

レーザー光散乱法による超微粒子計測装置

Nano-Size Particle Analyzer (Nanolyzer)

技術開発本部

佐々木 隆
Takashi Sasaki
有田 若彦
Wakohiko Arita

An innovative particle analyzer "Nanolyzer" has been developed by cooperative work of Shinko-Pfaudler Co., Ltd and Kowa Co., Ltd. Measuring principle of "Nanolyzer" applied to detect particles is 90° scattering method using Ar-laser.

It has been proved that "Nanolyzer" can recognize a 0.067 μm polystyrene latex standard particle in the ultrapure water and measuring datas by "Nanolyzer" are resulted in good correlation with data by SEM test.

In addition, it is also operated on-line and real-time to control the quality of ultrapure water utilized mainly at semiconductor production factories.

These functions have never been attained by conventional instrument but should be indispensable for semiconductor industry in the near future (MEGABIT ERA).

半導体工業で使用される超純水に含まれる微粒子を計測する超微粒子計測装置(Nanolyzer)を興和(株)と共同開発した。

本装置は、アルゴンレーザーによる90°散乱法を測定原理としたものであり、オンラインでリアルタイムに計測できるものである。従来計測できなかった 0.067 μm ポリスチレンラテックス標準粒子の測定が可能であることを確認した。超純水中の実際の微粒子の計測においても、電子顕微鏡による検鏡値とよく相関していることが確認できた。従ってメカビット時代対応の超純水の水質保証、さらには超純水製造装置の集中監視やシステムコントロールに大いに役立つものであると考える。以下その内容について報告する。

まえがき

半導体工業では、IC、LSIの製造工程においてその洗浄用水として超純水が使用されている。半導体メモリーが高度化し、その集積度が年々増大するとともに超純水の要求水質も非常に高度になってきている。現在半導体メモリーの主流は256 KビットDRAMであるが、すでに一部で1メガビットの半導体メモリーの生産も開始されている。1985年以降は米国半導体不況の影響を受け、日本のIC業界も相当にきびしい不況に見舞われているが、一方では将来の1メガビット、4メガビット時代への対応を迫られておりIC製造技術の研究開発が盛んに行われている現状である。このため1メガビット、4メガビット用の超純水に対する水質は非常に高度なものが要求されることになる。しかしこの様な高度な超純水をいかに保証して安定的に供給するかが重要な課題である。要求される高度な超純水を製造することは言うまでもなく重要であるが、その水質を立証するつまり計測することも極めて重要である。いくつかある水質項目の中でも、微粒子計測はSEM(走査型電子顕微鏡)検鏡では多大な時間と労力を要し、リアルタイムな対応が難しく、測定技術として問題がある。このような状況からオンライン型超微粒子カウンターの開発が急がれていた。ここに紹介する超微粒子計測装置は、アルゴンレーザーによる90°側方散乱法を採用したメガビ

ット時代に要求されるもので超純水に含まれる微粒子をオンライン、リアルタイムに計測でき、その水質保証並びに超純水製造装置の監視と制御の可能性を有するものである。

1. 超純水製造システム

半導体工業における超純水製造システムは、一般に第1図に示すような前処理システム、一次純水システム、二次純水システムから成っている。

1.1 前処理システム

前処理システムは、原水により異なるが通常凝集砂ろプロセスから成り、原水中に存在する懸濁物質あるいはコロイド物質を分離除去するものである。

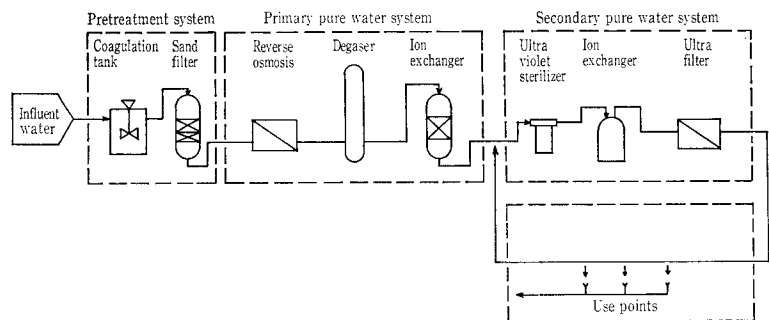
1.2 一次純水システム

一次純水システムは、逆浸透装置、脱気装置、イオン交換装置から成り、電解質、微粒子、有機物等の不純物をほとんど除去することを目的とする。3つの装置の組合せは原水水質と要求水質によりやや異なる。イオン交換装置も単床塔、混床塔の組合せがケースバイケースで使い分けられる。

