

ニチアス 技術時報

2013

No.362

3号

半導体製造装置関連製品特集



ニチアス

目 次

【巻頭言】

- ◆半導体製造装置関連製品特集号発刊にあたって 1
執行役員 高機能製品事業本部 副本部長 田邊 智

【特別企画】

- ◆半導体製造設備で活躍するニチアス製品 2

【技術レポート】

- ◆FFKM のトリアジン架橋触媒に関する研究 4
浜松研究所 研究開発部門 清水 智也
- ◆クリーン性評価の取り組み 8
高機能製品事業本部 樹脂技術開発部
- ◆ふっ素樹脂の帯電と絶縁破壊事例 12
高機能製品事業本部 樹脂技術開発部

【製品紹介】

- ◆クリーン・導電性チューブ
TOMBO No.9003 「ナフロン® チューブ」 18
高機能製品事業本部 樹脂技術開発部

【新製品紹介】

- ◆ビードレス配管部品
TOMBO No.9023 「ナフロン® 溶着チューブ」 22
高機能製品事業本部 樹脂技術開発部
- ◆耐薬品性 FFKM
TOMBO No.2675-A 「ブレイザー® O リング -A」 26
工業製品事業本部 ゴム事業推進室
- ◆半導体・FPD 製造装置向け配管ヒータ
TOMBO No.4500-PH-P 「エネサーモ®-PH プレノヒータ®」 29
高機能製品事業本部 無機断熱材技術開発部
- ◆分子状汚染物質除去 ケミカルフィルター
TOMBO No.8803 「ケミカルガード®」 33
高機能製品事業本部 無機断熱材技術開発部

【その他】

- ◆用語解説 36
- ◆本社事務所移転のお知らせ 36

送り先ご住所の変更、送付の停止などにつきましては、下に記載の連絡先までご連絡ください。
なおその際は、宛て名シールに記載されている 7 桁のコードを必ずお知らせくださいますよう、お願いいたします。

〈連絡先および本誌に関するお問い合わせ先〉

TEL : 03-4413-1194(2013年7月12日までは03-3433-7244)
FAX : 03-3552-6149(2013年7月12日までは03-3438-0600)
E-mail : info@nichias.co.jp

本誌の内容は当社のホームページでもご紹介しております。
当社ホームページでは、1999 年 1 号から最新号までの内容をご覧いただけます。
<http://www.nichias.co.jp/>

〈巻頭言〉

半導体製造装置関連製品特集号発刊にあたって

執行役員

高機能製品事業本部 副本部長 田 邊 智



ニチアス技術時報をご愛読いただきありがとうございます。

今号では『半導体製造装置関連製品特集』と銘打って、半導体製造に関連する弊社製品、技術を取り上げさせていただきました。

半導体は、1947年のトランジスタの発明以降、飛躍的な技術革新もあって、幅広い産業に欠かせない基幹部品となり、わずか数十年で市場規模30兆円という一大産業へと発展しました。その間、日本の半導体メーカは世界シェアが50%を超える隆盛の時代もありましたが、世界的な競争の激化により現在は大変な苦境に立たされています。

また、ビジネスモデルにおいては、以前は設計、開発、製造を網羅する垂直統合型が中心でしたが、近年はファブレス、ファウンドリと言った水平分業型が台頭し、かつ製造も少品種大量生産から多品種少量生産へと変貌しつつあります。

それに伴い、製造工程の進化、高度化への対応が絶えず求められており、半導体製造装置においても高い世界シェアを維持する日本の装置メーカは、グローバルサプライチェーンにおいても重要な役割を果たしています。さらに、半導体の技術においては、デバイスの微細化に加えてウェーハの大型化（φ450mmの開発）とチップの3次元化（積層化）の開発が進められており、コストと性能の両面で、さらなる改善が期待されます。

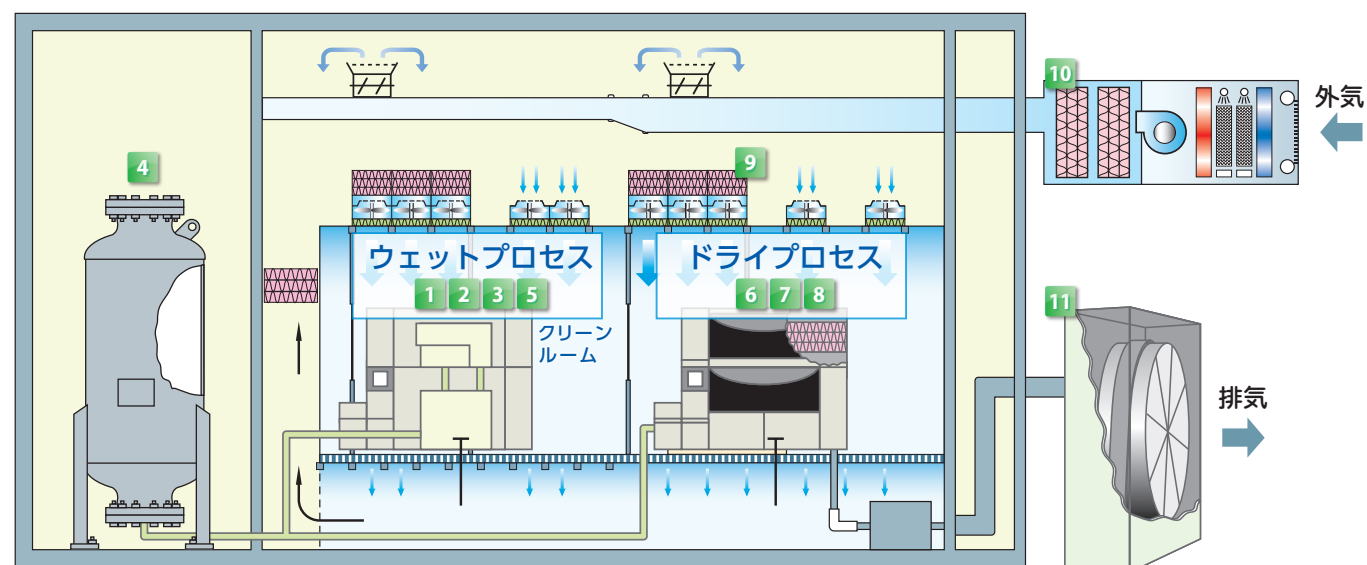
弊社は、このように一層高度化する半導体製造工程に対して、得意とする『断つ・保つ』の技術、中でもクリーン、耐食、耐火、断熱、シールの各技術に基づく製品で貢献できるものと考えております。

また、半導体製造装置開発の迅速化においても、弊社の設計、製造、測定、評価の各技術と体制が、技術パートナーとしてお役に立つものと存じます。

今後ともニチアス技術時報のご愛読と、弊社製品の一層のご愛顧を賜りますようお願い申し上げます。

半導体製造設備で活躍するニチアス製品

耐薬品性、純粋性に優れたふっ素樹脂製品、より厳しい環境で使用可能な高機能ゴム製品、クリーン環境を保つフィルター製品をラインアップし、あらゆる問題にお応えします。

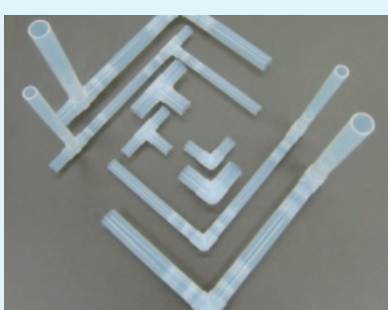


1 薬液移送用チューブ ナフロン® PFA-HG チューブ



高純度薬液・ガスの移送に使用されるチューブです。PFA-HG チューブは、クリーン性が高く、PFA-NE チューブは帯電除去効果があります。

2 ビードレス配管部品 ナフロン® 溶着チューブ



PFA 直管チューブと樹脂継手を内面ビードレスで溶着し一体構造としたもので、コンパクトかつ直管と同等の液置換性、耐圧性を実現しました。

3 ふっ素樹脂製薬液貯蔵槽 ナフロン® PTFE 角槽



ウェーハを洗浄するための薬液貯蔵槽として使用されます。

4 ふっ素樹脂製薬液貯蔵タンク ナフロン® タンクライニング



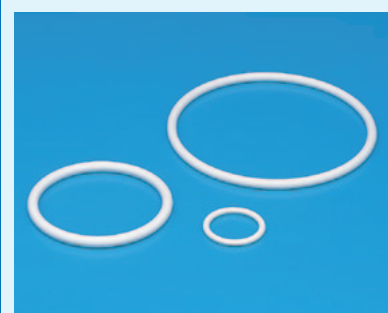
薬液を貯蔵するふっ素樹脂製ライニングタンクです。薬液の純粋性を維持することができます。

5 シール材 ブレイザー® Oリング-A



ウェットプロセス用ゴムOリングです。耐薬品性に優れ薬液に対する金属溶出が少ないため、酸・アルカリ・有機溶剤などの薬液のシール材として使用されます。

6 シール材 ゴムOリング パーフロ PFW



ドライプロセス用ゴムOリングです。耐プラズマ性に優れ、プラズマ処理装置用のシール材として使用されます。

7 シール材 ゴムOリング ブレイザーネクスト®



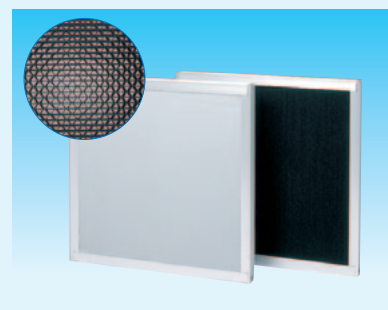
ドライプロセス用ゴムOリングです。耐熱性・耐薬品性に優れ高温での放出ガスが少ないため、熱処理装置のシール材として最適です。

8 配管加熱・保温用ジャケットヒータ プレノヒータ®



機器、配管を加熱・保温する着脱可能なジャケットタイプのヒータです。プロセスガスの液化防止、排ガスのデポジット防止のために使用されます。

9 低濃度ガス除去用ケミカルフィルター ケミカルガード® シリーズ



ケミカル汚染成分を除去するフィルターです。アンモニアガス、酸性ガス、有機ガス除去用の3種類があります。

10 純水滴下式加湿+ケミカル除去装置 ハニカムウォッシャー®



クリーン環境が求められる空調機に使用され、加湿だけでなく水溶性ガス(SOx, アンモニア)を除去する装置です。

11 低濃度有機溶剤濃縮装置 ソルベントクリーン®



製造設備から排出される低濃度有機溶剤を濃縮する装置です。

詳細は

- 1 ナフロン® PFA-HG チューブ P18
- 2 ナフロン® PFA-NE チューブ P22
- 2 ナフロン® 溶着チューブ P22
- 5 ブレイザー® Oリング-A P26
- 8 プレノヒータ® P29
- 9 ケミカルガード® シリーズ P33

® が付された製品名はニチアス(株)の登録商標です。

〈技術レポート〉

FFKMのトリアジン架橋触媒に関する研究

浜松研究所 研究開発部門 清水 智 也

1. はじめに

汎用ゴムはポリマー中に炭素－水素結合を含み、これが化学薬品や熱に対する劣化要因の一つになっている。一方、テトラフルオロエチレン（TFE）とパーフルオロアルキルビニルエーテル（PAVE）の共重合体であるFFKMは、ポリマー中に水素原子を含まないため、ゴムの中で最高の化学的、熱的安定性を有している。

しかし、FFKMは主鎖中に不飽和結合や炭素－水素結合を含まないため、硫黄やパーオキサイドなどを使った通常の方法では主鎖同士を架橋させることが困難であり、そのままではゴム製品に使用できない。そこで、FFKMにはヨウ素（I）や臭素（Br）、ニトリル基（CN）などを持った架橋反応が可能なCSM（キュアサイトモノマー）が導入されている（図1参照）。

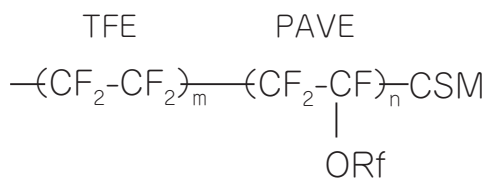


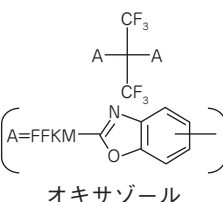
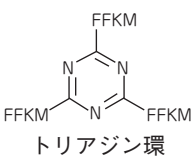
図1 FFKMの構造

代表的なCSMの種類と架橋構造¹⁾、耐熱目安を表1に示す。表1から分かるように、ニトリル基からトリアジン環を誘導して架橋したFFKMは非常に耐熱性が高く、そのため耐熱性が求め

られる半導体製造装置（熱拡散炉など）のゴムシール材として多く使用されている。しかし、トリアジン環を誘導する架橋触媒には有機スズや有機リン化合物などが用いられており^{2, 3)}、スズやリンといった元素を嫌う半導体用途では、これらの元素を含まず純粋性の高いトリアジン架橋FFKMが求められている。

そこで当社では、スズやリンを含まないトリアジン架橋触媒の研究を行っている。本稿では、その一例として、アミン系の物質を用いたトリアジン架橋触媒についての架橋特性、トリアジン生成量および架橋成形体の耐熱性を報告する。

表1 FFKMの架橋構造と耐熱目安

CSM	架橋方法	架橋構造	耐熱目安
I, Br	パーオキサイド		200℃
CN	ビスアミノフェノール類		280℃
	リン、スズ化合物		320℃

2. 実験方法

2.1 試料の調整

2.1.1 コンパウンド

ニトリル基含有FFKMとアミン系触媒1phrをオープンロールで10分間混練してコンパウンドを作製した。

2.1.2 架橋成形体

コンパウンドを金型に投入し、190℃の熱プレスを行って、厚さ約0.2mmの試料フィルム（FT-IR分析用）とOリング（AS568-214）を作製した。

2.2 特性評価

2.2.1 架橋特性

JIS K6300-2に準拠し、ムービングダイレオメータ（MDR）を用い190℃で評価を行った。

[測定項目]

- ・ M_H [dNm]：最大トルク（架橋密度の指標であり、同じポリマーでは M_H が大きいほど架橋密度も大きい）
- ・ Tc_{10} [min]：トルクが10%上昇するまでの時間（架橋速度の指標）

2.2.2 トリアジン環定量分析

トリアジン環の定量分析は、フーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR）を用いて、試料フィルムの透過スペクトルを測定して行った。CO₂や水分の影響を取り除くため、測定室内をN₂ガスで置換しながら測定した。

