

明 細 書

発明の名称：

熱伝達流体用組成物、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、熱伝達流体用組成物、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、ヘキサフルオロプロペン（HFP）の三量体用いることが知られている（特許文献1）。

[0003] HFPの三量体は地球温暖化係数（GWP：Global Warming Potential）が小さく、毒性が低いことから、クロロフルオロカーボン（CFC）及びハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）の代替品として注目されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2020-514420号公報

特許文献2：中国特許出願公開第11354894号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 半導体製造工程において、熱の除去のために熱伝達流体が用いることが考えられるが、沸点が低いと装置から気化した熱伝達流体が漏出する可能性がある。

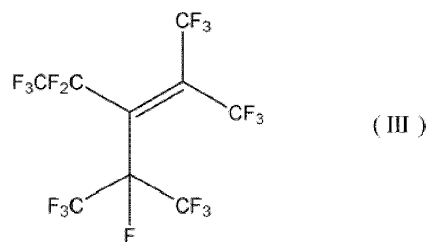
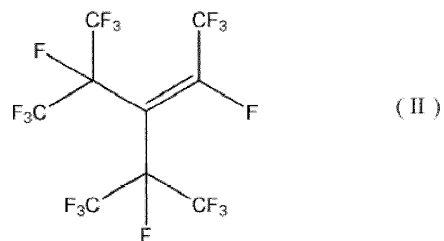
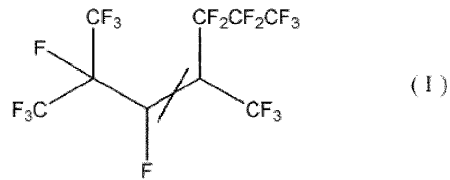
[0006] 本発明の目的は、比較的高い沸点を有する熱伝達流体を提供することである。

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] 下記式 (I) ~ (III) :

[化1]



で表されるヘキサフルオロプロペン三量体を含み、

前記式 (I) で表される化合物は、前記式 (I) ~ (III) で表される化合物の合計量に対して、10質量%以上85質量%未満含まれる、熱伝達流体用組成物。

[2] 前記式 (I) で表される化合物は、前記式 (I) ~ (III) で表される化合物の合計量に対して、30質量%以上85質量%未満含まれる、上記 [1] に記載の熱伝達流体用組成物。

[3] 半導体製造工程において使用される、上記 [1] 又は [2] に記載の熱伝達流体用組成物。

[4] 上記 [1] ~ [3] のいずれか1項に記載の熱伝達流体用組成物を含む、熱伝達流体。

[5] さらに安定剤を含む、上記 [4] に記載の熱伝達流体。

〔６〕 半導体製造工程において使用される、上記〔４〕又は〔５〕に記載の熱伝達流体。

〔７〕 上記〔１〕～〔３〕のいずれか１項に記載の熱伝達流体用組成物、又は上記〔４〕又は〔５〕に記載の熱伝達流体の熱伝達のための使用。

〔８〕 デバイスと、

上記〔１〕～〔３〕のいずれか１項に記載の熱伝達流体用組成物、又は上記〔４〕又は〔５〕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。

〔９〕 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〔８〕に記載の熱伝達用装置。

〔１０〕 上記〔８〕又は〔９〕に記載の熱伝達用装置を備える、半導体製造装置。

〔１１〕 デバイスを準備する工程と、

上記〔１〕～〔３〕のいずれか１項に記載の熱伝達流体用組成物、又は上記〔４〕又は〔５〕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。

