



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0031528

(51)⁷ C08L 83/07; C08K 3/22; C08L 83/04; (13) B
C09K 5/14; C09K 5/10; C08K 3/08;
C08L 83/05

-
- (21) 1-2017-03571 (22) 08/02/2016
(86) PCT/JP2016/053689 08/02/2016 (87) WO/2016/140020 09/09/2016
(30) 2015-039908 02/03/2015 JP
(45) 25/04/2022 409 (43) 25/01/2018 358A
(73) Shin-etsu Chemical Co., Ltd. (JP)
6-1, Ohtemachi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0004, JP
(72) TSUJI Kenichi (JP).
(74) Công ty TNHH T&T INVENMARK Sở hữu trí tuệ Quốc tế (T&T INVENMARK CO., LTD.)
-

(54) CHẾ PHẨM SILICON DẪN NHIỆT VÀ VẬT LIỆU TẢN NHIỆT CHỨA CHẾ PHẨM NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến chế phẩm silicon dẫn nhiệt không có hiện tượng bong lớp mỡ tản nhiệt và có thể duy trì độ bền nhiệt thấp ngay cả trong điều kiện nghiêm ngặt của thử nghiệm về độ tin cậy. Chế phẩm silicon dẫn nhiệt này chứa:

(A) 100 phần khối lượng polysiloxan hữu cơ có ít nhất hai nhóm alkenyl trong một phân tử và có độ nhớt động học nằm trong khoảng từ 10 đến 100000 mm²/s ở nhiệt độ 25°C;

(B) 50 đến 130 phần khối lượng metylpolysiloxan có thể thủy phân có ba nhóm chức ở một đầu;

(C) bột nhôm có đường kính hạt trung bình nằm trong khoảng từ 7 đến 16μm;

(D) bột kẽm oxit có đường kính hạt trung bình không lớn hơn 2μm;

(E) hydropolysiloxan hữu cơ;

(F) hydropolysiloxan hữu cơ không phải thành phần (E), có ít nhất hai nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong một phân tử; và

(G) chất xúc tác trên cơ sở platin để hydrosilyl hóa với lượng hữu hiệu, trong đó khi rây chất lỏng thu được bằng cách trộn và phân tán chế phẩm nêu trên trong toluen với lượng gấp đôi lượng chế phẩm, lượng chất còn lại trên rây không lớn hơn 5ppm sẽ được quan sát nếu sử dụng rây có lưới số 250 (cỡ lỗ của rây là 63μm), và lượng chất còn lại trên rây không nhỏ hơn 200ppm sẽ được quan sát nếu sử dụng rây có lưới số 440 (cỡ lỗ của rây là 32μm).

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến chế phẩm silicon dẫn nhiệt không bị bong khỏi lớp vật liệu nền và vẫn có thể có đặc tính tản nhiệt có lợi ngay cả khi được sử dụng trên bộ phận tỏa nhiệt có độ vênh đáng kể, và sau đó được xử lý trong môi trường nghiêm ngặt của thử nghiệm chu trình nhiệt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đã biết rõ là các linh kiện điện tử như các chip LSI và IC sản sinh ra nhiệt trong quá trình sử dụng, và tính năng của chúng sẽ bị giảm do lượng nhiệt này. Các kỹ thuật tản nhiệt khác nhau đã được sử dụng để giải quyết các vấn đề này. Ví dụ, đã biết kỹ thuật bố trí bộ phận tản nhiệt như bộ phận tiêu nhiệt ở gần bộ phận tỏa nhiệt, và sau đó để hai bộ phận này tiếp xúc chặt với nhau để tạo thuận lợi cho quá trình truyền nhiệt hiệu quả từ bộ phận tỏa nhiệt sang bộ phận tản nhiệt, nhờ đó cho phép tản nhiệt hiệu quả lượng nhiệt của bộ phận tỏa nhiệt. Khi đó, không khí có độ dẫn nhiệt thấp hơn nằm lại trong khe hở bất kỳ giữa bộ phận tỏa nhiệt và bộ phận tản nhiệt nên sự truyền nhiệt sẽ trở nên không hiệu quả, và nhiệt độ của bộ phận tỏa nhiệt sẽ không giảm đủ. Để tránh hiện tượng này, đã sử dụng vật liệu tản nhiệt có khả năng dẫn nhiệt có lợi và bề mặt thích hợp, như tấm tản nhiệt và mỡ tản nhiệt (các tài liệu sáng chế 1 đến 3), nhằm mục đích ngăn không cho không khí nằm lại giữa bộ phận tỏa nhiệt và bộ phận tản nhiệt. Cụ thể, mỡ tản nhiệt có tính năng cao xét về độ bền nhiệt do chúng có thể được sử dụng ở dạng mỏng hơn khi đóng gói.

Ngoài ra, để cải thiện hơn nữa đặc tính tản nhiệt, đã nghiên cứu kỹ thuật làm giảm độ bền nhiệt bằng cách tạo ra lớp mỡ tản nhiệt mỏng hơn sử dụng khi đóng gói và cải thiện độ dẫn nhiệt của chính mỡ tản nhiệt (Tài liệu sáng chế 4).

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Patent Nhật Bản số 2938428

Tài liệu sáng chế 2: Patent Nhật Bản số 2938429

Tài liệu sáng chế 3: Patent Nhật Bản số 3952184

Tài liệu sáng chế 4: JP-A-2005-330426

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Tuy nhiên, trong những năm gần đây, chính các chip bán dẫn trở nên mỏng hơn và có kích thước lớn hơn, và lớp nền bằng nhựa hữu cơ được sử dụng ngày càng nhiều làm lớp nền thay cho nền bằng gốm. Do đó, ứng suất lớn hơn được quan sát trên mỡ tản nhiệt khi đóng gói. Việc làm giảm độ dày của mỡ tản nhiệt khi đóng gói trong trường hợp này dẫn tới các vấn đề sau. Cụ thể, khi thử nghiệm chu trình nhiệt trong điều kiện nghiêm ngặt như nhiệt độ nằm trong khoảng từ -55°C đến 170°C , mỡ tản nhiệt không thể thích hợp với chip đã bị biến dạng do lịch sử nhiệt. Do đó, có thể xảy ra hiện tượng bong lớp mỡ tản nhiệt, và trong trường hợp xấu nhất, chip cũng có thể bị hỏng, dẫn tới sản phẩm có độ tin cậy kém.

Theo cách này, mục đích của sáng chế là đề xuất chế phẩm silicon dẫn nhiệt không có hiện tượng bong lớp mỡ tản nhiệt và có thể duy trì độ bền nhiệt thấp, ngay cả trong điều kiện nghiêm ngặt của thử nghiệm về độ tin cậy, như điều kiện nhiệt độ nằm trong khoảng từ -55°C đến 170°C của thử nghiệm chu trình nhiệt.