また、試料フィルムの厚さバラツキの影響をなくするために、CF結合の倍音振動ピーク（2,360cm⁻¹）を基準ピークとし、トリアジン環ピーク（1,555cm⁻¹）との吸光度比（ A_{1555}/A_{2360} ）で定量的な評価を行った。

2.2.3 耐熱性

耐熱性の指標である圧縮永久ひずみ試験は以下の条件で行った。

[測定条件]

- ・ 試験体：Oリング（AS568-214）
- ・ 条件：300℃×72時間
- ・ 圧縮率：25%（300℃到達時）

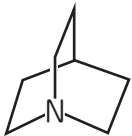
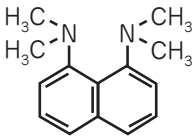
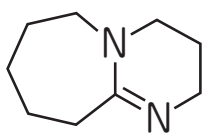
3. 検討結果

3.1 アミンの検討

一般に、ニトリル基含有物質を塩基存在下で加熱するとニトリル基が三量化してトリアジン環を形成する。そこで、リンを含まず塩基性の高い化合物として3級アミンに着目し、塩基性の指標である酸解離定数（pKa）の比較的大きな化合物を選定して架橋特性を評価し、結果を表2に示す。塩基性が弱い（pKaが小さい）1,4-ジアザビシクロ [2.2.2] オクタン（DABCO）やキヌクリジンの最大トルクは、従来の有機リン触媒の最大トルク9.1dNmと比べると小さく、触媒活性が低かった。また、プロトンスポンジはキヌクリジンよりも塩基性が強いにもかかわらず架橋しなかった。これは、プロトンスポンジは4つのメチル基の立体反発によって窒素のローンペアが歪んだ構造になっているため、ニトリル基が入れず触媒活性が発現しないためだと考えられる。一方、立体障害のない1,8-ジアザビシクロ [5.4.0]-7-ウンデセン（DBU）は架橋の進行を確認できたが、塩基性が最も強く触媒活性が高すぎるためゴム混練時にスコーチが発生した。

そこで、DBUの触媒活性を制御し、スコーチを改善する方法について検討した。

表2 アミン検討結果

3級アミン	DABCO	キヌクリジン	プロトンスポンジ	DBU
構造				
pKa	8.8	11.0	12.3	12.5
架橋特性 最大トルク	5.7dNm ×	6.5dNm ×	架橋しない ×	スコーチ △

3.2 保護基の検討

DBUは触媒活性が高すぎるため、ゴム混練時にスコーチが発生する問題があったため、活性の高いDBUに温度潜在性を持たせるために、保護基（酸）の検討を行った。狙いは、混練（常温）の時は保護基によってDBUを不活性化させてスコーチを防ぎ、架橋させる時は熱によって保護基を外して触媒活性を高めることである。

保護基の導入は、カルボン酸をメタノールに溶解させた後、室温で所定モル数のDBUを滴下し、メタノールを除去後、テトラヒドロフラン（THF）で洗浄、乾燥する方法で行った⁴⁾。保護基としてカルボキシル基の数が1つのモノカルボン酸とカルボキシル基が2つのジカルボン酸を用いて、混練性、架橋特性を評価し、結果を表3に示す。モノカルボン酸では活性を抑えることができず混練時にスコーチが発生した。一方、ジカルボン酸は期待どおりの混練性、架橋特性を発現した。

表3 保護基検討結果

保護基	モノカルボン酸	ジカルボン酸
化合物	ギ酸 オクチル酸 安息香酸	シュウ酸 アジピン酸
混練性	×（スコーチ）	○
架橋特性	—	○

3.3 触媒 pH の影響

触媒のpHが触媒活性に与える影響を検討した。

まず、DBUとシュウ酸の混合モル比を変えて、DBU-シュウ酸混合溶液のpHがどのように変わるか調べた。結果を図2に示す。DBUの混合比が高いほどpHは高くなった。

次に、触媒のpHと架橋速度の関係を調べた。結果を図3に示す。触媒のpHが高いほどTc10が短く、架橋反応速度が速くなることが分かる。

さらに、触媒のpHとトリアジン生成量の関係を調べた。結果を図4に示す。触媒のpHを変えてもトリアジン生成量は変化しなかった。

以上のことから、触媒のpHを変えることでトリアジン生成量を変えることなく架橋速度を制御できることが分かった。しかし、DBUの量が多すぎるとスコーチが発生し、逆にシュウ酸の

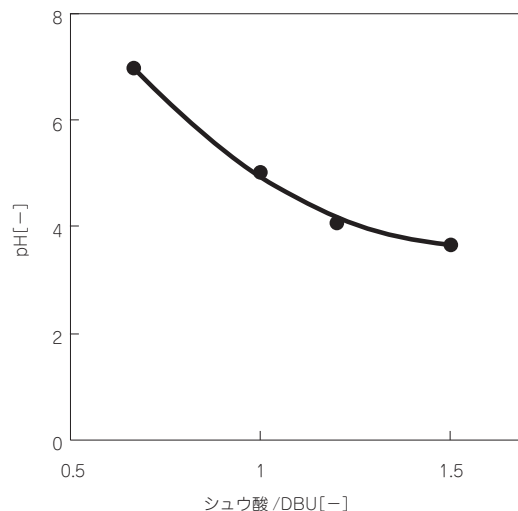


図2 シュウ酸/DBU混合比と触媒pH

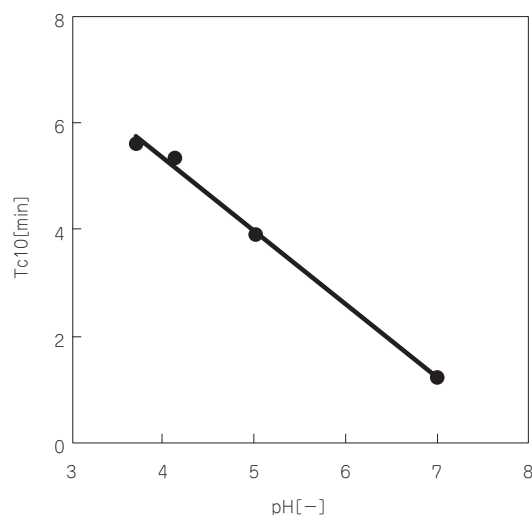


図3 触媒pHと架橋速度

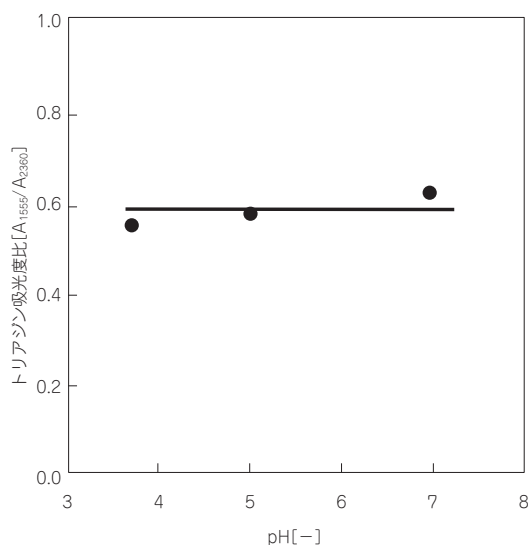


図4 触媒pHとトリアジン生成量

量が多すぎると架橋が進行しないなど、混合比には最適値が存在する。

3.4 従来触媒（有機リン）との比較

従来のトリアジン架橋触媒（有機リン）と DBU-シュウ酸触媒について、トリアジン生成量と耐熱性の比較を行った。結果を図5、6に示す。トリアジン生成量、耐熱性ともにDBU-シュウ酸触媒は従来触媒と同等であった。

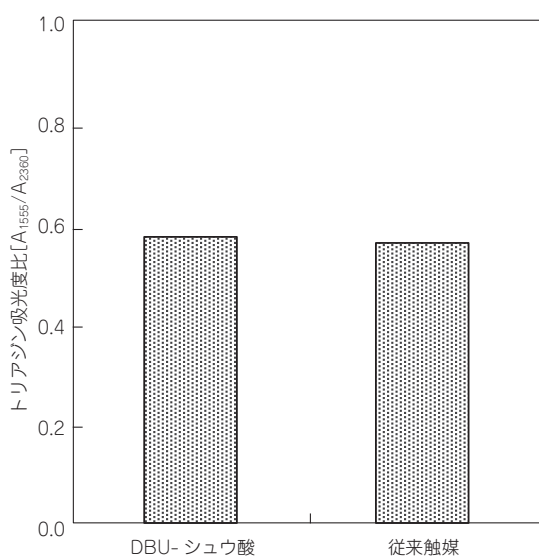


図5 トリアジン生成量

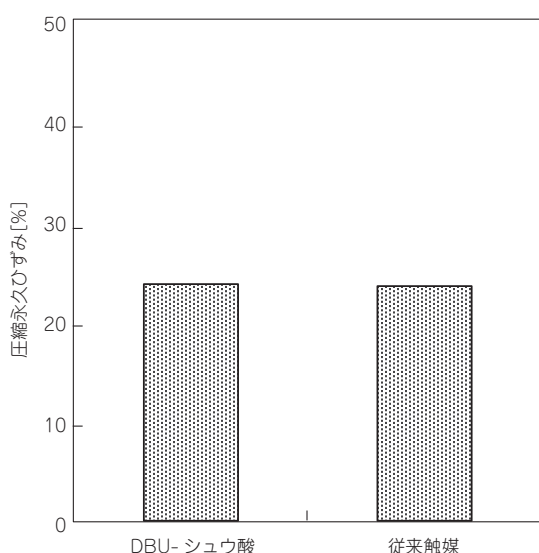


図6 耐熱性

4. おわりに

本稿では、3級アミンであるDBUに保護基としてシュウ酸などのジカルボン酸を導入したトリアジン架橋触媒について報告した。従来のトリアジン架橋触媒にはスズやリンが含まれていたため、半導体製造装置における使用は限定的になるケースもあったが、このアミン系の触媒を使えば上記のようなケースでも問題なく使用できる。

今後、さらなる特性の向上を目指し、研究開発を進めていく所存である。

参考文献

- 1) Shuhong Wang, John M. Legare, *Journal of Fluorine Chemistry*, 122 (2003), 113-119
- 2) 特公平3-3708号公報
- 3) 特表2005-506391号公報
- 4) 伊藤信行, 弘中常雄, 中村英好, 佐藤保 東ソー研究・技術報告, 第50巻, 31-39 (2006)

筆者紹介



清水智也

浜松研究所 研究開発部門

〈技術レポート〉

クリーン性評価の取り組み

高機能製品事業本部 樹脂技術開発部

1. はじめに

次世代デバイスの信頼性や歩留り向上のために、半導体業界では微量不純物の影響を極限まで抑えるトータルクリーン化が行われている。

それに伴って半導体製造装置関連製品に対してもクリーン性の要求が著しく高まっている。SEMI規格（SEMI F57-0301）に記載されているポリマー製部品に関するクリーン性の要求は「パーティクル発生、イオン汚染、金属汚染、全有機炭化物汚染」である。

当社では特に、回路パターンに不具合を生じさせるパーティクル発生と素子の電気的特性に悪影響を及ぼす金属汚染に着目した。

パーティクルについてはSEMI規格で試験方法やスタティック値について規定されておらず、当社でも評価方法を有していないため現状を把握できていなかった。

一方、金属汚染に対し当社ではICP-MSによる超微量金属分析（ニチアス技術時報No.338）を実施している。しかしポリマー製部品のクリーン性の要求が高まるにつれ、金属汚染源を詳しく特定するため原料から製品までの微量金属を確認することが必要となった。

本稿では、液中のパーティクル評価方法とPTFE加工製品の微量金属として、原料から製品までの製造工程における溶出金属調査について述べる。

2. 液中パーティクルの評価

2.1 液中パーティクル測定システム

液中パーティクル測定には、液中パーティクルカウンタ（Particle Measuring Systems社製HSLIS M65e）を使用した。測定最小粒径は $0.065\mu\text{m}$ である。測定に用いた製品はTOMBO No.9003-PFA-HG「ナフロン®PFA-HGチューブ」（以後HGチューブと略する）とした。

液中パーティクル測定のために構築した評価システムを図1に、供給系と測定条件を表1に示す。評価システムはISOクラス1のクリーンルーム内に設置した。さらに測定サンプル部分はクリーンベンチ内に設置することにより、人による操作時の発塵の影響を極力排除した環境

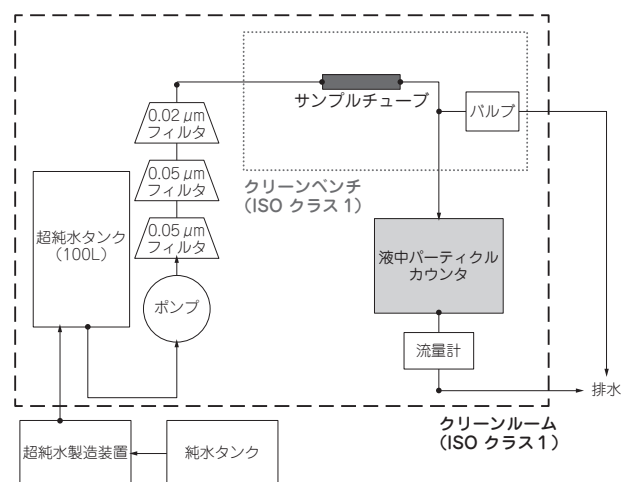


図1 パーティクル評価システム

表1 パーティクル測定のための供給系と測定条件

供給系	測定環境	クリーンルーム (ISO クラス1) クリーンベンチ (ISO クラス1)
	超純水	Milli-Q Integral 10
	フィルタ	0.05 μm フィルタ 2台 0.02 μm フィルタ 1台
	サンプル	HG チューブ
測定条件	流速	100ml/分
	測定間隔	1分
	測定流量	0.6ml

となっている。実際に測定環境を気中パーティクルカウンタで測定したところクリーンルーム内、クリーンベンチ内ともに0.1 μm 以上のパーティクルは0個/ m^3 であった。

