

パーティクルアナライザの高感度化

Enhancing Sensitivity of Particle Analyzer

鈴木 俊之^{*1} 吉田 隆司^{*2}
 SUZUKI Toshiyuki YOSHIDA Takashi

パーティクルアナライザシステム(PT1000)は、クリーンルーム中の微粒子分析や機能性材料の性状評価に大きな成果を上げてきた。しかし、IT革命に伴うデバイスの集積度向上やカラートナー等の機能性材料の高機能化に追従するためには、システムの更なる高感度化、高精度化が不可欠である。

本稿では、高感度型パーティクルアナライザの新信号処理システム及び、コスト、精度向上のために開発した新分光器、マイクロ波電源の概要について述べる。

The PT1000 particle analyzer system has been greatly contributing to analyzing particles in clean rooms and evaluating characteristics of functional materials. However, to keep up with the improvements in device integration and functionality of functional materials like color toners accompanying with the development of information technology, it is indispensable to enhance the system to be more sensitive and accurate than now.

This paper describes an overview of the high-sensitivity particle analyzer, YOKOGAWA-made new spectrometers and microwave power supplies with lower cost and high accuracy.

1. はじめに

近年、情報端末の小型化、高性能化は目覚ましいものがある。これは、半導体の高集積化及びその製造工程におけるパーティクルコントロール、超小型、高性能のコンデンサや電池の実現など、様々な技術革新の成果である。

パーティクルアナライザ¹⁾は、クリーンルーム中の微粒子分析や電池、コンデンサの原材料である機能粉体の性状評価など、早くからこれらの分野に大きく貢献してきた⁽²⁾⁽³⁾。しかし、測定感度、精度に於いて最先端のニーズに十分に答えていたとは言えない。

本稿では、これら最新のニーズに応えるべく、新しく開発した信号処理装置や新分光器、マイクロ波電源の概要について述べる。

2. 信号処理装置

本システムの信号処理装置及び入出力信号の様子を図1に示す。入力信号は、プラズマ発光部からの変動するDCスペクトル上に、強度1mV~10V、半値幅500μsで、ランダム入力される。こ

のように高速で広いダイナミックレンジを持った信号は、アナログ三乗根アンプを利用すると高精度に測定が可能である。しかし、プラズマからのDCスペクトルが常に存在するため、このスペクトル削除が大きな問題となる。

従来信号処理装置においては、DCスペクトルをバンドパスフィルターにより除去しており、図のように入力信号の後に電気的なアンダーシュートが発生していた。その結果、連続的に粒子が導入されると、このアンダーシュートの影響で、見かけ上発光強度が小さくなり、粒径分布が小粒径側へシフトしていた。(図2)

