

報 文

## クリーンルーム雰囲気中のアンモニア及びアミンガスを 監視するウエットデニューダ方式の自動モニタ

白水 好美<sup>\*1</sup>, 田中 勝<sup>2</sup>, 田中 秀治<sup>3</sup>, 竹内 政樹<sup>3</sup>

クリーンルーム雰囲気に含まれる微量アンモニア (NH<sub>3</sub>) 及びアミンガスを準リアルタイムで監視できる塩基性ガス自動モニタを開発した。塩基性ガスの捕集には自作のウエットデニューダを用いた。ガス成分を捕集した捕集液は、10 方電動バルブに装備された 2 本の陽イオン濃縮カラムの片方に送液され、そこでガス成分が濃縮される。10 方電動バルブは 15 分毎に切り替わり、濃縮成分は逐次的にイオンクロマトグラフで定量される。このときにウエットデニューダから送られてくる捕集液は、もう一方の濃縮カラムに送られ、そこで捕集液中のガス成分が濃縮されるため、本モニタは塩基性ガス濃度を連続的に監視することができる。ウエットデニューダは、ガス吸引流量 2.5 L min<sup>-1</sup> においてモノエタノールアミン (MEA) ガスを定量的に捕集し、MEA ガスの濃度変化に対しても十分な応答性を示した。NH<sub>3</sub>, MEA 及び N-メチルエタノールアミン (N-MEA) ガスの検出限界値は、それぞれ 0.005 µg m<sup>-3</sup>, 0.01 µg m<sup>-3</sup>, 0.02 µg m<sup>-3</sup> であり、本モニタを半導体製造ラインのクリーンルーム雰囲気中 NH<sub>3</sub> と N-MEA ガスの連続測定に応用した。

### 1 緒 言

最先端の半導体製造ラインにおけるクリーンルーム環境は、デバイスの品質及び信頼性に大きな影響を及ぼす。デバイスの高集積化・微細化に伴い、クリーンルーム及び装置内環境に求められる清浄度はますます高くなっており、歩留り向上の観点からも汚染物質管理技術のさらなる高性能化が望まれる。

クリーンルームにおける代表的なガス状汚染物質として、外気及び洗浄剥離装置から発生する HCl, HF, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S 及び有機酸などの酸性ガス、外気や作業員から発生する NH<sub>3</sub> 及びアミンなどの塩基性ガス、シール剤やプラスチック部から発生するシロキサン、フタル酸ジオクチル及びフタル酸ジブチルなどの有機性ガスがある<sup>1)2)</sup>。酸性ガスは Al 配線の代わりに導入された Cu 配線の断線や腐食を引き起こす<sup>3)</sup>。塩基性ガスは ArF や KrF などの化学増幅型レジストの水素引き抜き反応を阻害し、T-TOP 現象と呼ばれるレジスト解像不良を生じる<sup>4)5)</sup>。NH<sub>3</sub> ガスが 1 µg m<sup>-3</sup> 以上存在すると T-TOP 現象が起こるため<sup>6)</sup>、半導体製造ラインの NH<sub>3</sub> ガス濃度は 0.01 g m<sup>-3</sup> 以下に管理され

ている。さらに、酸性ガスと塩基性ガスの反応により、レチクルやミラーなどの光学表面にヘイズが発生する<sup>7)</sup>。これらの問題を未然に防ぐ、あるいは問題を早期に発見し、迅速に対処するためには、クリーンルーム雰囲気のガス状汚染物質をリアルタイムで監視する必要がある。

著者らは、これまでに酸性ガスの捕集器としてウエットデニューダ<sup>8)</sup>を製作し、イオンクロマトグラフと組み合わせることで、クリーンルーム雰囲気あるいは大気中酸性ガスのオンライン分析を行ってきた<sup>9)~11)</sup>。ウエットデニューダは、サンプルガスとガス捕集液が膜を介することなく直接接するため、高いガス捕集効率とガス濃度の変化に対する迅速な応答が期待できる。一方、クリーンルーム雰囲気中塩基性ガスの自動モニタとしては、拡散スクラバー方式<sup>12)~14)</sup>とインピンジャー方式<sup>15)</sup>が報告されている。しかし、NH<sub>3</sub> ガスの濃度変化に対する両捕集方式の応答性は良好なもの、アミンガスに対しては応答遅延が大きく、実濃度の把握に長い時間を要した。