超純水は3連フィルター (0.05-0.05-0.02 μm) で0.02 μm 以上のパーティクルを除去し非循環 (ワンパス) で使用している。

2.2 ブランク測定

図1の液中パーティクル評価システムのサンプルチューブ部分にブランク測定用HGチューブ ($\phi 9.52 \times \phi 12.7\text{mm} \times 1\text{m}$) を接続し、流量100ml/分で超純水を流し、パーティクル数が安定するまで保持した。その後、1分のパーティクル測定間隔で100時間の経時変化を測定し、ブランクを確認した。

ブランク測定結果を図2に示す。横軸に測定回数 (測定間隔1分 $\times$ 100時間 (回)), 縦軸に1mlあたりのパーティクル数 (個) を取りブランクの

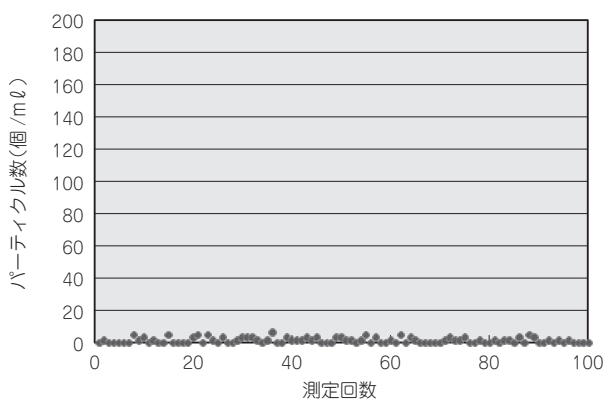


図2 ブランク測定結果

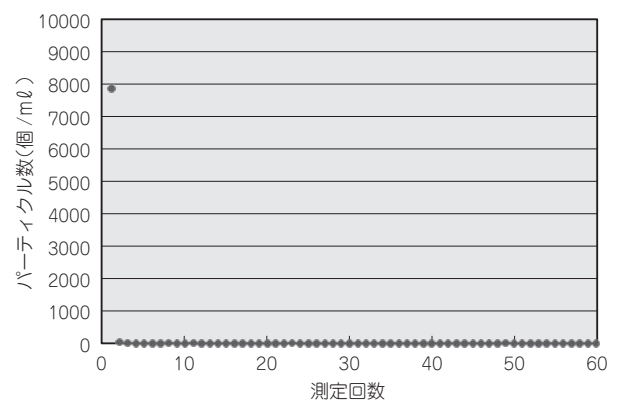
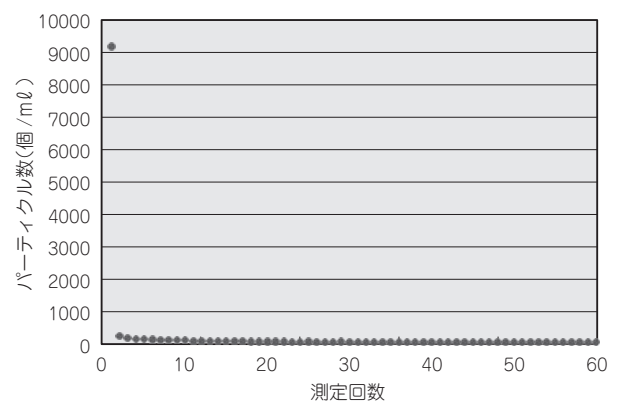
パーティクル挙動を確認したところ、パーティクル数は、平均1.42個/ml (標準偏差1.68個/ml) であった。

2.3 HG チューブの液中パーティクル測定

2つのサイズのHGチューブについて、液中パーティクル評価を行った。

図1のサンプルチューブ部分にHGチューブ $\phi 4 \times \phi 6\text{mm} \times 50\text{m}$ と $\phi 16 \times \phi 19\text{mm} \times 50\text{m}$ をおのおのつなぎ、流水初期からの液中パーティクルを表1と同様に60分間測定した。

各サイズのHGチューブの液中パーティクル測定結果を図3、図4に示す。 $\phi 4 \times \phi 6\text{mm}$ のHGチューブにおいて、測定開始後1分の液中パーティクルが8,000個程度発生しているが、数分でブランクレベルまで低減した。一方、 $\phi 16 \times \phi 19\text{mm}$ のHGチューブについて、測定開始

図3 液中パーティクル測定結果 ($\phi 4 \times \phi 6\text{mm}$)図4 液中パーティクル測定結果 ($\phi 16 \times \phi 19\text{mm}$)

後1分の液中パーティクルは、 $\phi 4 \times \phi 6\text{mm}$ のHGチューブ同様に10,000個程発生し、5分後には100個程度まで低減したが、ブランクレベルまで低減するのに30分程度かかった。これは、HGチューブの内容積増加に伴い、パーティクルを含んだ超純水が排出される時間が延びたためと考えられる。

2.4 今後の課題

当社では液中パーティクル測定が可能な系を構築し、HGチューブの $0.065\ \mu\text{m}$ 以上の液中パーティクル測定が可能になった。

しかし、初期液中パーティクル測定においては、パーティクル個数全てがHGチューブによるものではなく、気泡などの影響もあると考えており、高精度な液中パーティクル測定ができるよう、これからも評価系を改善していく。

また、今後はチューブ以外の半導体製造関連製品（特に機械加工製品）についても測定できるよう評価系の検討を進めていく予定である。

3. 微量金属調査

本検討ではPTFE機械加工製品の製造工程の金属汚染を調査するため、PTFE原料→機械加工→洗浄の各工程における溶出金属の分析を行った。

3.1 分析サンプル

原料は市販のPTFE原料パウダーを使用し、各工程（機械加工、洗浄）のサンプルシートは $20 \times 50 \times$ 厚さ 9mm に加工した。なお、洗浄については、界面活性剤による当社標準洗浄とした。

3.2 分析方法

ICP-MSによる溶出金属の分析を行った。溶出条件を表2に、分析条件を表3に示す。

表2 金属溶出条件

試料重量	パウダ 5g
	シート 20g
溶出液	3.6% 塩酸
溶出液量	パウダ 約30g
	シート 約50g
溶出時間	20時間
溶出条件	室温、静置

表3 ICP-MS分析条件

測定元素	Li,Na,Mg,Al,K,Ca,Ti,Cr,Mn,Fe,Ni,Cu,Zn,Pb
測定装置	Agilent7500S
高周波出力	600W (Li,Na,Mg,Al,K,Ca,Cr,Mn,Fe,Ni,Cu,Pb)
	1500W (Ti,Zn)
ピーク数	3points/mass
積分時間	3sec
繰返し回数	3回
定量方法	絶対検量線法 (10-1000ppt)

3.3. 分析結果

溶出金属として、溶出液に溶出された金属濃度（溶液濃度）の分析結果を表4および図5に示す。PTFE原料パウダーの単位重量あたりの総溶出量は 5.4ng/g であった。全面機械加工したサンプルシートの単位重量あたりの総溶出量は 38ng/g であり、主にカルシウム、カリウムおよびナトリウムの金属元素が検出された。洗浄したサンプルシートの単位重量あたりの総溶出量は 16ng/g であり、機械加工したサンプルシートで検出された金属元素が低減した。

表4 PTFE原料および各工程の溶出金属分析結果 (ng/g)

種類	PTFE原料	機械加工	洗浄
リチウム	<0.06	<0.02	<0.02
ナトリウム	1.1	3.0	1.5
マグネシウム	<0.06	0.26	0.13
アルミニウム	1.8	0.78	0.51
カリウム	0.31	4.3	0.85
カルシウム	1.6	28	12
チタン	<0.2	<0.1	<0.1
クロム	<0.06	<0.02	0.07
マンガン	<0.06	<0.02	<0.02
鉄	0.23	0.62	0.60
ニッケル	<0.06	0.06	0.07
銅	<0.06	<0.02	<0.02
亜鉛	0.33	1.4	0.40
鉛	<0.06	<0.02	<0.02
総溶出量	5.4	38	16

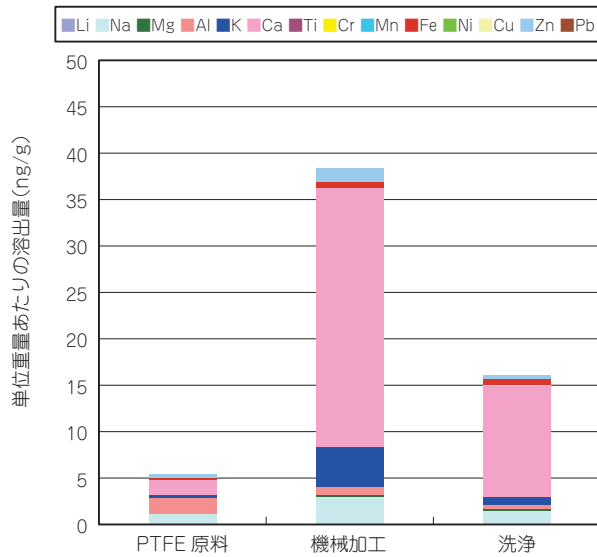


図5 溶出金属分析結果

3.4 まとめ

PTFE機械加工製品の製造工程において、製造環境起因と思われるカルシウム、カリウムおよびナトリウムの金属元素が検出されたが、洗浄工程により低減が確認された。

当社がふっ素樹脂製品のクリーン化において最も注意するのは、原料の金属汚染と製造工程中の異物混入である。今回、PTFE原料から各製造工程の金属汚染を把握することができた。今後、個別製品に展開し、製造工程内における金属汚染の原因追及や改善が期待できる。

4. おわりに

今後、分析・評価技術をさらに高め、ユーザー各位にご満足いただけるクリーンな製品に展開していく所存である。

* TOMBOはニチアス(株)の登録商標です。

* ナフロンはニチアス(株)の登録商標です。

* 本稿の測定値は参考値であり、保証値ではありません。

〈技術レポート〉

ふっ素樹脂の帯電と絶縁破壊事例

高機能製品事業本部 樹脂技術開発部

1. はじめに

シリコンウェーハ上に微細な半導体デバイスを形成していく半導体製造工程において、特に洗浄工程は重要である。1970年にRCA社のW. Kernらによって開発された「RCA洗浄」¹⁾技術は、その高い信頼性から長年にわたって半導体分野の洗浄に利用されてきた。RCA洗浄は、パーティクル除去を目的としたアンモニア水－過酸化水素水からなるSC-1洗浄（Standard Clean 1）と金属不純物除去を目的とした塩酸－過酸化水素水からなるSC-2洗浄（Standard Clean 2）を組み合わせた洗浄技術である。

RCA洗浄では数多くの薬液を使用することから、その洗浄装置においては耐食性が高い「ふっ素樹脂」製の配管部材が用いられてきた。

ふっ素樹脂は耐食性に加え、耐熱性や純粋性を兼ね備えた優れた材料であるが、一方で薬液との接触・摩擦により帯電する絶縁材でもある。

帯電は、半導体製造においてシリコンウェーハ上に形成された回路へのダメージの懸念に止まらず、使用薬液への引火の危険性もある。また、ふっ素樹脂表面の帯電によりふっ素樹脂製品自体が絶縁破壊することがまれにある。本稿では、ふっ素樹脂の帯電および当社製品を中心に実際の使用中に起こった絶縁破壊事例について紹介する。

2. 帯電について

2.1 帯電とは

物質が電気を帯びることを帯電といい、このとき物質中に現れる電気を電荷と呼ぶ。自由電子が奪われた物質は負の電荷が不足するため、正に帯電し、逆に自由電子を得た物質は負の電荷が過剰になるため、負に帯電する。帯電とは、その物質内の＋－のバランスが崩れた電氣的に不安定な状態である（図1、2）。

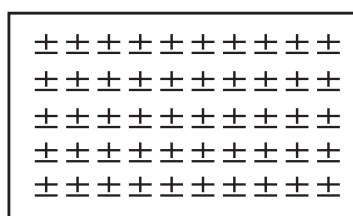


図1 バランスが取れた状態

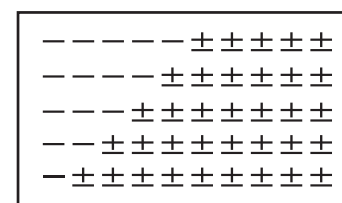


図2 部分的にマイナス帯電した状態

2.2 帯電のしかた

帯電は物質と物質が接触・摩擦、剥離した際に発生するほかに、イオンの吸着（イオナイザーな

ど)によっても発生する。金属などの導体であっても、アースをとっていない場合は帯電する。

2.3 導体と絶縁体の帯電

帯電した際に、導体では物質内で電子の移動が自由に行われるため、電荷が拡散、均一化されやすいが、絶縁体の場合は同様な電子の移動が起こりにくいため、部分的に正・負に帯電することがある。

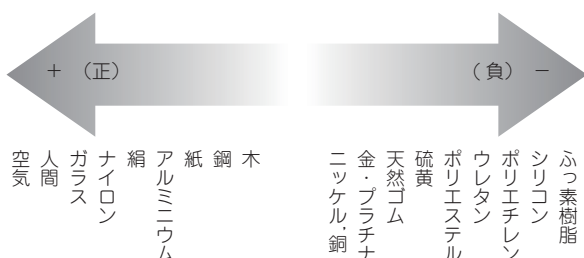
3. ふっ素樹脂の帯電について

PTFE や PFA に代表されるふっ素樹脂は、他の物質に比べても、表 1 に示すように絶縁性（体積抵抗率）が高く、加えて図 3 に示す帯電列において一番マイナス側に位置する。そのため、他物質と接触・摩擦、剥離した際に負に高電位（数千～数万 V）で帯電する。

表 1 各物質の体積抵抗率

樹脂	体積抵抗率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	液体	体積抵抗率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)
PTFE	$>10^{18}$	ヘキサン	1.7×10^{17}
PFA			
ポリエチレン	$10^{14} \sim 10^{16}$	ベンゼン	6.0×10^{13}
アクリル	6.0×10^{14}	アセトン	1.7×10^7
ナイロン	4.0×10^{13}	メタノール	6.7×10^8
ポリカーボネート	2.1×10^{15}	水道水	$10^2 \sim 10^4$

※一般的に $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の物質が絶縁体、 $10^3 \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ が半導体、 10^3 以下が導体と呼ばれる。また、体積抵抗率の高さは帯電しやすさの一つの指標と考えられている。



帯電列とは、異種物質を摩擦したときに正・負どちらに帯電するかで決められた序列で、異種物質で摩擦帯電が起こった場合、常に左側の物質が正に帯電し、右側の物質が負に帯電する。

