

明 細 書

発明の名称：

パーフルオロトリプロピルアミンの分離方法、熱伝達流体、熱伝達用装置、及び熱伝達方法

技術分野

[0001] 本開示は、パーフルオロトリプロピルアミンの分離方法、熱伝達流体、熱伝達用装置、及び熱伝達方法に関する。

背景技術

[0002] 熱伝達流体として、パーフルオロトリプロピルアミンを用いることが知られている（特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2016-505882号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 熱伝達流体として、パーフルオロトリプロピルアミンの代わりに、ヘキサフルオロプロペン（HFP）三量体、パーフルオロアルケンエーテル、又はパーフルオロポリエーテルを用いることが考えられる。

[0005] パーフルオロトリプロピルアミンを熱伝達流体として用いている装置において、パーフルオロトリプロピルアミンを、他の熱伝達流体（例えばヘキサフルオロプロペン三量体）に置き換える際には、装置に他の熱伝達流体を流通させて置換することが考えられる。この際、パーフルオロトリプロピルアミンと他の熱伝達流体との混合物が得られる。この得られた混合物からパーフルオロトリプロピルアミンを分離することができれば、置換に用いた熱伝達流体を再利用することが可能になる。

[0006] 本発明の目的は、 C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体、パー

フルオロアルケンエーテル、及びパーフルオロポリエーテルからなる群より選択される少なくとも一種と、パーフルオロトリプロピルアミンとを含む混合物から、パーフルオロトリプロピルアミンを効率的に分離することができる分離方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示は、下記の態様を含む。

[1] C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体、パーフルオロアルケンエーテル、及びパーフルオロポリエーテルからなる群より選択される少なくとも一種を含む混合物Aと、パーフルオロトリプロピルアミンと、を含む混合物Bからのパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法であって、

前記混合物Aの凝固点は、パーフルオロトリプロピルアミンの凝固点以下の温度であり、

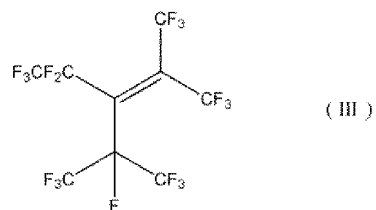
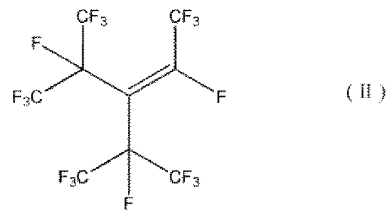
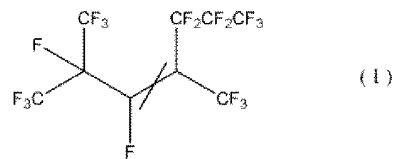
前記混合物Bからパーフルオロトリプロピルアミンを分離する工程は、パーフルオロトリプロピルアミンの凝固点以下の温度において実施される、パーフルオロトリプロピルアミンの分離方法。

[2] 混合物Aとパーフルオロトリプロピルアミンとの凝固点差は、 $20^{\circ}C$ 以上である、上記[1]に記載のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法。

[3] パーフルオロトリプロピルアミンの分離後の混合物Cに含まれるパーフルオロトリプロピルアミンの含有量は、 1000 質量ppm以下である、上記[1]又は[2]に記載のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法。

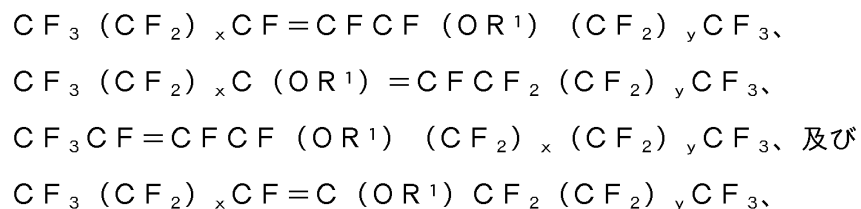
[4] 前記 C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体は、下記式(1)～(111)：

[化1]



で表されるヘキサフルオロプロペン三量体の少なくとも1種を含む、上記〔1〕～〔3〕のいずれか1項に記載のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法。

〔5〕 前記パーフルオロアルケンエーテルは、下記式：



〔式中；

R¹は、それぞれ独立して、メチル基又はエチル基であり、
x及びyは、それぞれ独立して、0、1、2又は3であり、
x+yは、1、2又は3である。〕

で表される化合物の少なくとも1種を含む、上記〔1〕～〔4〕のいずれか1項に記載のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法。

〔6〕 前記パーフルオロポリエーテルは、下記式：



[式中:]

R 及び R' は、それぞれ独立して、 $-C_mF_{2m+1}$ であり、

m は、1～8 の整数であり、

R^f は、2～20 個の反復単位を含む二価のフルオロポリオキシアルキレン基であり、

前記反復単位は

(i) $-CFXO-$ (式中、X は、F 又は CF_3 である)

(ii) $-CF_2CFXO-$ (式中、X は、F 又は CF_3 である)

(iii) $-CFXC F_2O-$ (式中、X は、F 又は CF_3 である)

(iv) $-CF_2CF_2CF_2O-$ 、及び

(v) $-CF_2CF_2CF_2CF_2O-$

で表され、または

R^f は、

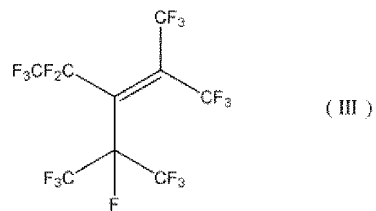
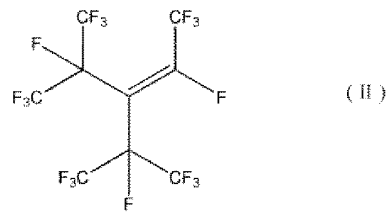
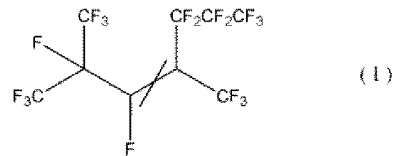
(vi) $-(CF_2)_k-CFZ-O-$ (式中、k は、0～3 の整数であり、Z は、 $-ORFT_3$ であり、ここで、RF は、 $-CFXO-$ 、 $-CF_2CFXO-$ 、 $-CF_2CF_2CF_2O-$ 、及び $-CF_2CF_2CF_2CF_2O-$ から成る群より選択された、0～20 個の一定数の反復単位を含むフルオロポリオキシアルキレン基であり、ここで、X は、それぞれ独立して、F 又は CF_3 であり、 T_3 は、 C_{1-5} ペルフルオロアルキル基である。) で表される二価の基である。]

で表される化合物の少なくとも 1 種を含む、上記 [1]～[5] のいずれか 1 項に記載のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法。

[7] C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体、パーフルオロアルケンエーテル、及びパーフルオロポリエーテルからなる群より選択される少なくとも一種と、パーフルオロトリプロピルアミンと、を含み、パーフルオロトリプロピルアミンの含有量は、1000 質量 ppm 以下である、熱伝達流体。

[8] 前記 C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体は、下記式 (I) ~ (III) :

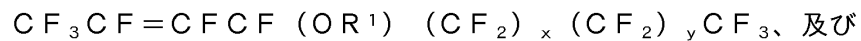
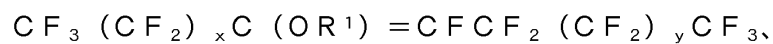
[化2]



