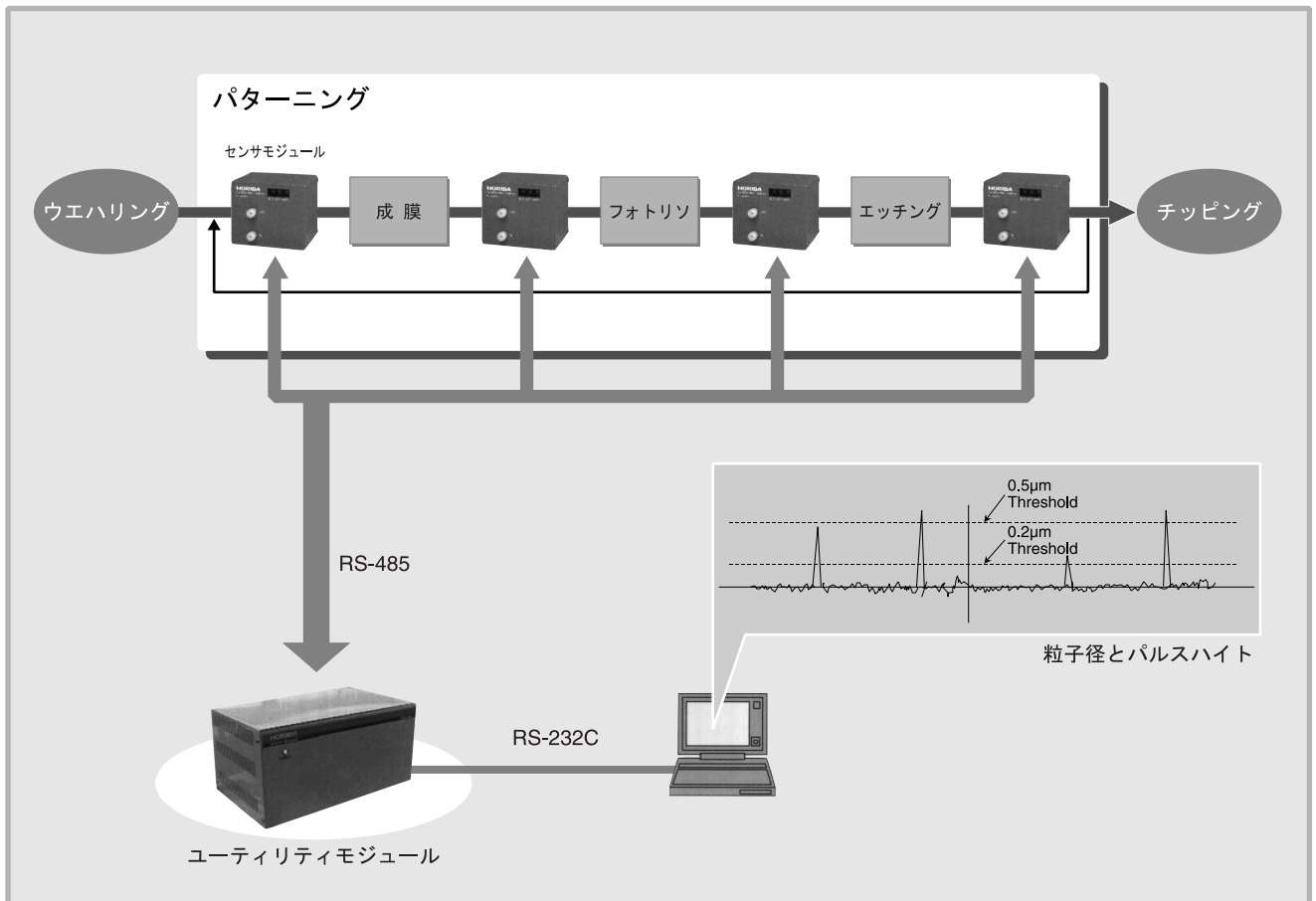


薬液用インラインパーティクルセンサ PLCA-800 シリーズ

Inline Particle Sensor for Chemical Solutions PLCA-800 Series

湯原 義公



要旨

半導体製造プロセスにおける薬液用インラインパーティクルセンサ PLCA-800 シリーズを製品化した。PLCA-800 シリーズは、センサ部、信号処理部、制御部とをそれぞれモジュール化し、最大10カ所のインライン測定が可能なコンパクトな設計となっている。さらに、発泡性の薬液も安定して測定できるように、脱泡機能や冷却機能を備えたサンプリングユニットをオプションとし、多様なニーズに即応できる。本稿では、開発の背景、優れた性能の実現方法、特長、そして用途について紹介する。

Abstract

The PLCA-800 series inline particle sensors for chemical solutions feature a compact design which permits inline measurement at up to 10 locations. The sensor, signal processing element, and control unit are each contained in a separate module. An optional sampling unit provides deaerating and cooling to assure stable measurement of chemical solutions to meet a variety of practical needs. This article discusses the development of the product, its features and uses, and recommends techniques to achieve superior performance.