そこで本研究では、クリーンルーム雰囲気のアミンガスを迅速に測定するために、ウエットデニューダを用いる塩基性ガス自動モニタを構築した。本報では、アミンガスとしてモノエタノールアミン (MEA) ガスを用いて、自動モニタによる捕集効率、濃度変化に対する応答性を評価した結果を報告する。MEA はアミン系有機剥離液として広く使用されている薬剤であり、そのガス状物質はクリーンルーム環境における代表的な汚染物質である。また、本モニタで測定可能な塩基性ガス成分とその検出感度、及び本

\* E-mail: y.whitewater@outlook.jp

<sup>1</sup> オフィスシラミズ: 182-0022 東京都調布市国領町 8-2-9 ライフタウン国領 1-526

<sup>2</sup> 鶴岡工業高校専門学校創造工学科: 997-8511 山形県鶴岡市井岡字沢田 104

<sup>3</sup> 徳島大学大学院医歯薬学研究所: 770-8505 徳島県徳島市庄町 1-78-1

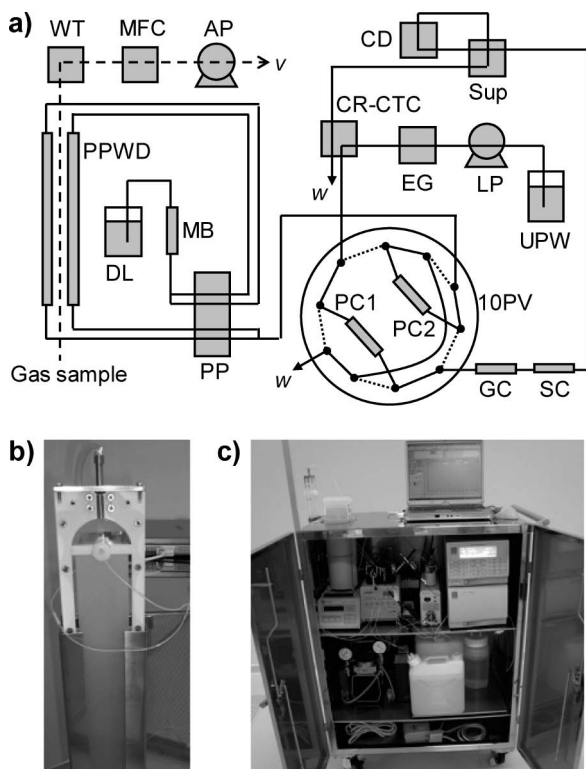


Fig. 1 Automated basic gas monitor

a) instrument schematic, b) parallel-plate wet denuder (side view of the monitor), c) front view of the monitor. AP, air pump; MFC, mass flow controller; WT, water trap; PPWD, parallel-plate wet denuder; DL, denuder liquid; MB, mixed-bed ion-exchange resin column; PP, peristaltic pump; PC1, preconcentration column 1; PC2, preconcentration column 2; 10PV, 10-port valve; UPW, ultrapure water; LP, liquid pump; EG, eluent generator; CR-CTC, continuously regenerated cation trap column; GC, guard column; SC, separation column; Sup, suppressor; CD, conductivity detector;  $v$ , vent;  $w$ , waste.