〔１２〕 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〔１１〕に記載の熱伝達方法。

発明の効果

〔０００８〕 本開示によれば、比較的高い沸点を有する熱伝達流体が提供される。

発明を実施するための形態

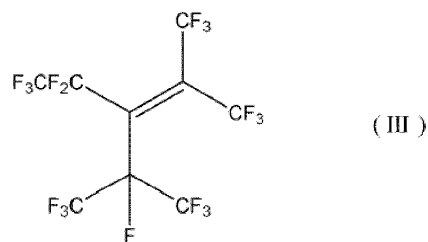
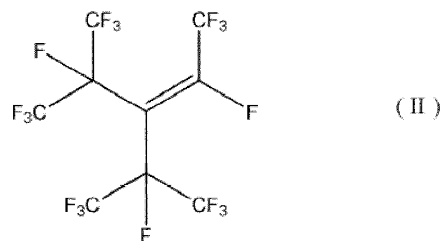
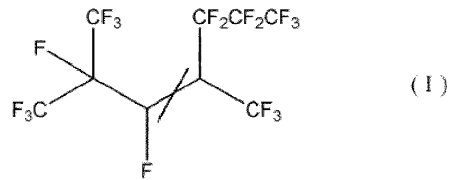
〔０００９〕 本明細書で言及する場合、数値範囲「Ａ～Ｂ」は、下限および上限の数値そのものも含むことを意図している。即ち、数値範囲「Ａ～Ｂ」は、Ａ以上Ｂ以下を意味する。

〔００１０〕 以下、本開示の熱伝達流体用組成物について説明する。

〔００１１〕（熱伝達流体用組成物）

本開示の熱伝達流体用組成物は、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を含み、

上記式（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、10質量%以上85質量%未満含まれる。

[0012] 式（Ⅰ）～（ⅠⅠⅠ）で表される化合物は、いわゆるヘキサフルオロプロペン三量体である。

[0013] 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。

[0014] 本開示の熱伝達流体用組成物中、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、85質量%未満、好ましくは80質量%以下、例えば75質量%以下、70質量%以下、60質量%以下、50質量%以下、又は40質量%以下含まれ得る。式（Ⅰ）で表される化合物の含有量を上記の範囲とすることにより、熱伝達流体用組成物

の沸点が上昇する。換言すれば、熱伝達流体用組成物の蒸気圧が低くなる。熱伝達流体用組成物の蒸気圧が高くなると、気化しやすくなり、例えば、半導体製造装置において用いた場合、装置からの漏れが大きくなり得る。また、キャビテーションが生じ、流量制御が不安定となる。本開示の熱伝達流体用組成物は、蒸気圧が低いことから、装置からの漏れが抑制され、環境的にも経済的にも有利となる。また、キャビテーションを抑制することができる。

[0015] 本開示の熱伝達流体用組成物中、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10質量%以上、より好ましくは20質量%以上、さらに好ましくは30質量%以上、さらにより好ましくは40質量%以上、例えば、45質量%以上、50質量%以上、55質量%以上、60質量%以上、又は65質量%以上含まれ得る。式(1)で表される化合物の含有量を上記の範囲とすることにより、動粘度が低下し、例えば、半導体製造装置において用いた場合、熱伝達流体用組成物を循環させるための圧力を小さくすることができる。熱伝達流体用組成物を循環させるための圧力を小さくすることにより、圧力損失を低減することができる、また、装置からの漏れも小さくことができ、運用コストを低くすることができる。

[0016] 本開示の熱伝達流体用組成物中、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、35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、50質量%以上80質量%以下、50質量%以上70質量%以下、50質量%以上60質量%以下、55質量%以上80質量%以下、60質量%以上75質量%以下、又は65質量%以上70質量%以下であり得る。本開示の熱伝達流体用組成物中、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30質量%以上85質量%未満、より好ましくは35質量%以