1 はじめに

近年、半導体デバイスの高集積化・超微細化およびシステム化が一段と進む中で、製造プロセスでの歩留り向上がより強く望まれている。とくに、洗浄工程で使われる超純水や薬液類の中に含まれている微粒子数の厳密な管理が不可欠となっている。また、半導体デバイスと同様に、液晶フラットパネルの製造プロセスにおいても微粒子管理が必要不可欠となっている。

従来、液体中の微粒子の評価は、試験用に鏡面ウエハをプロセスに取り込み、このウエハで異物検査装置を用いて行われていた。しかしこの手法は、煩雑でリアルタイム性に欠け、熟練を要し、さらに多大のコストが必要になるといった問題があり、高精度で再現性の良いインライン液体パーティクルセンサが求められていた。

ホリバは1986年にレーザ散乱法を測定原理とした超純水用パーティクルカウンタPLCA-310を製品化、さらに、1989年には薬液用パーティクルカウンタPLCA-700を発売し、数多くの実績と経験を蓄積してきた。このたび、これら豊富な実績に基づき、新たに最少可測粒径0.1 μm感度を持ち、最大10カ所のラインを同時に監視できる薬液用インライン専用パーティクルセンサPLCA-800シリーズを開発した。

2 開発の背景

半導体プロセスの高度化にともない、そこで使われるパーティクルカウンタへの要求はますます多様化し、かつ厳しくなっている。

ニーズの一つは、インライン化である。半導体デバイスの集積度と生産の歩留まり向上が徹底的に追求される中、純水や薬液中の微粒子数を確実に管理するためには、製造ラインに組み込めるものでなければならない。そのためには、小型化は必須条件であり、コストも安くなければならない。さらに、各ラインでの要請に適合し、メンテナンスも容易でなければならない。当然、より微小粒子が確実に検出できる高感度なものが大前提となってくる。そこでPLCA-800シリーズでは、機器をモジュール化し、様々なニーズに応じてモジュールを組み合わせることを開発の基本コンセプトとした。

3 機器構成

PLCA-800は、センサ部(センサモジュール)、電源供給部(ユーティリティモジュール)、パーソナルコンピュータ制御部(マスタモジュール)の3つのモジュールから構成される。

センサとユーティリティモジュール間はRS-485で、ユーティリティとマスタモジュール間はRS-232Cケーブルで接続される。これにより、センサモジュールをラインに組み込み、ユーティリティとマスタモジュールはそれぞれ別の場所に設置することができる。したがって、オペレータが現場へ行って制御する必要はない。また、ユーティリティモジュールはマルチドロップ方式を採用し、最大10台のセンサモジュールを一度に接続できる。これによって、複数のセンサモジュールを1台のユーティリティ、マスタモジュールで計測制御することができ、コスト削減にも有効である。図1にPLCA-800のシステム構成の一例を示す。