図 3 帯電列

4. ふっ素樹脂製配管材の帯電

冒頭にも述べたが、ふっ素樹脂は優れた耐熱性、耐薬品性、純粋性を備えているため、配管材（チューブ、ホース、ライニング）として半導体分野でも広く利用されている。当社ではふっ素樹脂製チューブ（製品名：ナフロン®チューブ）を数多く上市しているため、本稿ではふっ素樹脂製チューブの帯電を中心に述べる。

4.1 ふっ素樹脂製チューブの帯電要因

ふっ素樹脂製チューブにおいて流体（薬液）移送時、チューブと流体との流動（接触・摩擦）帯電によりチューブ内表面は負に帯電する。以下に帯電に影響する要因を示す。

- ・ 流体の流速
流速が速く、乱流が起こると帯電しやすい。
- ・ 流体の絶縁性
絶縁性の高い流体は帯電しやすい。
- ・ 気相状態
気相が存在する場合は、気相内微粒子の電荷の緩和速度が遅いため、高電位で帯電しやすい。
- ・ 流体の温度
ふっ素樹脂の絶縁性は温度（ $-40 \sim 230^\circ\text{C}$ ）による変化はほとんどないが、流体の絶縁性は温度に影響される。
- ・ 雰囲気中相対湿度
相対湿度が高いと帯電しにくい。

4.2 ふっ素樹脂製チューブの絶縁破壊メカニズム

流動帯電によりふっ素樹脂製チューブ内表面は電気を帯びるが、その電位があまりに大きい場合、まれにふっ素樹脂製チューブが絶縁破壊を起こすことがある。そのメカニズムについて以下に解説する。

- 1) 流体とふっ素樹脂製チューブとの流動（接触・摩擦）帯電によりチューブ内表面がマイナスに帯電する。
 - ・ 特に流体がミスト（気液混合）の状態になると帯電しやすい。
 - ・ ミストの粒子が細かいほど、また速度が速いほど帯電しやすい。

2) プラス側またはアース側のチューブ外表面の「電界が不均一な部分」を起点に放電が起こり、チューブ肉厚内の「電界強度がより低い部分」を選んでピンホール(放電劣化)が進行する。

- ・ピンホールは電界強度が低いふっ素樹脂の結晶間を進む。進路の中央に結晶が位置した場合は、進行が2つ以上に分かれ、破壊速度が速い先端はさらに電圧ストレスが強くなり、速度を増す。逆に速度が遅い側は電圧ストレスが弱まり、やがて破壊が停止する。これらの動作を繰返し、トリー形状を形成する。
- ・チューブ肉厚内の超微小なボイド、コンタミネーション、薬液透過により、電界強度が低くなる。
- ・低電圧の長時間破壊であるとピンホールはトリー状に進行しやすく、高電圧の短時間であると若干曲がった一本の破壊痕(放電痕)となりやすい。

3) ピンホール(放電劣化)がチューブ肉厚内を貫通し、薬液漏れとなって、最終的に絶縁破壊が発見される。

4.3 ふっ素樹脂製チューブの帯電評価

ここで当社ふっ素樹脂製チューブ(PFAチューブ)を用いて、各流体における帯電評価について述べる。

4.3.1 N₂ ガス, He ガスでの帯電

(1) 試験方法

N₂ または He ボンベに PFA チューブを接続し、ガス開放時の PFA チューブの内表面電位を測定した。ガス開放時間は、およそ 60 ～ 90 秒とし、ガス流量、流速はボンベ開放前後の圧力とガス充填量から概算した。(室温 15℃／相対湿度 50%) (図 4 参照)

(2) 試験サンプル

PFA チューブ

φ 8 × φ 10mm × 10m

φ 14 × φ 16mm × 10m

φ 23 × φ 25mm × 8m

(3) 試験結果

N₂ ガスおよび He ガスでの概算流量および概算流速と表面電位との関係を図 5 および図 6 に

示す。流体が N₂ ガスおよび He ガスの場合、流量や流速を変えてもほとんど PFA チューブは帯電しなかった。また、ガスを流した後の PFA チューブには、外観上ピンホールなどの異常は確認されなかった。

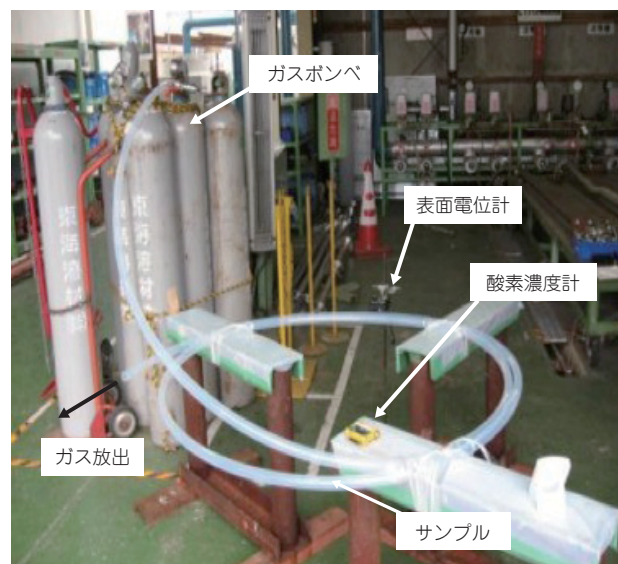


図 4 帯電試験の様子

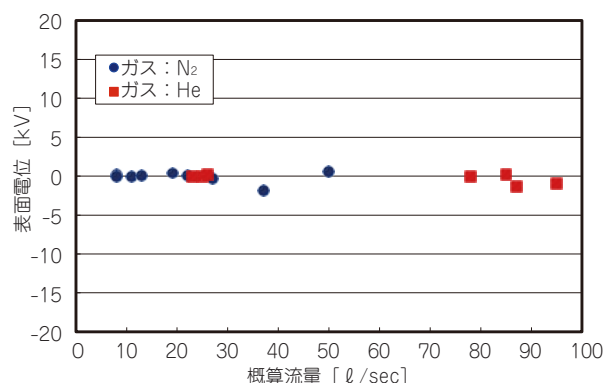


図 5 概算流量と表面電位との関係

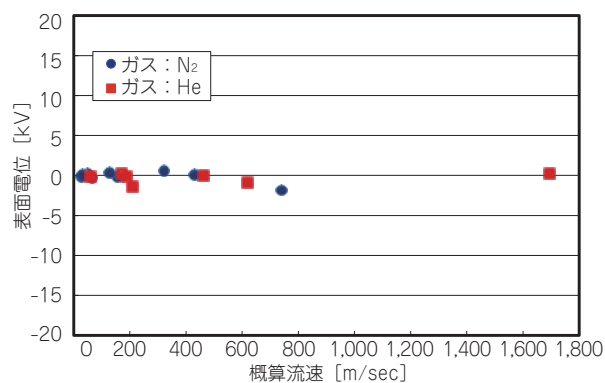


図 6 概算流速と表面電位との関係

4.3.2 純水および純水+エア-混合流体での帯電

(1) 試験方法

PFA チューブ内に純水または純水+エア-混合流体を流し、各流体で約3分保持した後にPFA チューブの内表面電位を測定した。(室温 20.6℃/相対湿度 47%) (図7 参照)

(2) 試験サンプル

PFA チューブ

φ 23 × φ 25mm × 1.5m

(3) 試験結果

純水および純水+エア-混合流体における表面電位の結果を表2に示す。流体が純水の場合、試験開始前と比べ、わずかに電位が変動した。一方、純水+エア-混合流体の場合、純水がミスト状(気液混合)になるため帯電しやすく、PFA チューブの表面電位は大幅に変動した。

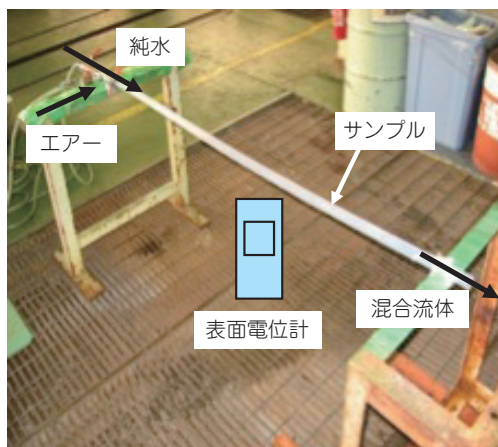


図7 帯電試験の様子

表2 純水およびエア-混合流体と表面電位の関係

流体 (条件)	チューブ表面電位 (kV)
試験開始前	-0.7
純水のみ	+0.2
純水+エア-混合流体	+25.3

4.4 ふっ素樹脂製チューブの流動帯電対策

ふっ素樹脂製チューブに流体を移送させる場合、流動帯電は避けられないが、その帯電を抑える対策として以下のことが挙げられる。

- ・ 静電気を逃がす (静電気除去)

ふっ素樹脂製チューブ内にアース線 (金属線など) を入れて、流体の静電気 (帯電) を除去する。

- ・ 帯電量を少なくする

流体の流速を遅くする。また、乱流、噴射など流体がミスト (気液混合) 状態となることを避ける。

(当社の経験上、流速を 2m/sec 以下にすることが望ましい)

- ・ 帯電しにくい、導電性チューブを用いる

TOMBO No.9003-PFA-NE

「ナフロン® PFA-NE チューブ」

TOMBO No.9003-PFA-AS

「ナフロン® PFA-AS チューブ」

5. 絶縁破壊事例

本章では、これまで市場で使用されていた当社製品において、実際に起こった5つの絶縁破壊事例について紹介する。

【事例1】

(1) 配管材

ナフロン® BT チューブ

サイズ…φ 6.35 × φ 9.52mm

(2) 使用条件

使用期間…約1年

流体…フッ素系熱媒体 (ガルデン® HT-200)

温度…55℃

流速…2.5m/sec

(3) ピンホール形態 (図8, 9)

サイズ…φ 0.1mm

箇所…1ヶ所 (-)

形状…トリー状 (炭化痕あり)

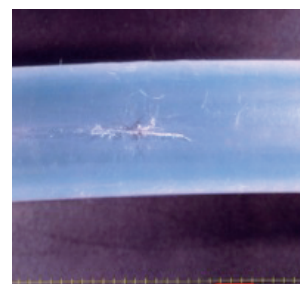


図8 チューブ全体写真



図9 チューブ断面

【事例 2】

(1) 配管材

ナフロン® PFA ライニング配管
サイズ…80A × 660mm 直管

(2) 使用条件

使用期間…8 ヶ月
流体…TiCl₄+ スラリー
温度…- 10℃
流速…2.9m/sec

(3) ピンホール形態 (図10, 11)

サイズ…φ 0.01 ~ 0.1mm
箇所…9 ケ所 (外→内)
状態…所々トリー状 (炭化痕なし)

温度…94℃

流速…不明

圧力：0.17MPa

(3) ピンホール形態 (図13, 14, 15)

サイズ…φ 0.3mm

箇所…1 ケ所 (外：1 →内：2)

状態…トリー状 (炭化痕あり)

【事例 3】

(1) 配管材

ナフロン® PFA 耐圧プライアブルホース
サイズ…25A × 900mm

(2) 使用条件：使用期間…3ヶ月

流体…A 重油
温度…室温
流速…不明
圧力：0.3 ~ 0.4MPa

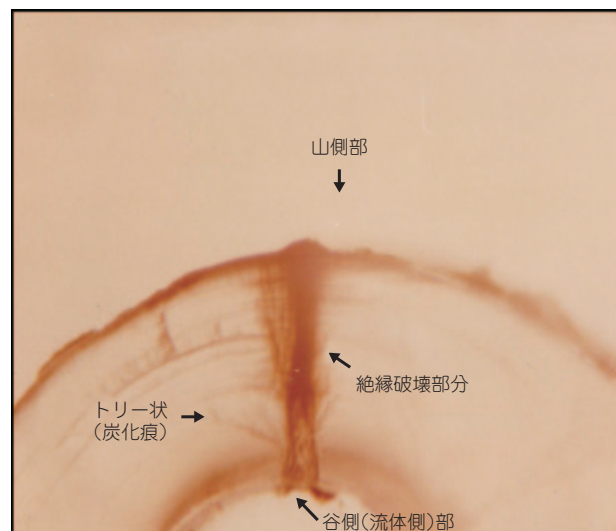


図12 プライアブルホース蛇腹山部断面

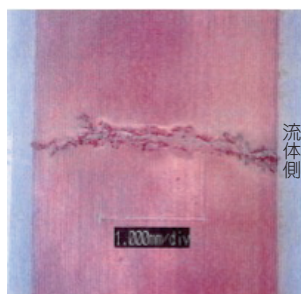


図10 ライニング断面

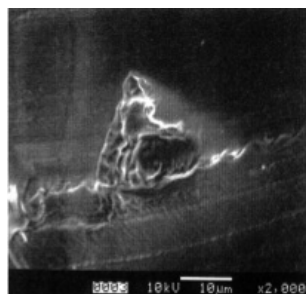


図11 ライニング表面



図13 パイプ内表面全体

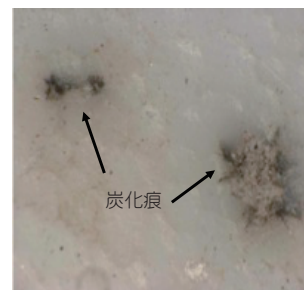


図14 パイプ内表面拡大

(3) ピンホール形態 (図12)

サイズ…φ 0.1 ~ 0.2mm
箇所…1 ケ所 (外→内)
状態…トリー (炭化痕あり)

【事例 4】

(1) 配管材

ナフロン® PTFE パイプ
サイズ…10B × 厚さ 7mm × 6000mm

(2) 使用条件：使用期間…数日

流体…80% 以上メタノール蒸気

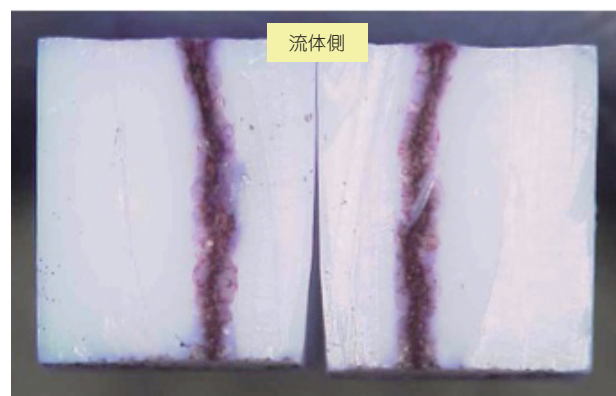


図15 パイプ断面

【事例 5】

(1) 配管材

ナフロン®PFA コイルチューブ
サイズ… $\phi 6 \times \phi 8 \times 1100\text{mm}$

(2) 配使用条件

使用期間…3 ヶ月
流体…純水 (室温 $\times$ 0.2MPa)
 エアー (室温 $\times$ 0.5MPa)
 蒸気 (120 ~ 130°C $\times$ 0.2MPa)
流速…不明