で表されるヘキサフルオロプロペン三量体の少なくとも1種を含む、上記 [7] に記載の熱伝達流体。

[9] 式 (I) で表される化合物は、ヘキサフルオロプロペン三量体全量に対して、85質量%以上である、上記 [8] に記載の熱伝達流体。

[10] 前記パーフルオロアルケンエーテルは、下記式：



[式中；

R^1 は、それぞれ独立して、メチル基又はエチル基であり、

x 及び y は、それぞれ独立して、0、1、2又は3であり、

$x+y$ は、1、2又は3である。]

で表される化合物の少なくとも1種を含む、上記[7]～[9]のいずれか1項に記載の熱伝達流体。

[11] 前記パーフルオロポリエーテルは、下記式：



[式中：

R及びR'は、それぞれ独立して、 $-C_mF_{2m+1}$ であり、

mは、1～8の整数であり、

Rfは、反復単位を含むフルオロポリオキシアルキレン鎖であり、

前記反復単位は

(i) $-CFXO-$ (式中、Xは、F又は CF_3 である)

(ii) $-CF_2CFXO-$ (式中、Xは、F又は CF_3 である)

(iii) $-CFXC F_2O-$ (式中、Xは、F又は CF_3 である)

(iv) $-CF_2CF_2CF_2O-$

(v) $-CF_2CF_2CF_2CF_2O-$

(vi) $-(CF_2)_k-CFZ-O-$ (式中、kは、0～3の整数であり、Zは、 $-ORFT_3$ であり、ここで、RFは、 $-CFXO-$ 、 $-CF_2CFXO-$ 、 $-CF_2CF_2CF_2O-$ 、及び $-CF_2CF_2CF_2CF_2O-$ から成る群より選択された、0～10個の一定数の反復単位を含むフルオロポリオキシアルキレン鎖であり、ここで、Xは、それぞれ独立して、F又は CF_3 であり、 T_3 は、 C_{1-5} ペルフルオロアルキル基である。)で表される。]

で表される化合物の少なくとも1種を含む、上記[7]～[10]のいずれか1項に記載の熱伝達流体。

[12] さらに安定剤を含む、上記[7]～[11]のいずれか1項に熱伝達流体。

[13] 半導体製造工程において使用される、上記[7]～[12]のいずれか1項に記載の熱伝達流体。

[14] 上記[7]～[13]のいずれか1項に記載の熱伝達流体の熱伝達のための使用。

[15] デバイスと、

上記[7]～[13]のいずれか1項に記載の熱伝達流体を含み、前記デバイスへ又は前記デバイスから熱を伝達するための機構とを備える、熱伝達用装置。

[16] 前記デバイスが、半導体を製造するために使用されるウエハである、上記[15]に記載の熱伝達用装置。

[17] 上記[15]又は[16]に記載の熱伝達用装置を備える、半導体製造装置。

[18] デバイスを準備する工程と、

上記[7]～[13]のいずれか1項に記載の熱伝達流体を用いて、前記デバイスへ又は前記デバイスから熱を伝達する工程とを含む、熱伝達方法。

[19] 前記デバイスが、半導体を製造するために使用されるウエハである、上記[18]に記載の熱伝達方法。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、 C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体、パーフルオロアルケンエーテル、及びパーフルオロポリエーテルからなる群より選択される少なくとも一種と、パーフルオロトリプロピルアミンとを含む混合物から、パーフルオロトリプロピルアミンを効率的に分離することができる分離方法が提供される。

発明を実施するための形態

[0009] 本明細書において、「それぞれ独立して」又はこれと同様の表現が明示的に記載されているか否かに関わらず、例外である旨の記載がある場合を除き、化学構造中に複数出現し得る用語（記号）が定義される場合、出現毎に独立して当該定義が適用される。

[0010] 本明細書において、数値範囲「A～B」は、下限及び上限の数値そのものも含むことを意図している。即ち、数値範囲「A～B」は、A以上B以下を意味する。

[0011] 以下、本開示の熱伝達流体について説明する。

[0012] (パーフルオロトリプロピルアミンの分離方法)

本開示のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法は、 C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体、パーフルオロアルケンエーテル、及びパーフルオロポリエーテルからなる群より選択される少なくとも一種を含む混合物Aと、パーフルオロトリプロピルアミンと、を含む混合物Bからのパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法であって、混合物Aの凝固点は、パーフルオロトリプロピルアミンの凝固点以下の温度であり、混合物Bからパーフルオロトリプロピルアミンを分離する工程は、パーフルオロトリプロピルアミンの凝固点以下の温度において実施される。本開示のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法により処理した結果得られる混合物を、混合物Cとも称する。

[0013] 混合物Aは、 C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体、パーフルオロアルケンエーテル、及びパーフルオロポリエーテルからなる群より選択される少なくとも一種を含む。

[0014] 混合物Bは、混合物Aとパーフルオロトリプロピルアミンとを含む混合物であり、典型的には混合物Aとパーフルオロトリプロピルアミンとから成る。換言すれば、混合物Aは、混合物Bからパーフルオロトリプロピルアミンを除いたものであると言える。

[0015] 混合物Cは、本開示のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法により処理した結果得られる混合物であり、混合物Bからパーフルオロトリプロピルアミンの一部又は全部が除去された混合物である。

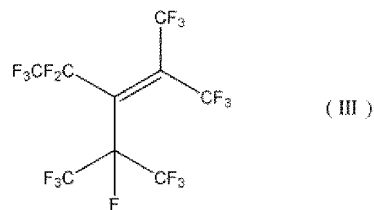
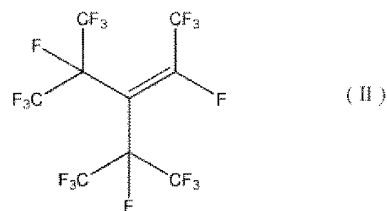
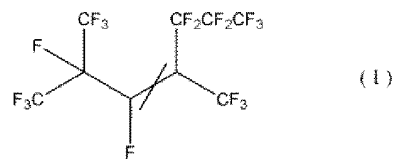
[0016] 混合物A、混合物B、及び混合物Cは、典型的には、パーフルオロトリプロピルアミンの含有量以外については、同様の構成を有し得る。なお、パーフルオロトリプロピルアミン以外の化合物の含有量が相違することを除外するものではない。例えば、パーフルオロトリプロピルアミン以外のそれぞれの化合物の含有量（質量基準）は、混合物全体に対して、10%以下、5%以下、3%以下、又は1%以下の範囲で相違していてもよい。

[0017] 混合物A、混合物B、及び混合物Cは、熱伝達流体として用いることができる。

[0018] C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体としては、特に限定されず、 C_9F_{18} で表されるいかなる構造を有する化合物であってもよい。

[0019] 上記ヘキサフルオロプロペン三量体は、好ましくは、下記式(Ⅰ)～(ⅠⅠ)：

[化3]



で表されるヘキサフルオロプロペン三量体の少なくとも1種を含む。

[0020] 本明細書において、上記式(Ⅰ)で表される化合物は、特記しない限り、ジアステレオマーのE体及びZ体の双方を含む。

[0021] ヘキサフルオロプロペン三量体としては、式(Ⅰ)～(ⅠⅠⅠ)で表される化合物のうち一種のみが含まれていてもよいし、これらの二種又は三種を含む混合物であってもよい。

[0022] 式(Ⅰ)で表される化合物は、上記式(Ⅰ)～(ⅠⅠⅠ)で表される化合物の合計量に対して、99質量%以下、好ましくは90質量%以下、より好ましくは85質量%以下、さらに好ましくは85質量%未満、例えば80質

量%以下、70質量%以下、65質量%以下、又は60質量%以下含まれ得る。式(1)で表される化合物の含有量を少なくすることにより、混合物Aの沸点が上昇する。換言すれば、混合物Aの蒸気圧が低くなる。

