

## 무선 FMS를 지원하는 초미세 입자 계수기 개발

구자일<sup>○</sup>, 전성돈<sup>\*</sup>

<sup>○</sup>인하공업전문대학 디지털전자과

<sup>\*</sup>(주)테크라인

e-mail: drku@inhac.ac.kr, junsungdon@tech-line.co.kr

## Development of Particle Counter with wireless FMS

Ja-yl ku<sup>○</sup>, Sung-don Jun<sup>\*</sup>

<sup>○</sup>Dept. of digital electronics, Inha technical college

<sup>\*</sup>tech-line CO.Ltd

### ● 요약 ●

기존의 입자계수기(Particle Counter)는 0.3um의 최소 인식 크기와 샘플링 유량이 2.83 lpm을 갖는다. 본 논문에서는 0.1um의 최소 인식 크기와 샘플링 유량이 28.3lpm과 50lpm을 갖는 입자 계수기를 개발하였다. 이와 함께 온도, 습도, 정전기를 실시간으로 측정하여, 이를 무선 인터페이스를 통해서 모니터링 프로그램과 연동, DB화하여 크린룸 현장의 환경을 실시간으로 유지 관리하도록 하였다.

키워드: 입자계수기(Particle Counter), 광산란식(Scattering), 진공 펌프(Vacuum Pump), FMS(Facility Monitoring System)

### I. 서론

최근 LCD, PDP, 반도체 생산과정에서 일정한 조건 이하의 고 청정상태가 제조 환경으로 제공될 수 있도록 클린룸(Clean Room)이 제조공장 내부에 설치되어 가동되고 있다. 특히 고집적도를 요구하는 반도체장치 제조공정은 거의 대부분 클린룸에서 이루어지고 있다. LCD, PDP, 반도체장치 제조를 위한 클린룸은 내부의 온도, 습도, 가류 및 정전기 등을 포함한 각종 종합적인 내부 대기의 상태가 체크되어야 하며, 이를 위하여 클린룸 내부에는 온 습도를 측정하기 위한 센서, 내부 가류의 흐름을 감지하기 위한 센서, 공정 중 생겨나는 정전기 측정을 위한 센서 및 클린룸 내부의 파티클(Particle) 분포 상황을 계측하기 위한 파티클 카운터 등과 같은 계측장치가 설치된다. 이들 온도, 습도, 가류, 정전기 및 파티클 분포 상황 등은 공정의 수율에 심각한 영향을 끼칠 수 있는 항목들로 생산 현장에 없어서는 안 될 중요한 요소로 자리 잡고 있다. 특히 파티클의 발생은 LCD, PDP, 반도체 생산과정에서 제품에 치명적인 손상을 끼치게 되어 파티클에 대한 관심이 더욱 커지고 있는 상황이다.

일예로 1M 비트 (bit) 등급의 DRAM의 LSI 제조 공정에서는 0.1um의 미립자가 제품에 타격을 주고, 64~256M 비트(bit) 제조 공정에서는 0.05um의 미립자조차도 허용되지 않는 상황이다. 또, 공기 중에 부유한 파티클에는 세균이 부착하고 있는 것이 많아 의약품이나 식품 제조 분야에 있어도 공기 중의 파티클 관리의 필요가 중요하게 대두되고 있다.

### II. 관련 연구

#### 1. 관련연구

##### 1.1 국내 동향

국내 반도체, LCD 등 파티클을 관리하는 국내 산업은 세계 최고의 수준을 보유하고 있지만, 국내 파티클 관련 장비는 주로 대학과 일부 연구소에서만 극히 제한적으로 진행되고 있다. 이로 인해서 국내에는 파티클 카운터 장비에 대해서만은 압도적으로 외산장비를 사용하고 있다.

광학식 파티클 카운터 기술에서 가장 중요한 두가지 요소는 입자 최소 인식 크기와 사용 유량이다. 현재 사용되는 장비의 최소 입자 인식 크기는 0.3um이고 최대 사용 유량은 2.83lpm(liter per minute)이다.[1]

##### 1.2 국외 동향

미국, 일본, 독일 등의 최소 입자 인식 크기는 0.07um이고, He-Ne laser 1W 출력을 사용하여 고출력 발광부를 이용하고 있다. 또한 최대 사용 유량은 100lpm 까지 개발 되어 있다. 이는 측정 시간의 단축을 이루었다 볼 수 있다.[2][3]

### III. 본론

입자계수기(Particle Counter)는 광학방식을 기반으로 입자의 산란(Scattering) 원리를 이용한다. 이 계수기는 광원부, 수광부, 입자 측정 공간(챔버), 입자 출입구, 발생한 입자 제거부로 구성되어 있다. 그림 1과 같이 발광부에서 발생한 레이저 광원을 렌즈를 통해 모아 쏘면, 입력 노즐을 통해 유입된 입자에 충돌하면 산란 과정을 거쳐 미러에 비치고, 반사된다. 이 반사된 빛을 수광부인 포토다이오드에서 집광시켜 광에너지가 전기에너지로 전환된 뒤 이를 신호처리 한다. 이렇게 바뀐 신호는 원하는 신호로 전환된다. 이때 입자의 크기와 개수 정보를 구분한 뒤 이를 LCD로 표현하고, 통신 인터페이스를 통해서 모니터링 한다.