上80質量%以下、さらに好ましくは35質量%以上60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。

- [0017] 本開示の熱伝達流体用組成物中、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。
- [0018] 式(1)~(111)で表される化合物は、常法により製造することができ、例えば、限定するものではないが、国際公開第2018/172919号明細書に記載された方法により得ることができる。また、ヘキサフルオロプロペンを原料として、常法により三量体化して得ることもできる。
- [0019] 本開示の熱伝達流体用組成物は、式(1)~(111)で表される化合物以外の、 C_9F_{18} で表されるヘキサフルオロプロペン三量体を含んでいてもよい。
- [0020] 本開示の熱伝達流体用組成物は、ヘキサフルオロプロペン二量体を含んでいてもよい。
- [0021] 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-ペンテンを含み得る。
- [0022] 本開示の熱伝達流体用組成物は、ヘキサフルオロプロペン四量体を含んでいてもよい。
- [0023] 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-ヘキセンを含み得る。
- [0024] 本開示の熱伝達流体用組成物は、ヘキサフルオロプロペン三量体に加え、 C_mF_{2m} 及び/又は $C_nF_{(2n-2)}$ 〔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。

- [0025] 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。
- [0026] 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。
- [0027] $C_m F_{2m}$ 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もよく、直鎖であっても、分岐鎖であってもよい。
- [0028] $C_n F_{(2n-2)}$ 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。
- [0029] 本開示の熱伝達流体用組成物において、 $C_m F_{2m}$ 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用組成物は、 $C_m F_{2m}$ 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。
- [0030] $C_m F_{2m}$ 及び／又は $C_n F_{(2n-2)}$ の含有量は、本開示の熱伝達流体用組成物中、ヘキサフルオロプロペン三量体に対して、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用組成物中、ヘキサフルオロプロペン三量体に対して、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用組成物において必須の成分ではなく、含まれていなくてもよい。
- [0031] 本開示の熱伝達流体用組成物は、ヘキサフルオロプロペン三量体に加え、

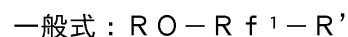
パーフルオロトリプロピルアミンを含んでもよい。ヘキサフルオロプロペン三量体及びパーフルオロトリプロピルアミンを含む熱伝達流体用組成物は、擬共沸液体であり得る。熱伝達流体用組成物が擬共沸液体であることにより、熱伝達流体用組成物が気化した場合であっても組成の変化が小さく、取り扱いが容易になる。

[0032] ここに、擬共沸液体とは、擬共沸液体に含まれる各成分の気相と液相におけるモル分率の差が10%以内である液体を意味する。

[0033] パーフルオロトリプロピルアミンは、トリス（ヘプタフルオロプロピル）アミン、又はN，N－ビス（ヘプタフルオロプロピル）（ヘプタフルオロプロピル）アミンとも呼ばれ、一般式： $N(CF_2CF_2CF_3)_a(CF(CF_3)CF_3)_{3-a}$ （aは0～3の整数）で表される。パーフルオロトリプロピルアミンは、上記一般式で表される化合物のうち一種のみを含んでもよいし、複数種を含んでもよい。 $N(CF_2CF_2CF_3)_3$ が好ましいが、不純物として $N(CF_2CF_2CF_3)_a(CF(CF_3)CF_3)_{3-a}$ （aは0～2の整数）を含んでもよい。具体的には、製品名「フロリナート（登録商標）」（3M社製）（FC-3283）等が挙げられる。

[0034] 本開示の熱伝達流体用組成物は、さらに、パーフルオロポリエーテル、及びメトキシトリデカフルオロヘプテン異性体混合物、パーフルオロトリブチルアミン等を含んでもよい。

[0035] パーフルオロポリエーテルは、好ましくは、



で表され、

式中、

R及びR'は、同一又は異なって、 $-C_mF_{2m+1}$ で表される一価の基であり、ここでmは1～8の整数であり、かつ

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）；

(i i) $-\text{CF}_2\text{CFXO}-$ (式中、Xは、F又は CF_3 である) ;

(i i i) $-\text{CFXC}_2\text{F}_2\text{O}-$ (式中、Xは、F又は CF_3 である) ;