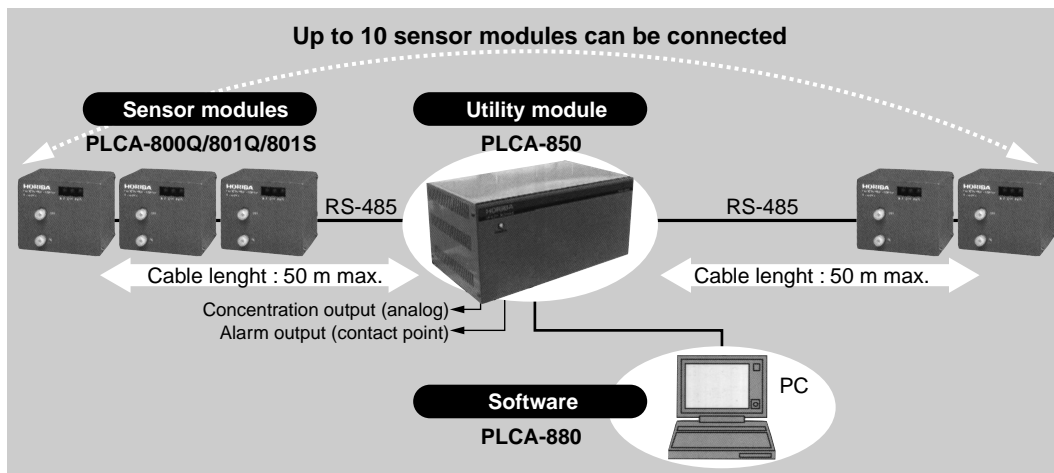


図1 薬液用インラインパーティクルセンサ PLCA-800 シリーズ

Inline Particle Sensor for Chemical Solutions PLCA-800 Series

(1) センサモジュール

センサモジュールは、半導体製造ラインの配管から直接サンプリングし、微粒子を検出、カウントするユニットである。センサモジュールは、測定する試料によって型式が分けられ、純水・薬液用で最小可測粒径が0.1 μmのPLCA-801Qと0.2 μmのPLCA-800Q、およびフッ酸用で0.1 μmのPLCA-801Sとがシリーズ化されている。センサモジュールの仕様一覧を表1に示す。

(2) ユーティリティモジュール

ユーティリティモジュールは、センサモジュールへの電源の供給、およびセンサ信号をマスタモジュールへ中継するユニットである。また、粒子数に相当するアナログ出力やの異常発生時の警報用接点出力を取り出すこともできる。なお、ユーティリティモジュールは、これらの外部信号の取り出し方により2機種(PLCA-850UD, PLCA-850UA)が準備されている。表2にユーティリティモジュールの仕様を示す。

(3) マスタモジュール

マスタモジュールは、パーソナルコンピュータからセンサモジュールを制御するソフトウェアのことである。測定開始・中止の指令と警報値の設定を行う以外に、測定結果のトレンドをグラフ表示によりプロセスの状態を一目で把握することができる。また、測定データは、TXT形式で自動的に保存され、必要な時にいつでも確認することができる。表3にソフトウェアPLCA-880の仕様を示す。

	Standard type with quartz glass cells	Quartz glass cells with particle resolution of 0.1 μm	Sapphire glass cell with particle resolution of 0.1 μm
	PLCA-800Q	PLCA-810Q	PLCA-801S
Method of measurement	Laser scattering (90°scattering)		
Applicable samples	Particles in chemical solutions and pure water		Hydrofluoric acid (HF)
Cell material	Quartz glass		Sapphire glass
Sample temperature	15 to 35°		
Particle size	0.2 μm min.	0.1 μm min.	0.1 μm min.
Threshold	2 channels [0.2][0.5]	2 channels [0.1][0.2]	2 channels [0.1][0.2]
Measurable volume	1.80 mL/min	0.22 mL/min	
Sample flow rate	20 mL/min±2 mL		
Sample pressure	0.05 MPa to 0.15 MPa		

表1 センサモジュール PLCA-800Q, PLCA-801S の仕様
Sensor module PLCA-800Q, PLCA-801S specifications

	PLCA-850UD	PLCA-850UA
No. of sensors	10 max.	
Sensor interface	RS-485x2 ports (50 m max. per port)	
Computer interface	RS-232x1 port (10 m max.)	
Alarm output 2 per channel (4 per sensor)	For 5 sensors (20 points)	For 10 sensors (40 points)
Analog output(4 to 20 mA) 1per channel(2 per sensor)	None	For 10 sensors (20 points)
Alarm output specification	FET open drain Maximum voltage 24 V DC, maximum current 20 mA DC	

表2 ユーティリティモジュール PLCA-850UD, PLCA-850UA の仕様
Utility module PLCA-850UD, PLCA-850UA specifications

	PLCA-880
OS	Windows NT Workstation 4.0 (English)
Computer requirements	133 MHz CPU or better, 48 MB RAM, 1 GB hard disk, and equipped with an RS-232C port

表3 ソフトウェア PLCA-880 の仕様
Software PLCA-880 specifications

4 測定原理

PLCA-800の測定原理にはレーザー側方散乱法 90° を採用している。試料を一定の流量で流すフローセルにレーザービームを照射し、液中の微粒子とレーザー光が交差する時に、散乱光が放出される。散乱光の強度は粒子径に依存するため、この強度を測定することにより微粒子の大きさが得られる。微粒子がレーザービームを通過する度にパルス状の散乱光が発生する。

図2は、粒子が流れてきた時に得られるパルスを模式的に示したものである。この図からわかるように、パルスの高さは粒子径に依存し、径が大きければ高いパルスが得られる。この特性を利用することで、あらかじめ粒子径の大きさに応じてしきい値を設定しておき、このしきい値を超えたパルスをカウントする。

