

J123

マイクロガス分析システムの開発とクリーンルーム中アンモニアモニタリングへの応用

(東大院工) ○ (正) 比企伸一郎*・(IMT) 木平ゆう子・
(東大院工) 馬渡和真・北森武彦

【1 はじめに】

半導体製造工場におけるクリーンルームは粒子成分のみでなく、化学汚染物質の除去が重要な課題となっている。高密度LSIプロセスで必要とされる化学増幅型レジストを用いたフォトリソグラフィ工程では、アンモニアガスによるパターン不良が問題となっている。微量のアンモニアを検出には、大型で設置型の分析装置が使用される。しかし、多点からサンプルを捕集する場合は長いチューブを使う必要があり、アンモニアの吸着によって正確な値を得るまでに長い時間を要する。応答時間を高速化するためには、可搬型の装置を開発し、装置そのものを捕集場所に近づけ、吸着を最低限に抑える必要がある。

これまで我々のグループでは、数センチ角の基板上に分析システムを集積化することで、小型・短時間・高感度性能を実現するマイクロ化学分析システムの開発について報告してきた¹⁾²⁾。今回は、このマイクロ化学システムを適用したマイクロガス分析システムの開発内容、その評価結果および本システムのクリーンルーム中アンモニアモニタリングへの応用検討について報告する。

【2 装置構成】

装置はマイクロ化学チップ、ガス・試薬導入部および検出部から構成され(図1)、マイクロ化学チップ上で、高効率気液抽出、気液分離、短時間発色反応、超高感度検出を実現した。

気液抽出は、微量の液体に対して多量のガスを接触させつつ、高い抽出率を確保しなければならない。マイクロ空間の大きな比界面積と短い拡散距離を利用することを着想し、液膜流を用いた気液抽出法を開発した。マイクロ空間では界面張力が支配的な力となるため、表面に液体が接触し、チャネル中央を気体が行く膜厚さ:数 μm 程度の液膜流が形成される。ガス接触時間15msで捕集率 $\sim 100\%$ 、濃縮率100倍を実現した。

気液分離は、多孔質テフロン膜の疎水性を利用した相分離法を開発した。多孔質テフロン膜は、粘性が小さい気体は多量のガスを通過させることができる。一方、液体が疎水性の細孔を通過しようとする時、液体は気相側へ膨らむ形状を持つ。界面が変形すると、界面張力由来のラプラス圧 ΔP_L が生じ、液体を通過させない方向に力が生じる。液体はこれ以上の圧力がないと細孔を通過できない。ラプラス圧はヤング・ラプラ

スの式($\Delta P_L = \gamma/R$, γ : 界面張力, R : 曲率半径)で表される。ガラスとテフロンは接合が困難なため、ホルダーを作製し、圧着した。この方法により安定な気液分離を実現した。

発色反応は、マイクロ二相流を用いた高効率反応系をマイクロチップ中に構築することで微量・短時間反応を実現した。

検出には、微量成分を超高感度検出する、励起波長655nmの熱レンズ検出法を用いた。

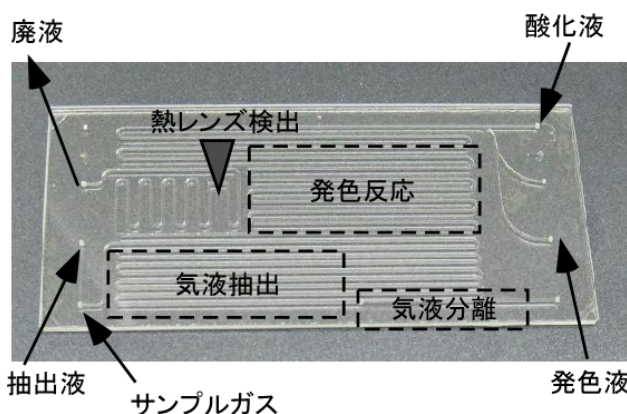


図1 マイクロ化学チップ (3×7cm)

【3 評価結果】

アンモニア/N₂標準ガスを用いて、開発した装置の検出性能を評価したところ、0-5ppbvの範囲で直線性を持った検量線が得られた(図2)。得られた結果から検出下限値(S/N=2)を算出したところ、0.056ppbであった。

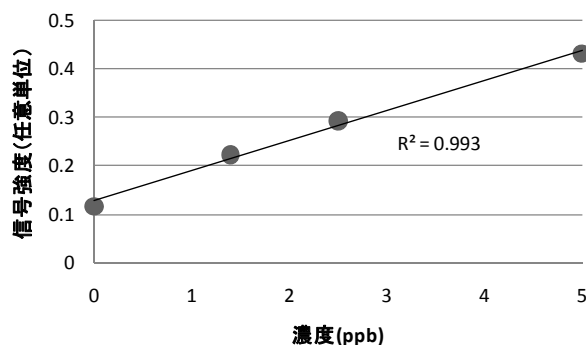


図2 検量線

【4 応用】

応用展開のための評価として、外部施設にてサイトのアンモニア濃度を長時間モニタリングした。人の増減に伴ってアンモニア濃度も変化する傾向が確認され、本システムの実用性が確認された。市場への早急な展開が期待される。

- 1) 青田新, クリーンテクノロジー (2009) .
- 2) T. Ohashi, Lab Chip (2009).