Do các thực tế nêu trên, tác giả sáng chế đã thực hiện rất nhiều thử nghiệm, và đã hoàn thành sáng chế. Cụ thể, tác giả sáng chế đã phát hiện được rằng các vấn đề nêu trên có thể được giải quyết bằng cách sử dụng chế phẩm silicon dẫn nhiệt chứa các thành phần (A) đến (G) sau đây, và còn sử dụng chất

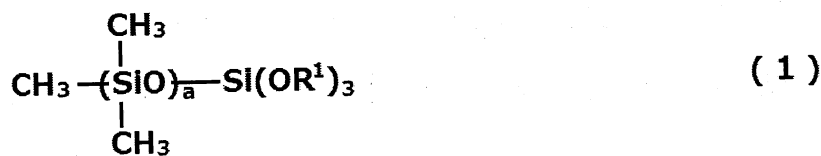
độn có phân bố cỡ hạt thích hợp để điều chỉnh lượng chất còn lại trên rây của chế phẩm.

Sáng chế đề cập đến chế phẩm silicon dẫn nhiệt sau đây và vật liệu tản nhiệt sử dụng chế phẩm này.

[1] Chế phẩm silicon dẫn nhiệt chứa:

(A) polysiloxan hữu cơ có ít nhất hai nhóm alkenyl trong một phân tử và có độ nhớt động học nằm trong khoảng từ 10 đến 100000 mm²/s ở nhiệt độ 25°C;

(B) metylpolysiloxan có thể thủy phân có ba nhóm chức ở một đầu với lượng nằm trong khoảng từ 50 đến 130 phần khối lượng cho 100 phần khối lượng thành phần (A), và có công thức chung (1):

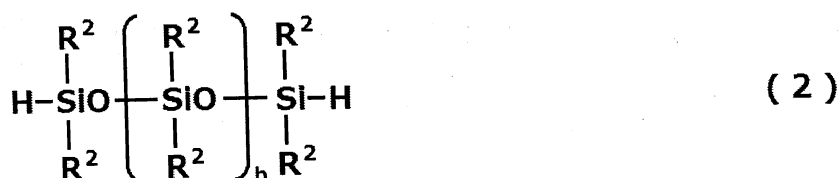


trong đó R¹ là nhóm alkyl có 1 đến 6 nguyên tử cacbon, và a là số nguyên nằm trong khoảng từ 5 đến 100;

(C) bột nhôm có đường kính hạt trung bình nằm trong khoảng từ 7 đến 16μm;

(D) bột kẽm oxit có đường kính hạt trung bình không lớn hơn 2μm, các thành phần (C) và (D) có mặt với lượng sao cho tỷ lệ khối lượng {thành phần (C) + thành phần (D)} / {thành phần (A) + thành phần (B)} nằm trong khoảng từ 8,0 đến 14,0, và sao cho tỷ lệ khối lượng giữa các thành phần (C) và (D) {thành phần (C) / thành phần (D)} nằm trong khoảng từ 3,0 đến 6,0;

(E) hydropolysiloxan hữu cơ có công thức chung (2):



trong đó R^2 là nhóm alkyl có 1 đến 6 nguyên tử cacbon, và b là số nguyên nằm trong khoảng từ 5 đến 100;

(F) hydropolysiloxan hữu cơ không phải thành phần (E), có ít nhất hai nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong một phân tử, các thành phần (E) và (F) có mặt với lượng sao cho tỷ lệ $\{\text{tổng số nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong các thành phần (E) và (F)}\} / \{\text{số nhóm alkenyl trong thành phần (A)}\}$ nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5, và tỷ lệ $\{\text{số nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong thành phần (E)}\} / \{\text{số nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong thành phần (F)}\}$ nằm trong khoảng từ 0,6 đến 5,0; và

(G) chất xúc tác trên cơ sở platin để hydrosilyl hóa với lượng sao cho lượng nguyên tử platin trong đó nằm trong khoảng từ 0,1 đến 500ppm tính theo khối lượng so với thành phần (A), trong đó

khi rây chất lỏng thu được bằng cách trộn và phân tán chế phẩm silicon dẫn nhiệt trong toluen với lượng gấp đôi lượng chế phẩm, lượng chất còn lại trên rây không lớn hơn 5ppm được quan sát nếu sử dụng rây có lưới số 250 (cỡ lỗ của rây là $63\mu\text{m}$), và lượng chất còn lại trên rây không nhỏ hơn 200ppm được quan sát nếu sử dụng rây có lưới số 440 (cỡ lỗ của rây là $32\mu\text{m}$).

[2] Chế phẩm silicon dẫn nhiệt theo mục [1], trong đó chế phẩm này còn chứa:

(H) chất kiểm soát phản ứng được chọn từ hợp chất axetylen, hợp chất nitơ, hợp chất phospho hữu cơ, hợp chất oxim và hợp chất clo hữu cơ, và với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 5% tính theo khối lượng so với thành phần (A).

[3] Vật liệu tản nhiệt chứa chế phẩm silicon dẫn nhiệt như nêu trong mục [1] hoặc [2].

[4] Vật liệu tản nhiệt theo mục [3], trong đó sản phẩm hóa rắn thu được

bằng cách ép chế phẩm silicon dẫn nhiệt như nêu trong mục [1] hoặc [2] dưới áp lực 0,15 MPa ở nhiệt độ trong phòng trong 15 phút và sau đó gia nhiệt và hóa rắn ở nhiệt độ 150°C trong 90 phút, có độ dày nằm trong khoảng từ 35 đến 60µm ở nhiệt độ trong phòng.

Hiệu quả của sáng chế

Chế phẩm silicon dẫn nhiệt theo sáng chế có thể có độ tin cậy cao mà không gây ra hiện tượng bong lớp mỡ tản nhiệt, và duy trì độ bền nhiệt thấp ngay cả trong điều kiện nghiêm ngặt của thử nghiệm về độ tin cậy như điều kiện nhiệt độ nằm trong khoảng từ -55°C đến 170°C của thử nghiệm chu trình nhiệt.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được mô tả chi tiết dưới đây.

Thành phần (A)

Polysiloxan hữu cơ để làm thành phần (A) có ít nhất hai nhóm alkenyl liên kết với nguyên tử silic trong một phân tử, có thể là mạch thẳng hoặc mạch nhánh, hoặc có thể còn là hỗn hợp của hai hoặc nhiều loại trong số chúng có độ nhớt khác nhau.

Ví dụ về nhóm alkenyl liên kết với nguyên tử silic bao gồm nhóm alkenyl có 2 đến 6 nguyên tử cacbon, như nhóm vinyl, nhóm allyl, nhóm 1-butenyl và nhóm 1-hexenyl. Ở đây, nhóm vinyl là được ưu tiên xét về mức độ dễ tổng hợp và chi phí. Mặc dù nhóm alkenyl liên kết với nguyên tử silic có thể có mặt ở các đầu tận cùng của mạch phân tử organopolysiloxan hoặc ở giữa mạch này, tốt hơn nếu ít nhất một nhóm trong số chúng có mặt ở các đầu tận cùng.