1.3 二次純水システム

二次純水システムは、UV殺菌装置、非再生型イオン交換装置、限外ろ過装置から成っているのが一般的である。一次純水システムで除去し得なかった極微量の不純物を除去し、限りなく理論純水に近づけることを目的としている。

しかし1メガビット、4メガビット対応の超純水となる



第1図 超純水製造システム例

Fig. 1 An example of ultrapure water manufacturing system

と、微粒子、TOC等の要求水質がさらにきびしくなり各装置の組合せ・構造・材質・配管システム等について各社検討している段階である。また低圧逆浸透装置の組込み、あるいは熱水殺菌法等新しいプロセスの採用等も進められている。

2. 超純水の要求水質と集積度

一般に超純水の水質基準として、比抵抗、微粒子、有機物(TOC)、生菌等の項目に対して一定の基準が設けられている。ICの集積度が增大するにつれ、超純水の要求水質も非常にきびしくなっているが、集積度に対する要求水質の変遷を第1表に示す。これらの水質項目の中で、微粒子は、ICチップ製造歩留りに大きな影響を与えると言われており、重要な因子である。すなわちパターン寸法の $\frac{1}{10}$ 以上の粒径を持った微粒子が多いとICの回路欠陥が生じ不良品発生の確率が高いとされている。

1メガビットICメモリはすでに量産されており、4メガビットあるいは16メガビット時代対応の超純水製造システムが要求されるのもそう遠くないと思われる。したがって当社ではメガビット時代に照準を合せいろいろな角度から研究開発を進めている。

3. 微粒子計測技術

超純水中の微粒子を計測する技術には直検法と間接法がある。

3.1 直検法

この方法は一定孔径を持ったフィルターで一定量の超純水を濾過し、フィルター上に捕捉された超純水中の微粒子を顕微鏡で計数し、個/mlに換算する方法で従来は光学顕微鏡で計測していた。しかしメガビット時代に入り0.1 μm 以下の粒子の計測が必要となり、光学顕微鏡では計測できず、必然的に電子顕微鏡での計測が必要になってきたが電子顕微鏡での計測は非常に難しく種々の問題がある。

精度にかかわる大きな要因として、ブランクの取り方、サンプル量、視野数と倍率が考えられるが、当社は下記の方法を基準としている。後述する超微粒子計測装置の評価においても本電子顕微鏡法との比較で行った。

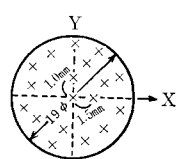
1) ブランク(B)

一般に1箱100枚入のニュークリポア製のフィルターを無作為抽出し、超純水を濾過したフィルターと同じ動作、行程を行った後検鏡し粒径区分ごとに粒子数を求める。

2) サンプル量(S)

0.05 μm のニュークリポア製フィルターで濾過する超純水量は10000ml以上

3) 視野数(F)



20000倍の倍率で200視野以上とする。200視野の位置は次の通りとする。

有効径19 ϕmm のフィルターを中心より

X軸左右へ1.5mmのピッチで13ヶ所

第1表 超純水の要求水質

Table 1 Demanded levels for ultrapure water

Year	Integration degree	Pattern scale μ	Particle diameter μ	Particle number particle/ml	Microbe particle/ml	Total organic carbon ppb
	64 K	3	0.2	≤ 100	≤ 1	500
80	256 K	2	0.2	30	0.3	50
84	1 M	1	0.1	30	0.01	10
88	4 M	0.7~0.8	0.07~0.08	30	0.01	5
?	16 M	0.5	0.05	30	—	—

第2表 液中微粒子測定装置代表例

Table 2 Examples of liquid particle measurement instrument

Method	Front scattering light	Side scattering light	Isolating light	Supersonic wave	Electric resistance
Name of equipment	PMS Laser liquid particle spectrometer Model LLFS-X	HIAC/ROYCO PC320-CMB 60	HIAC/ROYCO PA-720/PC 320	Micro Pure MCM 1100/1150	Coulter Counter Model ZM
Measurable particle diameter	0.4~20 μm	0.5~25 μm	2~2500 μm	0.8~400 μm	0.3~800 μm
Maximum measurable particle concentration	5000 particle/ml	3000 particle/ml	3100 particle/ml	—	—
Feed volume	12~26 ml/min	100 ml/min	40 ml/min	Fluidized liquid	Batch
Channel number	15	6	6/12	6	—
Recognition of air bidder	Bad	Bad	Bad	$\leq 50 \mu\text{m}$ good	Bad
Manufacturer	Particle Measuring System Co, Ltd.	Particle Scientific Co, Ltd.	Particle Scientific Co, Ltd.	Micropure System Co, Ltd.	Coulter Electronics Co, Ltd.