(i v) $-\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{O}-$; 若しくは

(v) $-\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{O}-$

で表され、又は

Rf^1 は、

(v i) $-(\text{CF}_2)_n-\text{CFY}-\text{O}-$ (式中、nは、0～3の整数であり

、Yは、一般式 $-\text{ORf}^2\text{Z}$ で表される一価の基であり、ここで、 Rf^2 は、 $-\text{CFXO}-$ 、 $-\text{CF}_2\text{CFXO}-$ 、 $-\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{O}-$ 、又は $-\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{O}-$ で表される、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、ここで、各Xは、同一又は異なって、Fまたは CF_3 であり、Zは、一価の 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。

[0036] パーフルオロポリエーテルは、具体的には、製品名GALDEN (登録商標) 「HT135」、GALDEN (登録商標) 「HT110」 (いずれもソルベイ社製) 等が挙げられる。

[0037] メトキシトリデカフルオロヘプテン異性体混合物は、具体的には、メチルパーフルオロヘプテンエーテル (MPHE) ($\text{C}_7\text{F}_{13}\text{OCH}_3$) を含む。具体的には、製品名「Opteon SF10」 (ケマーズ社製) 等が挙げられる。

[0038] 本開示の熱伝達流体用組成物がパーフルオロトリプロピルアミン、パーフルオロポリエーテル、及びメトキシトリデカフルオロヘプテン異性体混合物を含む場合は、これらと C_9F_{18} で表される化合物とは熱伝達流体としての特性が似通っていることから、これらの含有割合にかかわらず、熱伝達流体用組成物全体の熱伝達流体としての特性は基本的には不変である。よって、この場合は、本開示の熱伝達流体用組成物は、熱伝達流体用組成物全体に対して、 C_9F_{18} で表される化合物を、40質量%～99.9質量%含むことが好ましく、60質量%～99.9質量%含むことがより好ましく、80質量%

～99.9質量%含むことがさらに好ましい。

- [0039] 本開示の熱伝達流体用組成物は、さらに水を含んでいてもよい。水の含有量は、熱伝達流体用組成物中に1質量ppm以上であり、5質量ppm以上であることが好ましい。水の含有量を一定以上、例えば1質量ppm以上とすることにより、熱伝達流体用組成物の安定性が低下による組成物の帯電を抑制することができる。また、水の含有量は、熱伝達流体用組成物中に1000質量ppm以下であり、500質量ppm以下であることが好ましく、100質量ppm以下であることがより好ましく、20質量ppm以下であることがよりさらに好ましい。水の含有量を一定以下、例えば1000質量ppm以下とすることにより、加熱時の C_9F_{18} で表されるHFP三量体の分解を抑制することができ、ひいてはフッ化物イオンの増加及び酸性度の上昇を抑制することができる。
- [0040] 一の態様において、水の含有量は、 C_9F_{18} で表される化合物の合計100質量部に対して、0.0001質量部以上であることが好ましく、0.0005質量部以上であることがより好ましく、0.001質量部以上であることがさらに好ましい。
- [0041] 一方、水の含有量は、水の含有量は、 C_9F_{18} で表される化合物の合計100質量部に対して、10質量部以下であることが好ましく、5質量部以下であることがより好ましく、1質量部以下であることがさらに好ましい。
- [0042] 本開示の熱伝達流体用組成物は、さらにフッ化物イオンを含んでもよい。熱伝達流体用組成物中のフッ化物イオン量は、当該熱伝達流体用組成物全体に対して、0.000001質量%以上であることが好ましく、0.000001質量%以上であることがより好ましい。
- [0043] また、本開示の熱伝達流体用組成物に含まれるフッ化物イオン量は、当該熱伝達流体用組成物全体に対して、5質量%以下であることが好ましく、1質量%以下であることがより好ましく、0.1質量%以下であることがさらに好ましく、0.01質量%以下であることが特に好ましく、0.001%以下であることが特にさらに好ましい。