Ví dụ về nhóm hữu cơ còn lại liên kết với nguyên tử silic bao gồm nhóm alkyl như nhóm methyl, nhóm ethyl, nhóm propyl, nhóm butyl, nhóm hexyl và nhóm dodecyl; nhóm aryl như nhóm phenyl; và nhóm aralkyl như nhóm 2-phenylethyl và nhóm 2-phenylpropyl. Nhóm hữu cơ còn lại này cũng có thể là

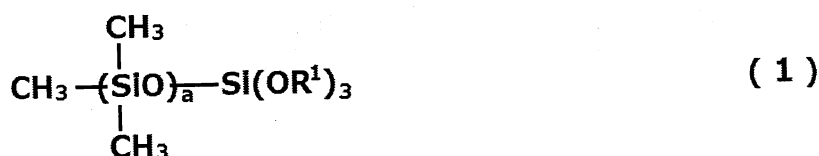
nhóm hydrocacbon được thế nguyên tử halogen như nhóm clometyl và nhóm 3,3,3-triflopropyl. Trong số các nhóm ví dụ này, nhóm methyl là được ưu tiên xét về mức độ dễ tổng hợp và chi phí.

Độ nhớt động học của thành phần (A) ở nhiệt độ 25°C nằm trong khoảng từ 10 đến 100000 mm²/s, tốt hơn là 100 đến 50000 mm²/s. Ở đây, độ nhớt động học để chỉ giá trị đo được bằng nhớt kế Ostwald Ubbelohde.

Tốt hơn nếu thành phần (A) có mặt trong chế phẩm silicon dẫn nhiệt theo sáng chế với lượng nằm trong khoảng từ 2 đến 10% khối lượng, tốt hơn nữa là 3 đến 8% khối lượng.

Thành phần (B)

Thành phần (B) là methylpolysiloxan có thể thủy phân có ba nhóm chức ở một đầu có công thức chung (1).



Trong công thức chung (1), R¹ là nhóm alkyl có 1 đến 6 nguyên tử cacbon, ví dụ về chúng bao gồm nhóm methyl, nhóm etyl, nhóm propyl, nhóm isopropyl, nhóm butyl, nhóm sec-butyl, nhóm tert-butyl, nhóm pentyl và nhóm hexyl. Ngoài ra, trong công thức chung (1), nếu a nhỏ hơn 5, chế phẩm có thể có hiện tượng chảy dầu nặng nên độ tin cậy của chế phẩm có thể giảm đi; và nếu a lớn hơn 100, mức độ thấm chế phẩm vào chất độn (các thành phần (C) và (D)) có thể là không đủ. Do đó, a là số nguyên nằm trong khoảng từ 5 đến 100, tốt hơn là số nguyên nằm trong khoảng từ 10 đến 60.

Nếu methylpolysiloxan có thể thủy phân có ba nhóm chức ở một đầu để làm thành phần (B) được bổ sung với lượng nhỏ hơn 50 phần khối lượng cho 100 phần khối lượng thành phần (A), chế phẩm thu được không thể có khả năng thấm ướt đủ. Ngoài ra, nếu methylpolysiloxan có thể thủy phân có ba nhóm chức

ở một đầu để làm thành phần (B) được bổ sung với lượng lớn hơn 130 phần khối lượng cho 100 phần khối lượng thành phần (A), chế phẩm sẽ có hiện tượng chảy dầu nặng nên độ tin cậy của nó giảm đi. Do đó, metylpolysiloxan có thể thủy phân có ba nhóm chức ở một đầu để làm thành phần (B) được bổ sung với lượng nằm trong khoảng từ 50 đến 130 phần khối lượng, tốt hơn là 60 đến 120 phần khối lượng, cho 100 phần khối lượng thành phần (A).

Thành phần (C)

Không có giới hạn cụ thể về hình dạng của bột nhôm để làm thành phần (C). Bột nhôm làm thành phần (C) có thể có dạng hình cầu hoặc hình dạng không đều, hoặc thậm chí được xử lý bề mặt trước. Nếu đường kính hạt trung bình của bột nhôm này nhỏ hơn $7\mu\text{m}$, lớp chế phẩm có thể là quá mỏng nên độ tin cậy của nó sẽ kém. Ngoài ra, nếu đường kính hạt trung bình của bột nhôm này lớn hơn $16\mu\text{m}$, lớp chế phẩm có thể quá dày nên độ bền nhiệt sẽ cao, và do đó tính năng của chế phẩm có thể giảm đi. Do đó, đường kính hạt trung bình của bột nhôm này nằm trong khoảng từ 7 đến $16\mu\text{m}$, tốt hơn là 7 đến $14\mu\text{m}$.

Cụ thể, theo sáng chế, đường kính hạt trung bình để chỉ đường kính hạt trung bình thể tích tính theo thể tích tức là được xác định bằng thiết bị Microtrac MT3300EX là sản phẩm của NIKKISO CO., LTD.

Thành phần (D)

Không có giới hạn cụ thể về hình dạng của bột kẽm oxit để làm thành phần (D). Bột oxit kẽm để làm thành phần (D) có thể có dạng hình cầu hoặc hình dạng không đều. Nếu đường kính hạt trung bình của bột oxit kẽm lớn hơn $2\mu\text{m}$, chế phẩm có thể thấm ướt kém vào bột oxit kẽm này nên độ nhót của chế phẩm sẽ tăng lên, và chế phẩm sẽ có khả năng dàn đều kém. Do đó, đường kính hạt trung bình của bột oxit kẽm là $2\mu\text{m}$. Nếu đường kính hạt trung bình của bột oxit kẽm nhỏ hơn $0,1\mu\text{m}$, chế phẩm thu được có thể cũng có khả năng thấm kém

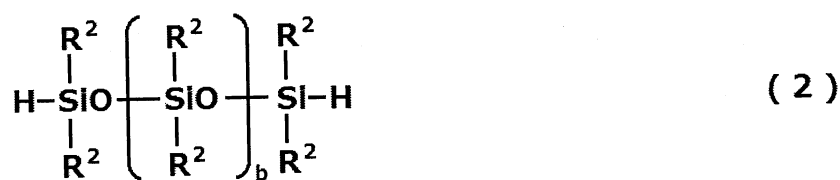
vào bột oxit kẽm này nên độ nhớt của chế phẩm sẽ tăng lên. Do đó, tốt hơn nếu bột oxit kẽm có đường kính hạt trung bình nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2 μ m.

Liên quan đến lượng các thành phần (C) và (D) thêm vào, nếu tỷ lệ khối lượng {tổng lượng các thành phần (C) và (D) thêm vào} / {tổng lượng các thành phần (A) và (B) thêm vào} nhỏ hơn 8, độ dẫn nhiệt của chế phẩm sẽ giảm đi nên tính năng của chế phẩm sẽ giảm đi. Ngoài ra, nếu tỷ lệ khối lượng này lớn hơn 14, độ nhớt của chế phẩm sẽ tăng lên nên khả năng dàn đều chế phẩm sẽ kém. Do đó, các thành phần (C) và (D) được bổ sung với lượng sao cho tỷ lệ khối lượng nêu trên nằm trong khoảng từ 8,0 đến 14,0, tốt hơn là 8,0 đến 13,5.