[0023] 式(1)で表される化合物は、上記式(1)～(111)で表される化合物の合計量に対して、好ましくは1質量%以上、好ましくは10質量%以上、より好ましくは30質量%以上、さらに好ましくは40質量%以上、さらに好ましくは45質量%以上、特に好ましくは50質量%以上、例えば60質量%以上、65質量%以上、75質量%以上、又は85質量%以上含まれ得る。式(1)で表される化合物の含有量を多くすることにより、粘度が低下する。

[0024] 式(1)で表される化合物は、上記式(1)～(111)で表される化合物の合計量に対して、例えば1質量%以上99質量%以下、10質量%以上90質量%以下、30質量%以上90質量%以下、10質量%以上85質量%以下、35質量%以上85質量%以下、10質量%以上85質量%未満、20質量%以上85質量%未満、30質量%以上85質量%未満、40質量%以上85質量%未満、50質量%以上85質量%未満、40質量%以上80質量%以下、55質量%以上80質量%以下、60質量%以上75質量%以下、65質量%以上70質量%以下、35質量%以上60質量%以下、又は50質量%以上60質量%以下であり得、好ましくは30質量%以上90質量%以下、好ましくは40質量%以上85質量%未満、より好ましくは40質量%以上80質量%以下、さらに好ましくは45質量%以上70質量%以下、さらに好ましくは50質量%以上60質量%以下であり得る。

[0025] 式(11)で表される化合物及び式(111)で表される化合物の質量比は、特に限定されないが、例えば、1:9～9:1、2:8～8:2、3:7～7:3、4:6～6:4、又は4.5:5.5～5.5:4.5であり得る。

[0026] 上記パーフルオロアルケンエーテルは、好ましくは、下記式:



$\text{CF}_3 (\text{CF}_2)_x \text{C} (\text{OR}^1) = \text{CF} \text{CF}_2 (\text{CF}_2)_y \text{CF}_3$ 、
 $\text{CF}_3 \text{CF} = \text{CF} \text{CF} (\text{OR}^1) (\text{CF}_2)_x (\text{CF}_2)_y \text{CF}_3$ 、及び
 $\text{CF}_3 (\text{CF}_2)_x \text{CF} = \text{C} (\text{OR}^1) \text{CF}_2 (\text{CF}_2)_y \text{CF}_3$ 、
 [式中；

R^1 は、それぞれ独立して、メチル基又はエチル基であり、
 x 及び y は、それぞれ独立して、0、1、2又は3であり、
 $x + y$ は、1、2又は3である。]

で表される化合物の少なくとも1種を含む。

[0027] 上記パーフルオロアルケンエーテルとしては、例えば

5-メトキシパーフルオロ-3-ヘプテン、
 3-メトキシパーフルオロ-3-ヘプテン、
 4-メトキシパーフルオロ-2-ヘプテン、
 3-メトキシパーフルオロ-2-ヘプテン、
 4-メトキシパーフルオロ-2-ペンテン、
 2-メトキシパーフルオロ-2-ペンテン、
 3-メトキシパーフルオロ-2-ペンテン、
 2-メトキシパーフルオロ-3-ペンテン、
 シス-およびトランス-2-メトキシパーフルオロ-2-オクテン、および
 2-メトキシパーフルオロ-3-オクテン
 が挙げられる。

[0028] 上記パーフルオロアルケンエーテルは、好ましくはメチルパーフルオロヘ
 プテンエーテルである。メチルパーフルオロヘプテンエーテルは、2つ以上
 の構造及び／又は立体異性体の混合物を含んでもよい。例えば、メチルパー
 フルオロヘプテンエーテルは、
 約48～約52重量パーセントの5-メトキシパーフルオロ-3-ヘプテン
 、
 約18～約22重量パーセントの3-メトキシパーフルオロ-3-ヘプテン
 、

約 18～約 22 重量パーセントの 4-メトキシパーフルオロ-2-ヘプテン、及び

約 6～約 10 重量パーセントの 4-メトキシパーフルオロ-3-ヘプテンの混合物を含み得る。

[0029] 上記パーフルオロアルケンエーテルは、具体的には、メチルパーフルオロヘプテンエーテル (MPHE) ($C_7F_{13}OCH_3$) を含む。具体的には、製品名「Opteon SF10」(ケマーズ社製) などが挙げられる。

[0030] 上記パーフルオロポリエーテルは、下記式：



[式中：

R 及び R' は、それぞれ独立して、 $-C_mF_{2m+1}$ であり、

m は、1～8 の整数であり、

R^f は、2～20 個の反復単位を含む二価のフルオロポリオキシアルキレン基であり、

前記反復単位は

(i) $-CFXO-$ (式中、X は、F 又は CF_3 である)

(ii) $-CF_2CFXO-$ (式中、X は、F 又は CF_3 である)

(iii) $-CFXCF_2O-$ (式中、X は、F 又は CF_3 である)

(iv) $-CF_2CF_2CF_2O-$ 、及び

(v) $-CF_2CF_2CF_2CF_2O-$

で表され、または

R^f は、

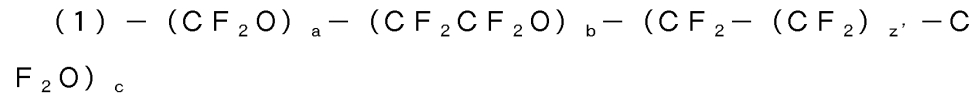
(vi) $-(CF_2)_k-CFZ-O-$ (式中、k は、0～3 の整数であり、Z は、 $-ORFT_3$ であり、ここで、RF は、 $-CFXO-$ 、 $-CF_2CFXO-$ 、 $-CF_2CF_2CF_2O-$ 、及び $-CF_2CF_2CF_2CF_2O-$ から成る群より選択された、0～20 個の一定数の反復単位を含むフルオロポリオキシアルキレン基であり、ここで、X は、それぞれ独立して、F 又は CF_3 であり、 T_3 は、 C_{1-5} ペルフルオロアルキル基である。) で表される二価の基

である。]

で表される化合物の少なくとも1種を含む。

[0031] mは、1～8の整数、好ましくは1～5の整数、1～3の整数である。

[0032] R_fは、好ましくは以下の(1)～(3)の基であり得る：



[式中、

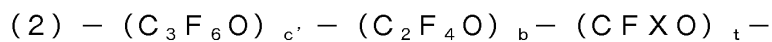
a、b及びcは、それぞれ独立して、100以下、好ましくは50以下の整数であり、

z'は、1または2であり、

a ≥ 0、b ≥ 0、c ≥ 0であり、

a + b > 0であり、

好ましくはaとbの各々が>0であり、b/aは0.1～1.0の間に含まれている。]；



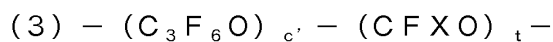
[式中、

Xは、それぞれ独立して、-F又は-CF₃であり、

b、c'及びtは、それぞれ独立して、100以下の整数であり、

c' > 0、b ≥ 0、t ≥ 0であり、

好ましくはb及びt > 0であり、c' / bは0.2～5.0の間に含まれ、(c' + b) / tは5～50の間に含まれている。]



[式中、

Xは、それぞれ独立して、-F又は-CF₃であり、

c'及びtは、それぞれ独立して、100以下の整数であり、

c' > 0、t ≥ 0であり、

好ましくはt > 0であり、c' / tは5～50の間に含まれている。]