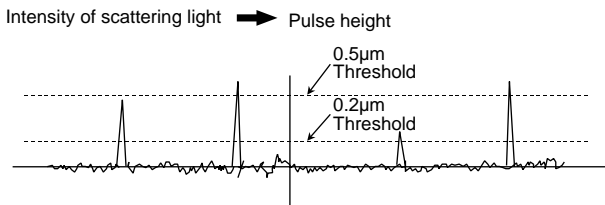


図2 電圧パルスとしきい値
Relation of pulse height and threshold

5 高感度化

図3は、ポリスチレンラテックス粒子が純水中に存在していると仮定したときに得られる散乱光強度のシミュレーション結果を示す。これから、粒子径が小さくなるほど得られるパルスも小さくなり、パルスとノイズとの分離が困難になってくる。したがって、高感度を計るためには、ノイズとパルスを明確に分離できる高性能な光学系と信号処理が必要となる。

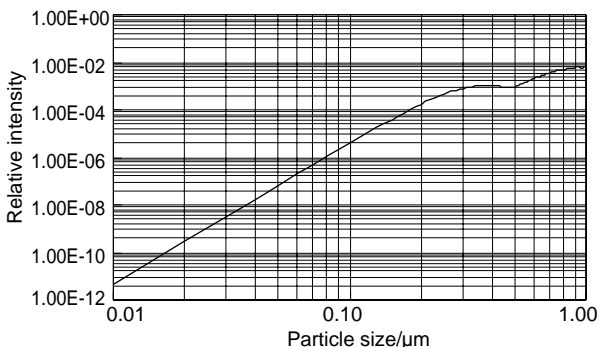


図3 純水中のポリスチレンラテックス粒子からの
相対散乱光強度計算値
Calculated relative scattering light intensity scattered by the polystyrenelatex particle in the pure water

5.1 光学系

図4にPLCA-800シリーズのセンサモジュールの光学系ブロック図を示す。

半導体レーザーLDから出射されたレーザー光は、コリメータレンズにより平行光にされた後、集光レンズを透過してフローセル中で焦点を結ぶ。微粒子がセルを通過すると、微粒子によりレーザー光が散乱される。これを入射方向から90°の位置に配置された受光レンズ系で集光し、検出器の受光面上に結像させる。検出感度を高くするためには、

- (1) 散乱光の受光立体角を極力大きくとる
- (2) 光源の出力を上げる
- (3) 光電変換効率が高くかつ高速応答性の検出器を用いることがポイントである。さらに、これらの要因と光学系の小型化との最適化が実設計では重要となる。

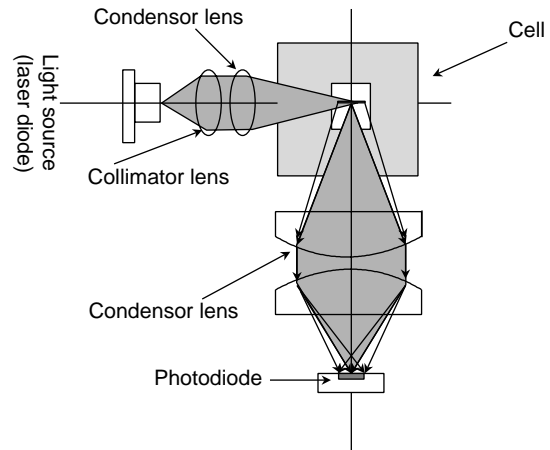


図4 PLCA-801 光学系
PLCA-801 Optical system diagram

5.2 信号処理

散乱光パルスを受光した検出器からの光電流は、検出回路でI-V変換され電圧パルスとして増幅された後、コンパレータへ送られる。ここで比較弁別されたパルスは、CPUにてあらかじめ設定された時間内で積算される。このデータは、RS-485ケーブルを介してマスタモジュールへシリアル通信される。なおセンサモジュールには、LDや光学系の状態を監視し、万一異常が起きた場合には、迅速にユーティリティ、マスタモジュールへ通知する自己監視機能を搭載している。

5.3 サンプリグ系

PLCA-800は純水、薬液の循環、供給ラインの配管系から一部を分流してサンプリグする(図5)。

サンプルが超純水のように元来微粒子が非常に少ない場合には、測定結果にバラツキが顕著になってくる。このようなランダムに飛来する微粒子をカウントする場合には、測定時間を長くとりカウント数を増やすことによって、バラツキを小さくすることができる。また、薬液循環用ポンプの脈動による流量変動が生じないように、サンプリグポイントにダンパを設けることも有効である。