Ngoài ra, nếu tỷ lệ khối lượng giữa thành phần (C) và thành phần (D) { tỷ lệ khối lượng thành phần (C) / thành phần (D) } nhỏ hơn 3,0, lớp chế phẩm sẽ trở nên quá mỏng nên độ tin cậy giảm đi. Ngoài ra, nếu tỷ lệ khối lượng này lớn hơn 6,0, lớp chế phẩm sẽ trở nên quá dày nên độ bền nhiệt của nó sẽ tăng lên. Do đó, có lợi nếu tỷ lệ khối lượng này nằm trong khoảng từ 3,0 đến 6,0, tốt hơn là 3,5 đến 5,5.

Thành phần (E)

Thành phần (E) là hydropolysiloxan hữu cơ có công thức chung (2) sau đây.



Trong công thức chung (2), R² có thể là nhóm alkyl được chọn từ, ví dụ, nhóm metyl, nhóm etyl, nhóm propyl, nhóm butyl và nhóm hexyl. Trong số các nhóm này, nhóm metyl là được ưu tiên xét về mức độ dễ tổng hợp và chi phí. Ngoài ra, trong công thức chung (2), nếu b nhỏ hơn 5, thành phần (E) sẽ trở thành thành phần dễ bay hơi không được ưu tiên sử dụng trong linh kiện điện tử. Ngoài ra, nếu b lớn hơn 100, độ nhớt của chế phẩm tăng lên nên sẽ khó xử lý

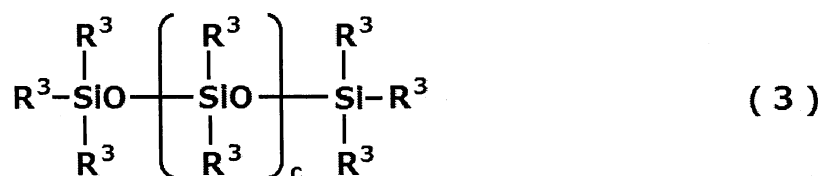
chế phẩm. Do đó, có lợi nếu b nằm trong khoảng từ 5 đến 100, tốt hơn là 5 đến 80.

Thành phần (F)

Thành phần (F) là hydropolysiloxan hữu cơ không phải thành phần (E). Do hydropolysiloxan hữu cơ để làm thành phần (F) dùng để biến đổi cấu trúc của chế phẩm thành cấu trúc giống mạng lưới thông qua phản ứng liên kết ngang, thành phần này có ít nhất hai nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic (tức là nhóm Si-H) trong một phân tử. Hydropolysiloxan hữu cơ để làm thành phần (F) có thể là mạch thẳng, mạch nhánh hoặc mạch vòng; hoặc thậm chí là hỗn hợp của chúng.

Nhóm hữu cơ còn lại liên kết với nguyên tử silic trong thành phần (F) có thể là nhóm hydrocarbon hóa trị một không phải là nhóm hydrocarbon béo không no. Cụ thể, nhóm hữu cơ còn lại này có thể là nhóm hydrocarbon hóa trị một no hoặc không no có 1 đến 12, tốt hơn là 1 đến 10 nguyên tử cacbon. Ví dụ về nhóm hữu cơ còn lại này bao gồm nhóm alkyl như nhóm metyl, nhóm etyl, nhóm propyl, nhóm butyl, nhóm hexyl và nhóm dodexyl; nhóm aryl như nhóm phenyl; nhóm aralkyl như nhóm 2-phenyletyl và nhóm 2-phenylpropyl; và nhóm hydrocarbon được thế nguyên tử halogen như nhóm clometyl và 3,3,3-triflopropyl. Ví dụ khác về nhóm hữu cơ còn lại này bao gồm nhóm hữu cơ chứa vòng epoxy như nhóm 2-glyxidoxyetyl, nhóm 3-glyxidoxypropyl và nhóm 4-glyxidoxybutyl.

Hydropolysiloxan hữu cơ mạch thẳng để làm thành phần (F) có thể là hydropolysiloxan hữu cơ có công thức chung (3).



Trong công thức (3), R^3 là nguyên tử hydro; hoặc nhóm hydrocacbon hóa trị một được thế hoặc không được thế không phải là nhóm hydrocacbon béo không no. Các nhóm R^3 có thể là giống nhau hoặc khác nhau, và ít nhất hai nhóm trong số chúng là nguyên tử hydro. Để làm nhóm hydrocacbon hóa trị một được thế hoặc không được thế không phải là nhóm hydrocacbon béo không no, có thể sử dụng các nhóm hữu cơ nêu trên. Tốt hơn nếu c là số nguyên nằm trong khoảng từ 1 đến 1000, tốt hơn nữa là số nguyên nằm trong khoảng từ 2 đến 100.

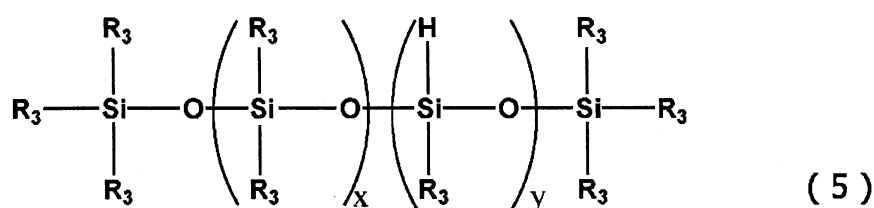
Hydropolysiloxan hữu cơ mạch nhánh để làm thành phần (F) có thể là hydropolysiloxan hữu cơ có công thức chung (4).



Trong công thức (4), R^3 là nhóm hydrocacbon hóa trị một được thế hoặc không được thế không phải là nhóm hydrocacbon béo không no. Các nhóm R^3 có thể là giống nhau hoặc khác nhau, và ví dụ cụ thể về nhóm R^3 này bao gồm các nhóm hữu cơ nêu trên. d là số nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,3, e là số nằm trong khoảng từ 0,5 đến 0,98, và f là số nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,12, với điều kiện $d + e + f = 1$.

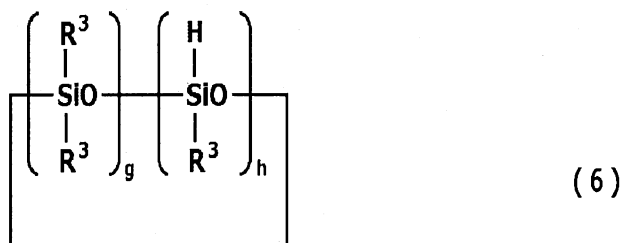
Cụ thể, hydropolysiloxan hữu cơ được ưu tiên là hydropolysiloxan hữu cơ có ít nhất ba nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong một phân tử và ít nhất hai đơn vị $(R^3SiO_{3/2})$ trong một phân tử, và có độ nhớt động học nằm trong khoảng từ 10 mm²/s đến 500 mm²/s ở nhiệt độ 25°C.

Ngoài ra, để làm ví dụ được ưu tiên về hydropolysiloxan hữu cơ có công thức chung (4), có thể sử dụng hydropolysiloxan hữu cơ có công thức chung (5).