[0033] パーフフルオロポリエーテルは、特に限定されないが、例えば、GALDE

N（登録商標）HT110、GALDEN（登録商標）HT135という商標名でSolvay Solexis S. p. A. から入手可能なものである。

- [0034] 混合物Aの -75°C における動粘度は、好ましくは 100 cSt 以下、より好ましくは 80 cSt 以下、さらに好ましくは 60 cSt 以下であり得る。混合物Aは、上記の範囲の動粘度、即ちより低い動粘度を有することにより、ろ過性が向上する。従って、フィルターの孔径が細かい精密ろ過を行う場合に工程時間の短縮やエネルギーロスの低減が可能となる。また、より高精度のろ過が可能となる。
- [0035] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の動粘度及び密度は、Anton Paar社製動粘度計SVM3001を用いて測定した値である。
- [0036] 混合物Aの沸点は、好ましくは 90°C 以上、より好ましくは 95°C 以上、さらに好ましくは 100°C 以上であり得る。混合物Aの沸点が高い場合には、蒸発によるロスを低減できる。
- [0037] 混合物Aの沸点は、示差走査熱量計（DSC）を用いて、 25°C から 5°C ／分で昇温した際の吸熱に由来するピークが観測された温度である。
- [0038] 混合物Aの凝固点は、好ましくは -70°C 以下、より好ましくは -75°C 以下、さらに好ましくは -80°C 以下、さらにより好ましくは -85°C 以下であり得る。混合物Aの凝固点が低いほど、パーフルオロトリプロピルアミンの凝固点の差が大きくなり、分離がより容易になる。
- [0039] 混合物Aの凝固点は、示差走査熱量計（DSC）により決定することができる。
- [0040] パーフルオロトリプロピルアミンの凝固点は、約 -65°C である。
- [0041] 混合物Aとパーフルオロトリプロピルアミンとの凝固点差は、好ましくは 5°C 以上、より好ましくは 10°C 以上、さらに好ましくは 15°C 以上、さらにより好ましくは 20°C 以上、例えば 30°C 以上、 35°C 以上、又は 40°C 以上であり得る。混合物Aとパーフルオロトリプロピルアミンとの凝固点差を上記の範囲とすることにより、パーフルオロトリプロピルアミンの分離が

容易になる。

- [0042] 混合物Aとパーフルオロトリプロピルアミンとの凝固点差の上限は、特に限定されないが、例えば、100℃以下、80℃以下、60℃以下、50℃以下、40℃以下、又は30℃以下であり得る。
- [0043] 混合物Bからパーフルオロトリプロピルアミンを分離する工程は、パーフルオロトリプロピルアミンの凝固点以下の温度において実施される。
- [0044] 混合物Bからパーフルオロトリプロピルアミンを分離する工程は、パーフルオロトリプロピルアミンの凝固点よりも、好ましくは5℃以上低い温度、より好ましくは10℃以上低い温度、さらに好ましくは15℃以上低い温度、例えば20℃以上低い温度、又は30℃以上低い温度で行われる。
- [0045] 混合物Bからパーフルオロトリプロピルアミンを分離する工程は、好ましくはパーフルオロトリプロピルアミンの凝固点以下、混合物Aの凝固点以上の温度において実施される。
- [0046] 混合物Bからパーフルオロトリプロピルアミンを分離する工程は、混合物Aの凝固点よりも、好ましくは1℃以上高い温度、より好ましくは5℃以上高い温度、例えば10℃以上高い温度、又は15℃以上高い温度で行われる。
- [0047] 混合物Bからパーフルオロトリプロピルアミンを分離する工程は、好ましくは、パーフルオロトリプロピルアミンの凝固点よりも混合物Aの凝固点に近い温度で行われる。
- [0048] 混合物Bからパーフルオロトリプロピルアミンを分離する工程は、特に限定されないが、抽出、濃縮、凍結乾燥、析出、吸着、蒸留、精留、又はクロマトグラフィーであり得る。混合物Aからパーフルオロトリプロピルアミンを分離する工程は、好ましくは、凍結乾燥、再結晶、吸着、蒸留、精留、又はクロマトグラフィー、特に好ましくは吸着が挙げられる。
- [0049] 上記の方法は、1つのみであってもよく、2つ以上を組み合わせてもよい。例えば、ある方法で前処理としての分離を行い、次いで、本処理としての分離を行ってもよい。

- [0050] 混合物Bからパーフルオロトリプロピルアミンを分離する工程が吸着である場合、吸着材としては、モレキュラーシーブ、活性炭、シリカゲル、ゼオライト、配位高分子、多孔質ポリマー、金属有機構造体、ポラスシリカ等を用いることができ、モレキュラーシーブが好ましい。具体的なモレキュラーシーブとしては、モレキュラーシーブ13Xが挙げられる。
- [0051] 混合物Cにおけるパーフルオロトリプロピルアミンの含有量は、好ましくは1000質量ppm以下、より好ましくは500質量ppm以下、さらに好ましくは200質量ppm以下、さらにより好ましくは100質量ppm以下、特に好ましくは50質量ppm以下、10質量ppm以下、5質量ppm以下、又は1質量ppm以下であり得る。混合物Cは、パーフルオロトリプロピルアミンを実質的に含んでいなくてもよい。「パーフルオロトリプロピルアミンを実質的に含んでいなくてもよい」とは、パーフルオロトリプロピルアミンの含有量が検出限界以下であることを意味する。
- [0052] 混合物中のパーフルオロトリプロピルアミンの含有量は、ガスクロマトグラフィーにて分析することができる。
- [0053] 混合物Cは、好ましくは C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体を含む。
- [0054] 混合物Cは、好ましくは熱伝達流体である。即ち、本開示は、 C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体、パーフルオロアルケンエーテル、及びパーフルオロポリエーテルからなる群より選択される少なくとも一種と、パーフルオロトリプロピルアミンと、を含み、パーフルオロトリプロピルアミンの含有量は、1000質量ppm以下である、熱伝達流体を提供する。
- [0055] 本開示の熱伝達流体は、ヘキサフルオロプロペン二量体及び／又はヘキサフルオロプロペン四量体を含んでいてもよい。
- [0056] ヘキサフルオロプロペン二量体は、(E)-1, 1, 1, 2, 3, 4, 5, 5, 5-ノナフルオロ-4-(トリフルオロメチル)-2-ペンテン、(Z)-1, 1, 1, 2, 3, 4, 5, 5, 5-ノナフルオロ-4-(トリフルオロメチル)-2-ペンテン、又は1, 1, 3, 4, 4, 5, 5-ノナフ