モニタを半導体製造ラインのクリーンルームで稼働させ、 $\text{NH}_3$  及びアミンガスを連続測定した結果についても併せて報告する。

## 2 実 験

### 2.1 試 薬

$\text{NH}_3$  は関東化学, MEA, *N*-メチルエタノールアミン (*N*-MEA), モノメチルアミン, ジメチルアミン及びトリメチルアミンは和光純薬工業, 過酸化水素 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) は三徳化学工業より購入したものをを用いた。水はクリーンルーム付帯の超純水製造システムより得られた超純水を用いた。

### 2.2 モノエタノールアミン標準ガス

MEA 標準ガスは, 校正用ガス調整装置 (ガステック製, パーミエーター PD-1B, 発生温度:  $35^\circ\text{C}$ ) を用いて発生さ

せた。発生ガス濃度は, 希釈ガス (窒素) 量とパーミエーター内の MEA 原液を充填したディフュージョンチューブの重量減少量より算出した。

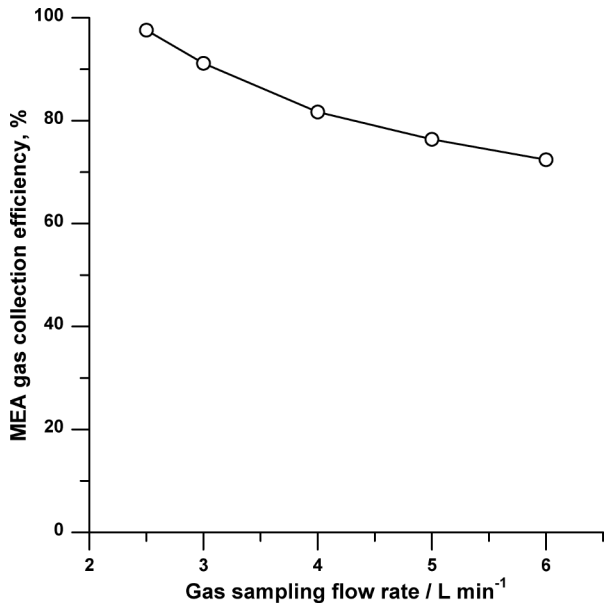
### 2.3 ウエットデニューダ方式の塩基性ガス自動モニタ

Fig. 1a に, 塩基性ガス自動モニタの概略図を示す。本モニタは, 塩基性ガスを捕集するウエットデニューダ (Fig. 1b) と捕集液中の目的イオンを定量するイオンクロマトグラフで構成される。サンプルガスは, 真空ポンプ (ギヤスト製, DOA-P501-DB) を用いて吸引され, その流量 ( $2.5 \sim 6 \text{ L min}^{-1}$ ) はマスフローコントローラー (コフロック製, 8500) で制御した。マスフローコントローラーとウエットデニューダの間には, 自作の水分トラップ (プラスチック容器に関東化学製のガラスウールを入れたもの) が配置されている。自作のカラム (シグマアルドリッチ製イオン交換樹脂 Dowex Marathon MR-3 を内径 3 mm, 長さ 20 cm のテフロンチューブに詰めたもの) で不純物を除去した  $0.5 \text{ mM H}_2\text{O}_2$  あるいは超純水をガス捕集液として用いた。その流量は 4 連ペリスタポンプ (レイニン製, RP-1) で制御され,  $0.5 \text{ mL min}^{-1}$  ( $0.25 \text{ mL min}^{-1} \text{ plate}^{-1}$ ) でウエットデニューダに送液した。ガス成分を捕集した捕集液は, 10 方電動バルブ (バルコ製, Cheminert C2) に装備された 2 本の陽イオン濃縮カラム (ダイオネクス製, TCC-LP1) の片方に送液され, そこでガス成分が濃縮される。10 方電動バルブは 15 分ごとに切り替わり, 濃縮成分は逐次的にイオンクロマトグラフ (DX320J; IC25 高圧液体ポンプ, RFC-30 溶離液ジェネレータ, EGC メタンスルホン酸カートリッジ, CR-CTC 自動再生陽イオントラップカラム, IonPac CG18 2-mm ガードカラム, IonPac CS18 2-mm 分離カラム, CSRS-300 2-mm 陽イオン電解再生サプレッサー, DS3-1 電気伝導度検出器, クロメレオン 6.8 クロマトグラフィータシステム, いずれもダイオネクス製, 溶離液:  $2 \text{ mM}$  メタンスルホン酸, 溶離液流量:  $0.25 \text{ mL min}^{-1}$ , サプレッサー電流:  $15 \text{ mA}$ , 再生液の供給: リサイクルモード) で定量される。このときにウエットデニューダから送られてくる捕集液は, もう一方の濃縮カラムに送られ, そこで捕集液中のガス成分が濃縮されるため, 本モニタは塩基性ガス濃度を連続的に測定することが可能である。また, 本モニタはキャスター付きの筐体<sup>きょう</sup>に収納されているため (Fig. 1c), クリーンルーム内の測定ポイント間を容易に移動することができる。