Trong công thức (5), R^3 là nhóm hydrocacbon hóa trị một được thế hoặc không được thế không phải là nhóm hydrocacbon béo không no. Các nhóm R^3 có thể là giống nhau hoặc khác nhau, và ví dụ cụ thể về nhóm R^3 bao gồm các nhóm hữu cơ nêu trên. x là số nguyên nằm trong khoảng từ 10 đến 100, và y là số nguyên nằm trong khoảng từ 2 đến 20.

Ngoài ra, hydropolysiloxan hữu cơ mạch vòng để làm thành phần (F) có thể là hydropolysiloxan hữu cơ có công thức chung (6).



Trong công thức (6), R^3 là nhóm hydrocacbon hóa trị một được thế hoặc không được thế không phải là nhóm hydrocacbon béo không no. Các nhóm R^3 có thể là giống nhau hoặc khác nhau, và ví dụ cụ thể về nhóm R^3 này bao gồm các nhóm hữu cơ nêu trên. Tốt hơn nếu g là số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến 5, và h là số nguyên nằm trong khoảng từ 2 đến 5, với điều kiện $g + h$ bằng 3 đến 7.

Liên quan đến lượng các thành phần (E) và (F) thêm vào, nếu tỷ lệ {tổng số nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong các thành phần (E) và (F)} / {số nhóm alkenyl trong thành phần (A)} nhỏ hơn 0,5, chế phẩm không có mức độ biến đổi đủ lớn thành cấu trúc giống mạng lưới nên hiện tượng chảy dầu có thể xảy ra. Ngoài ra, nếu tỷ lệ này lớn hơn 1,5, mật độ liên kết ngang của chế phẩm sẽ là quá cao nên có thể xảy ra hiện tượng bong lớp chế phẩm trong thử nghiệm về độ tin cậy. Do đó, các thành phần (E) và (F) được bổ sung vào với lượng sao cho tỷ lệ này nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5, tốt hơn là 0,7 đến 1,3.

Ngoài ra, nếu tỷ lệ {số nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong

thành phần (E)} / {số nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong thành phần (F)} nhỏ hơn 0,6, mật độ liên kết ngang của chế phẩm sẽ là quá cao nên có thể xảy ra hiện tượng bong lớp chế phẩm trong thử nghiệm về độ tin cậy. Ngoài ra, nếu tỷ lệ này lớn hơn 5,0, hiện tượng chảy dầu có thể xảy ra. Do đó, tốt hơn nếu các thành phần (E) và (F) được bổ sung với lượng sao cho tỷ lệ này nằm trong khoảng từ 0,6 đến 5,0.

Thành phần (G)

Chất xúc tác hydrosilyl hóa trên cơ sở platin để làm thành phần (G) dùng để làm thành phần thúc đẩy phản ứng cộng giữa nhóm alkenyl trong thành phần (A) và nhóm Si-H trong các thành phần (E) và (F). Thành phần (G) là chất xúc tác được chọn từ platin và hợp chất platin. Ví dụ về thành phần (G) này bao gồm platin nguyên tố, axit cloplatinic, phức chất platin-olefin, phức chất platin-rượu và hợp chất phối trí platin. Tốt hơn nếu thành phần (G) được bổ sung vào với lượng sao cho lượng các nguyên tử platin nằm trong khoảng từ 0,1 đến 500ppm tính theo khối lượng so với thành phần (A).

Thành phần (H)

Ngoài các thành phần chính (A) đến (G) nêu trên, chất kiểm soát phản ứng để làm thành phần (H) cũng có thể được bổ sung vào chế phẩm theo sáng chế nếu cần.

Chất kiểm soát phản ứng để làm thành phần (H) dùng để hạn chế phản ứng hydrosilyl hóa xảy ra ở nhiệt độ trong phòng, và do đó kéo dài thời gian bảo quản và thời gian sống. Để làm chất kiểm soát phản ứng, có thể sử dụng chất đã biết thường được sử dụng trong chế phẩm silicon có thể hóa rắn bằng phản ứng cộng. Ví dụ về chất này bao gồm hợp chất axetylen như 1-etynyl-1-xyclohexanol và 3,5-dimetyl-1-hexin-3-ol; các hợp chất chứa nitơ khác nhau

như tributylamin, tetrametyletylendiamin và benzotriazol; hợp chất phospho hữu cơ như triphenylphosphin; hợp chất oxim; và hợp chất clo hữu cơ.

Tốt hơn nếu thành phần (H) được bổ sung vào với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 5% tính theo khối lượng so với thành phần (A). Ngoài ra, chất kiểm soát phản ứng cũng có thể được pha loãng bằng toluen hoặc chất tương tự trước khi sử dụng nhằm mục đích cải thiện khả năng phân tán của nó trong chế phẩm.

Ngoài ra, ngoài các thành phần nêu trên, chất chống oxy hóa hoặc chất tương tự cũng có thể được bổ sung vào chế phẩm theo sáng chế nếu cần, nhằm mục đích ngăn chế phẩm khỏi bị hỏng.

Phương pháp tạo ra chế phẩm silicon dẫn nhiệt theo sáng chế có thể được thực hiện theo phương pháp tạo ra chế phẩm silicon dẫn nhiệt thông thường, và không có giới hạn cụ thể về phương pháp theo sáng chế. Ví dụ, chế phẩm silicon dẫn nhiệt theo sáng chế có thể được tạo ra bằng cách trộn các thành phần (A) đến (G) và các thành phần khác nếu cần, bằng cách sử dụng máy trộn như máy trộn ba trục, máy trộn hai trục và máy trộn kiểu hành tinh (đều là sản phẩm của INOUE MFG., INC.); máy siêu trộn (là sản phẩm của MIZUHO INDUSTRIAL CO., LTD); và máy trộn phân tán Hivis (là sản phẩm của PRIMIX Corporation).

Chế phẩm silicon dẫn nhiệt theo sáng chế là chế phẩm trong đó khi rây chất lỏng thu được bằng cách trộn và phân tán chế phẩm này trong toluen với lượng gấp đôi lượng chế phẩm này, sẽ thu được lượng chất còn lại trên rây không lớn hơn 5ppm nếu sử dụng rây có lưới số 250 (cỡ lỗ của rây là 63 μm), và lượng chất còn lại trên rây không nhỏ hơn 200ppm nếu sử dụng rây có lưới số 440 (cỡ lỗ của rây là 32 μm).

Thử nghiệm xác định lượng chất còn lại trên rây theo sáng chế có thể

được thực hiện bằng phương pháp sau.

Chế phẩm thu được bằng cách trộn và phân tán chế phẩm silicon dẫn nhiệt theo sáng chế trong toluen với lượng gấp đôi lượng chế phẩm được cho đi qua rây có lưới số 250 (cỡ lỗ của rây là $63\mu\text{m}$) hoặc rây có lưới số 440 (cỡ lỗ của rây là $32\mu\text{m}$), sau đó rửa kỹ rây bằng toluen. Sau đó, hạt thô nằm lại trên rây được cho vào thiết bị sấy để sấy, tiếp đó cho chất đã sấy khô này lên một miếng giấy cân để xác định khối lượng của nó và tính tỷ lệ lượng chất này trong chế phẩm.