[0044] フッ化物イオン源としては、公知のフッ化物イオン源を広く使用することができ、特に限定はない。具体的には、フッ化水素、フッ化ナトリウム、フッ化水素ナトリウム、フッ化カリウム、フッ化水素カリウム、フッ化リチウム、フッ化セシウム、フッ化カルシウム、フッ化マグネシウム、フッ化アルミニウム、フッ化亜鉛、フッ化銀、及びフッ化鉄を例示することができる。これらは一種のみが含まれていてもよいし、複数種が含まれていてもよい。好ましくは、フッ化物イオン源は、フッ化水素である。

[0045] (熱伝達流体)

本開示の熱伝達流体は、本開示の熱伝達流体用組成物に加え、他の成分を含み得る。一の態様において、熱伝達流体用組成物それ自体が、熱伝達流体であってもよい。別の態様において、熱伝達流体用組成物は、他の成分を含む。

[0046] 本開示の熱伝達流体に含まれる熱伝達流体用組成物以外の他の成分は、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、安定剤等を例示できる。

[0047] 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。

[0048] 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。

[0049] 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

ープロペン-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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 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。

[0056] (熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の使用)

本開示の熱伝達流体用組成物及び熱伝達流体は、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、加熱また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、機械部品および光学部品、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、実装およ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。

[0057] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体は、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用組成物又は熱伝達流体は、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。

[0058] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体は、二相液浸冷却、チラー流体、ランキンサイクル作動流体としても利用できる。

[0059] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体は、これらを用いて熱を伝達するよう設計されている機器において、本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体を、上記機器において使用中の熱伝達流体に代替して用いることができる。

[0060] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体は、使用中の熱伝達流体へのドロップイン代替、ニアリードロップイン代替、又はレトロフィット代替が可能である。なお、「ドロップイン代替」とは、機器側における変更を伴わずに代替できることを意味する。「ニアリードロップイン代替」とは、機器側における変更をほとんど伴わずに代替できることを意味する。「レトロフィット代替」とは、機器側における最小限の変更を伴って（大幅な変更を伴わずに）代替できることを意味する。本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体は、好ましくは、上記の熱伝達流体へのドロップイン代替又はニアリードロップイン代替が可能である。

[0061] ドロップイン代替、ニアリードロップイン代替、又はレトロフィット代替が可能であるか否かは、下記の条件をすべて満たすか否かで判断できる。

(i) 熱伝達流体の沸点が、交換以前の熱伝達流体の沸点の少なくとも約80%以上、好ましくは少なくとも約85%以上である。

(i i) 熱伝達流体の流動点が、交換以前の熱伝達流体の流動点同等以下である。

(i i i) 熱伝達流体の動粘度が、交換以前の熱伝達流体の動粘度の少なくとも約 200%以下、好ましくは少なくとも約 150%以下である。

(i v) 熱伝達流体が、交換以前の熱伝達流体と任意の割合で相溶する。

[0062] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の沸点を、交換以前の熱伝達流体の沸点の少なくとも約 80%以上、好ましくは少なくとも約 85%以上とすることにより、キャピテーションの発生、装置からの漏れを抑制することができる。熱伝達流体の沸点の上限は特に限定されないが、例えば、交換以前の熱伝達流体の沸点の少なくとも約 130%以下であってもよい。

[0063] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の流動点を、交換以前の熱伝達流体の流動点同等以下とすることにより、従来の使用温度以下でも使用することが可能になり、使用温度領域を大きくすることができる。熱伝達流体の流動点の上限は特に限定されないが、例えば、交換以前の熱伝達流体の流動点よりも 30℃高い温度以下であってもよい。

[0064] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の動粘度を、交換以前の熱伝達流体の動粘度の少なくとも約 200%以下、好ましくは少なくとも約 150%以下とすることにより、消費電力の増加を抑制する、あるいは消費電力を小さくすることができる。動粘度は、使用温度における動粘度で比較することが好ましいがこれに限定されず、例えば-20℃~-40℃のいずれかの温度、具体的には-20℃での動粘度で比較することができる。

[0065] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体が、交換以前の熱伝達流体と任意の割合で相溶することにより、代替作業が容易になる。