## 3 結果と考察

### 3.1 モノエタノールアミンガスの捕集効率

ガス捕集液の成分は捕集効率に大きな影響を及ぼすが, クリーンルームにおける薬液の使用は極力控えることが望ましい。そこで始めに, 超純水をウエットデニューダに送



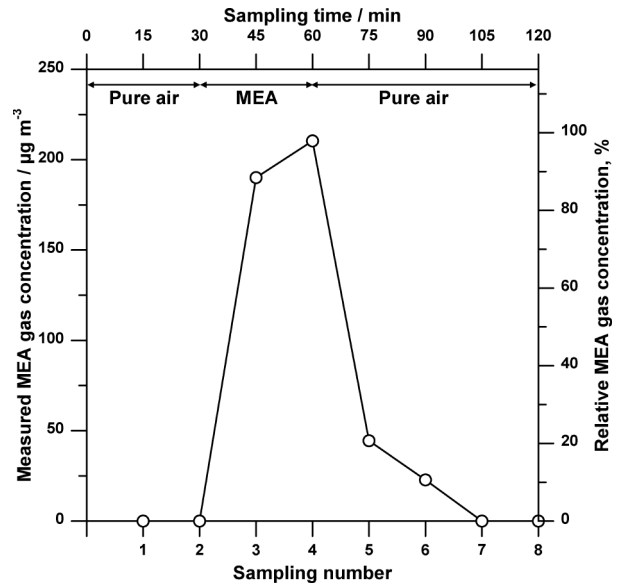
**Fig. 2** Collection efficiency of mono ethanolamine gas as a function of gas sampling flow rate  
MEA, mono ethanolamine

液して MEA ガスの捕集を試みた。しかし、捕集液の送液流量  $0.25 \text{ mL min}^{-1} \text{ plate}^{-1}$ 、ガス吸引流量  $3 \text{ L min}^{-1}$  における MEA 標準ガス ( $160 \mu\text{g m}^{-3}$ ) の捕集効率は  $78.4 \pm 4.0 \%$  ( $n=6$ ) と良好な結果は得られなかった。次に、捕集液を  $0.5 \text{ mM H}_2\text{O}_2$  に変更し、超純水の場合と同様の分析条件で MEA ガスを捕集したところ、捕集効率は  $91.1 \pm 2.1 \%$  ( $n=6$ ) に上昇した。ウエットデニューダ方式において、ガス捕集面の濡れ度はガス成分の捕集効率に大きな影響を及ぼす<sup>16)17)</sup>。捕集液に  $0.5 \text{ mM H}_2\text{O}_2$  を用いることで、ガス捕集面に付着していた有機物等が洗浄されたため、捕集面の濡れ度が改善し、MEA の捕集効率が上昇したと思われる。そこで今後の実験では、十分な捕集効率を得るために、 $0.5 \text{ mM H}_2\text{O}_2$  をガス捕集液として用いることにした。

Fig. 2 に、ガス吸引流量と MEA ガス捕集効率の関係を示す。ガス吸引流量が低くなるにつれて捕集効率は上昇し、 $2.5 \text{ L min}^{-1}$  における捕集効率は  $97.6 \%$  と高い値を示した。一方、ガス吸引流量  $6 \text{ L min}^{-1}$  における捕集効率は  $72.4 \%$  と低い値を示した。しかし、同濃度の MEA ガスを捕集すると仮定した場合、ガス吸引流量  $6 \text{ L min}^{-1}$  で捕集される MEA の物質量は、 $2.5 \text{ L min}^{-1}$  のときの 2 倍近くに達する ( $160 \mu\text{g m}^{-3}$  MEA 標準ガスに対する上述の結果では 1.78 倍)。したがって、極めて低濃度で存在するガス成分を検出したいときは、ガス吸引流量  $6 \text{ L min}^{-1}$  の方が有効である。