Nếu lượng chất còn lại trên rây thu được sau khi sử dụng rây có lưới số 250 (cỡ lỗ của rây là $63\mu\text{m}$) lớn hơn 5ppm, lớp chế phẩm sẽ trở lên quá dày khi sử dụng thực tế, nên lớp này sẽ có độ bền nhiệt cao. Do đó, có lợi nếu lượng chất còn lại trên rây này không lớn hơn 5ppm, tốt hơn là không lớn hơn 2ppm. Ngoài ra, nếu lượng chất còn lại trên rây thu được sau khi sử dụng rây có lưới số 440 (cỡ lỗ của rây là $32\mu\text{m}$) nhỏ hơn 200ppm, lớp chế phẩm sẽ quá mỏng khi sử dụng thực tế nên chế phẩm này có thể bị bong khỏi vật liệu nền trong thử nghiệm về độ tin cậy. Do đó, có lợi nếu lượng chất còn lại trên rây này không nhỏ hơn 200ppm. Tốt hơn nếu giới hạn trên của lượng chất còn lại trên rây thu được sau khi sử dụng rây có lưới số 440 (cỡ lỗ của rây là $32\mu\text{m}$) không lớn hơn 20% khối lượng, tốt hơn nữa là không lớn hơn 15% khối lượng. Nếu giới hạn trên lớn hơn 20% khối lượng, độ dày của sản phẩm hóa rắn trong điều kiện hóa rắn sau đây có thể lớn hơn $60\mu\text{m}$. Để kiểm soát lượng chất còn lại trên rây nhỏ hơn hoặc bằng 5ppm khi sử dụng rây có lưới số 250 (cỡ lỗ của rây là $63\mu\text{m}$), và lớn hơn hoặc bằng 200ppm khi sử dụng rây có lưới số 440 (cỡ lỗ của rây là $32\mu\text{m}$), lượng cho trước của các thành phần (A) và (B) có thể đơn giản là được trộn với nhau bằng cách sử dụng chất độn có thể tạo ra lượng chất còn lại trên rây nêu trên.

Độ dày của vật liệu tản nhiệt theo sáng chế được xác định như sau. Cụ thể, chế phẩm theo sáng chế được bố trí giữa các tấm vật liệu để ép dưới áp lực 0,15 MPa ở nhiệt độ trong phòng trong 15 phút. Trong điều kiện này, chế phẩm được hóa rắn sau khi gia nhiệt ở nhiệt độ 150°C trong 90 phút. Chế phẩm đã hóa rắn này được làm nguội tới nhiệt độ trong phòng trước khi xác định độ dày của nó, và tốt hơn nếu độ dày này nằm trong khoảng từ 35 đến 60µm. Nếu độ dày này nhỏ hơn 35µm, có thể xảy ra hiện tượng bong lớp chế phẩm trong thử nghiệm về độ tin cậy. Ngoài ra, nếu độ dày này lớn hơn 60µm, độ bền nhiệt của chế phẩm sẽ tăng lên nên đặc tính tản nhiệt có thể kém đi. Để thu được loại vật liệu tản nhiệt thích hợp, có thể thực hiện các điều chỉnh đơn giản để đáp ứng yêu cầu về lượng chất còn lại trên rây nêu trên, và lượng này có thể được điều chỉnh bằng phương pháp mà người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực này đã biết.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế được mô tả chi tiết dưới đây dựa vào các ví dụ và ví dụ so sánh. Tuy nhiên, sáng chế không chỉ giới hạn ở các ví dụ sau.

Các phương pháp đánh giá và xác định được thể hiện dưới đây.

Độ nhớt

Độ nhớt tuyệt đối của chế phẩm silicon dẫn nhiệt được xác định ở nhiệt độ 25°C, bằng cách sử dụng nhớt kế Malcom (Type PC-1TL).

Độ dẫn nhiệt

Độ dẫn nhiệt của chế phẩm silicon dẫn nhiệt được xác định như sau. Cụ thể là mỗi chế phẩm được rót vào khuôn có độ dày 3cm, và một miếng màng bọc thực phẩm được đặt trên đó trước khi đo độ dẫn nhiệt của chế phẩm bằng thiết bị Model QTM-500 là sản phẩm của Kyoto Electronics Manufacturing Co., Ltd.

Đánh giá mô đun đàn hồi

Chế phẩm silicon dẫn nhiệt được phun với độ dày 2mm vào giữa hai tấm song song với nhau, mỗi tấm có đường kính 2,5cm. Chương trình nhiệt được đặt sao cho nhiệt độ của các tấm đã phủ tăng từ 25°C ở tốc độ 5°C/phút, và nhiệt độ này được duy trì trong 120 phút sau khi đạt tới 150°C. Môđun đàn hồi dự trữ G' và môđun đàn hồi tổn hao G'' được đo. Việc đo này được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị đo độ nhớt đàn hồi (Type RDA III, sản phẩm của Rheometric Scientific Inc.), và giá trị bằng số được quan sát 7200 giây sau khi bắt đầu tăng nhiệt độ.

Xác định độ dày và độ bền nhiệt

Chế phẩm silicon dẫn nhiệt trước hết được phun vào giữa chip Si có kích thước 15 mm × 15 mm × 1 mm và tấm Ni có kích thước 15 mm × 15 mm × 1 mm, sau đó ép chúng dưới áp lực 0,15 MPa ở nhiệt độ trong phòng trong 15 phút. Trong điều kiện này, chế phẩm được hóa rắn sau khi gia nhiệt trong lò ở nhiệt độ 150°C trong 90 phút để thu được mẫu thử nghiệm. Chế phẩm hóa rắn này được làm nguội tới nhiệt độ trong phòng, sau đó đo độ dày của toàn bộ mẫu thử nghiệm, và lấy giá trị này trừ đi độ dày của chip Si và tấm Ni để thu được độ dày của chế phẩm silicon dẫn nhiệt.

Ngoài ra, việc đo độ bền nhiệt (giá trị ban đầu) được thực hiện bằng cách sử dụng mẫu thử nghiệm đã sử dụng để đo độ dày. Sau đó, độ bền nhiệt của mẫu thử nghiệm đã được thử nghiệm chu trình nhiệt (-55°C đến 170°C, 2000 chu trình) được xác định theo cách giống như khi đo giá trị ban đầu. Ở đây, việc đo độ bền nhiệt được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị NanoFlash (LFA 447, sản phẩm của NETZSCH).