ルオロ-2-(トリフルオロメチル)-2-ペンテンを含む。

- [0057] ヘキサフルオロプロペン四量体は、1, 1, 1, 2, 5, 6, 6, 6-オクタフルオロ-2, 3, 5-トリス(トリフルオロメチル)-4-(ペルフルオロプロピル-2-イル)-3-ヘキセンを含む。
- [0058] 本開示の熱伝達流体は、ヘキサフルオロプロペン三量体に加え、 $C_m F_{2m}$ 及び／又は $C_n F_{(2n-2)}$ 〔式中、 m は、4以上12以下で9以外の整数であり、 n は、4以上12以下の整数である。〕を含む。
- [0059] m は、4以上の整数であり、好ましくは5以上の整数、より好ましくは6以上の整数である。また、 n は、12以下の整数であり、好ましくは11以下の整数であり、より好ましくは10以下の整数である。但し、 m は9を含まない。
- [0060] n は、4以上の整数であり、好ましくは5以上の整数であり、より好ましくは6以上の整数である。また、 n は、12以下の整数であり、好ましくは11以下の整数であり、より好ましくは10以下の整数である。さらに、 n は、特に好ましくは9である。
- [0061] $C_m F_{2m}$ は、鎖状化合物であっても、置換構造を有していてもよい環状化合物であってもよい。鎖状化合物は、いわゆるアルケンであってよく、直鎖であっても、分岐鎖であってもよい。
- [0062] $C_n F_{(2n-2)}$ は、鎖状化合物であっても、置換構造を有していてもよい環状化合物であってもよい。鎖状化合物は、いわゆるジエンであっても、アルキンであってもよく、直鎖であっても、分岐鎖であってもよい。
- [0063] 本開示の熱伝達流体において、 $C_m F_{2m}$ 及び／又は $C_n F_{(2n-2)}$ を、ヘキサフルオロプロペン三量体と共存させることにより、熱伝達流体としての機能が向上する。また、本開示の熱伝達流体は、 $C_m F_{2m}$ 及び／又は $C_n F_{(2n-2)}$ を含むことにより、ヘキサフルオロプロペン三量体の安定性が向上する。
- [0064] $C_m F_{2m}$ 及び／又は $C_n F_{(2n-2)}$ の含有量は、本開示の熱伝達流体中、好ましくは10質量%以下、より好ましくは5質量%以下、さらに好ましくは1質量%以下であり得る。また、 $C_m F_{2m}$ 及び／又は $C_n F_{(2n-2)}$ の含有量は、

本開示の熱伝達流体中、好ましくは0.0001質量%以上、より好ましくは0.001質量%以上であり得る。なお、 $C_m F_{2m}$ 及び／又は $C_n F_{(2n-2)}$ は、本開示の熱伝達流体において必須の成分ではなく、含まれていなくてもよい。

- [0065] 本開示の熱伝達流体は、さらなる他の成分を含んでいてもよい。
- [0066] 本開示の熱伝達流体に含まれる他の成分は、本開示の効果及び目的を阻害しないいずれの成分であってもよい。かかる他の成分としては、水又は安定剤等を例示できる。
- [0067] 安定剤は、安定化効果を発揮することにより、いわゆる受酸剤又は酸化防止剤としての機能を発揮するものである。安定化効果としては、系内に発生するラジカルを補足することでヘキサフルオロプロペン三量体の分解を防止する効果、系内に発生した酸を捕捉することで、酸によるさらなるヘキサフルオロプロペン三量体の分解等を防止する受酸効果などが主要なものとして挙げられる。
- [0068] かかる安定剤としては、公知の安定剤を広く採用することが可能である。中でも、組成物による金属の腐食発生を効果的に抑制できることから、不飽和アルコール系安定剤、ニトロ系安定剤、アミン系安定剤、フェノール系安定剤及びエポキシ系安定剤からなる群より選ばれる1種以上の安定剤を使用することが好ましい。
- [0069] 不飽和アルコール系安定剤としては、公知のものを広く採用することが可能である。例えば、3-ブテン-2-オール、2-ブテン-1-オール、4-プロペン-1-オール、1-プロペン-3-オール、2-メチル-3-ブテン-2-オール、3-メチル-3-ブテン-2-オール、3-メチル-2-ブテン-1-オール、2-ヘキセン-1-オール、2,4-ヘキサジエン-1-オール及びオレイルアルコールからなる群より選択される1種以上を使用することができる。
- [0070] ニトロ系安定剤としては、公知のものを広く採用することが可能である。脂肪族ニトロ化合物として、例えば、ニトロメタン、ニトロエタン、1-ニ

トロプロパン、2-ニトロプロパン等が挙げられる。芳香族ニトロ化合物として、例えば、ニトロベンゼン、o-、m-又はp-ジニトロベンゼン、o-、m-又はp-ニトロトルエン、ジメチルニトロベンゼン、m-ニトロアセトフェノン、o-、m-又はp-ニトロフェノール、o-ニトロアニソール、m-ニトロアニソール及びp-ニトロアニソールからなる群より選択される1種以上を使用することができる。

[0071] アミン系安定剤としては、公知のものを広く採用することが可能である。例えば、ペンチルアミン、ヘキシルアミン、ジイソプロピルアミン、ジイソブチルアミン、ジ-n-プロピルアミン、ジアリルアミン、トリエチルアミン、N-メチルアニリン、ピリジン、モルホリン、N-メチルモルホリン、トリアリルアミン、アリルアミン、 α -メチルベンジルアミン、ジメチルアミン、トリメチルアミン、エチルアミン、ジエチルアミン、トリエチルアミン、プロピルアミン、イソプロピルアミン、ジプロピルアミン、トリプロピルアミン、ブチルアミン、イソブチルアミン、ジブチルアミン、トリブチルアミン、ジベンチルアミン、トリベンチルアミン、2-エチルヘキシルアミン、アニリン、N, N-ジメチルアニリン、N, N-ジエチルアニリン、エチレンジアミン、プロピレンジアミン、ジエチレントリアミン、テトラエチレンペンタミン、ベンジルアミン、ジベンジルアミン、ジフェニルアミン及びジエチルヒドロキシルアミンからなる群より選択される1種以上を使用することができる。

[0072] フェノール系安定剤としては、公知のものを広く採用することが可能である。例えば、2, 6-ジターシャリーブチル-4-メチルフェノール、3-クレゾール、フェノール、1, 2-ベンゼンジオール、2-イソプロピル-5-メチルフェノール、及び2-メトキシフェノールからなる群より選択される1種以上を使用することができる。

[0073] エポキシ系安定剤としては、公知のものを広く採用することが可能である。例えば、ブチレンオキシド、1, 2-プロピレンオキシド、1, 2-ブチレンオキシド、ブチルグリシジルエーテル、ジエチレングリコールジグリシ

ジルエーテル、及び1, 2-エポキシ-3-フェノキシプロパンからなる群より選択される1種以上を使用することができる。

[0074] 異なる安定化効果を有する安定剤を組み合わせることで、様々な原因で起こりうるヘキサフルオロプロペン三量体の分解をより効果的に防止するという理由から、上記したエポキシ系安定剤、並びに、不飽和アルコール系安定剤、ニトロ系安定剤、及びフェノール系安定剤からなる群より選択される1種以上からなることが好ましい。

[0075] ヘキサフルオロプロペン三量体からの酸遊離を効果的に抑制し、液状組成物による金属の腐食を抑制するという観点から、熱伝達流体全体における安定剤の含有量は、0.0001質量%以上であることが好ましく、0.01質量%以上であることがより好ましい。一方、安定剤の過剰な添加による熱伝達流体の好ましくない物性変化を避けるという点を考慮すれば、熱伝達流体全体における安定剤の含有量は、10質量%以下であることが好ましく、5質量%以下であることがより好ましい。

[0076] (熱伝達流体の使用)

本開示の熱伝達流体は、種々の被熱伝達対象物から熱を奪う、又は被熱伝達対象物に熱を供給するために用いられる。本開示における被熱伝達対象物としては、制御すべき温度において冷却、加熱又は温度維持される物品、装置、雰囲気である。このような被熱伝達対象物としては、電気部品、機械部品及び光学部品、並びにこれらの加工物、組立品などが挙げられる。本開示における被熱伝達対象物の具体例としては、特に限定されないが、半導体デバイスを製造するために用いられるウエハ、マイクロプロセッサ、電力制御半導体、電気分岐開閉器、電源トランス、回路基板、マルチチップモジュール、実装及び非実装半導体デバイス、化学反応器、原子炉、燃料電池、レーザー、ミサイル部品などが挙げられる。