### 3・2 モノエタノールアミンガスの濃度変化に対する応答性

半導体製造ラインにおける汚染ガスの監視では、監視対



**Fig. 3** Response speed to changing mono ethanolamine gas concentration

MEA, mono ethanolamine. Relative MEA gas concentration shows the percentage of measured MEA gas concentration per MEA gas concentration used as sampling gas. The sample gas was varied in the order of pure air (zero gas) from 0 to 30 min,  $215 \mu\text{g m}^{-3}$  MEA from 30 to 60 min, and pure air from 60 to 120 min.

象ガスの濃度変化に対する応答性が極めて重要である。汚染ガス濃度の突発的な変化をいち早く検知できれば、その後の迅速な対応により、半導体製造ラインの歩留り改善に大きく寄与できる。

Fig. 3 に、清浄空気、MEA 標準ガス ( $215 \mu\text{g m}^{-3}$ )、清浄空気の順でサンプルガスをウエットデニューダに導入したときの、MEA ガス濃度の実測値及び  $215 \mu\text{g m}^{-3}$  に対する実測値の割合 (以下、相対濃度とする) を示す。なお、このときのガス捕集液の送液流量は  $0.25 \text{ mL min}^{-1} \text{ plate}^{-1}$ 、ガス吸引流量は  $2.5 \text{ L min}^{-1}$  であり、MEA 標準ガスの導入期間はサンプリング時間 30 分から 60 分までである。最初の 30 分間の清浄空気を分析した試料 1 と 2 の MEA ガス濃度は検出限界以下 (値は後述) であった。続いて、MEA 標準ガス導入後の試料 3 では、相対濃度が  $88.4 \%$  まで上昇し、試料 4 では  $97.9 \%$  に達した。サンプルガス濃度を上昇させた直後の試料でほぼ  $90 \%$  の相対濃度に達していることから、本モニタは汚染ガスを検知する上で十分な応答性を有していると思われる。一方、サンプルガスを MEA 標準ガスから清浄空気に戻したときの相対濃度は、切り替え直後の試料 5 が  $20.7 \%$ 、試料 6 は  $10.6 \%$  であり、試料 7 で検出限界以下となった。サンプルガスの濃度低下に対する応答性は、メモリー効果のため濃度上昇に対する応答性よりも遅くなったが、ガス捕集液の送液流量を上げること

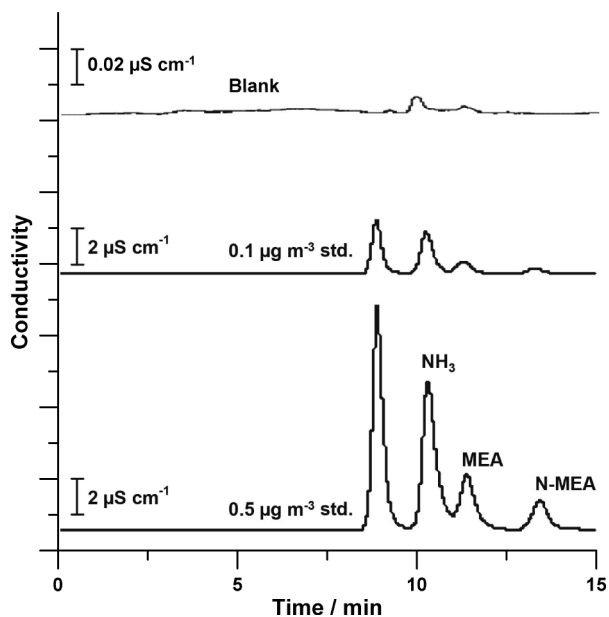


Fig. 4 Typical instrument outputs for blank,  $0.1 \mu\text{g m}^{-3}$ , and  $0.5 \mu\text{g m}^{-3}$  standard (liquid-phase calibration)

MEA, mono ethanolamine; N-MEA, N-methylethanolamine. The peak appeared around 9 min in chromatograms is sodium ion, that is unintentionally present in the standards. The vertical scale for standard samples is 100-times larger than that for blank.