Y軸上下へ1.0mmのピッチで19ヶ所

合せて195ヶ所、さらに5ヶ所を無作為に抽出し合計200ヶ所とする。

4) コーティング

コーティングはPt-Pdのイオンコーティングとし、フィルターの着脱も含め0.1 μm 粒子10個/ ft^3 以下のクリーンベンチ内で行う。

5) 粒径区分

検鏡での粒子は次の4つの粒径区分で計数する。

0.05 μm 以上~0.1 μm 未満

0.1 μm 以上 0.15 μm 未満

0.15 μm 以上 0.2 μm 未満

0.2 μm 以上

以上の基準より超純水中の微粒子の計数値は、粒径区分ごとの計算式にて算出する。

$$\text{粒子数(個/ml)} = \frac{X - B}{S} \times \frac{A}{F \times a}$$

X: 濾過サンプルの検鏡粒子数(個) B: (個)

A: フィルターの有効面積(cm^2) S: (ml)

a: 検鏡時の1視野当りの面積(cm^2) F: (-)

3.2 間接法

本法には第2表に示すように種々の方法があるが、現在超純水分野で実施されている方法として、レーザー散乱法、電気抵抗法、超音波法が一般的である。特に最近では要求可測粒径が小さくなっているためレーザー散乱法が注目されている。

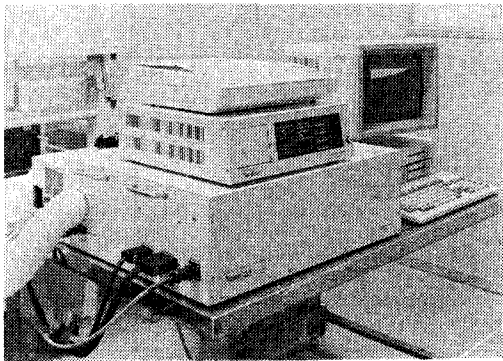


写真 1 超微粒子計測装置

Photo. 1 The instrument of the ultra small particle measurement

1) レーザー散乱法

レーザー散乱法には前方散乱法と側方散乱法の2方法がある。前方散乱法は入射方向と同方向の散乱光を利用する方法であり、一般的に $2\sim 3^\circ$ の低角度で計測される。高感度化の可能性は高いが、迷光の影響がさけられず実際の感度は低い。一方、側方散乱法は入射方向に対して 90° の散乱光を利用するのが一般的であり、感度はあまり高くないが迷光が少なくS/N比が高いので最近特に盛んである。

2) 電気抵抗法

本法はアパチャ(細孔)の両側に電極を設け、電解液を通して両極間に電流を流す。電解液中に懸濁した粒子がアパチャを通過する際、粒子体積に相当する電解液が置換され両電極間の電気抵抗に変化が生ずる。抵抗変化が電圧パルスに変換され、そのパルス強さは粒子体積に比例する。これを増幅検出し粒子数と大きさを測定する方法である。この方法はアパチャ径が小さいため、閉塞の心配があり定期的な洗浄が必要である。

3) 超音波法

本法は、配管の外側に取付けられた圧電素子より超音波をパルス状に発振させて、液中の微粒子に当て反射してくるパルスを同一の圧電素子で検出し、その信号の数と強さから粒子数と大きさを求める方法である。前記2法に比べ可測限界粒径が大きいという難点がある。

4. レーザー散乱法による超微粒子計測装置

従来インライン形式といわれる微粒子カウンターは商品化されているが、その方式はパッチ方式による微粒子評価ではないが、単に超純水製造装置から純水をサンプリングして測定する方法である。このたび開発した超微粒子計測装置は、本装置から読み出される粒子情報を、超純水製造装置の水質管理にトータルシステムとして役立たせるといふオンライン式の開発思想に基づいて開発されたものである。