[0066] さらに、本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体が下記の条件を満たすことにより、ドロップイン代替、ニアリードロップイン代替、又はレトロフィット代替により適する。

(v) 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体が、交換以前の熱伝達流体の誘電率の 120%以下である。

(v i) 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体が、交換以前の熱伝達流体の絶縁耐力の90%以上である。

(v i i) 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体が、交換以前の熱伝達流体の比熱の90%以上である。

(v i i i) 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体が、交換以前の熱伝達流体の熱伝導率の90%以上である。

[0067] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の誘電率を、交換以前の熱伝達流体の誘電率の120%以下とすることにより、代替組成物として好適に使用することができる。熱伝達流体の誘電率の下限は特に限定されないが、例えば、交換以前の熱伝達流体の誘電率の80%以上であってもよい。

[0068] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の絶縁耐力を、交換以前の熱伝達流体の絶縁耐力の90%以上とすることにより、代替組成物として好適に使用することができる。熱伝達流体の絶縁耐力の上限は特に限定されないが、例えば、交換以前の熱伝達流体の絶縁耐力の120%以下であってもよい。

[0069] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の比熱を、交換以前の熱伝達流体の比熱の90%以上とすることにより、代替組成物として好適に使用することができる。熱伝達流体の比熱の上限は特に限定されないが、例えば、交換以前の熱伝達流体の比熱の120%以下であってもよい。

[0070] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の熱伝導率を、交換以前の熱伝達流体の熱伝導率の90%以上とすることにより、代替組成物として好適に使用することができる。熱伝達流体の熱伝導率の上限は特に限定されないが、例えば、交換以前の熱伝達流体の熱伝導率の120%以下であってもよい。

[0071] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の沸点は、好ましくは105℃以上、より好ましくは108℃以上であり得る。また、本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の沸点の上限は特に限定されないが、例えば150℃以下、130℃以下、または120℃以下であり得る。

- [0072] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の流動点は、好ましくは -80°C 以下、より好ましくは -100°C 以下、さらに好ましくは -110°C 以下であり得る。また、本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の流動点の下限は特に限定されないが、例えば -180°C 以上、または -160°C 以上であり得る。
- [0073] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の 25°C における動粘度は、好ましくは 5.0 cSt 以下、より好ましくは 4.5 cSt 以下、さらに好ましくは 4.0 cSt 以下、さらにより好ましくは 2.0 cSt 以下であり得る。また、本開示の熱伝達流体用組成物の 25°C における動粘度は、 0.1 cSt 以上であり得、例えば 0.2 cSt 以上、 0.5 cSt 以上、 0.7 cSt 以上、又は 0.9 cSt 以上であり得る。
- [0074] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の誘電率は、好ましくは 3.0 以下、より好ましくは 2.5 以下、さらに好ましくは 2.0 以下であり得る。また、本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の誘電率の下限は特に限定されないが、例えば 1.1 以上であり得る。
- [0075] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の絶縁耐力は、好ましくは 40 kV 以上、より好ましくは 50 kV 以上であり得る。また、本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の絶縁耐力の上限は特に限定されないが、例えば 150 kV 以下、または 100 kV 以下であり得る。
- [0076] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の比熱は、 30°C で、好ましくは $800\text{ J/kg}\cdot\text{K}$ 以上、より好ましくは $900\text{ J/kg}\cdot\text{K}$ 以上、さらに好ましくは $1000\text{ J/kg}\cdot\text{K}$ 以上であり得る。また、本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の比熱の上限は特に限定されないが、例えば $2000\text{ J/kg}\cdot\text{K}$ 以下、または $1500\text{ J/kg}\cdot\text{K}$ 以下であり得る。
- [0077] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の 25°C における熱伝導率は、好ましくは $0.0570\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 以上、より好ましくは $0.0600\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 以上、さらに好ましくは $0.0620\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 以上、さらにより好ましくは $0.0650\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 以上であり得る。また