광학부분에서는 초미세 입자 인식 하기 위해서 현재 사용되는 30mW급 레이저 다이오드에서 300mW급 이상의 레이저 다이오드가 필요하다. 광학렌즈는 현재 레이저 구동부에 빛을 모으는 부분에 사용되고, 수광부인 포토다이오드에도 광학렌즈를 사용하여 빛을 더욱 효율적으로 모으는 역할을 한다.

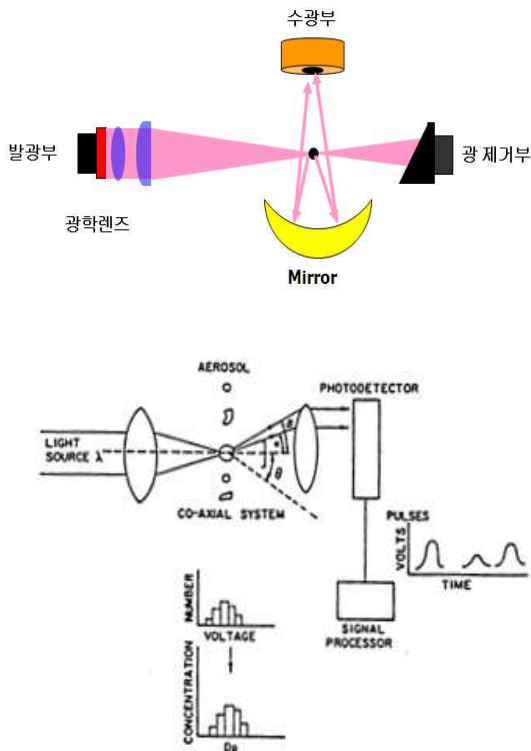


그림 1. 입자의 산란  
Fig. 1. Scattering of the particle

#### 1. 고유량 제어 및 챔버 설계

빔 제거부 흡수 유리를 사용하여 고출량에도 변함없이 동작할 수 있는 챔버와 유입된 입자가 효율적으로 카운트 할 수 있도록 설계하였다.

측정효율을 높이기 위해 발생한 레이저 원을 광 제거부에서 소멸시키고, 입자 측정 공간(챔버)내에서의 난반사는 측정 오차와 정확도를 떨어뜨리므로, 빔 제거부에 특정 파장에 반응하는 흡수 유리를 장착하여 발생한 빛의 100%를 흡수하도록 하였다.

#### 2. 흑 착색 아노다이징

산란된 빛이 미러를 제외한 챔버의 다른 부분에서 반사를 최소화하기 위해 벽면 내부는 샌딩처리를 하여 면을 거칠게 하였고, 아노다이징과 무광 흑착색을 하여 빛을 분산시킴으로써 난반사를 최소화 하였다.

#### 3. 광학 챔버

광학 챔버는 입자가 자유롭게 유입이 가능토록 그림 2와 3처럼 설계하였다.

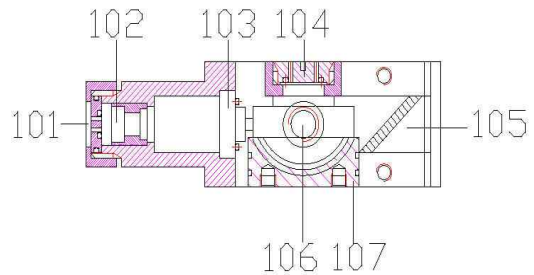


그림 2. 광학 챔버  
Fig. 2. Optical Chamber

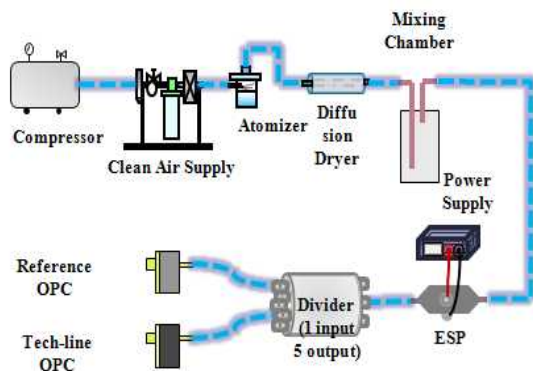


그림 3. 챔버까지의 구성도  
Fig. 3. The configuration to chamber

#### IV. 실험

그림 4는 각 파티클 카운터와 모니터링 서버와의 연결을 나타낸다.