で改善可能である<sup>9)</sup>。また、本モニタの応答性は、拡散スクラパー方式の自動モニタ ( $20 \mu\text{g m}^{-3}$  MEAの相対濃度80%までの上昇時間と20%までの下降時間はともに96分)<sup>14)</sup>と比べて優位であった。

### 3.3 アンモニア及びアミンガスの検出感度

本モニタは2本の陽イオン濃縮カラムを交互に用いて塩基性ガス濃度を測定しており、濃縮カラムの個体差が検出感度の違い、すなわち検量線の傾きに違いを引き起こす可能性がある。そこで、それぞれの濃縮カラムに対応する検量線を作成した。2本の濃縮カラムから得られた検量線の傾きの比は、 $\text{NH}_3$ : 1.003, MEA: 1.017, N-MEA: 0.974となり、濃縮カラムの個体差による検出感度に大きな違いはみられなかった。

Fig. 4に、検量線作成用の標準液(吸引体積  $0.075 \text{ m}^{-3}$ における  $0.1 \mu\text{g m}^{-3}$ と  $0.5 \mu\text{g m}^{-3}$ に対応)及びブランク溶液(超純水)を分析したときのクロマトグラムを示す。ブランク溶液における各成分のピーク高さは、いずれも  $0.01 \mu\text{S cm}^{-1}$ 以下である。このピーク高さの3倍の高さを検出限界値とすると、 $\text{NH}_3$ , MEA及びN-MEAガスの検出限界値は、それぞれ  $0.005 \mu\text{g m}^{-3}$ ,  $0.01 \mu\text{g m}^{-3}$ ,  $0.02 \mu\text{g m}^{-3}$ となることから、本モニタは塩基性ガスを極めて高感度に測定可能である。また、イオンクロマトグラフのガードカラム及び

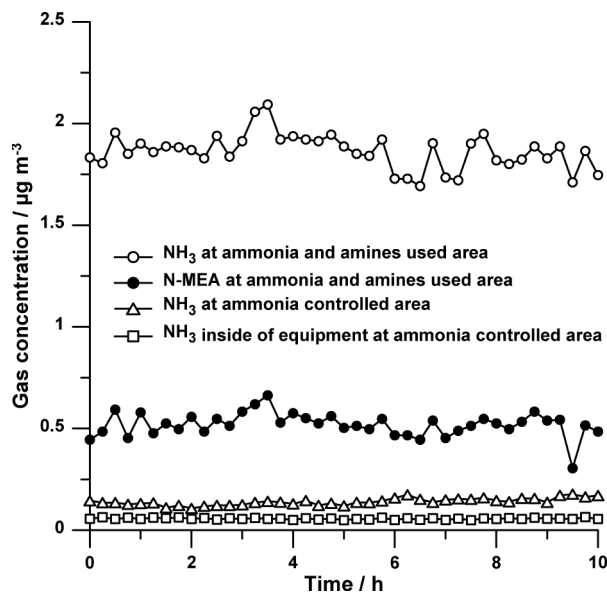


Fig. 5 Time variations of basic gases concentration in clean rooms

N-MEA, N-methylethanolamine. Other basic gases than those in Fig. 5 were below the detection limits.

