

〈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。

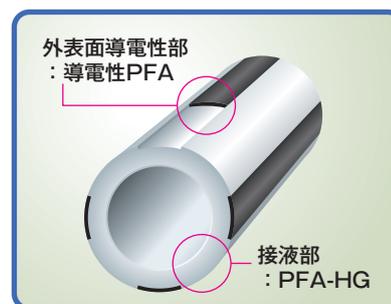


図2 NEチューブ概略図

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：20 mℓ

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。

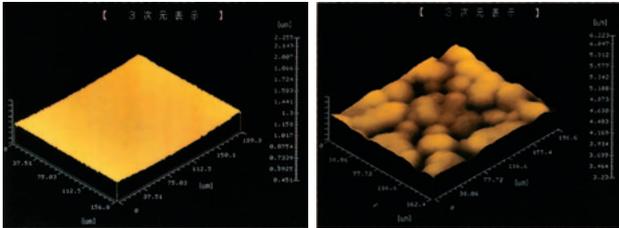
HGチューブとPFAチューブの内表面粗さの測定結果を表3に、AFMイメージ画像を図3に示します。

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 | | |
| 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) | |
| 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 |



HG チューブ PFA チューブ

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、除電性能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、ビーカー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。

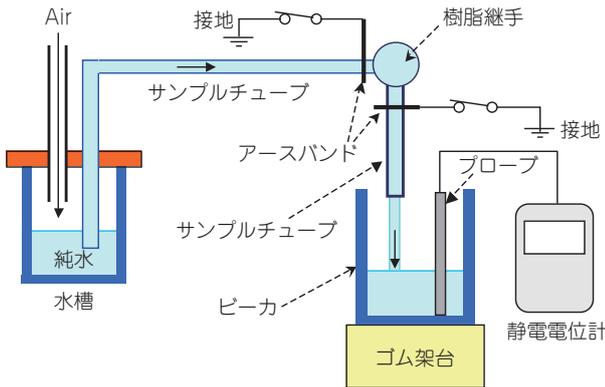


図4 チューブの内部流体帯電位試験系

(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。

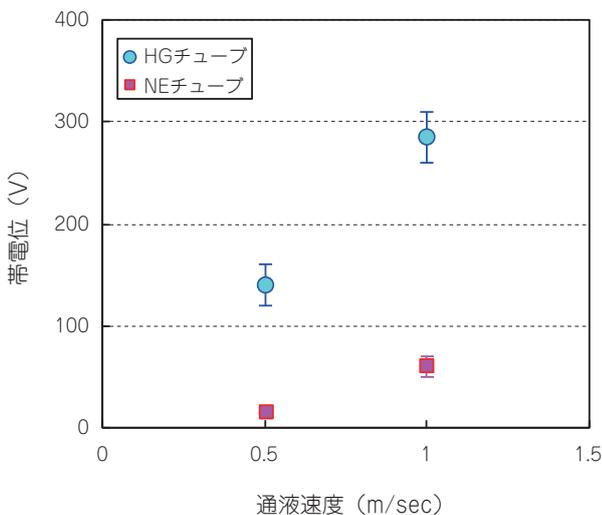


図5 純水の通液速度と帯電位

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。