Thử nghiệm xác định lượng chất còn lại trên rây

50g chế phẩm silicon dẫn nhiệt được cho vào chai polyetylen dung tích 250ml, và được trộn với 100g toluen trong đó, sau đó lắc chai polyetylen trong 2

giờ để phân tán chế phẩm này. Hệ phân tán dạng lỏng thu được này được cho đi qua rây có lưới số 250 (cỡ lỗ của rây là 63 μm) hoặc rây có lưới số 440 (cỡ lỗ của rây là 32 μm), sau đó sử dụng toluen để rửa rây, và cho rây vào thiết bị sấy để sấy. Chất còn lại trên rây đã sấy được cho lên tấm giấy cân để xác định khối lượng, và tính tỷ lệ chất còn lại trên rây trong chế phẩm.

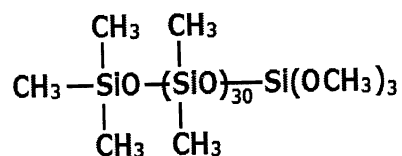
Các thành phần sử dụng trong ví dụ thực hiện sáng chế và ví dụ so sánh được nêu dưới đây. Ở đây, độ nhớt động học để chỉ giá trị đo được bằng nhớt kế Ostwald Ubbelohde (sản phẩm của SIBATA SCIENTIFIC TECHNOLOGY) ở nhiệt độ 25°C. Ngoài ra, đường kính hạt trung bình để chỉ đường kính hạt trung bình thể tích tính theo thể tích được xác định bằng thiết bị Microtrac MT3300EX (sản phẩm của NIKKISO CO., LTD.)

Thành phần (A)

A-1: Dimethylpolysiloxan có cả hai đầu tận cùng được bảo vệ bằng nhóm dimethylvinylsilyl, và có độ nhớt động học bằng 1000 mm^2/s ở nhiệt độ 25°C

Thành phần (B)

B-1: methylpolysiloxan có thể thủy phân có ba nhóm chức ở một đầu có công thức chung sau đây:



Thành phần (C)

C-1: bột nhôm có đường kính hạt trung bình 12 μm

C-2: bột nhôm có đường kính hạt trung bình 8 μm

C-3 (để sử dụng trong ví dụ so sánh): bột nhôm có đường kính hạt trung bình 17 μm

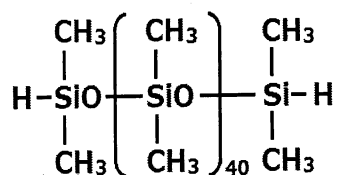
C-4 (để sử dụng trong ví dụ so sánh): bột nhôm có đường kính hạt trung bình 6 μm

Thành phần (D)

D-1: Bột oxit kẽm có đường kính hạt trung bình 0,6 μ m

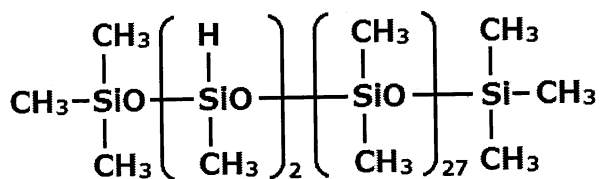
Thành phần (E)

E-1: Hydropolysiloxan hữu cơ có công thức chung sau đây:

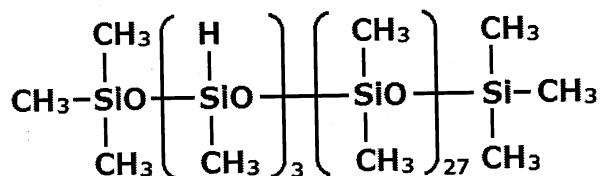


Thành phần (F)

F-1: Hydropolysiloxan hữu cơ có công thức chung sau đây:



F-2: Hydropolysiloxan hữu cơ có công thức chung sau đây:



Thành phần (G)

G-1: Dung dịch thu được bằng cách hòa tan phức chất platin-divinyltetrametyldisiloxan trong dimethylpolysiloxan giống với thành phần A-1 (lượng nguyên tử platin: 1% khối lượng)

Thành phần (H)

H-1: 1-etynyl-1-xyclohexanol

Ví dụ 1 đến 6; ví dụ so sánh 1 đến 8

Chế phẩm nêu trong các ví dụ 1 đến 6; và ví dụ so sánh 1 đến 8 thu được bằng cách trộn các thành phần (A) đến (H) như sau. Cụ thể là, thành phần (A) được cân với lượng 100 phần khối lượng và cho vào máy trộn kiểu hành tinh dung tích 5l (sản phẩm của INOUE MFG, INC.). Các thành phần (B), (C) và

(D) với lượng cho trước (phần khối lượng) nêu trong các bảng 1 và 2 được thêm vào, sau đó trộn lẫn các thành phần (A), (B), (C) và (D) này ở nhiệt độ 170°C trong 1 giờ. Hỗn hợp thu được này được làm nguội tới nhiệt độ thường, sau đó bổ sung các thành phần (E), (F), (G) và (H) vào đó với lượng cho trước (phần khối lượng) nêu trong các bảng 1 và 2, và sau đó trộn cho đến khi đạt độ đồng nhất.

Thử nghiệm nêu trên được thực hiện đối với mỗi chế phẩm thu được.

Bảng 1

Lượng (phần khối lượng)						
	1	2	3	4	5	6
A-1	100	100	100	100	100	100
B-1	100	100	120	65	75	80
C-1	1610		2430		1440	
C-2		1750		1090		1520
C-3						
C-4						
D-1	350	430	450	310	350	430
Tổng lượng các thành phần (C) và (D)/tổng lượng các thành phần (A) và (B)	9,8	10,9	13,1	8,5	10,2	10,9
Khối lượng thành phần (C) /khối lượng thành phần (D)	4,6	4,1	5,4	3,5	4,1	3,5
E-1	9,2	15,5	14,5	13,1	9,3	13,6
F-1	7,1			4,2		
F-2		2,6	3,1		7,5	1,6
Tỷ lệ số nhóm Si-H trong cả hai thành phần (E) và (F)/số nhóm Si-Vi trong thành phần	1,0	1,1	1,1	1,0	1,3	0,9

(A)						
Tỷ lệ số nhóm Si-H trong thành phần (E) / số nhóm Si-H trong thành phần (F)	1,0	3,2	2,5	2,4	0,7	4,5
G-1	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
H-1	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Kết quả đánh giá						
Độ nhớt (Pa. s)	198	233	426	133	208	197
Độ dẫn nhiệt (W/mK)	4,3	4,5	5,7	3,7	4,4	4,5
Môđun đàn hồi dự trữ G' (Pa)	33420	21580	16890	32590	43160	21230
Môđun đàn hồi tổn hao G'' (Pa)	28100	26790	28530	18730	29240	36770
Lượng chất còn lại trên rây có lưới số 440 (ppm)	573	280	708	214	512	233
Lượng chất còn lại trên rây có lưới số 250 (ppm)	0	0	1	0	0	0
Độ dày (μm)	46	39	58	37	47	39
Độ bền nhiệt ($\text{mm}^2 \cdot \text{K/W}$)	10,8	9,9	10,6	10,4	10,5	9,6
Độ bền nhiệt sau khi thử nghiệm chu trình nhiệt ($\text{mm}^2 \cdot \text{K/W}$)	11,6	10,9	11,5	10,8	11,0	10,2