分離カラムをアルコールアミン用からアルキルアミン分析用の IonPac CG17 2-mm 及び IonPac CS17 2-mm (いずれもダイオネクス製)に変更することで、 $\text{NH}_3$ ガスと同時にクリーンルーム内のケミカルフィルターに使用されているモノメチルアミン、ジメチルアミン及びトリメチルアミンガスを15分の時間分解能で測定可能であった(クロマトグラムは示していない)。

### 3.4 クリーンルーム雰囲気に含まれるアンモニア及びアミンガスの測定

Fig. 5に、ウェットデニューダ方式の塩基性ガス自動モニタを用いて、半導体製造ラインのクリーンルーム雰囲気中存在する塩基性ガスを測定した一例を示す。このときの測定対象ガスは  $\text{NH}_3$ , MEA及びN-MEAの3成分、捕集液の送液流量は  $0.25 \text{ mL min}^{-1} \text{ plate}^{-1}$ , ガス吸引流量は  $5 \text{ L min}^{-1}$ であり、いずれの塩基性ガスについても、ウェットデニューダによる捕集効率率は80%として濃度を算出している。 $\text{NH}_3$ 及びN-MEAを使用しているエリアの雰囲気では、 $\text{NH}_3$ ガス:  $1.86 \pm 0.09 \mu\text{g m}^{-3}$  ( $n=41$ ), N-MEAガス:  $0.52 \pm 0.06 \mu\text{g m}^{-3}$  (同)が検出された。このときは、約10時間の連続測定であったが、いずれの時間帯も、 $\text{NH}_3$ 及びN-MEAガス濃度を時間分解能15分の準リアルタイムで監視することができた。また、同エリアでは、MEA含有の有機剥離液を使用していないため、MEAガスは検出されなかった。一方、 $\text{NH}_3$ の使用が制限されているエリアの雰囲気における  $\text{NH}_3$ ガス濃度は  $0.14 \pm 0.02 \mu\text{g m}^{-3}$  ( $n=41$ )で

あり,  $\text{NH}_3$  使用エリアに比べて濃度変動のバラツキが小さく, かつ極めて低濃度で推移していた. また,  $\text{NH}_3$  制限エリアに設置された装置内の  $\text{NH}_3$  ガス濃度は,  $0.06 \pm 0.00 \mu\text{g m}^{-3}$  ( $n=41$ ) で推移しており, 清浄な環境状態であることが確認された.

#### 4 結 言

ウエットデニューダ方式の塩基性ガス自動モニタを開発した. 本モニタは, クリーンルーム雰囲気に含まれる  $\text{NH}_3$  ガスのほかに半導体材料及びクリーンルーム資材などに含まれるモノエタノールアミン, *N*-メチルエタノールアミンあるいはモノメチルアミン, ジメチルアミン, トリメチルアミンを高感度かつ 15 分の時間分解能で測定可能である. また, 本モニタはキャスター付きの可搬型であり, アミンガスの濃度変化に対する応答性が良好なことから, 測定ポイントを効率良く移動しながら塩基性ガス濃度を監視することも可能である. 本モニタによるクリーンルーム雰囲気中  $\text{NH}_3$  及びアミンガスの監視システムは, 半導体製造ラインの歩留り改善, デバイスの品質及び信頼性の向上に大きく寄与するものと考えられる.

#### 謝 辞

Pernendu K. Dasgupta 教授 (University of Texas at Arlington) と Kavin J. Morris 博士 (Morris Machine Works) にウエットデニューダに関するご助言を頂きました. ここに謝意を表します.

(平成 22 年 6 月 9 日, プレ ISCC2010 空気清浄とコ  
ンタミネーションコントロール研究発表会及び平  
成 22 年 10 月 19 日, ISSM2010 において, 一部発表)