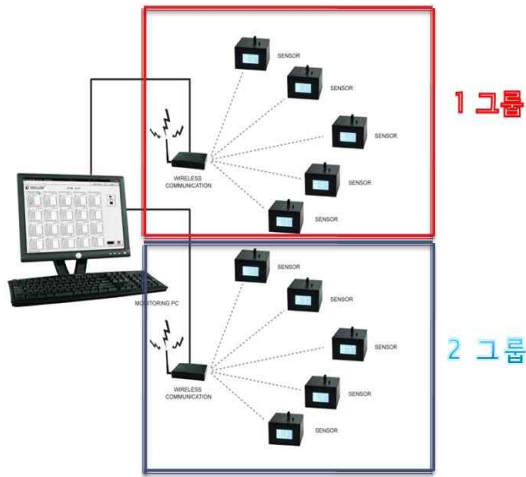


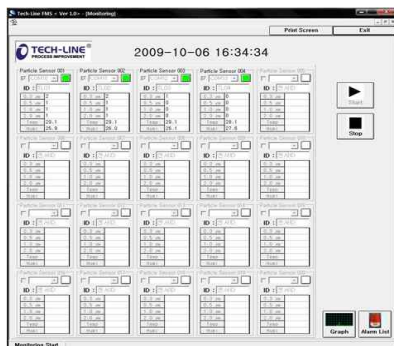
그림 4. 모니터링 시스템의 구성도

Fig. 4. The configuration of Monitoring System

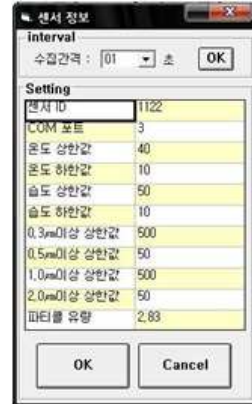
파티클 온도 습도 센서와 임베디드 S/W간의 통신을 무선통신을 이용하기 때문에 System의 설치가 쉽다. 또한 온도와 습도를 함께 측정, 전송하여 생산 현장의 온, 습도까지도 함께 모니터링하며 관리하였다.

0.3 $\mu$ m ~ 10.0 $\mu$ m 범위의 파티클을 포괄하여 측정함과 동시에 이를 정밀한 검교정 시스템에서 확인 하기 때문에 외산 파티클 카운터에 비해 저렴한 가격으로 공급할 수 있어 중, 소기업에서도 부담 없이 센서를 설치하여 생산 현장의 환경을 개선하였다.

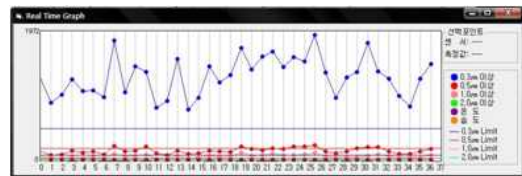
공기 흡입에 대한 방법은 1년 이상 연속 동작에도 품질을 보증할수 있는 BLDC 펌프를 사용 하여 현장에서 측정 시 필요한 vacuum 라인을 별도로 필요치 않게 되어 있다. 또한 이는 기존에 문제가 되었던 펌프의 쌓이게 되는 먼지에 의한 2차적인 파티클 발생을 내부에 있는 필터를 사용하여 외부로 나가는 것을 막고 Pump를 사용하고 발생이 예상되는 맥동 noise나 size 등의 문제를 해결하였다.



(a)



(b)



(c)

그림 5. (a) 모니터링 프로그램, (b) 센서정보, (c) 날짜별 상태도

Fig 5. (a) Monitoring System, (b) Sensor Information,

(c) status per day

#### VI. 결론

본 논문의 결과물은 국내 시장을 절대적으로 점유하고 있는 외산 파티클 카운터를 대체하여 외화의 유출을 막을 수 있고, 국내 크린룸 등의 환경기술의 해외진출 기반을 다질 수 있다. 또한, 파티클 발생, 온도와 습도를 실시간 모니터링 하며 생산 현장의 오염원을 발견하여 조치할 수 있어 제품의 불량률을 줄일 수 있다.

본 논문의 활용방안으로는 FMS를 크린룸과 같은 생산 공정의 곳곳에 설치해 각각의 요소로부터 수집된 데이터(파티클, 온도, 습도)를 분석하여 파티클 발생 및 온습도 변화의 원인을 파악하고 제거하여 생산성 향상에 기여하며, 크린룸에 설치된 FFU(Fan Filter Unit) 하단에 설치하여 정화된 공기 중에 포함된 파티클의 입자의 수를 파악하여 공기의 현재 오염상태를 측정하고 그 측정치를 FFU 제어장치로 제공하여 공기관련 기계의 운전상태를 조절하여 보다 청정상태를 유지할 수 있도록 공기를 공급하게 되며 FFU의 수명을 연장할 수 있다. 또한, 제진 제전 장비인 클리닝 머신에 장착하여 작업 중 설비 주위에서 생겨 날 수 있는 파티클 발생에 대한 감시 역할을 하여 기준 수치이상의 파티클이 발생 할 경우, 청정 공기를 공급 하거나 작업을 멈춰 불량에 의한 손실을 막을 수 있다.

## 참고문헌

- [1] (주)라이다텍, “미세입자 측정용 레이저 입자 계수기”, 한국 /20-2004-0021479, 특허
- [2] MetOne, Inc., “Optical particle counter employing a field-calibrator”, 미국/005684585A, 특허
- [3] PMS, Inc., “diode pumped intracavity laser particle counter with improved reliability and reduced noise”, 미국/007030980B1, 특허