(3) 配ピンホール形態 (図16, 17)

サイズ… $\phi 0.1\text{mm}$
箇所…1 ケ所 (外→内)
状態…トリー状 (炭化痕なし)

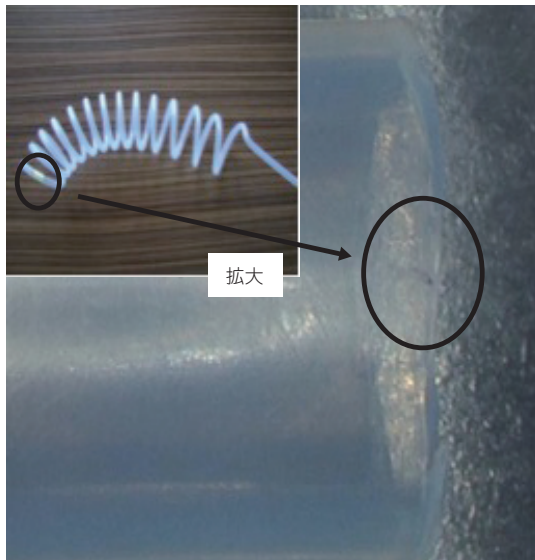


図16 コイルチューブ表面 (拡大)

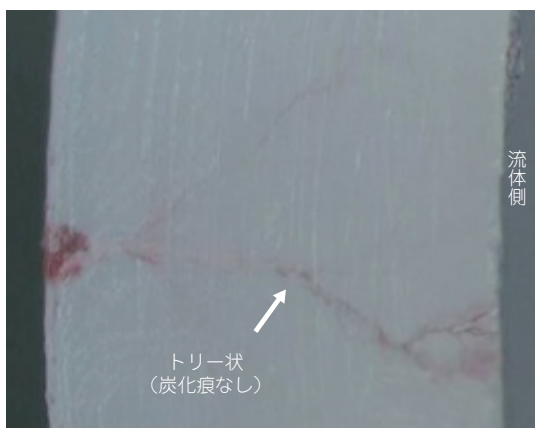


図17 コイルチューブ断面拡大

6. おわりに

絶縁材であるふっ素樹脂に帯電は避けられない。一方で除電を目的に添加材の付与は半導体分野のクリーン用途には懸念がある。この両立は難しい課題であるが、今後もお客さまと共に改良，開発を行っていく所存である。

参考文献

- 1) W. Kern and D. A. Puotinen: RCAReview, 31, 187 (1970)

参考資料

- ・耐熱・絶縁材料 (共立出版)
- ・電気絶縁材料の化学 (培風館)
- ・静電気安全指針1988年3月改訂版 (産業安全技術協会)
- ・成形加工技術者のためのプラスチック物性入門 (日刊工業新聞社)

* TOMBOはニチアス(株)の登録商標です。

* ナフロンはニチアス(株)の登録商標です。

* 本稿の測定値は参考値であり，保証値ではありません。

〈製品紹介〉

クリーン・導電性チューブ

TOMBO No.9003「ナフロン® チューブ」

高機能製品事業本部 樹脂技術開発部

1. はじめに

ふっ素樹脂は、その優れた耐熱性、耐薬品性、クリーン性を有している点から半導体や医療、食品など幅広い分野に利用されています。その中でも、PFAは耐熱性に加え成形加工性が優れている点から、半導体分野においてウェーハキャリア、容器、チューブなどに広く使用されています。

また近年、半導体の高集積化や分析技術の進歩に伴い、高い絶縁性を有しているため帯電しやすいPFAに対しても、可燃性の有機溶剤・ガス雰囲気中での用途が増えています。

このような市場要求に応えるため、従来のPFAチューブの溶出ふっ素イオン低減とパーティクルや薬液の滞留を改良したTOMBO No.9003-HG「ナフロン®PFA-HG (High Grade) チューブ」(以後HGチューブと略する) およびHGチューブ外表面部に導電性PFAを備えたTOMBO No.9003-NE「ナフロン®PFA-NE (Non Explosion) チューブ」(以後NEチューブと略する) の二つの製品を紹介します。

2. 製品概要

2.1 HG チューブ

HGチューブは、溶出ふっ素イオンの少ない原料を用い、かつPFAの球晶サイズを小さくし、チューブ内面を平滑化することによりパーティクルや薬液の滞留を改良したPFAチューブです。

2.1.1 製品外観

HGチューブの外観を図1に示します。



図1 HGチューブ外観

2.2 NE チューブ

NEチューブはHGチューブの外表面部に一定幅のストライプ状導電性PFAを備えたチューブです。導電性PFAの効果により、可燃性ガス雰囲気中におけるチューブ外表面部への火花放電による火災事故防止に最適です。

2.2.1 製品概略図

NEチューブの概略図を図2に示します。

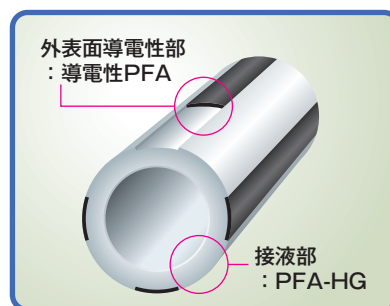


図2 NEチューブ概略図

3. 標準寸法

HGチューブとNEチューブの標準寸法を表1に示します。標準寸法以外の製品については、別途ご相談ください。

4. 特 長

4.1 HG チューブ

- ・ ふっ素イオンの溶出が少ない
- ・ パーティクルや薬液の滞留が少ない
- ・ 溶出金属が少ない
- ・ 耐ストレスクラック性に優れる
- ・ 薬液浸透量が少ない
- ・ 透明性が高い

4.2 NE チューブ

HGチューブの特長に加え、次の特長があります。

- ・ チューブ外表面への帯電を抑え、静電気によるチューブ絶縁破壊を防止
- ・ チューブの内部流体の帯電を抑制
- ・ 着火危険に結びつくような火花放電を防止

5. 特 性

5.1 HG チューブ

5.1.1 溶出ふっ素イオン

(1) 試験サンプル

HGチューブとPFAチューブ（比較対象）のカッティングペレット（約10g）

(2) 試験方法

イオン抽出液にペレットサンプルを投入し、室温で24時間静置後、イオンアナライザーを用いてふっ素イオン濃度を測定しました。

・ イオン抽出液：20mℓ

水＋メタノール＋TISAB*（Ⅱ）

体積比 [1：1：2]

※TISAB（Total Ionic Strength Adjustment Buffer：全イオン強度調整剤）

(3) 試験結果

HGチューブとPFAチューブの溶出ふっ素イオン濃度を表2に示します。HGチューブは従来のPFAチューブと比較し、溶出ふっ素イオン濃度が半分以下となっています。

表2 溶出ふっ素イオン濃度 (ppm)

サンプル	イオン濃度
HGチューブ	1.6
PFAチューブ	4.2

5.1.2 チューブ内表面の平滑性

HGチューブとPFAチューブ（比較対象）について、表面粗さ測定機を用いてチューブ内表面粗さを測定し、またAFM（原子間力顕微鏡）を用いてチューブ内表面を観察しました。

HGチューブとPFAチューブの内表面粗さの測定結果を表3に、AFMイメージ画像を図3に示します。

表1 HGチューブとNEチューブの標準寸法

呼び径 (B)	HG チューブ				NE チューブ				
	寸法 (mm)			長さ (m)	寸法 (mm)			外表面導電性部 (mm)	長さ (m)
	内径	外径	肉厚		内径	外径	肉厚	肉厚×幅× (本)	
1/8	1.59	3.17	0.79	10, 20, 50 100, 200	2.17	3.17	0.50	0.03×0.6× (4)	10 50 100
	2.17	3.17	0.50	10, 20, 50					
1/4	3.96	6.35	1.20	10, 20, 50 100, 200	4.35	6.35	1.00	0.06×1.5× (4)	
	4.35	6.35	1.00						
3/8	6.35	9.52	1.59	10 20 50 100	6.35	9.52	1.59	0.06×2.4× (4)	
	7.52	9.52	1.00		7.52	9.52	1.00	0.06×2.2× (4)	
1/2	9.52	12.70	1.59		9.52	12.70	1.59	0.06×2.6× (8)	
3/4	15.88	19.05	1.59		15.88	19.05	1.59	0.06×3.8× (8)	10 50
1	22.22	25.40	1.59		22.22	25.40	1.59	0.06×4.9× (8)	
1-1/4	28.00	31.80	1.90		—	—	—	—	
1-1/2	33.70	38.10	2.20		—	—	—	—	—

表3 チューブ内表面粗さ (μm)

サンプル	粗さ曲線の最大断面高さ (Rt)
HGチューブ	<0.2
PFAチューブ	1~3

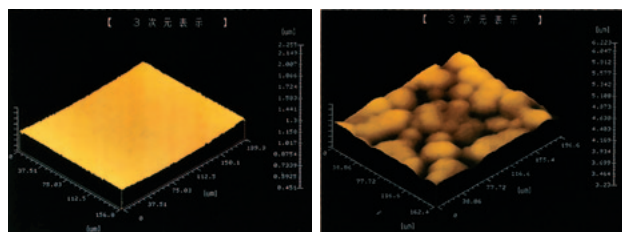


図3 チューブ内表面のAFMイメージ画像

PFAチューブと比較して内表面粗さは1/5以下になっており、AFMイメージ画像からもチューブ内面が平滑であることがわかります。

5.1.3 溶出金属イオン

(1) 試験サンプル

○HGチューブ

サイズ：φ 22.22 × φ 25.40 mm

(2) 試験方法

サンプルのHGチューブに、3.6%塩酸の溶出液を封入し、室温で20時間静置した後に、溶出液の金属イオン濃度をICP-MSを用いて分析しました。

・チューブ内表面積：130.5cm²

・溶出液量：73.5g

(3) 試験結果

ICP-MS分析結果を表4に示します。

表4 HGチューブのICP-MS分析結果 (ppt)

イオン種	溶液濃度
ナトリウム	<10
マグネシウム	<10
アルミニウム	<10
カリウム	<10
カルシウム	<10
チタン	<40
クロム	20
マンガン	<10
鉄	<10
ニッケル	<10
銅	<10
亜鉛	<10
モリブデン	<10
ニオブ	<10

半導体分野で嫌われる鉄や環境由来のナトリウムを含めてほとんどの元素が定量下限以下の濃度であり、HGチューブは溶出金属が少ないことがわかります。

5.2 NE チューブ

5.2.1 外表面除電性

(1) 試験サンプル

○NEチューブ

サイズ：φ 4.35 × φ 6.35mm × 1m

○HGチューブ

サイズ：φ 4.35 × φ 6.35mm × 1m

(2) 試験方法

サンプルの一端を接地し、中央部をベンコトンで50回擦り、その部分の帯電量を表面電位計にて測定しました。

(3) 試験結果

NEチューブとHGチューブの表面電位測定結果を表5に示します。

表5 チューブの表面電位 (kV)

サンプル	表面電位
NEチューブ	0.5~0.7
HGチューブ	>2.0

NEチューブは導電性PFA部の効果により、表面電位が1kV以下*に抑えられおり、除電性を備えていることがわかります。

※独立行政法人労働安全衛生総合研究所の技術指針における「静電気安全指針」2007年度版によると爆発・火災を防止するための不導体帯電量の管理指標として、可燃物の最小着火エネルギーが0.1~1mJ（トルエン等の溶剤が該当）のときの帯電電位を5kV以下と定めています。

5.2.2 チューブの内部流体帯電位

(1) 試験サンプル

○NEチューブ

サイズ：φ 4 × φ 6mm × 11 m

○HGチューブ

サイズ：φ 4 × φ 6mm × 11 m

(2) 試験方法

図4に示す試験系を組み、サンプルチューブ内に純水を通液速度0.5m/secと1.0m/secで圧送し、ピーカに排出された純水の帯電位を静電電位計にて測定しました。

なお、NEチューブにおいては、アースバンドを用いて接地しました。

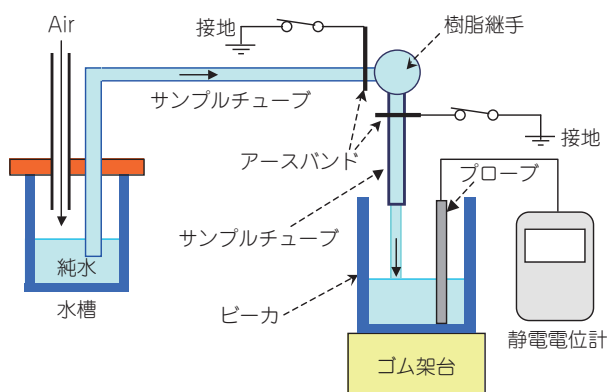


図4 チューブの内部流体帯電位試験系

(3) 試験結果

NEチューブとHGチューブの帯電位測定結果を図5に示します。

NEチューブとHGチューブは共に通液させる純水の速度に比例して帯電位が増大していますが、外層部に導電性PFA部をもつNEチューブはHGチューブと比較し帯電位が半分以下であることがわかります。