4.1 仕様

仕様の概要を第3表に外観を写真1に示す。

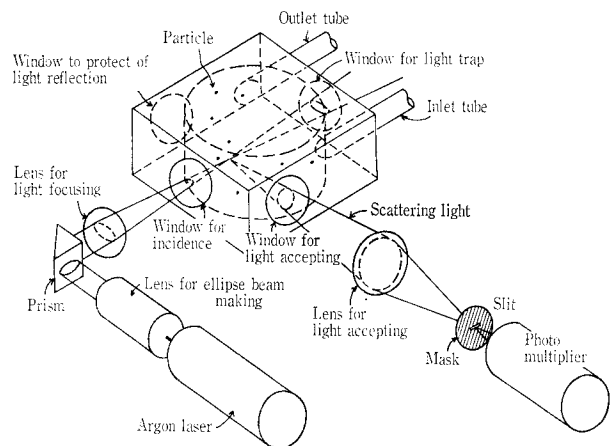
4.2 測定原理

測定原理を第2図に示す。円筒状の空洞部を有するテフロン製測定セルに超純水を流し、円筒部の中心と円筒壁面との中間点に楕円レーザー光束を集光させる。照射レーザー光束の焦点に受光光学系によって限定される粒子検出領域を設定する。超純水中の微粒子は、この検出領域を受光光学系の光軸方向に通過する。検出領域からは超純水の

第3表 Nanolyzer の仕様

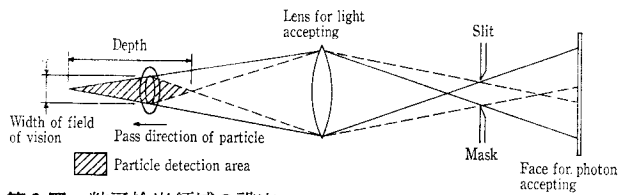
Table 3 Specification of Nanolyzer

Principle of measurement	: Argon laser 90° scattering
Method of measurement	: Continuous inline measurement
Measurable particle diameter	: More than $0.07 \mu\text{m}$
Measurable particle concentration	: Less than 6×10^4 particles/cm ³
Flow volume	: Less than 3000 mL/min
Indication time	: 5 ~ 10 min interval
Indication output	
Particle diameter	: 4 figures digital indication
	(1) $0.07 \sim 0.1 \mu\text{m}$
	(2) $0.1 \sim 0.15 \mu\text{m}$
	(3) $0.15 \sim 0.2 \mu\text{m}$
	(4) more than $0.2 \mu\text{m}$
Indication of condition	: Over flow of count number
	Abnormality of laser power
	Life of laser
	Impossibility of measurement
Print output	: Self-contained parallel interface
Exterior output	: RS 422 interface
Water pressure	: Less than 5 kg/cm^2
Measurement water temperature	: $0 \sim 45^\circ\text{C}$
Treatment water temperature	: $0 \sim 90^\circ\text{C}$
Setting condition temperature	: $0 \sim 45^\circ\text{C}$
	Humidity : Less than 90 %
	Vibration : Non
Power supply	: AC $100 \text{ V} \pm 10 \text{ V}$ (50/60 Hz)
Electric power consumption	: Max 1.5 kVA
Materials	Tube : PFA $6\phi \times 8\phi$ tube
	Measurement cell : PTFE, quartz
Scale of equipment (H×W×D)	
Detector	: $220 \text{ mm} \times 685 \text{ mm} \times 515 \text{ mm}$
Power supply	: $160 \text{ mm} \times 460 \text{ mm} \times 175 \text{ mm}$
Analyzer	: $135 \text{ mm} \times 420 \text{ mm} \times 380 \text{ mm}$

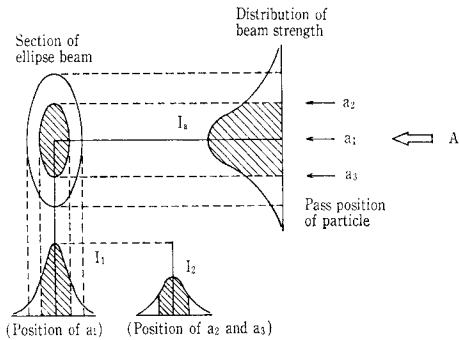


第2図 測定原理

Fig. 2 Principle of measurement



第3図 粒子検出領域の設定
Fig. 3 Establishment of particle detection area



第4図 粒子の通過位置と光束強度
Fig. 4 Pass position of particle and beam strength

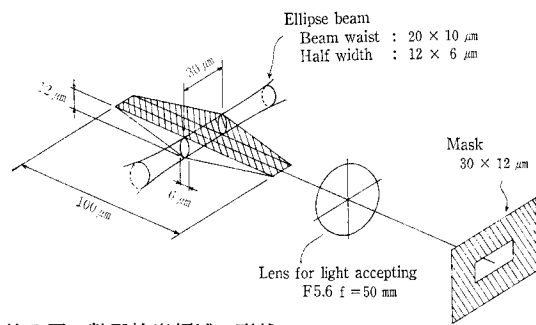
水分子等からの散乱光とともに、通過粒子からの散乱光が返ってくる。これらの散乱光は、光電子増倍管で検出され光電子パルス数として計数され時系列データとして保存される。この時系列データを解析することにより通過粒子の数と各粒子の散乱強度から粒子径を算出する。