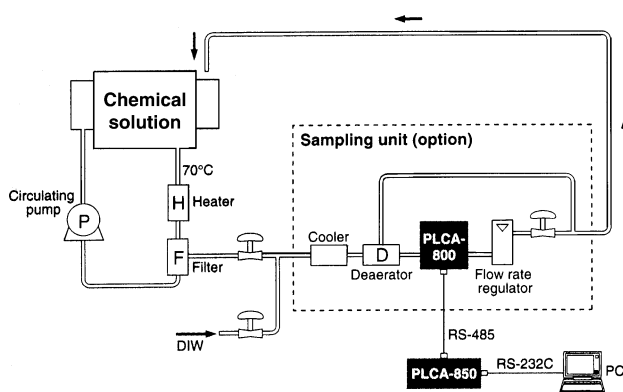


図5 洗浄機フロー図
Flow diagram of wet-station

6 発泡性薬液の測定

6.1 気泡の発生

発泡性の強い薬液を測定しようとするとき、配管途中やセル中で小さな気泡が発生する場合がある。長い配管中を流れてくる間に小さな気泡が成長し、やがて、図6に示すような液相と気相を形成する。このような気泡がセンサに導入されると、泡が微粒子と判断され誤検出を生じさせる。とくに高温の薬液の場合には、気泡が発生しやすく注意が必要となる。

気泡の発生を阻止するためには、試料の温度を下げ、圧力を加えることが効果的である。温度を下げ加圧すると、ガスの液体に対する溶解度が上がり、気泡の発生を防ぐことができる。

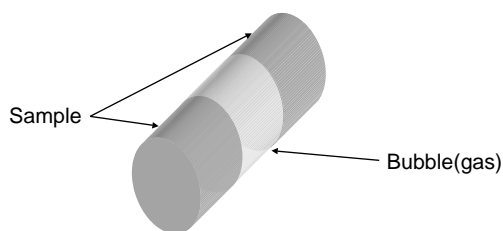


図6 配管中に発生した気泡(気相)
Generated bubble in tube

6.2 サンプリグユニット

PLCA800シリーズでは、インライン測定における気泡発生抑制を目的としたサンプリグユニットPLCA-SP-2をオプションとして用意している(図5)。

PLCA-SP-2は、試料が流れる配管をファンで冷却する冷却部、大きな気泡(気相)を除去する脱泡部、流量調整部、およびセンサモジュールとの組み合わせで構成されている。また常温のみの測定であっても、気泡の発生しやすい薬液などの測定もあり得ると想定して、脱泡部と加圧効果を持つ流量調整部を組み込んだ常温サンプル用PLCA-SP-1も用意している。

これら豊富なオプションから、それぞれのラインの特性に応じて、最適なインラインパーティクルセンシングシステムを構築する。

7 特長と主な用途

PLCA-800シリーズは次の特長を有している。

コンパクトな設計

センサモジュールは105mm(W)×88mm(H)×89mm(D)、約2kgと非常に小型・軽量化されており、インライン計測に最適。

最小可測粒径0.1 μmの高感度

光学系の最適化設計により最小粒径0.1 μmまで計測可能。

設置コストの削減

最大10台のセンサモジュールを1台のマスタモジュールとユーティリティモジュールでコントロールできるため、設置コストを大幅に削減し、プロセスのリアルタイム管理が可能。

豊富な機種をラインアップ

各プロセスの特性に合わせ、最小可測粒径(0.2 μm, 0.1 μm)や測定セルの材質(石英, サファイア)を選択できるように、機種をラインアップ。

発泡性薬液も安定に測定

冷却, 脱泡, 流量調整などの機能とセンサモジュールとを一体化したサンプリグユニット(オプション)により、常温から高温まで各種の薬液を気泡の影響を受けずに計測可能。

PLCA-800シリーズは、半導体プロセスにおける薬液用インラインパーティクルセンサとして、次のようなプロセスで使われている。

ウエハウェット洗浄工程での洗浄液管理

超純水製造装置, 供給装置の超純水管理

薬液供給装置での薬液管理

CMP後洗浄工程での洗浄効果確認・管理

液晶基板洗浄工程での洗浄管理(最終洗浄槽)

8 おわりに

薬液用パーティクルセンサPLCA-800シリーズの開発背景と技術ポイントを紹介した。半導体デバイスおよびLCDパネルの製造プロセスにおけるパーティクル管理はますますその重要性が増加しており、パーティクルセンサのさらなる多様化・高性能化が求められている。

徹底した小型・軽量化とモジュール化を実現したPLCA-800シリーズは、お客様の多様なニーズにお応えできるものと期待している。と同時に、より一層の性能向上、表示・解析ソフトの充実等、メーカーとしてさらなる努力と挑戦を重ね、お客様のお役に立ちたいと念じている。



湯原 義公

Yoshihito YUHARA

半導体システム開発部