[0077] 本開示の熱伝達流体は、使用時の循環における圧力損失が小さいことから、熱伝達量が大きな用途に好適に用いられる。好ましい態様において、本開示の熱伝達流体は、半導体製造工程において使用される。半導体製造工程に

おける被熱伝達対象物は、半導体デバイスを製造するために用いられるウエハである。

[0078] (熱伝達用装置)

本開示は、さらに、デバイスと、上記した熱伝達流体を含み、上記デバイスへ又は上記デバイスから熱を伝達するための機構と、を備える熱伝達用装置を提供する。

[0079] デバイスとしては、例えば、半導体を製造するために使用されるウエハ、半導体素子、コンピュータ、サーバーコンピュータ、ブレードサーバーを含むサーバー；ディスクアレイ／ストレージシステム；ストレージエリアネットワーク；ネットワークに接続されたストレージ；ストレージ通信システム；ワークステーション；ルーター；電気通信インフラ／スイッチ；有線、光学及び無線通信装置；セル処理装置；プリンタ；電源装置；ディスプレイ；光学装置；手持ち式のシステムを含む計測システム；軍事用電子機器等が挙げられ、好ましくは半導体を製造するために使用されるウエハである。

[0080] 半導体素子は、デバイスに搭載される発熱性素子であり、例えば、CPU、GPU、SSD等が挙げられ、該半導体素子は、例えば、単元素のシリコン、ゲルマニウム、化合物半導体のヒ化ガリウム (GaAs)、リン化ガリウム (GaP)、リン化インジウム (InP)、窒化ガリウム (GaN)、炭化珪素 (SiC) 等で構成される。

[0081] デバイスがサーバーコンピュータの場合、1つのロジックボード又は複数のロジックボードが内部空間内に配置されている。ロジックボードは、CPU、GPU等の少なくとも1つのプロセッサを含む多数の発熱電子部品を備える。それに加えて、例えば、チップセット；メモリ、グラフィックス・チップ、ネットワーク・チップ、RAM、電源装置、ドーターカード；固体ドライブ、機械式ハードディスク等の記憶ドライブ；といったコンピュータの他の発熱部品を使用することもできる。

[0082] 熱伝達用装置は、上記熱伝達流体を使用して被熱伝達対象物との間で熱を移動させるための熱伝達用装置であり、被熱伝達対象物と熱接触することで

熱の授受（伝達）が行われる。たとえば、被熱伝達対象物から熱を奪う場合は冷却であり、熱を供給する場合は加熱である。それぞれの場合に応じて異なる機構としてもよいが、1つの熱伝達用装置で冷却と加熱を行ってもよい。

[0083] 熱伝達用装置としては、特に限定はなく、たとえばポンプ、弁、流体閉じ込めシステム、圧力制御システム、冷却器、熱交換器、熱源、ヒートシンク、冷蔵システム、能動温度制御システム、受動温度制御システムなどが例示される。

[0084] より具体的には、熱伝達用装置としては、プラズマ強化化学蒸着（PECVD）ツール内の温度制御されたウエハチャック、ダイ性能試験のための温度制御試験ヘッド、半導体プロセス機器内の温度制御された作業領域、熱衝撃試験浴液リザーバ、恒温槽などが挙げられ、好ましくは半導体プロセス機器内の温度制御された作業領域である。

[0085] 熱伝達用装置と熱的に接触させる被熱伝達対象物は、上記と同様である。

[0086] また、本開示は、本開示の熱伝達用装置を備える、半導体製造装置も提供する。

[0087] （熱伝達方法）

本開示は、デバイスを準備する工程と、上記した熱伝達流体を用いて、上記デバイスへ又は上記デバイスから熱を伝達する工程とを含む、熱伝達方法を開示する。ここでは、デバイスと熱接触するように熱伝達用装置を配置することによって、熱が伝達され得る。熱伝達用装置は、デバイスと熱接触するように配置されるとき、デバイスから熱を除去するか、若しくはデバイスに熱を供給するか、又は選択された温度若しくは温度範囲にデバイスを維持する。熱流の方向（デバイスから又はデバイスへ）は、デバイスと熱伝達用装置との間の相対的温度差によって決定される。

[0088] 以上、本発明について説明したが、本発明は上記に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の形態で実施し得る。

実施例

[0089] 以下、本開示について、実施例において説明するが、本開示は以下の実施例に限定されるものではない。

[0090] 組成物中のパーフルオロトリプロピルアミンの含有量は、ガスクロマトグラフィー分析により測定した。

[0091] 組成物の沸点及び凝固点は、示差走査熱量計（DSC）を用いて測定した。具体的には、沸点は、25℃から5℃/minで昇温した際の吸熱に由来するピークが観測された温度とした。凝固点は、液体窒素で-150℃以下（固体となることが確認できた温度）まで冷却したのち、5℃/minで昇温した際に吸熱に由来するピークが観測された温度とした。

[0092] <熱伝達流体 a（混合物 A）の合成例>

SUS製オートクレーブにDMF 750 g 及びフッ化セシウム7.2 gを入れて密閉した。オートクレーブ内を真空脱気した後、オートクレーブ内の温度を70～110℃に維持しながらヘキサフルオロプロピレンを4.5時間かけて2268 g 加えた。得られた反応液から下層を分取し、超純水で洗浄し、HFP三量体を含む熱伝達流体組成物 a（混合物 A）2219 g を得た。GC-FID 及び GC-MS 分析を実施し、面積百分率法により HFP 三量体が、組成物全量100質量%中に87質量%含まれており、本明細書に記載の式（I）、（II）、及び（III）で表される化合物が、HFP 三量体全量100質量%中それぞれ順に、78質量%、9質量%、及び13質量%含まれていることを確認した。

[0093] <製造例 1>

熱伝達流体 a（混合物 A）の990 g と 3M 社製 FC-3283（パーフルオロトリプロピルアミン）の10 g とを混ぜて原料組成物 1（混合物 B）を得た。

[0094] <製造例 2>

ケマーズ社製 Opteon SF10（（メチルペルフルオロヘプテンエーテル）（混合物 A）の990 g と 3M 社製 FC-3283（パーフルオロトリプロピルアミン）の10 g とを混ぜて原料組成物 2（混合物 B）を得た。

[0095] <製造例 3>

S o l v a y 社製 G a l d e n H T 1 1 0 (パーフルオロポリエーテル、沸点 1 1 0℃、凝固点 - 1 0 0℃) (混合物 A) の 9 9 0 g と 3 M 社製 F C - 3 2 8 3 (パーフルオロトリプロピルアミン) の 1 0 g とを混ぜて原料組成物 3 (混合物 B) を得た。

[0096] <製造例 4>

S o l v a y 社製 G a l d e n H T 1 3 5 (パーフルオロポリエーテル、沸点 1 1 0℃、凝固点 - 1 0 0℃) (混合物 A) の 9 9 0 g と 3 M 社製 F C - 3 2 8 3 (パーフルオロトリプロピルアミン) の 1 0 g とを混ぜて原料組成物 4 (混合物 B) を得た。

[0097] <実施例 1>

原料組成物 1 の 1 0 0 0 g と、未使用のモレキュラーシーブ 1 3 X (M S 1 3 X) の 5 0 g とを予め乾燥させたフラスコの中に入れた。フラスコ内の液温が - 7 5℃となるよう制御しながらときどき攪拌しつつ、2 0 時間処理した。2 0 時間経過後、濾過して処理後の実施例 1 の組成物 (混合物 C) を得た。得られた実施例 1 の組成物の一部をガスクロマトグラフィーにて分析し、実施例 1 の組成物中のパーフルオロトリプロピルアミンの含有量を 4 8 3 p p m と算出した。