4.3 粒子検出領域の設定

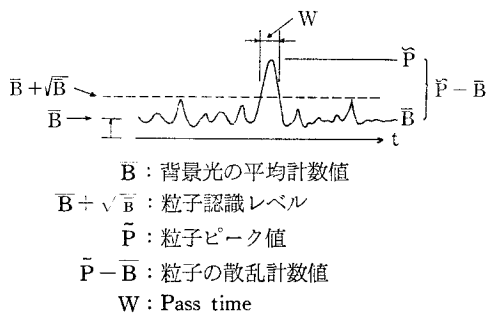
楕円光束と粒子検出領域との関係は第3図に示す通りである。受光側のマスクで限定される粒子検出領域(斜線部)を粒子が通過する方向は受光光学系の光軸方向であり、限定される粒子検出領域の視野幅は、楕円光束の半値全幅となるように選び、楕円光束の向きは粒子の通過方向に垂直な断面が大きくなるように選んでいる。このような配置の効果を第4図で説明する。粒子が検出領域にA方向から a_1 , a_2 , a_3 の位置で入ってくると、粒子が受けるレーザー光束の強度は I_1 (a_1 の位置に対する)、 I_2 (a_2 , a_3 の位置に対する)のように変化するが、光束の中心で受ける最大強度は I_a の斜線部の範囲、すなわち強度が50%以上の範囲に限定できる、これは粒子からの散乱強度をもとに粒子径を算出する方式では粒径分解能に直接影響する重要な効果で従来方式では得られなかった効果である。

4.4 粒子認識条件

第5図に示すような粒子検出領域を粒子が楕円光束の入射光軸に対して垂直に通過した場合、時系列データは第6図のようになり粒子認識条件はつぎの様に設定する。粒子が楕円光束を通り抜ける粒子通過幅は、粒子認識レベル($B + \sqrt{B}$)以上の散乱強度をもつ粒子の散乱計数値の時間幅(W)によって定義する。今 $0.067 \mu\text{m}$ の粒子が楕円光束のビームウエスト $5 \mu\text{m}$ を通過速度 20 mm/s で通過した場合、その通過時間は、 $\frac{5 \mu\text{m}}{20 \text{ mm/s}} = 250 \mu\text{sec}$ となる。一方光電子増倍管がその散乱光を $100 \mu\text{sec}$ のサンプリングタイムで捕えたとすると粒子が通過するまで $\frac{250 \mu\text{sec}}{100 \mu\text{sec}} = 2.5$ 回サンプリングされることになる。したがって粒子の通過時間幅は $W = 2.5$ サンプルとなる。このように粒子



第5図 粒子検出領域の形状
Fig. 5 Shape of particle detection area



第6図 粒子認識条件
Fig. 6 Condition of particle recognition

認識条件は、一定粒子認識レベル($B + \sqrt{B}$)を越える散乱強度を持ち、しかも粒子通過幅(W)が一定値以上を満足したものを粒子として認識し、その時の粒子ピーク値から背景光の平均係数値を引いた値($\tilde{P} - B$)より粒子径を算出する。以上の粒子認識条件で粒子とノイズとを完全に弁別し精度の高い微粒子計測が可能になるのである。

4.5 一粒子からの散乱強度と光電子パルス

液体中に分散した微粒子の粒径を決定する場合の理論的裏づけはMieによってその基礎が与えられている。すなわち1個の微粒子からの散乱光線の幅射力 I_θ は入射光線の幅射力 I_0 とMieの散乱関数 i_θ の間に次の関係が成り立つ。