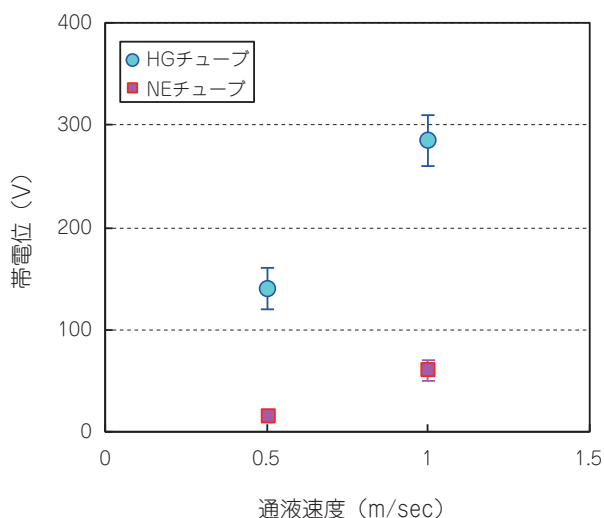


図5 純水の通液速度と帯電位

6. 用途

6.1 HG チューブ

- ・高純度薬液の移送配管
- ・透過・浸透性の高い薬液や高温プロセスでの薬液配管

6.2 NE チューブ

- ・HGチューブの用途に加え、引火しやすい有機溶剤（IPA, アセトン, シンナー, 剥離液など）の移送配管

7. おわりに

本稿ではHGチューブ, NEチューブについて紹介いたしました。本製品に対するお問い合わせは高機能製品事業本部 樹脂開発部までお願いいたします。

* TOMBOはニチアス(株)の登録商標です。

* ナフロンはニチアス(株)の登録商標です。

* 本稿の規格値以外の数値は参考値であり、保証値ではありません。

〈新製品紹介〉

ビードレス配管部品

TOMBO No.9023 「ナフロン® 溶着チューブ」

高機能製品事業本部 樹脂技術開発部

1. はじめに

半導体の製造工程において、半導体デバイスの微細化に伴いウェーハ表面のクリーン性は極めて重要度を増しています。また、半導体の生産性を上げるために、半導体製造装置のチャンバー数は増加傾向にあり、チャンバー数を増やすためには、装置内の配管スペースをコンパクトにする必要があります。

弊社では、半導体製造工程で使えるクリーンかつコンパクトなTOMBO No.9023「ナフロン® 溶着チューブ」（以後溶着チューブと略する）を製品化しましたので、以下にご紹介いたします。

2. 製品概要

2.1 構造

溶着チューブの外観を図1に示します。溶着チューブは、PFA樹脂製の直管チューブとPFA樹脂製の継手を溶着で一体化した構造です。その溶着内表面がビードレスであることが特徴であり、溶着界面が目立ちません。溶着部の断面を図2に示します。



図1 溶着チューブ外観

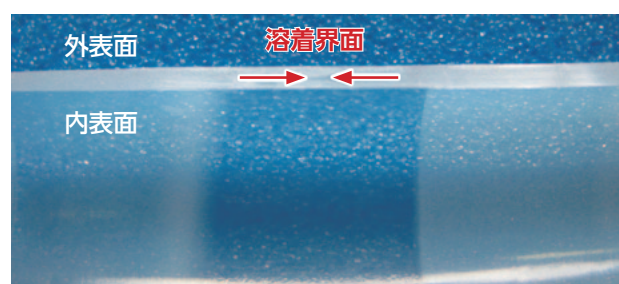


図2 溶着部 (→ ←) の断面

2.2 製品仕様

溶着チューブの製品ラインアップを表1に示します。

チーズ、異径チーズ、エルボ、異径エルボ、レデューサの5種があり、サイズは、呼び径1/2Bから1Bまであります。

表1 製品ラインアップ

名称	呼び径			部位
	a	b	c	
チーズ	1B	1B	1B	
	3/4B	3/4B	3/4B	
	1/2B	1/2B	1/2B	
異径チーズ	1B	3/4B	1B	
	3/4B	1/2B	3/4B	
エルボ	1B	1B	-	
	3/4B	3/4B	-	
	1/2B	1/2B	-	
異径エルボ	1B	3/4B	-	
	3/4B	1/2B	-	
レデューサ	1B	3/4B	-	
	3/4B	1/2B	-	

2.3 特長

・液置換性

溶着チューブの液置換性は直管チューブと同等です。

・溶着強度の耐圧性

溶着チューブの耐圧性は直管チューブと同等です。

・クリーン性

SEMI規格 (SEMI F57-0301) に適合しています。

2.4 用途

半導体製造工程において高純度薬液供給ラインに使用されます。溶着チューブの使用例を図3に示します。

また、市販のチューブ継手を使用していた部分を溶着チューブに置き換えることでコンパクト化が図れます。市販チューブ継手との比較を図4に示します。

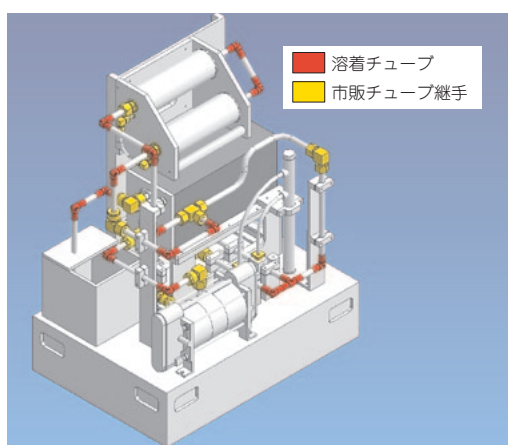


図3 溶着チューブ使用例

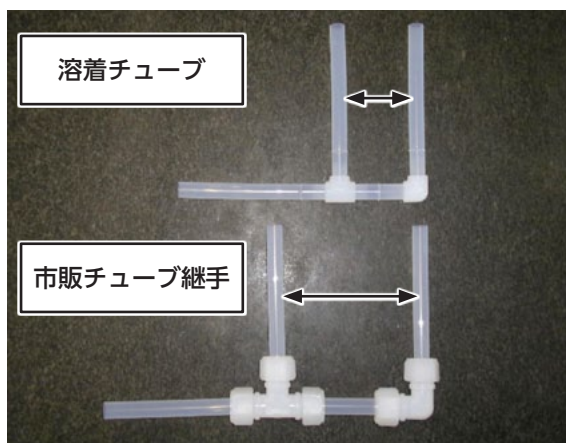


図4 溶着チューブと市販チューブ継手の比較

3. 特性

3.1 液置換性

3.1.1 試験サンプル

・溶着チューブ

サイズ：3/4B（溶着2箇所）

・直管チューブ

サイズ：3/4B

3.1.2 試験方法

試薬として H_2SO_4 (95%) を用い、サンプル内に5分間封入した後 H_2SO_4 を取り除きます。その後、サンプルを超純水供給ラインに取り付け、流速：1.7ℓ/minで超純水を流します。

流水初期は、超純水に電離した H_2SO_4 由来のイオンの影響で比抵抗値は小さい値を示しますが、超純水でフラッシングすることで、 H_2SO_4 由来のイオンが置換され、比抵抗値が大きくなっていきます。この超純水の比抵抗値の経時変化を測定することで液置換性の評価としました。

3.1.3 試験結果

比抵抗値の経時変化の結果を図5に示します。

溶着部の内面には液溜りの原因となるビードがないため、直管チューブと同等の液置換性を有していることがわかります。

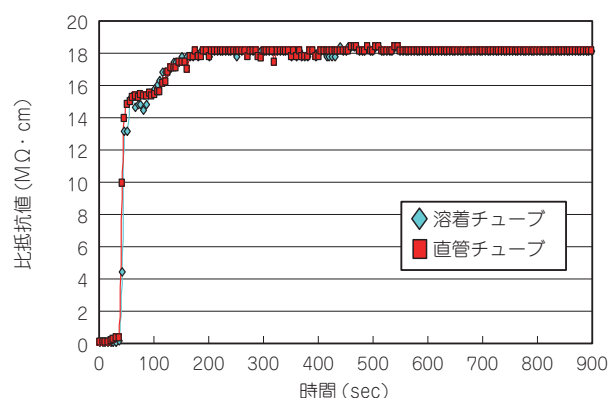


図5 比抵抗値の測定結果

3.2 耐圧性

3.2.1 試験サンプル

・溶着チューブ

サイズ：3/4B × 長さ470mm（溶着2箇所）

サンプル概略図を図6に示します。

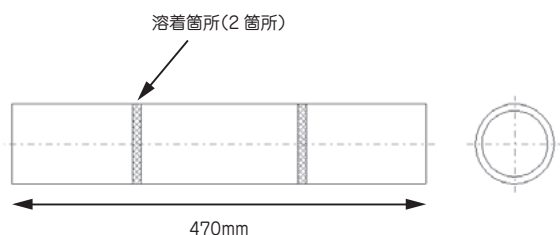


図6 試験サンプル

・直管チューブ

サイズ：3/4B×長さ470mm

3.2.2 試験方法

サンプルを電気炉内で20℃、40℃、60℃、80℃の各温度で一定時間保持した後、内圧をかけ破裂時の圧力を測定しました。

3.2.3 試験結果

耐圧性の試験結果を表2に示します。
溶着チューブと直管チューブとでは、破裂時の圧力は同等でした。

表2 耐圧試験結果 (MPa)

サンプル	20℃	40℃	60℃	80℃
溶着チューブ	2.4	2.1	1.8	1.6
直管チューブ	2.4	2.0	1.7	1.6

3.3 クリーン性

SEMI規格 (SEMI F57-0301) に規定されている①イオン汚染、②金属汚染、③全有機炭素 (TOC) で評価しました。

3.3.1 試験サンプル

試験サンプル概略図を図7に示します。

サイズ：3/4B

3.3.2 試験方法

抽出液として85℃の超純水を7日間、試験サンプルに封入した後、その抽出液から①イオン汚染、②金属汚染、③全有機炭素を測定しました。なお、試験は第三者機関にて実施しました。

3.3.3 試験結果

①イオン汚染、②金属汚染、③全有機炭素の試験結果をそれぞれ表3～5に示します。いずれの結果もSEMI規格 (SEMI F57-0301) に適合しています。

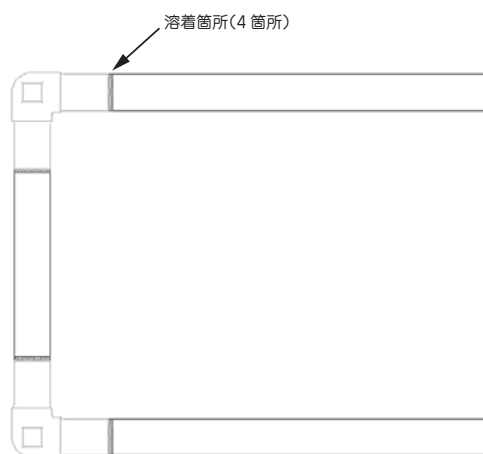


図7 試験サンプル

表3 イオン汚染 (μg/m²)

種類	スタティック値	実測値
臭化物	≤100	36
塩化物	≤3,000	<0.6
フッ素	≤60,000	830
硝酸塩	≤100	<2
亜硝酸塩	≤100	<0.6
リン酸塩	≤300	<2
硫酸塩	≤300	<2

表4 金属汚染 (μg/m²)

種類	スタティック値	実測値
アルミニウム	≤10	<0.2
バリウム	≤15	<0.03
ボロン	≤10	6.7
カルシウム	≤30	<2
クロム	≤1	<0.1
銅	≤15	<0.2
鉄	≤5	<0.3
鉛	≤1	<0.2
リチウム	≤2	<0.1
マグネシウム	≤5	<0.06
マンガン	≤5	<0.1
ニッケル	≤1	<0.2
カリウム	≤15	<0.3
ナトリウム	≤15	<0.2
ストロンチウム	≤0.5	<0.03
亜鉛	≤10	<0.2

表5 全有機炭素 (μg/m²)

種類	仕様値	実測値
TOC	≤60,000	410

4. おわりに

今後ともユーザー各位の声を製品の開発と改良に反映させていく所存ですので、ご意見、ご要望をお聞かせいただければ幸いです。

本製品に関する問合せは、高機能製品事業本部 技術開発部までお願いいたします。

* TOMBOはニチアス㈱の登録商標です。

* ナフロンはニチアス㈱の登録商標です。

* 本稿の規格値以外の数値は参考値であり、保証値ではありません。

〈新製品紹介〉

耐薬品性FFKM

TOMBO No.2675-A 「ブレイザー® Oリング-A」

工業製品事業本部 ゴム事業推進室

1. はじめに

半導体製造プロセスをはじめとするあらゆる産業分野において、汎用のふっ素ゴムでは対応できない薬品などがあります。

それらに対応するゴムシール材として、弊社は耐薬品性のFFKM TOMBO No.2670-PF「ゴムOリング パーフロPF」（以後パーフロPFと略する）をラインアップしております。

また、最近の半導体分野においては、アジアを中心とした新興国の台頭に伴い、性能面だけでなくコスト面での競争も激化しております。

そこで、弊社独自技術により、耐薬品性は同等で、市場のコスト要求に対応できるFFKM TOMBO No.2675-A「ブレイザー®Oリング-A」（以後ブレイザーAと略する）を新たに製品化したので以下にご紹介します。

2. 製品概要

2.1 外観

ブレイザーAの外観を図1に示します。

ブレイザーAは、FFKMを主成分とした黒色のシール材です。



図1 製品外観

2.2 標準寸法

JIS B 2401, AS568の規格寸法に対応します。

（その他の寸法・形状についてはご相談ください。）

2.3 特長

- ・耐薬品性

半導体製造に使用されているほとんどの薬品に対して使用可能です。

- ・クリーン性

溶出金属量が少ないです。

- ・材料物性

シール材としてパーフロPFと同等の物性を有しています。

3. 特 性

3.1 耐薬品性

所定温度における試験日数7日間の耐薬品試験結果を表1に示します。ブレイザーAは、汎用ふっ素ゴムと比べて、優れた耐薬品性を有しており、パーフロPFと同等の耐薬品性を示します。

表1 耐薬品試験結果一覧

薬品名		温度	ブレイザー A	パーフロ PF	汎用ふっ素ゴム
酸	塩酸 (37%)	80℃	A	A	C
	硫酸 (98%)	80℃	A	A	C
	硝酸 (60%)	80℃	A	A	D
	ふっ酸 (50%)	25℃	A	A	A
	無水酢酸	25℃	A	A	D
	王水	25℃	A	A	B
アルカリ	水酸化ナトリウム (50%)	80℃	A	A	D
	アンモニア水 (28%)	25℃	A	A	D
アルコール	メタノール	25℃	A	A	D
アミン	n-メチル-2-ピロリドン (NMP)	25℃	A	A	D
	エチレンジアミン	25℃	A	A	D
	東京応化106	80℃	A	A	—
アルデヒド・フラン類	テトラヒドロフラン	25℃	A	A	D
	フルフラール	25℃	A	A	D
ケトン・エステル・エーテル類	アセトン	25℃	A	A	D
	メチルエチルケトン (MEK)	25℃	A	A	D
	シクロヘキサノン	25℃	A	A	D
	プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート (PGMEA)	80℃	A	A	D
炭化水素	シクロヘキサン	25℃	A	A	A
	トルエン	25℃	A	A	C
水	水蒸気	150℃	A	A	B
半導体関連薬液	ピラニア液 ($\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ / 3:1)	25℃	A	A	A
	SC-1 [NH_4OH (27%) - H_2O_2 (30%) - H_2O / 1:1:5]	25℃	A	A	A
	SC-2 [HCL (37%) - H_2O_2 (30%) - H_2O / 1:1:6]	25℃	A	A	A
	BHF ($\text{HF-NH}_4\text{F-H}_2\text{O}$)	25℃	A	A	A