Bảng 2

Lượng (phần khối lượng)	Ví dụ so sánh							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A-1	100	100	100	100	100	100	100	100
B-1	100	100	120	65	75	80	100	100
C-1			2630		1650		1610	
C-2				960		1310		1750
C-3	1610							
C-4		1750						
D-1	350	430	490	270	260	450		
Tổng lượng các thành phần (C) và (D)/tổng lượng các thành phần (A) và (B)	9,8	10,9	14,2	7,1	10,9	9,8		
Khối lượng thành phần (C) /khối lượng thành phần (D)	4,6	4,1	5,4	3,5	6,3	2,9		
E-1	9,2	15,5	14,5	13,1	9,3	13,6		
F-1	7,1			4,2				
F-2		2,6	3,1		7,5	1,6		
Tỷ lệ số nhóm Si-H trong cả hai thành phần (E) và (F)/số nhóm Si-Vi trong thành phần (A)	1,0	1,1	1,1	1,0	1,3	0,9		
Tỷ lệ số nhóm Si-H trong thành phần (E) /số nhóm Si-H trong thành phần (F)	1,0	3,2	2,5	2,4	0,7	4,5	0,5	5,2

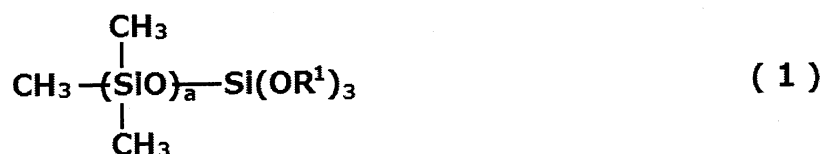
G-1	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
H-1	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Kết quả đánh giá								
Độ nhớt (Pa. s)	202	239		108	261	197	221	252
Độ dẫn nhiệt (W/mK)	4,4	4,2		3,0	4,1	3,7	4,4	4,4
Môđun đàn hồi dự trữ G' (Pa)	33630	20370		33680	39280	19680	100420	8090
Môđun đàn hồi tổn hao G''(Pa)	27900	28920		17200	24030	25430	28100	46520
Lượng chất còn lại trên rây có lưới số 440 (ppm)	1031	140		163	730	186	591	258
Lượng chất còn lại trên rây có lưới số 250 (ppm)	8	0		0	4	0	0	0
Độ dày (μm)	72	29		34	64	28	48	38
Độ bền nhiệt (mm ² ·K/W)	18,9	8,1		12,0	19,9	9,6	10,8	9,9
Độ bền nhiệt sau khi thử nghiệm chu trình nhiệt (mm ² ·K/W)	19,8	20,2		18,8	20,2	18,4	21,3	19,2

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Chế phẩm silicon dẫn nhiệt chứa:

(A) polysiloxan hữu cơ có ít nhất hai nhóm alkenyl trong một phân tử và có độ nhớt động học nằm trong khoảng từ 10 đến 100000 mm²/s ở nhiệt độ 25°C;

(B) metylpolysiloxan có thể thủy phân có ba nhóm chức ở một đầu với lượng nằm trong khoảng từ 50 đến 130 phần khối lượng cho 100 phần khối lượng thành phần (A), và có công thức chung (1):

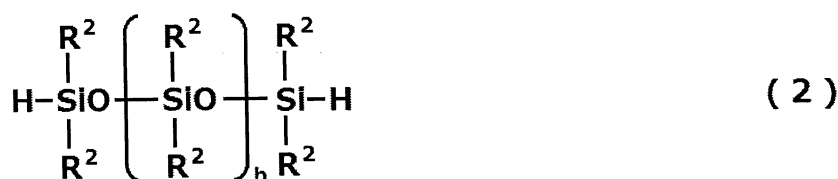


trong đó R¹ là nhóm alkyl có 1 đến 6 nguyên tử cacbon, và a là số nguyên nằm trong khoảng từ 5 đến 100;

(C) bột nhôm có đường kính hạt trung bình nằm trong khoảng từ 7 đến 16μm;

(D) bột kẽm oxit có đường kính hạt trung bình không lớn hơn 2μm, các thành phần (C) và (D) có mặt với lượng sao cho tỷ lệ khối lượng {thành phần (C) + thành phần (D)} / {thành phần (A) + thành phần (B)} nằm trong khoảng từ 8,0 đến 14,0, và tỷ lệ khối lượng giữa các thành phần (C) và (D) {thành phần (C) / thành phần (D)} nằm trong khoảng từ 3,0 đến 6,0;

(E) hydropolysiloxan hữu cơ có công thức chung (2):



trong đó R² là nhóm alkyl có 1 đến 6 nguyên tử cacbon, và b là số nguyên nằm trong khoảng từ 5 đến 100;

(F) hydropolysiloxan hữu cơ không phải thành phần (E), có ít nhất hai

nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong một phân tử, các thành phần (E) và (F) có mặt với lượng sao cho tỷ lệ $\{\text{tổng số nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong các thành phần (E) và (F)}\} / \{\text{số nhóm alkenyl trong thành phần (A)}\}$ nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5, và tỷ lệ $\{\text{số nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong thành phần (E)}\} / \{\text{số nguyên tử hydro liên kết với nguyên tử silic trong thành phần (F)}\}$ nằm trong khoảng từ 0,6 đến 5,0; và

(G) chất xúc tác trên cơ sở platin để hydrosilyl hóa với lượng sao cho lượng nguyên tử platin trong đó nằm trong khoảng từ 0,1 đến 500ppm tính theo khối lượng so với thành phần (A), trong đó:

khi rây chất lỏng thu được bằng cách trộn và phân tán chế phẩm silicon dẫn nhiệt trong toluen với lượng gấp đôi lượng chế phẩm được rây, lượng chất còn lại trên rây không lớn hơn 5ppm được quan sát nếu sử dụng rây có lưới số 250 (cỡ lỗ của rây là 63 μm), và lượng chất còn lại trên rây không nhỏ hơn 200ppm được quan sát nếu sử dụng rây có lưới số 440 (cỡ lỗ của rây là 32 μm).

2. Chế phẩm silicon dẫn nhiệt theo điểm 1, trong đó chế phẩm này còn chứa:

(H) chất kiểm soát phản ứng được chọn từ hợp chất axetylen, hợp chất nitơ, hợp chất phospho hữu cơ, hợp chất oxim và hợp chất clo hữu cơ, và có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 5% tính theo khối lượng so với thành phần (A).

3. Vật liệu tản nhiệt chứa chế phẩm silicon dẫn nhiệt như nêu trong điểm 1 hoặc điểm 2.

4. Vật liệu tản nhiệt theo điểm 3, trong đó sản phẩm hóa rắn thu được bằng cách ép chế phẩm silicon dẫn nhiệt như nêu trong điểm 1 hoặc điểm 2 dưới áp lực 0,15 MPa ở nhiệt độ trong phòng trong 15 phút và sau đó gia nhiệt và hóa rắn ở nhiệt độ 150°C trong 90 phút có độ dày nằm trong khoảng từ 35 đến 60 μm ở nhiệt độ trong phòng.