[0098] <実施例 2>

原料組成物 1 の 1 0 0 0 g と、未使用のモレキュラーシーブ 1 3 X の 1 0 0 g とを予め乾燥させたフラスコの中に入れた。フラスコ内の液温が - 7 5℃となるよう制御しながらときどき攪拌しつつ、2 0 時間処理した。2 0 時間経過後、濾過して処理後の実施例 2 の組成物 (混合物 C) を得た。得られた実施例 2 の組成物の一部をガスクロマトグラフィーにて分析し、実施例 2 の組成物中のパーフルオロトリプロピルアミンの含有量を 2 3 4 p p m と算出した。

[0099] <実施例 3>

原料組成物 1 の 1 0 0 0 g と、未使用のモレキュラーシーブ 1 3 X の 4 0

0 gとを予め乾燥させたフラスコの中に入れた。フラスコ内の液温が -75°C となるよう制御しながらときどき攪拌しつつ、20時間処理した。20時間経過後、濾過して処理後の実施例3の組成物（混合物C）を得た。得られた実施例3の組成物の一部をガスクロマトグラフィーにて分析し、実施例3の組成物中のパーフルオロトリプロピルアミンの含有量を1 ppmと算出した。

[0100] <実施例4>

原料組成物2の1000 gと、未使用のモレキュラーシーブ13Xの400 gとを予め乾燥させたフラスコの中に入れた。フラスコ内の液温が -75°C となるよう制御しながらときどき攪拌しつつ、20時間処理した。20時間経過後、濾過して処理後の実施例4の組成物（混合物C）を得た。得られた実施例4の組成物の一部をガスクロマトグラフィーにて分析し、実施例4の組成物中のパーフルオロトリプロピルアミンの含有量を6 ppmと算出した。

[0101] <実施例5>

原料組成物3の1000 gと、未使用のモレキュラーシーブ13Xの400 gとを予め乾燥させたフラスコの中に入れた。フラスコ内の液温が -75°C となるよう制御しながらときどき攪拌しつつ、20時間処理した。20時間経過後、濾過して処理後の実施例5の組成物（混合物C）を得た。得られた実施例5の組成物の一部をガスクロマトグラフィーにて分析し、実施例5の組成物中のパーフルオロトリプロピルアミンの含有量を8 ppmと算出した。

[0102] <実施例6>

原料組成物4の1000 gと、未使用のモレキュラーシーブ13Xの400 gとを予め乾燥させたフラスコの中に入れた。フラスコ内の液温が -75°C となるよう制御しながらときどき攪拌しつつ、20時間処理した。20時間経過後、濾過して処理後の実施例6の組成物（混合物C）を得た。得られた実施例6の組成物の一部をガスクロマトグラフィーにて分析し、実施例6

の組成物中のパーフルオロトリプロピルアミンの含有量を3 ppmと算出した。

[0103] <比較例 1>

原料組成物1の1000gと、未使用のモレキュラーシーブ13Xの50gとを予め乾燥させたフラスコの中に入れた。フラスコ内の液温が25℃となるよう制御しながらときどき攪拌しつつ、20時間処理した。20時間経過後、濾過して処理後の組成物を得た。得られた組成物の一部をガスクロマトグラフィーにて分析し、組成物中のパーフルオロトリプロピルアミンの含有量を5723 ppmと算出した。

[0104]

[表1]

項目				比較例 1	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6
原料	サンプル名	-		原料組成物 1	原料組成物 1	原料組成物 1	原料組成物 1	原料組成物 2	原料組成物 3	原料組成物 4
	使用量	g		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	混合物A	含有量	wt%	99	99	99	99	99	99	99
		沸点	℃	105	105	105	105	110	110	135
		凝固点	℃	-90	-90	-90	-90	-90	-100	-100
	FC3283	含有量	wt%	1	1	1	1	1	1	1
		沸点	℃	128	128	128	128	128	128	128
		凝固点	℃	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65
	凝固点差	℃	25	25	25	25	25	35	35	
	分離方法	-		吸着	吸着	吸着	吸着	吸着	吸着	吸着
分離条件	分離条件	-	MS13X	MS13X	MS13X	MS13X	MS13X	MS13X	MS13X	MS13X
	使用量	g	50	50	100	400	400	400	400	400
	温度	℃	25	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75
	処理時間	hr	20	20	20	20	20	20	20	20
結果	混合物C中のFC3283量			5723	483	234	1	6	8	3
			ppm							

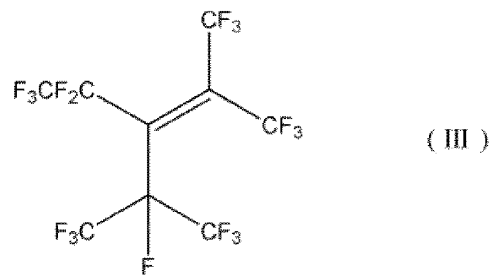
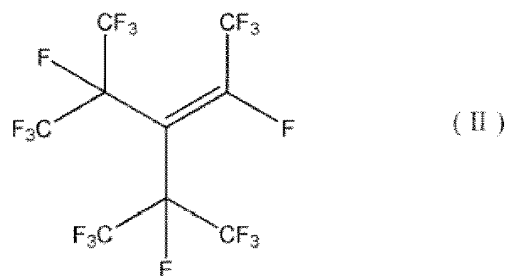
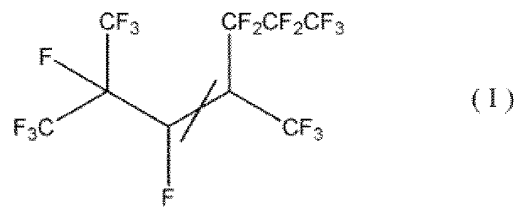
産業上の利用可能性

[0105] 本開示のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法は、熱伝達流体の精製に好適に用いることができる。

請求の範囲

- [請求項1] C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体、パーフルオロアルケンエーテル、及びパーフルオロポリエーテルからなる群より選択される少なくとも一種を含む混合物Aと、パーフルオロトリプロピルアミンと、を含む混合物Bからのパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法であって、
- 前記混合物Aの凝固点は、パーフルオロトリプロピルアミンの凝固点以下の温度であり、
- 前記混合物Bからパーフルオロトリプロピルアミンを分離する工程は、パーフルオロトリプロピルアミンの凝固点以下の温度において実施される、パーフルオロトリプロピルアミンの分離方法。
- [請求項2] 混合物Aとパーフルオロトリプロピルアミンとの凝固点差は、 $20^{\circ}C$ 以上である、請求項1に記載のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法。
- [請求項3] パーフルオロトリプロピルアミンの分離後の混合物Cに含まれるパーフルオロトリプロピルアミンの含有量は、 1000 質量ppm以下である、請求項1又は2に記載のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法。
- [請求項4] 前記 C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体は、下記式(1)～(111)：

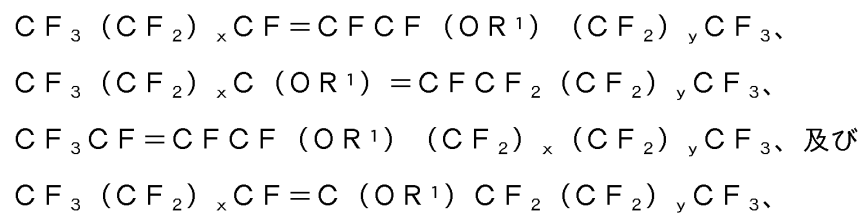
[化1]



