，讓所製得之複合材料同時具備不錯的難燃性、熱穩定性及維持原有的機械性質。

惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍，即大凡依本發明申請專利範圍及發明說明內容所作之簡單的等效變化與修飾，皆仍屬本發明專利涵蓋之範圍內。

【圖式簡單說明】

圖 1 是一曲線圖，說明在積分程序分解溫度的計算式中， S_1 、 S_2 及 S_3 於熱重量損失曲線圖所表示的區域及面積

的計算。

【主要元件符號說明】

無