、本開示の熱伝達流体用組成物の 25°C における熱伝導率は、 $0.0750\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下であってもよい。

[0078] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の沸点は、DSC（示唆操作熱量測定）を用いて、 25°C から $5^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 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。

[0079] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の流動点は、DSCを用いて、液体窒素で凝固点以下まで冷却したのち、 $5^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 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である。

[0080] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の誘電率は、静電容量法を用いて、温度 25°C 湿度 60% の環境下、周波数 1 kHz で観察される値である。

[0081] 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。

[0082] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の絶縁耐力は、所定の間隔に調整した球状電極間に液体試料を浸漬させ、一定速度で電圧を上昇させた際の絶縁破壊電圧である。測定条件は、以下の通りである。

電極形状：球状（ $\phi 12.5\text{ mm}$ ）

電極間隔： 2.5 mm

昇圧速度： $2\text{ kV}/\text{秒}$

測定雰囲気：空気中（ 22°C 、 $57\%\text{ RH}$ ）

[0083] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の比熱は、DSCを用いて、下記の条件下で得られる値である。

測定装置：Perkin-Elmer社製示差走査熱量計DSC8500

昇温速度： $10^{\circ}\text{C}/\text{分}$

標準試料：サファイア（ $\text{-Al}_2\text{O}_3$ ）

雰囲気：乾燥窒素気流中

試料容器：アルミニウム密閉容器

[0084] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の熱伝導率は、非定常細線法により得られる値である。

[0085] 本開示の熱伝達流体用組成物又は熱伝達流体の相溶性は、対象となる溶媒と混合させて相溶したか否かで判断される。ここに、相溶とは、両者を混合した際に均一な状態になること、即ち相が分離しないことをいう。

[0086] (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用組成物又は熱伝達流体を含み、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。

[0087] デバイスは、冷却される、加熱される又は所定の温度若しくは温度範囲に維持される、コンポーネント、加工対象物、アセンブリなどであってもよい。デバイスとしては、電気コンポーネント、機械コンポーネント及び光学コンポーネントが挙げられ、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；化学反応器；燃料電池；熱交換器；電気化学セル；マイクロプロセッサ；電力制御半導体；配電スイッチ装置；電力変圧器；回路基板；マルチチップモジュール；パッケージされた又はパッケージされていない半導体デバイス；レーザー等が挙げられ、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。

[0088] 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（S i C）等で構成される。

[0089] 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。

[0090] 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。

[0091] 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。

[0092] 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。

[0093] 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。

[0094] 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。

[0095] （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用組成物、又

は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。

[0096] 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

[0097] 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。

[0098] （製造例 1）

Chem Ber (1973), Vol. 106, pp2950-2959に記載された方法に基づき、H F P 三量体を得た。得られたH F P 三量体を蒸留により精製して、ヘキサフルオロプロペンの二量体および四量体等の不純物を除去した。さらに、精製したH F P 三量体を蒸留により、式（I）、（I I）及び（I I I）で表される化合物に分離した。

[0099] 上記で得られた式（I）、（I I）及び（I I I）で表される化合物を、式（I）、（I I）及び（I I I）で表される化合物の割合が下記表に示す割合となるように混合して、三量体混合物 1～5 を得た。実施例 1～3 が、三量体混合物 1～3 であり、比較例 1～2 が、三量体混合物 4～5 である。

[0100] [表1]

三量体混合物	式（I）	式（I I）	式（I I I）
1	7 8 質量%	9 質量%	1 3 質量%
2	5 6 質量%	2 0 質量%	2 4 質量%
3	3 7 質量%	2 7 質量%	3 6 質量%
4	3 質量%	3 3 質量%	6 4 質量%
5	9 9 . 5 質量%	0 . 2 質量%	0 . 3 質量%

[0101] （沸点の測定）

沸点を、DSCを用い、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て測定した。

[0102] (動粘度)

25℃での密度および動粘度を、Anton Paar社製動粘度系SVM-3001を用いて測定した。

[0103] (熱伝導率)