※評価記号の読み方

体積変化率 A: 0～5% 未満 B: 5～10% 未満 C: 10～20% 未満 D: 20% 以上 (または著しい外観上の劣化がある)

3.2 クリーン性

ブレイザーAの溶出金属はパーフロPFと同様に少ないです。

3.3 一般物性

ブレイザーAの一般物性を表3に示します。

表3 一般物性

物性項目	ブレイザーA	パーフロPF
硬さ (Duro A)	74	75
引張強さ (MPa)	13.1	12.3
伸び (%)	152	120
100%伸び時の引張応力 (MPa)	6.4	7.7
圧縮永久歪み (%) [150℃×72hr]	20	18

4. 用 途

- ・洗浄装置や薬液ライン
- ・耐薬品性と純粋性を必要とする部位

5. おわりに

本稿で紹介した新製品「ブレイザーA」は半導体産業に最適な製品です。

また, 高い耐薬品性, クリーン性から石油化学, 食品^{*}, 医薬などの幅広い分野で使用できます。

今後とも, ユーザー各位のニーズに対応した製品の開発・改良を行う所存ですのでご意見・ご要望をお聞かせください。

本稿に関するご質問・お問い合わせは, 工業製品事業本部 ゴム事業推進室までお願いいたします。

※食品衛生法・食品, 添加物等の規格基準 (昭和 34 年厚生省告示 370 号) に適合

* TOMBOはニチアス(株)の登録商標です。

* ブレイザーはニチアス(株)の登録商標です。

* 本稿の測定値は参考値であり, 保証値ではありません。

〈新製品紹介〉

半導体・FPD製造装置向け配管ヒータ TOMBO No.4500-PH-P「エネサーモ®-PH プレノヒータ®」

高機能製品事業本部 無機断熱材技術開発部

1. はじめに

半導体やFPDを製造する前工程において、CVDなどの製膜工程、エッチング工程などでは、副生成物や排ガスが配管内部で凝結し、析出することが知られています。析出物により配管が閉塞すると、配管を取り外して洗浄するなどのメンテナンスを実施する必要があるため、生産性が著しく低下します。析出物の発生を抑制するために、配管の周りをヒータにより加熱する方法が一般的にとられています。半導体やFPDはクリーンルーム内で製造されるため、使用するヒータについても、低パーティクル、低アウトガスなどのクリーン性が求められています。

弊社では、200℃加熱まで対応可能な配管加熱ヒータとしてTOMBO No.4500-PH「エネサーモ®-PH」を上市していますが、今回、250℃加熱まで対応でき、メンテナンス性も向上したTOMBO No.4500-PH-P「エネサーモ®-PH プレノヒータ®」（以後プレノヒータと略する）を製品化したので、ご紹介します。

2. 製品概要

2.1 外観

プレノヒータ®の外観を図1に、留め具を図2に示します。外観は白色で、なめらかな肌触りをしています。

2.2 構成材料

プレノヒータ®は、発熱体であるニクロム線を

配管側に、断熱材（ガラスマット）をその外側に配置し、その全体を外皮材である多孔質ふっ素樹脂シートで縫製加工した製品です。



図1 プレノヒータ外観

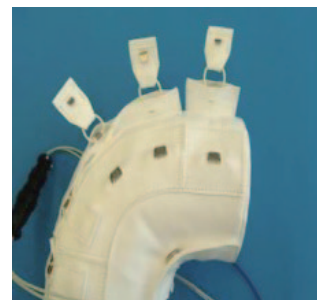


図2 留め具（Oリング）

2.3 特長

(1) 250℃加熱が可能

シリコンラバーヒータでは対応できない250℃の高温まで加熱することができます。

(2) 良好な均熱性

立体成形かつ外皮材に柔軟性のあるシートを使用しているため、従来製品に比べフィッ

ティング性が向上し、優れた均熱性が得られます。

(3) 低パーティクル

外皮材は従来品のガラスクロス製外皮材に比べ低発塵性です。

(4) 低アウトガス

アウトガスの少ない素材を選定し、かつエージングすることにより、250℃の高温でもアウトガスの発生量は少量です。

(5) 良好なメンテナンス性

O型リングを使用した独自の留め具構造により、取り付け・取り外しが容易にでき、メンテナンス性を向上させています。

2.4 基本仕様

(1) ヒータ仕様

①電源電圧：AC100V～200Vで供給電圧に合わせて設計します。

②出力：配管の形状、使用環境に合わせて、個別に設計します。

③絶縁特性：10 MΩ以上／DC500V

④耐電圧特性：1min 短絡なし／AC1500V

⑤制御：熱電対により制御します。

⑥寸法：配管の形状に合わせて個別に設計します。

(2) 安全仕様

①温度異常検知：温度の異常を熱電対にて検知します。

②過昇温防止：過昇温防止用のセンサーとして、熱電対を設置します。

*その他、温度ヒューズ、サーモスタット内蔵などご要望に応じて設計します。

2.5 主な用途

(1) 半導体・FPD 製造装置内の排気系配管の加熱

(2) 半導体・FPD 製造装置～ドライポンプ～除害装置の排気系配管の加熱

(3) 除害装置内の配管の加熱

3. 評価試験

3.1 昇温特性

(1) 測定方法

SUS304 の 80A 配管にプレノヒータを取り付

け、常温から 250℃まで昇温しました。

(2) 測定結果

昇温カーブを図3に示します。約40分で250℃まで到達しています。フランジ部は熱容量が大きいため、昇温カーブは緩やかになりますが、加熱し始めてから約100分で安定した温度になります。

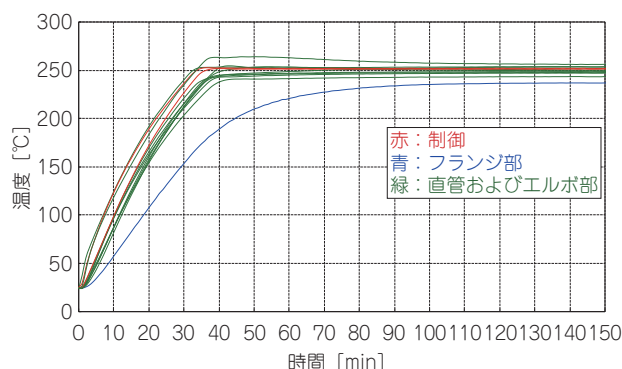


図3 昇温特性測定結果

3.2 均熱特性

プレノヒータは、配管の直管およびエルボなどに施工しますが、配管をつなぐフランジ部分には保温材を施工します。フランジ部分は加熱しませんが、配管の部分からの熱伝導により配管内面で良好な均熱性になるように設計しています。

(1) 測定方法

均熱性評価モデルの測温点を図4に、図5に

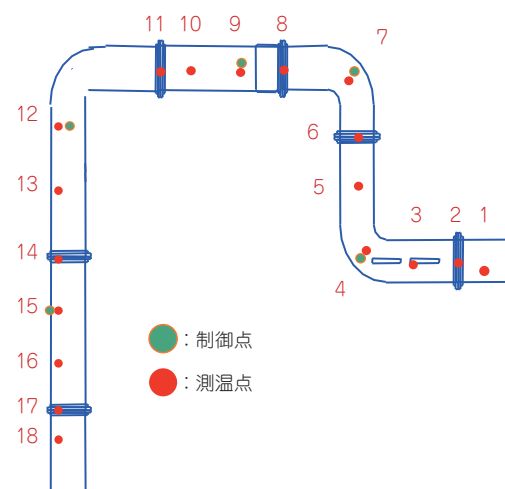


図4 均熱性評価モデルおよび測温点

100℃から250℃までの均熱性測定結果を示します。

(2) 測定結果

加熱をしていないフランジ部を含めても、100℃では±10℃、250℃±20℃程度の均熱性となります。

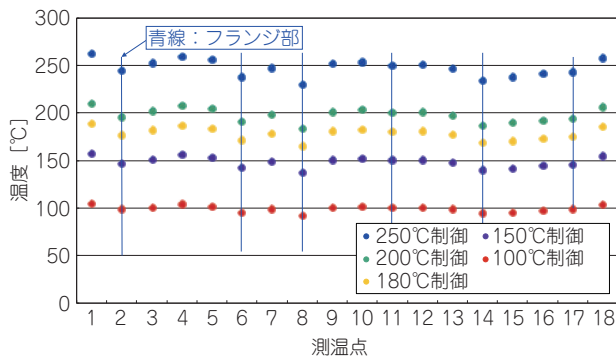


図5 配管内面測定温結果（参考値）

3.3 パーティクル特性

(1) 測定方法

使用する機器の運動機構からの発塵量測定方法 (JISB9926) に準じ、クリーンチャンバー内の試料の粒子発生量を測定しました。

HEPA フィルタ（捕集効率 99.97% 0.3 μm 以上粒子にて）で粒子をろ過した清浄エアを供給できる風洞（図6 参照）に試験体を入れ、その試験体を10回折り曲げ、下流側で各粒子の発生粒子個数を測定しました。試験体はサイズ 200 × 200 × 18mm, N = 5 としました。各試験体について折り曲げ前、折り曲げ時、折り曲げ後について粒子数を測定しました。

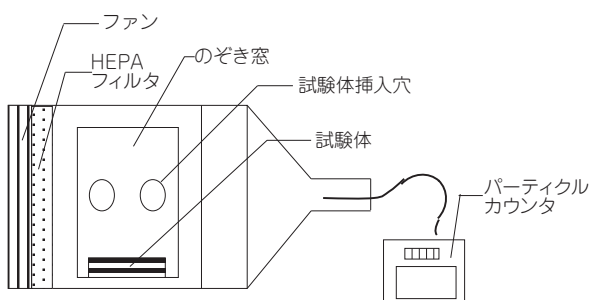


図6 発塵試験装置

(2) 測定結果

0.5 μm 以上の粒子測定結果を表1に示します。ヒーターの折り曲げ時（取り付け作業時）にはわずかに発塵しますが、折り曲げ後（設置後）はほぼ無発塵となります。

表1 0.5 μm 以上の粒子の発塵個数（個/cft）

	N=1	N=2	N=3	N=4	N=5	平均
折り曲げ前	0	0	0	0	0	0
折り曲げ時	51	221	270	317	189	210
折り曲げ後	1	1	0	0	1	1

3.4 アウトガス特性

(1) 測定方法

ページ&トラップーガスクロマトグラフ質量分析法 (P & T-GC/MS) を用いて 200, 250℃にて行いました。

サンプルは、各構成材料を個別に測定し、発生アウトガスを推定しました。

(2) 測定条件

- ・パージガス：He (50ml/min)
- ・吸着剤：TENAX TA
- ・トラップ温度：-40℃
- ・熱脱着条件：358℃ 20sec
(キュリーポイント加熱[※])
- ・カラム：Ultra ALLOY-1
- ・GC 昇温条件：40℃ (5min 保持) - 300℃ (4min ~ 10min 保持) 10℃ /min

※ GC/MS の加熱方式の1つであり、キュリーポイントとは、強磁性体が常磁性体に変化する転移温度、もしくは強誘電体が常誘電体に変化する転移温度である。

〈定量条件〉

- ・標準物質：デカン
- ・溶媒：アセトン
- ・濃度：10 ~ 100ppm (ng/μl)
- ・注入量：2μl

表2 アウトガス発生量

(ppmw)

試験体		プレノヒータ	エネサーモ-PH	エネサーモ CR	エネサーモ	シリコンラバーヒータ
		ヒータ	ヒータ	保温材	保温材	ヒータ
最高使用温度仕様		250℃	150℃	250℃	250℃	—
使用される主な場所		クリーンルーム内	クリーンルーム内	クリーンルーム内	汎用	—
発生量	200℃	119	105	101	259	2104
	250℃	154	232	210	1263	3093
検出成分		脂肪族アミド フッ素系化合物 ベンゼン	脂肪族アミド フッ素系化合物 ベンゼン	脂肪族アルデヒド 酢酸 フルフラール ブチロラクトン ベンゼン	脂肪族アルデヒド 酢酸 トリメチルシラノール 鎖状ジメチルシロキサン フルフラール ブチロラクトン ジヒドロフラン ベンズアルデヒド アセトフェノン	トリメチルシラノール シロキサンまたは 有機シリコン ノナン酸 ブチルヒドロキシトルエン フタル酸ジエチル フタル酸ジブチル アミン系化合物(推定) 芳香族系化合物(推定)

(3) 測定結果

弊社クリーンルーム仕様の「プレノヒータ」, 「エネサーモ®-PH」, 「エネサーモ® CR」, ならびに汎用の「エネサーモ®」と、他社製の「シリコンラバーヒータ」のアウトガス発生量を表2に示します。

プレノヒータは250℃でも発生量は少量です。

4. おわりに

半導体やFPDの製造環境のクリーン度の要求はさらに厳しくなると思われます。今後も、ユーザー各位のご意見をいただき、製品の開発・改良に努めていきたいと考えます。

本製品に関するお問い合わせは、高機能製品事業本部 無機断熱材技術開発部までお願いいたします。

* TOMBO はニチアス(株)の登録商標です。

* エネサーモ, プレノヒータはニチアス(株)の登録商標です。

* プレノヒータは特許登録されています。(特許第3752583号)

* 本稿の規格値以外の数値は参考値であり、保証値ではありません。

〈新製品紹介〉

分子状汚染物質除去 ケミカルフィルター TOMBO No.8803 「ケミカルガード®」

高機能製品事業本部 無機断熱材技術開発部

1. はじめに

半導体、FPD製造工場などにおいて、クリーンルームや製造装置内の汚染物質の除去や制御は、半導体の歩留まりはもとより、その品質、信頼性、製品価値を高めるためにも重要度を増しています。半導体の高集積化や微細化に伴い、制御すべき汚染物質は浮遊微粒子（パーティクル）に加え、塩基性ガス、酸性ガス、有機ガスなどの分子状汚染物質も対象となり、その制御レベルは年々厳しくなっています。