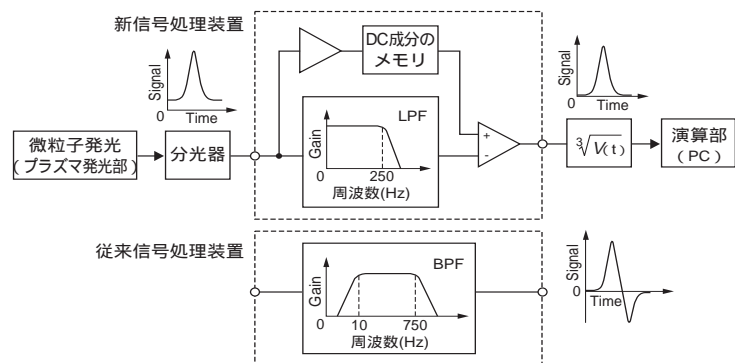


図1 新旧信号処理装置

*1 モーション&メジャメント事業部 アプライドオプティクスセンター

*2 モーション&メジャメント事業部 営業本部

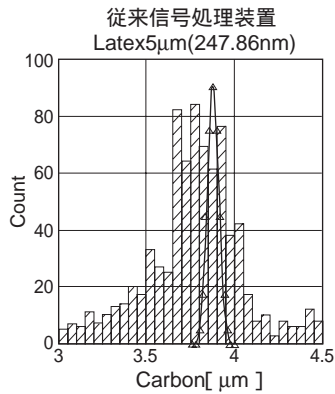


図2 従来信号処理装置

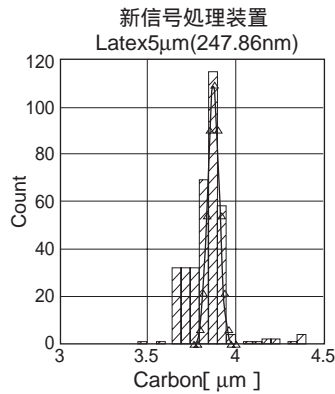


図3 新信号処理装置

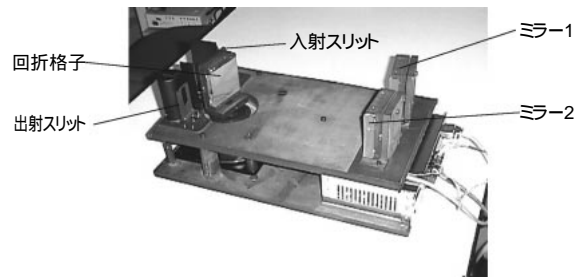


図4 分光器の構成

新信号処理装置では、アナログ的に変動するDCスペクトルを追いかけ、発光スペクトルからの差分を取るようにになっている。同様な粒子を測定すると、アンダershootが無くなり、非常にシャープなピークが得られ、Latex本来の粒度分布と良い一致を得た。(図3)

他にも、フィルタ時定数の最適化、ピークサーチアルゴリズムの改良などを行った結果、粒径測定精度が約3倍向上し、最先端の機能粉体の微小な違いを計測出来るようになった。

3. マイクロ波電源

Heの大気圧プラズマは、円筒型のキャピティに2.45 GHzの高周波を印加することによって得られる。マイクロ波電源は2.45 GHzの高周波を発生させるための電源であり、プラズマを安定に発生させるためのキーコンポーネントの一つである。設計に当たってはソリッドステート化、熱設計、電源設計を行い、5~30 の範囲で周波数判

定性2450 MHz ± 25 MHzを実現し、恒温室中に設置しなくても使用できる様に温度特性の向上を行った。実現したマイクロ波電源の仕様を表1に示す。

4. 分光器

PT1000では、Heの大気圧プラズマ中で励起された微粒子の原子発光を瞬時のうちに検知し、検知された波長と発光強度から元素の種類と含有量を求めることができる。分光器はこれらを検出するキーコンポーネントの一つであり、高感度、高分解能、高再現性、高い温度安定性、小型、低コストなどが求められる。新分光器の仕様を表2に示す。分光器は波長感度特性の違う3種類が用意されており、紫外用、可視短波長用、可視長波長用にそれぞれ対応している。回折格子は、435.84 nmの水銀ランプの輝線を基準としダイレクトモータドライブによる高精度回転角位置制御され測定波長に設定されるため、±0.05 nmという高い波長再現性が得られている。また、シミュレーションによって温度による光学系の位置変動が最小になるように設計を行い、10~40 の温度変動に対して分解能の変動0.2 nm以内に抑えることが可能になった。図4に実際の分光器の構成を示す。室温変動に対して分光器の温度制御をすることなく、十分な精度での測定が実現されている。

表1 マイクロ波電源の仕様

構成	発振器	マグネトロン (TO75-01/S8310C: 松下電子応用機器製)
出力制御方式		マグネトロンアノード電流 定電流制御 MOSFET 5段直列接続 高耐圧定電流回路
使用条件	使用温度	5~30
	電源	単相AC100 V ± 10% 50/60 Hz 700 VA
性能	発振周波数	2450 MHz ± 25 MHz
	出力	20~200 W(150 Wで連続使用可)
	出力端子	N型コネクタ(J)
形状など	外形寸法	370(W) × 260(D) × 400(H) mm
	重量	32 kg

表2 分光器の仕様

構成	光学系	ツェルニターナ型
	分散素子	回折格子 溝数1200本/mm ブレース波長(200/250/400 nm)
	波長可変機構	ダイレクトモータドライブ
	光検出器	光電子倍増管(R955: 浜松フォトニクス製)
使用条件	使用温度	10~40
	電源	AC1000 V ± 10% 50/60 Hz 300 VA
性能	波長再現性	± 0.05 nm
	波長精度	± 0.064 nm
	分解能	0.33 nm(スリット幅100 μm)
	波長校正	水銀ランプ(435.84 nm)
	温度特性	波長精度: ± 0.064 nm/10 以下 分解能: 0.2 nm以内/10~40
形状など	外形寸法	260(W) × 460(D) × 220(H) mm
	重量	20 kg

参考文献

- (1) TAKAHARA Hisao, IWASAKI Motoaki, TANIBATA Yasuhiro, "Particle Analyzer System Based on Microwave-Induced Plasma Technology," IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, vol. 44, no. 3, June, 1995, p. 819-823
- (2) TAKAHARA Hisao, SUZUKI Toshiyuki, "Particle Analyzer Based on Microwave Induced Plasma Technology", XV IMEKO World Congress, 1999, vol. XI, p. 213
- (3) 三島美奈子, 鈴木俊之, 高原寿雄, "パーティクルアナライザの環境計測への応用" 横河技報, vol. 44, no. 2, 2000, p. 71-76