$$I_\theta = KI_0 \times i_\theta$$

i_θ : 粒子の形、大きさ、屈折率入射光の波長に依存している関数

K: 入射光の波長、装置の幾何学的定数によって決まる定数

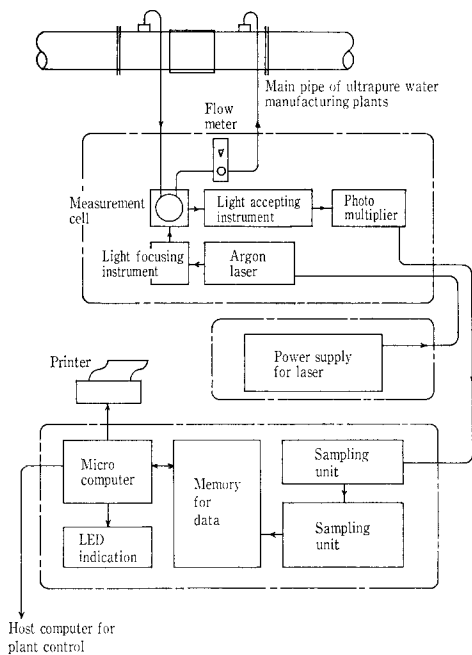
したがって粒子がビームの中心を通過する場合、 I_θ は i_θ に比例するので I_0 を実測し、 i_θ より粒子径を算出する。

簡単のため屈折率が1.595のポリスチレンラテックス標準粒子に円光束のレーザービームを入射した場合を考える。

今波長 $\lambda = 488 \text{ nm}$ 、出力 10 mW のアルゴンレーザー光源からの光束を $20 \mu\text{m}$ に収束させ、長さ $30 \mu\text{m}$ の測定体積を形成する。この時焦点におけるレーザー強度 I_0 は

$$I_0 = \frac{10 \text{ mW}}{(10 \mu\text{m})^2 \pi} = 31.85 \text{ W/mm}^2 \quad \text{となる。}$$

いま垂直偏向した単位強度の入射光に対する 90° 側方散乱強度 \hat{I}_s は



第7図 装置設置例

Fig. 7 An example of setting up equipment

$$D_p = 0.212 \mu\text{m} \rightarrow \hat{I}_s = 1.115 \times 10^{-14}$$

$$= 0.091 \mu\text{m} \rightarrow = 2.565 \times 10^{-16}$$

$$= 0.067 \mu\text{m} \rightarrow = 4.417 \times 10^{-17}$$

ただし

$$\text{相対屈折率} = \frac{\text{粒子の屈折率}(1.595)}{\text{水の屈折率}(1.333)} = 1.19$$

受光距離 = 100 mm

と計算され受光系を $f = 50 \text{ mm}$ $F = 5.6$ 露光倍率 3.2 の等倍光学系を用いた場合

有効 F 値 $= 5.6 \times \sqrt{3.2} = 10$ 故に有効径 $= 5 \text{ mm}$

であるので、1 粒子からの散乱光の受光ワット数 W_s は

$$W_s = I_0 \times \hat{I}_s \times \pi \left(\frac{5}{2}\right)^2 = 5.063 \times 10^2 \hat{I}_s \text{ (W)} \text{ となる}$$

これを光子数で換算すると

$$h\nu = \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{S} \times 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}}{488 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$= 4.071 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$

故に

$$W_s = \frac{5.063 \times 10^2}{4.071 \times 10^{-19}} \times \hat{I}_s = 1.244 \times 10^{21} \text{ photons/s}$$