このような背景から、弊社では優れた分子状汚染物質除去性能を有するケミカルフィルター、TOMBO No.8803「ケミカルガード®」を製品化しましたので、以下に紹介します。

2. 製品概要

ケミカルガード®は、吸着材をポリエステル繊維布で包み金属でケーシングした、パネル形状のケミカルフィルターです。吸着材は、塩基性ガス除去用にイオン交換樹脂を、酸性ガス除去用に金属炭酸塩添着活性炭を、有機ガス除去用に活性炭を使用しています。

2.1 製品ラインアップ

製品ラインアップを表1に示します。

2.2 構造

製品の外観を図1に、構造図を図2に示します。

表1 製品ラインアップ

製品名	除去対象ガス
ケミカルガード HC	塩基性ガス
ケミカルガード HA	酸性ガス
ケミカルガード HT	有機ガス

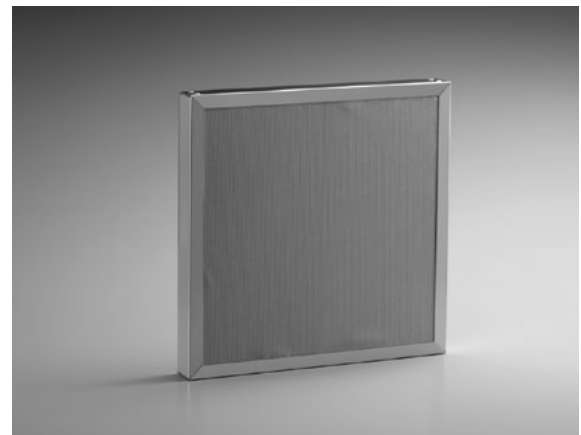


図1 製品外観

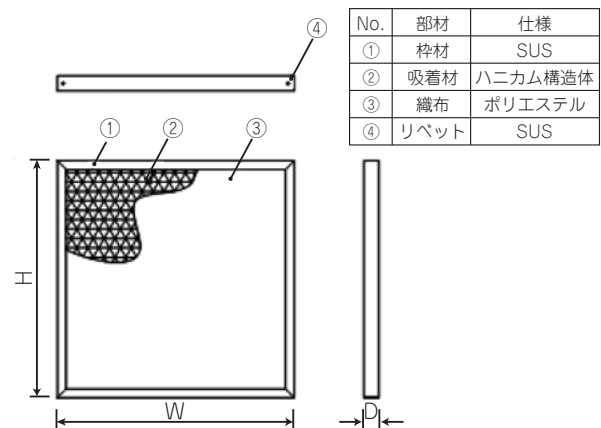


図2 構造図

2.3 製品寸法

下記範囲内において、ご要望に合わせた製造が可能です。

最小寸法：W130×H130×D（厚み）25mm

最大寸法：W1,200×H860×D（厚み）130mm

2.4 使用温湿度範囲

使用温湿度範囲を表2に示します。

表2 使用温湿度範囲

温度	18～35℃
湿度	40～60%RH

2.5 特長

(1) 高除去率，長寿命

極微細ハニカム構造による高接触面積により高除去率を、吸着容量の大きい吸着材の選定により長寿命を実現させました。

(2) 省スペース

高除去率，長寿命のため，厚み寸法を抑えることができ，狭いスペースにも設置が可能です。

(3) 高いクリーン性

低発塵，低アウトガスの部材を選定することにより，高いクリーン性を実現させました。

3. 特 性

3.1 除去性能（寿命）

代表的な分子状汚染物質の寿命加速評価において，一般に使用されている汎用品との比較結果を，次の（1）～（3）に示します。

(1) 塩基性ガス寿命加速評価結果

塩基性ガスとしてアンモニアを用いた。ケミカルガード® HCにおける寿命加速評価の条件を表3に，結果を図3に示します。

高濃度条件下においても，100％に近い除去率が得られます。また，90％除去寿命が従来品と比較し，2倍以上です。

表3 評価条件

項目	条件
濃度	340ppbv
通過風速	0.5m/s
フィルター厚み	43mm
温度／湿度	23℃／50%RH

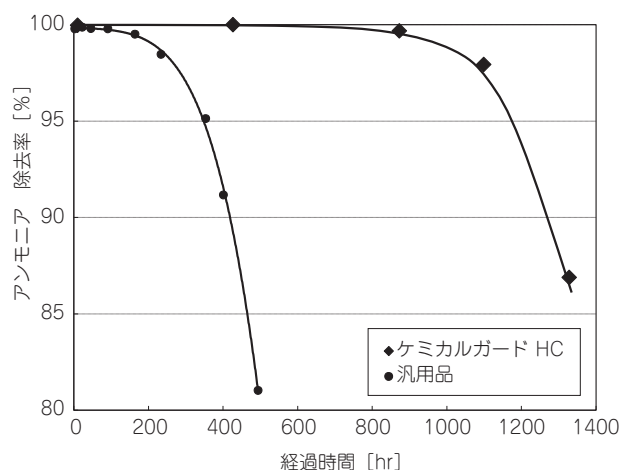


図3 評価結果

(2) 酸性ガス寿命加速評価結果

酸性ガスとしてSO₂を用いた。ケミカルガード® HAにおける寿命加速評価の条件を表4に，結果を図4に示します。

高濃度条件下においても，100％に近い除去率が得られます。また，90％除去寿命が従来品と比較し，約1.4倍です。

表4 評価条件

項目	条件
濃度	200ppbv
通過風速	0.5m/s
フィルター厚み	43mm
温度／湿度	23℃／50%RH

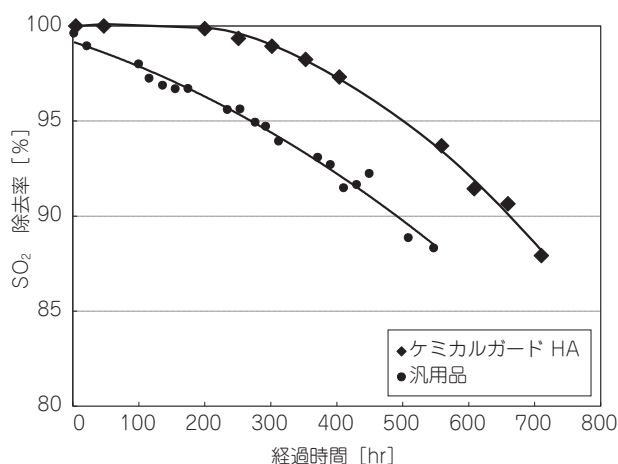


図4 評価結果

(3) 有機ガス寿命加速評価結果

有機ガスとしてトルエンを用いた。ケミカルガード® HTにおける寿命加速評価の条件を表5に、結果を図5に示します。

高濃度条件下においても，100％に近い除去率が得られます。また，90％除去寿命が従来品と比較し，約1.4倍です。

表5 評価条件

項目	条件
濃度	200ppbv
通過風速	0.3m/s
フィルター厚み	33mm
温度／湿度	23℃／50%RH

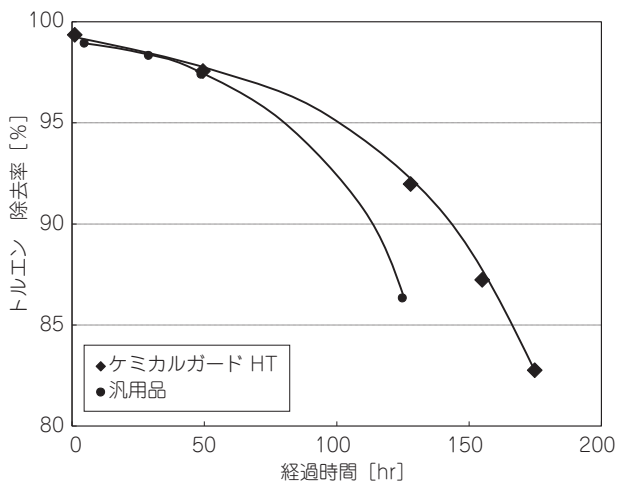


図5 評価結果

4. 用 途

クリーンルーム，半導体・FPD製造装置内の分子状汚染物質の除去

5. おわりに

ケミカルガード®は，優れた性能を有するケミカルフィルターです。また，ご要望の寸法，風量，性能（寿命）に合わせた最適仕様の提案が可能です。本製品に関する，ご質問，お問い合わせなどは高機能製品事業本部 無機断熱材技術開発部まで，お願いいたします。

* TOMBOはニチアス(株)の登録商標です。

* ケミカルガードはニチアス(株)の登録商標です。

* 本稿の測定値は参考値であり，保証値ではありません。

用語解説

ふっ素樹脂 … ふっ素を含むオレフィンを重合して得られる合成樹脂の総称

P T F E … ポリテトラフルオロエチレン（四ふっ化エチレン樹脂）

P F A … パーフルオロアルコキシアルカン（四ふっ化エチレン－パーフルオロアルコシエチレン共重合樹脂）

F F K M … ASTM D1418に定められる、パーフルオロエラストマー（四ふっ化エチレン－パーフルオロビニルエーテル共重合体）の総称

結 晶 … 樹脂（高分子）において、高分子が規則正しく配列している部分を結晶（質）と呼び、高分子がランダムに絡まったりした不規則になっている部分を非晶（質）と呼ぶ

球 晶 … 直鎖状ポリマーによく見られる、球状の半結晶。溶融状態のポリマーを冷却することで生成する。球晶の形状は、ポリマーの分子構造、核となる物質の量、冷却速度など、多くの要素の影響を受ける

S E M I 規 格 … SEMIとはSemiconductor Equipment and Materials Internationalの略で、半導体製造装置メーカーと材料メーカーの国際工業会として1970年に設立された機関であり、そのSEMIが発行する半導体製造装置のガイドラインである

スタティク値 … SEMI規格で表記されている規格値

I C P - M S … 誘導結合プラズマ質量分析計

本社事務所移転のお知らせ

弊社は本社事務所を東京都港区芝大門から中央区八丁堀へ移転し、2013年7月16日から営業を開始いたします。
「ニチアス技術時報」の記載事項に関するご質問については、移転に伴い以下のとおりお願いいたします。

部 署	2013年7月12日まで	2013年7月16日以降
基幹産業事業本部	03-3433-7201	03-4413-1121
工業製品事業本部	03-3433-7200	03-4413-1131
高機能製品事業本部	03-3433-7204	03-4413-1141
自動車部品事業本部	03-3433-7240	03-4413-1151
建材事業本部	03-3433-7256	03-4413-1161



ニチアス株式会社

<http://www.nichias.co.jp/>

本社・東京支社は、2013年7月12日までは以下にて営業いたします。

〒105-8555 東京都港区芝大門1-1-26

・工業製品事業本部	TEL (03)3433-7200
海外営業部	TEL (03)3433-7261
東京第一営業部	TEL (03)3438-9726
東京第二営業部	TEL (03)3438-9723
・高機能製品事業本部	TEL (03)3433-7204
東日本営業部	TEL (03)3438-9732

〒105-0011 東京都港区芝公園1-3-1

・自動車部品事業本部	TEL (03)3433-7240
海外営業課	TEL (03)3433-7247
東京営業課	TEL (03)3438-9724

〒105-0012 東京都港区芝大門1-10-11

・基幹産業事業本部	
工事業部	TEL (03)3433-7201
基幹製品事業部	TEL (03)3433-7200
プラント営業部	TEL (03)3433-7825
・建材事業本部	TEL (03)3433-7256
設計開発課	TEL (03)3433-7207
東京建材営業部	TEL (03)3438-9731
東京工事業部	TEL (03)3438-9751

通巻
No. 362 ●発行日
平成25年6月28日

【東日本地区】

札幌支店	TEL (011) 261-3506
苫小牧営業所	TEL (0144) 38-7550
仙台支店	TEL (022) 374-7141
福島営業所	TEL (0246) 38-6173
日立営業所	TEL (0294) 22-4321
鹿島支店	TEL (0479) 46-1313
前橋営業所	TEL (027) 224-3809
大宮営業所	TEL (048) 658-2112
千葉支店	TEL (0436) 21-6341
東京支社	TEL (03) 4413-1191
横浜支店	TEL (045) 508-2531
山梨営業所	TEL (055) 260-6780
新潟営業所	TEL (025) 247-7710

【中部地区】

富山営業所	TEL (076) 424-2688
若狭支店	TEL (0770) 24-2474
静岡支店	TEL (054) 283-7321
浜松営業所	TEL (053) 450-2200
名古屋支社	TEL (052) 611-9200
豊田支店	TEL (0565) 28-0519
四日市支店	TEL (059) 347-6230

【西日本地区】

京滋支店	TEL (0749) 26-0618
大阪支社	TEL (06) 6252-1371
堺営業所	TEL (072) 225-5801
姫路支店	TEL (0792) 89-3241
岡山支店	TEL (086) 424-8011
広島支店	TEL (082) 506-2202
宇部営業所	TEL (0836) 21-0111
徳山支店	TEL (0834) 31-4411
四国営業所	TEL (0897) 34-6111
北九州営業所	TEL (093) 621-8820
九州支社	TEL (092) 739-3639
長崎支店	TEL (095) 801-8722
大分営業所	TEL (097) 551-0237
熊本支店	TEL (096) 292-4035
鹿児島営業所	TEL (099) 257-8769

本 社 〒104-8555 東京都中央区八丁堀1-6-1

・基幹産業事業本部	TEL (03) 4413-1121
工事業部	TEL (03) 4413-1124
基幹製品事業部	TEL (03) 4413-1123
プラント営業部	TEL (03) 4413-1126
・工業製品事業本部	TEL (03) 4413-1131
海外営業部	TEL (03) 4413-1132
・高機能製品事業本部	TEL (03) 4413-1141
・自動車部品事業本部	TEL (03) 4413-1151
海外営業課	TEL (03) 4413-1155
・建材事業本部	TEL (03) 4413-1161
設計開発課	TEL (03) 4413-1162

研 究 所

・浜松 ・鶴見

工 場

・鶴見 ・王寺 ・羽島 ・袋井 ・結城

海外拠点

・インドネシア ・マレーシア ・シンガポール ・ベトナム
・タイ ・中国 ・インド ・カタール ・チェコ ・メキシコ

●発行人
ニチアス株式会社
印刷 株式会社栄光舎

●編集
ニチアス技術時報編集委員会
無断転載を禁ず