で表されるヘキサフルオロプロペン三量体の少なくとも1種を含む、
請求項1～3のいずれか1項に記載のパーフルオロトリプロピルアミ
ンの分離方法。

[請求項5]

前記パーフルオロアルケンエーテルは、下記式：



[式中；

R¹は、それぞれ独立して、メチル基又はエチル基であり、

x及びyは、それぞれ独立して、0、1、2又は3であり、

$x + y$ は、1、2又は3である。]

で表される化合物の少なくとも1種を含む、請求項1～4のいずれか1項に記載のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法。

[請求項6]

前記パーフルオロポリエーテルは、下記式：



[式中：

R 及び R' は、それぞれ独立して、 $-C_mF_{2m+1}$ であり、

m は、1～8の整数であり、

R^f は、2～20個の反復単位を含む二価のフルオロポリオキシアルキレン基であり、

前記反復単位は

(i) $-CFXO-$ (式中、 X は、 F 又は CF_3 である)

(ii) $-CF_2CFXO-$ (式中、 X は、 F 又は CF_3 である)

(iii) $-CFXC F_2O-$ (式中、 X は、 F 又は CF_3 である)
)

(iv) $-CF_2CF_2CF_2O-$ 、及び

(v) $-CF_2CF_2CF_2CF_2O-$

で表され、または

R^f は、

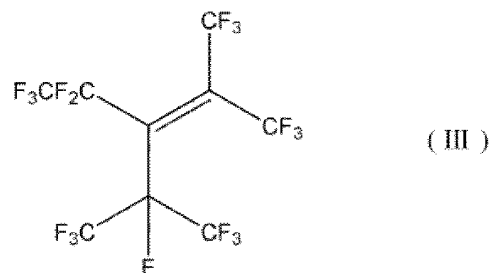
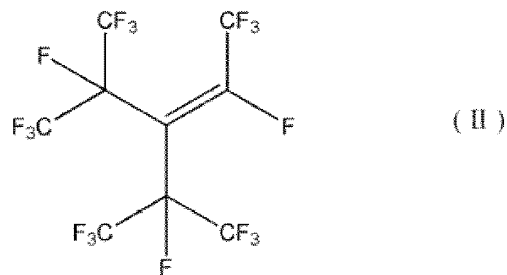
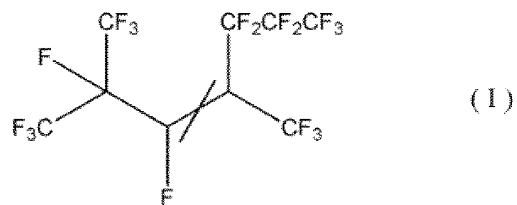
(vi) $-(CF_2)_k-CFZ-O-$ (式中、 k は、0～3の整数であり、 Z は、 $-ORFT_3$ であり、ここで、 RF は、 $-CFXO-$ 、 $-CF_2CFXO-$ 、 $-CF_2CF_2CF_2O-$ 、及び $-CF_2CF_2CF_2CF_2O-$ から成る群より選択された、0～20個の一定数の反復単位を含むフルオロポリオキシアルキレン基であり、ここで、 X は、それぞれ独立して、 F 又は CF_3 であり、 T_3 は、 C_{1-5} ペルフルオロアルキル基である。) で表される二価の基である。]

で表される化合物の少なくとも1種を含む、請求項1～5のいずれか1項に記載のパーフルオロトリプロピルアミンの分離方法。

[請求項7] C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体、パーフルオロアルケンエーテル、及びパーフルオロポリエーテルからなる群より選択される少なくとも一種と、パーフルオロトリプロピルアミンと、を含み、パーフルオロトリプロピルアミンの含有量は、1000質量ppm以下である、熱伝達流体。

[請求項8] 前記 C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体は、下記式(Ⅰ)～(Ⅲ)：

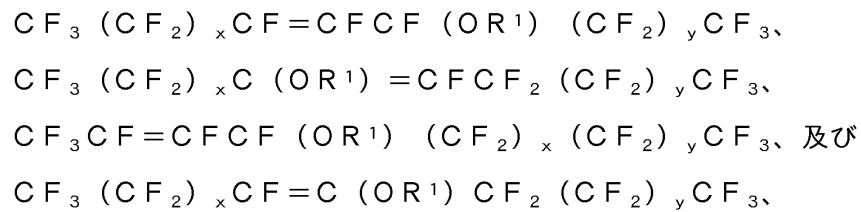
[化2]



で表されるヘキサフルオロプロペン三量体の少なくとも1種を含む、請求項7に記載の熱伝達流体。

[請求項9] 式(Ⅰ)で表される化合物は、ヘキサフルオロプロペン三量体全量に対して、85質量%以上である、請求項8に記載の熱伝達流体。

[請求項10] 前記パーフルオロアルケンエーテルは、下記式：



[式中；

R^1 は、それぞれ独立して、メチル基又はエチル基であり、
 x 及び y は、それぞれ独立して、0、1、2又は3であり、
 $x+y$ は、1、2又は3である。]

で表される化合物の少なくとも1種を含む、請求項7～9のいずれか1項に記載の熱伝達流体。

[請求項11] 前記パーフルオロポリエーテルは、下記式：



[式中：

R 及び R' は、それぞれ独立して、 $-\text{C}_m\text{F}_{2m+1}$ であり、
 m は、1～8の整数であり、

Rf は、反復単位を含むフルオロポリオキシアルキレン鎖であり、
 前記反復単位は

- (i) $-\text{CFXO}-$ (式中、 X は、 F 又は CF_3 である)
- (ii) $-\text{CF}_2\text{CFXO}-$ (式中、 X は、 F 又は CF_3 である)
- (iii) $-\text{CFXC}_2\text{FO}-$ (式中、 X は、 F 又は CF_3 である)
-)
- (iv) $-\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{O}-$
- (v) $-\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{O}-$
- (vi) $-(\text{CF}_2)_k-\text{CFZ}-\text{O}-$ (式中、 k は、0～3の整数であり、 Z は、 $-\text{ORFT}_3$ であり、ここで、 RF は、 $-\text{CFXO}-$ 、 $-\text{CF}_2\text{CFXO}-$ 、 $-\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{O}-$ 、及び $-\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{O}-$ から成る群より選択された、0～10個の一定数の

反復単位を含むフルオロポリオキシアルキレン鎖であり、ここで、 X は、それぞれ独立して、 F 又は CF_3 であり、 T_3 は、 C_{1-5} ペルフルオロアルキル基である。)で表される。]

で表される化合物の少なくとも1種を含む、請求項7～10のいずれか1項に記載の熱伝達流体。

[請求項12] さらに安定剤を含む、請求項7～11のいずれか1項に熱伝達流体。

[請求項13] 半導体製造工程において使用される、請求項7～12のいずれか1項に記載の熱伝達流体。

[請求項14] 請求項7～13のいずれか1項に記載の熱伝達流体の熱伝達のための使用。

[請求項15] デバイスと、
請求項7～13のいずれか1項に記載の熱伝達流体を含み、前記デバイスへ又は前記デバイスから熱を伝達するための機構とを備える、熱伝達用装置。

[請求項16] 前記デバイスが、半導体を製造するために使用されるウエハである、請求項15に記載の熱伝達用装置。

[請求項17] 請求項15又は16に記載の熱伝達用装置を備える、半導体製造装置。

[請求項18] デバイスを準備する工程と、
請求項7～13のいずれか1項に記載の熱伝達流体を用いて、前記デバイスへ又は前記デバイスから熱を伝達する工程とを含む、熱伝達方法。

[請求項19] 前記デバイスが、半導体を製造するために使用されるウエハである、請求項18に記載の熱伝達方法。