光電子増倍管の量子効率 $\lambda = 488 \text{ nm}$ の波長で 17 % であるので、光電子パルス数は

$$P_e = 2.114 \times 10^{20} \hat{I}_s \text{ pulses/s}$$

したがって、各粒子に対する光電子パルス数は

$$D_p = 0.212 \mu\text{m} \rightarrow P_e = 2.357 \times 10^6$$

$$= 0.091 \mu\text{m} \rightarrow = 5.422 \times 10^4$$

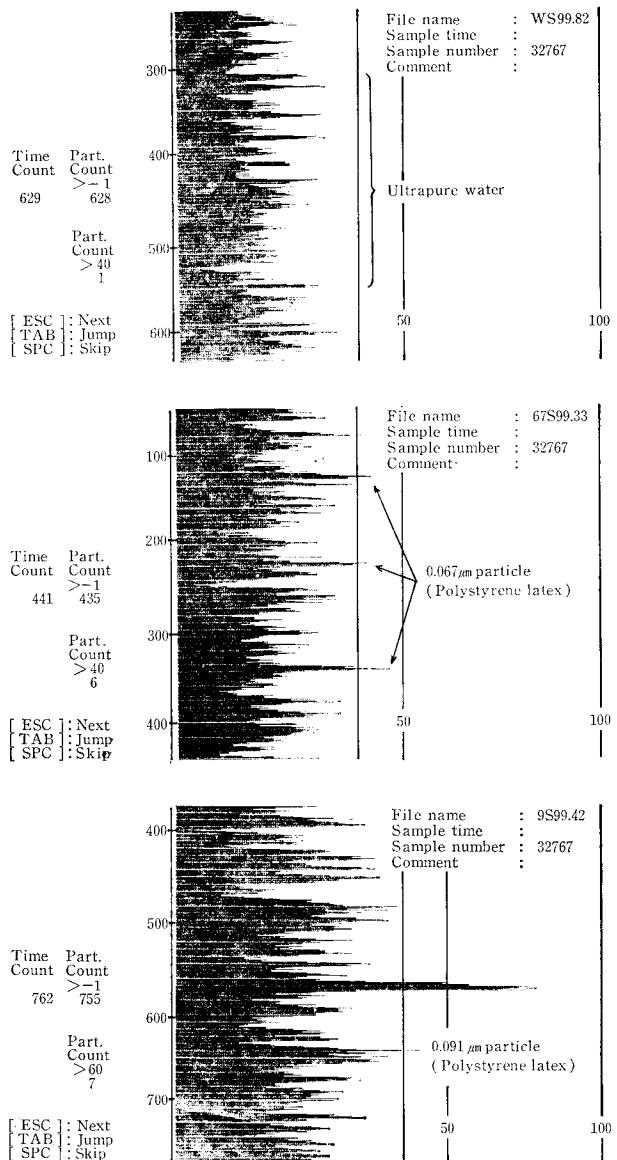
$$= 0.067 \mu\text{m} \rightarrow = 9.337 \times 10^3$$

となる。

一方測定体積内の水分子からの散乱光強度は同体積内の光子数 N が

$$N = \frac{6 \times 10^{23} \text{ 個/mol}}{18 \text{ g} \cdot \text{1cm}^3/\text{g}} \times [\pi \times (0.001)^2 \times 0.003]$$

$$= 3.1 \times 10^{14} \text{ 個}$$



第8図 ポリステレンラテックス粒子の測定結果

Fig. 8 Results of polystyrene latex particle measurement

であり水分子を 2\AA の球と仮定して散乱強度を求めると

$$\hat{I}_s = 3.5 \times 10^{-33}$$

となるので

$$N \times \hat{I}_s = 1.1 \times 10^{-18}$$

したがって水からの散乱は

$$W_s = 6.876 \times 10^{-16} W = 1.689 \times 10^3 \text{ photons/s}$$

$$P_e = 2.87 \times 10^2 \text{ pulses/s}$$

となる。一方光電子増倍管が散乱光を捕えるサンプリングタイムを $100 \mu\text{s}$ に設定すると

$$D_p = 0.212 \mu\text{m} \rightarrow P_e = 235 \text{ pulse}$$

$$= 0.091 \mu\text{m} \rightarrow = 5.4 \text{ pulse}$$

$$= 0.067 \mu\text{m} \rightarrow = 1.0 \text{ pulse}$$

となり $0.067 \mu\text{m}$ の粒子 1 個の散乱パルスが計測可能になる。

しかし、 $0.067 \mu\text{m}$ 粒子をもっと明確に 1 個 1 個を計測するためには水分からの散乱強度を下げ S/N 比を大きく

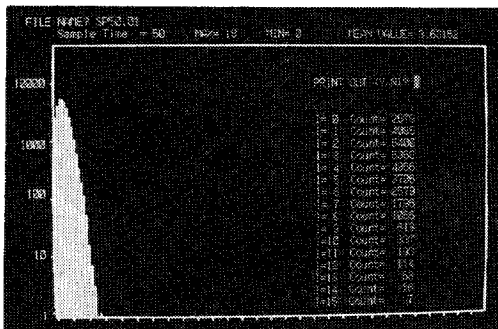


写真2 散乱光強度分布(超純水の場合)
Photo. 2 Distribution of scattering light strength
(in case of ultrapure water)

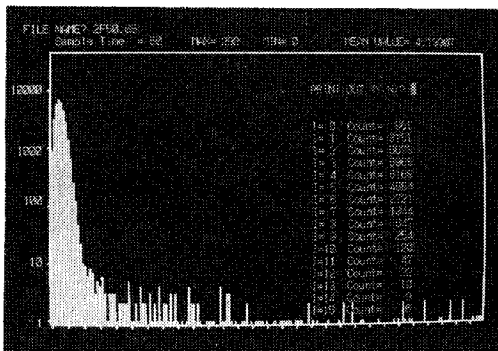


写真3 散乱光強度分布(粒子混入の場合)
Photo. 3 Distribution of scattering light strength
(in case of particle mixing in the ultrapure water)