25℃での熱伝導率を、非定常細線法により測定した。

[0104] (圧力損失)

圧力損失を、配管の内径を7.5cm、配管長さを10m、平均流速を2.35m/sとし、ハーゲンポアズイユの式より計算した。

[0105] [表2]

	(I)の割合 (%)	沸点 (°C)	密度 (g/mL)	動粘度 (cSt)	熱伝導率 (W/(m·K))	圧力損失 (Pa)
実施例 1	78	108	1.70	0.9	0.0620	14.9
実施例 2	56	109	1.74	1.0	0.0650	19.6
実施例 3	37	111	1.80	1.2	0.0740	23.6
比較例 1	3	113	1.82	1.4	0.0760	36.8
比較例 2	99.5	105	1.69	0.8	0.0550	10.3

[0106] 実施例1～3の組成物は、比較例1に記載の組成物と比較して、動粘度が低く、圧力損失が小さい。また、実施例1～3の組成物は、比較例2に記載の組成物と比較して、沸点が高く、気化により損失が小さい。また、実施例1～3の組成物は、十分な熱伝導率を有する。

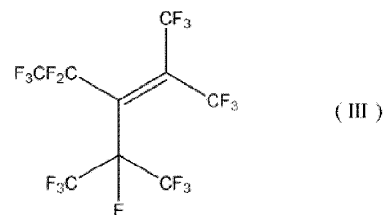
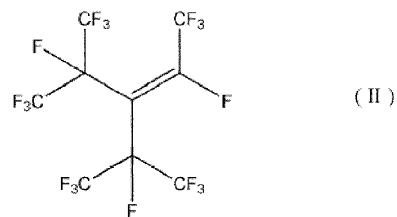
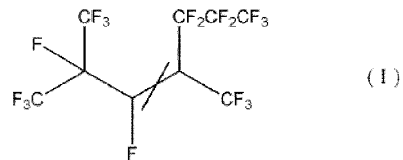
産業上の利用可能性

[0107] 本開示の熱伝達流体及び熱伝達流体組成物は、熱伝達を必要とする種々の用途、特に半導体製造プロセスにおいて好適に用いることができる。

請求の範囲

[請求項1] 下記式 (I) ~ (III) :

[化1]



で表されるヘキサフルオロプロペン三量体を含み、

前記式 (I) で表される化合物は、前記式 (I) ~ (III) で表される化合物の合計量に対して、10質量%以上85質量%未満含まれる、熱伝達流体用組成物。

[請求項2] 前記式 (I) で表される化合物は、前記式 (I) ~ (III) で表される化合物の合計量に対して、30質量%以上85質量%未満含まれる、請求項1に記載の熱伝達流体用組成物。

[請求項3] 前記式 (I) で表される化合物は、前記式 (I) ~ (III) で表される化合物の合計量に対して、50質量%以上60質量%未満含まれる、請求項1又は2に記載の熱伝達流体用組成物。

[請求項4] 半導体製造工程において使用される、請求項1~3のいずれか1項に記載の熱伝達流体用組成物。

[請求項5] 請求項1~4のいずれか1項に記載の熱伝達流体用組成物を含む、

熱伝達流体。

- [請求項6] さらに安定剤を含む、請求項5に熱伝達流体。
- [請求項7] 半導体製造工程において使用される、請求項5又は6に記載の熱伝達流体。
- [請求項8] 請求項1～4のいずれか1項に記載の熱伝達流体用組成物、又は請求項5～7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9] デバイスと、
請求項1～4のいずれか1項に記載の熱伝達流体用組成物、又は請求項5～7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10] 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9に記載の熱伝達用装置。
- [請求項11] 請求項9に記載の熱伝達用装置を備える、半導体製造装置。
- [請求項12] デバイスを準備する工程と、
請求項1～4のいずれか1項に記載の熱伝達流体用組成物、又は請求項5～7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13] 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12に記載の熱伝達方法。