#### 文 献

- 1) 齊木 篤 : 空気清浄, **36**, 64 (1998).
- 2) 呂 俊民 : 空気清浄, **36**, 70 (1998).
- 3) J. K. Higley, M. A. Joffe : *Solid State Technol.*, **39**, 211 (1996).
- 4) Y. Kawai, A. Otaka, A. Tanaka, T. Matsuda : *Jpn. J. Appl. Phys. Part 1 - Regul. Pap. Short Notes Rev. Pap.*, **33**, 7023 (1994).
- 5) D. Ruede, M. Ercken, T. Borgers : *Solid State Technol.*, **44**, 63 (2001).
- 6) H. Yohino, T. Itani, S. Hashimoto, M. Yamana, N. Samoto, K. Kasama, A. G. Timko, O. Nalamasu : *Microelectron. Eng.*, **35**, 153 (1997).
- 7) T. Fujimoto, K. Takeda, T. Nonaka : "Development in Surface Contamination and Cleaning-Fundamentals and Applied Aspects", ed. R. Kohli, K. L. Mittal, p. 384 (2007) (William Andrew).
- 8) C. B. Boring, R. Al-Horr, Z. Genfa, P. K. Dasgupta, M. W. Martin, W. F. Smith : *Anal. Chem.*, **74**, 1256 (2002).
- 9) M. Takeuchi, H. Tsunoda, H. Tanaka, Y. Shiramizu : *Anal. Sci.*, **27**, 805 (2011).
- 10) M. Takeuchi, Y. Miyazaki, H. Tsunoda, H. Tanaka : *Anal. Sci.*, **29**, 165 (2013).
- 11) 富安直弥, 並川 誠, 田中秀治, 竹内政樹 : 分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **65**, 425 (2016).
- 12) U. Hase, Y. Matsuyoshi : *NEC Res. & Develop.*, **39**, 95 (1998).
- 13) Y. Matsuyoshi, Y. Satoh, T. Shinozaki, E. Suzuki, N. Nagata : *NEC Res. & Develop.*, **41**, 93 (2000).
- 14) Y. Satoh, Y. Matsuyoshi : *NEC Res. & Develop.*, **42**, 314 (2001).
- 15) 長谷 潮, 佐藤右一 : エアロゾル研究, **17**, 83 (2002).
- 16) M. Takeuchi, J. Li, K. J. Morris, P. K. Dasgupta : *Anal. Chem.*, **76**, 1204 (2004).
- 17) M. Takeuchi, M. Izumi, M. Watanabe, H. Tanaka, T. Obata, K. Toda : *Anal. Methods*, **5**, 6071 (2013).

## An Automated Basic Gases Monitor Coupled with a Parallel-plate Wet Denuder for Monitoring of Ammonia and Amines in Clean Rooms

Yoshimi SHIRAMIZU<sup>\*1</sup>, Masaru TANAKA<sup>2</sup>, Hideji TANAKA<sup>3</sup> and Masaki TAKEUCHI<sup>3</sup>

\* E-mail : y.whitewater@outlook.jp

<sup>1</sup> Office SHIRAMIZU, 1-526, Life-town Kokuryo, 8-2-9, Kokuryo-cho, Chofu-shi, Tokyo 182-0022

<sup>2</sup> Department of Creative Engineering, National Institute of Technology, Tsuruoka College, 104, Ioka-Aza-Sawada, Tsuruoka-shi, Yamagata 997-8511

<sup>3</sup> Institute of Biomedical Sciences, Tokushima University Graduate School, 1-78-1, Shomachi, Tokushima-shi, Tokushima 770-8505

(Received January 17, 2017; Accepted February 15, 2017)

This paper describes the automated basic gases measuring technology for the near-real-time monitoring of ammonia (NH<sub>3</sub>) and amines in a clean room. The analytes collected with a parallel-plate wet denuder (PPWD) are continuously pumped into one of two cation concentration columns for 15 min, and determined on-line by means of ion chromatography. While one concentration column is used for chromatographic separation, the other is used for loading the sample solution. The PPWD collects quantitatively mono ethanolamine (MEA) gas at a sampling flow rate of 2.5 L min<sup>-1</sup>. The response time to any variability in the MEA gas concentration is fast enough for near-real-time monitoring. The limits of detection are 0.005 µg m<sup>-3</sup> for NH<sub>3</sub> gas, 0.01 µg m<sup>-3</sup> for MEA gas, and 0.02 µg m<sup>-3</sup> for *N*-methylethanolamine (N-MEA) gas. The NH<sub>3</sub> and N-MEA gas concentrations have been successfully measured at semiconductor manufacturing clean rooms.

**Keywords:** basic gases monitor; parallel-plate wet denuder; ion chromatography; ammonia; amine; clean room.