する必要があります。そのために今回はレーザービームを円光束ではなく測定視野内の水分子が少なくなるように楕円光束を採用しさらにマスクにより特殊な粒子認識領域を設定して少しでも Background を小さくした。

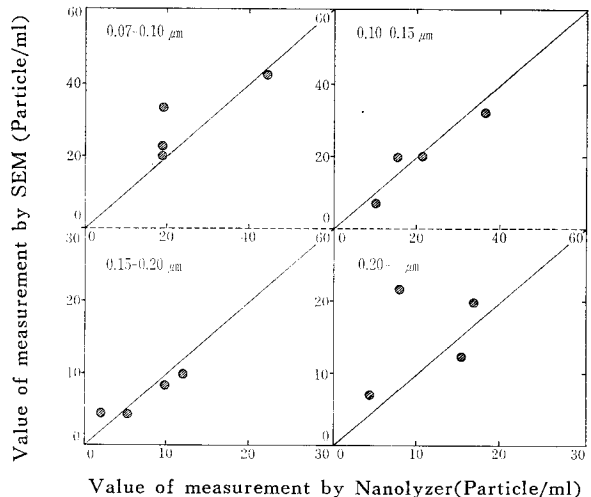
5. 超純水プロセスでの設置例と測定例

5.1 設置例

本装置はオンライン超微粒子カウンターとして超純水製造装置のユースポイントに設置するだけでなく、第7図に示すように二次純水配管に取付けて常時水質監視を行うことができる。それゆえ二次純水配管への取付けを考慮して、検出部を解析部から切離して配管近くに検出部を配置する一方、解析部は操作しやすい位置に設置できるように配慮している。また超純水装置を管理制御する場合は、解析部から制御用ホストコンピュータへデータ転送し、ホストコンピュータにて超純水装置を制御することも可能であり運転操作員がマニュアルで運転管理ができるようアラームガイダンスを出すことも可能である。

5.2 測定例

当社内超純水プラントに設置し、ポリスチレンラテックス標準粒子を混入した場合並びに超純水のみを測定した場合の測定例を示す。第8図に示すように標準粒子の $0.091 \mu\text{m}$, $0.067 \mu\text{m}$ が明らかに計測されていることがわかる。超純水のみを測定の場合、粒子の混入している粒子数密度が非常に希薄なため、粒子が全くない場合と粒子が計測された場合で散乱光分布が異なる。写真2のように粒子が計測されない場合は、その散乱光分布は水分子ならびに非常に微



第9図 Nanolyzer による超純水測定例
Fig. 9 An example of ultrapure water measurement by Nanolyzer

細な粒子のみによる散乱になる。これを Background として背景光と呼ぶ。そして粒子が計測された場合は、背景光のみの分布に粒子からの散乱光が加わり写真3に示すような散乱光分布となる。これを時系列データとして記憶解析して4.4節に述べたように粒子認識条件にて粒子数と粒子径を算出し4つの粒径区分にて表示する。本装置で計測された結果とこの測定と同時並行して行われた戸過による計測結果、つまり $0.05 \mu\text{m}$ のニュークリポア製フィルターにて超純水を戸過し、フィルター上に捕捉された粒子のSEM検鏡結果と比較したものを第9図に示す。この結果、両者は4つの粒径区分ともよく一致しており本装置の性能が立証されていることがわかる。現在当社内のフィールドテストにとどまらずエンドユーザにてフィールドテストを続行し本装置の評価とともに歩留り向上へのシステムの応用を検討している。

むすび

以上半導体工業のメガビット時代に対応できる超純水用超微粒子計測装置(Nanolyzer)について紹介した。半導体製造技術はもちろんのこと超純水製造技術も極限をきわめる微細領域に入りつつあり、本装置のような計測、分析技術は非常に重要な役割をになうようになってきた。本装置の開発を機会に他の計測装置の開発にも力を入れてゆく所存である。

またこのような微粒子計測は半導体分野のみならず化学、薬品、新素材、バイオ関連の分野のサブミクロン粒子の品質管理にも要求される技術であり、このような分野における微粒子計測にも今後注力していきたい。最後に共同開発者の興和(株)の関係各位に深謝する。

〔参考文献〕

- 1) 化学工学, Vol. 49, No. 2, 1985
- 2) 配管技術, '86, 2
- 3) 測定技術, '86, 増刊号
- 4) 水処理技術, Vol. 27, No. 4, 1986
- 5) 日東技報, Vol. 23, No. 1, 1985