

## 유체배관 오염 검출장치 개발에 관한 연구

정이하\* · 김병한\* · 홍주표†

†한국기술교육대학교 디자인공학과, \*㈜에스지엠

### A Study of the Device Development for the Contamination Detection in the Delivery Line

Yi Ha Jeong<sup>†\*</sup>, Byung Han Kim<sup>\*</sup>, and Joo-Pyo Hong<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Department of Industrial Design Engineering, KOREATECH, <sup>\*</sup>SGM Co., Ltd.

#### Abstract

Process gases with vapor or liquid phase as well as gas phase may experience alteration in itself or be contaminated in the fluid pipe to the process chamber. And thus it result in as particles or defects on the substrates in semiconductor, LCD, LED manufacturing. Purifiers and filters are used for control of contamination. However, none of detection device is available in the delivery line. In this paper, we propose simple device with lighting and sensing in order to predict contamination of the fluid or the tube wall. For some general purpose gases, it showed constant voltage output regardless of the flow rates. But, the smoke and the moisture in the air lowered the figure due to its concentration. Numerical values for several solid and liquid media were obtained. And, the operating temperature tendency was investigated.

**Key Words** : contamination detection, light and sense, gas delivery, flow rate, semiconductor manufacturing

## 1. 서 론

반도체, LCD, LED 공정용 장치에서는 공정의 용도에 따라 여러 가지 종류의 가스를 사용하고 있으며, 이들 가스는 용기로부터 반응 챔버에 유입될 때까지 각각의 고유한 특성을 안정적으로 유지해야 한다. 일부 가스는 유독성을 가지는 동시에 폭발특성 또는 강한 부식특성을 가지기도 하고, 기체 뿐 아니라 증기나 때로는 액체 상태로 운반되는 경우도 있다. 서로 다른 종류의 가스가 혼합될 때 반응 생성물이 발생할 수 있으며, 유체의 공급경로에서 응축현상이 발생하는 경우도 있다. 유체 자체의 상태변화, 유체가 공급경로의 재질과 흡착 또는 부식 반응, 공급경로의 누설 및 오염되는 경우는 제품 수율과 직결된다.

기존의 측정방법 중에 미량기체의 밀도측정 방안이나 광학을 이용한 입자계수는 반도체 공정용 배관에 사용하기에는 현실적인 어려움이 있을 것으로 사료된

다[1-2]. 현재 가능한 방법으로 ISPM (in-situ particle monitor)이나 SPOES (self-plasma optical emission spectroscopy) 등을 반응 챔버 다음 펌프 구간에 설치하여 공정 상태를 점검할 수 있다[3-6]. 그러나, 유체의 공급경로에는 각종 여과장치와 정화장치가 설치되어 주기적 확인만 가능할 뿐 실시간 점검은 어려운 상황이다. 한편, 자동차 분야에서 매연 측정이나 인-라인 오일 모니터에 있어 광학식 측정방법이 제안되어 있다[7-8].

본 논문은 특정과장을 가진 LED 광원과 포토센서를 사용한 오염검출 장치를 고안하고 설계 및 제작 하여 가스 공급경로에 설치하여, 반응공정에 영향을 줄 수 있는 오염을 감지하고 기초 데이터의 확보 및 분석을 통하여 실시간 오염검출장치로서의 도입가능성을 평가하고자 한다.

## 2. 실 험

### 2.1. 시험장치 구성

반도체 제조장치에서 일반적으로 널리 사용되고 있

†E-mail : peox01@koreatech.ac.kr

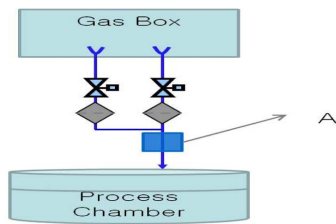


Fig. 1. Gas delivery line.

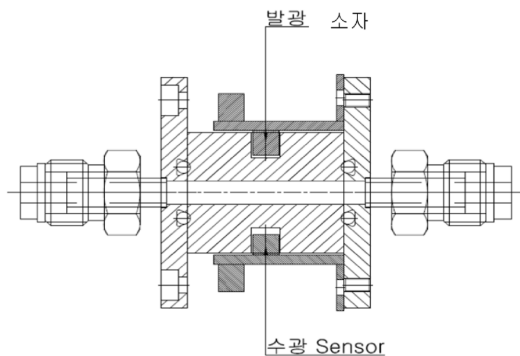


Fig. 2. Contamination detection device.

는 가스 공급경로의 배관구조는 Fig. 1과 같은 형태로 구성되며, 오염검출장치는 위치A에 두도록 한다. 장치 구성은 Fig. 2와 같다.

오염검출장치는 빛이 투과될 수 있도록 투명소재로 구성하며, 550 nm 파장의 그린 LED 광원과 CdS 센서(photo cell)를 사용하였다. 등가회로는 Fig. 3과 같다[9]. 오염검출장치를 통과하는 유체의 오염도와 지속적으로 유체에 노출된 투명소재에 이물질이 누적되어 오염이 발생할 때 센서에서 감지되는 광량이 저하되고 전압의 변화 데이터로 검출된다.

## 2.2. 실험 목적 및 방법

오염검출장치의 기초 데이터를 확보하기 위해 기체 종류 및 유량에 따른 오염검출장치의 전압변화를 실험한다. 한편, 광 투과도가 다른 소재와 오염 유체의 종류에 따른 전압변화를 확인한다. 또한, 열이 배관에 작용할 때 온도 영향을 파악하고자 한다.

기체 종류 및 유량에 따른 오염검출장치의 전압변화를 파악하기 위해 Ar, O<sub>2</sub>, He, CO<sub>2</sub> 가스에 대해 5~20 SLM (standard liter per minute) 유량을 변화시켰다. 배관은 He 누설감지기를 이용하여 누설이 없음을 확인하였다.

기체 오염의 감지능력을 확인하기 위하여 증기와 연

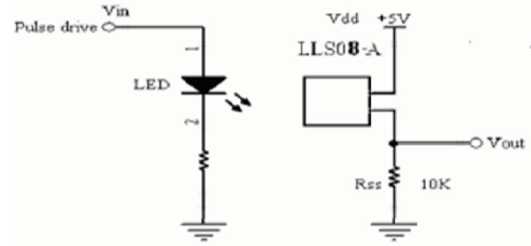


Fig. 3. Measurement equivalent circuit.

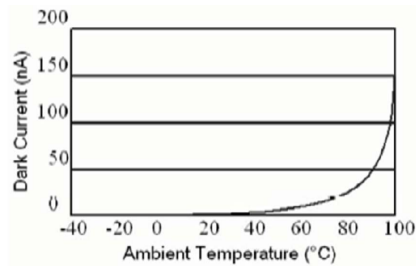


Fig. 4. Sensor characteristics according to temperature.

기를 주입하여 전압변화를 측정 하였다. 액체에 대한 특성을 비교하기 위하여 밀도와 혼탁 정도가 다른 종류의 액체를 유입하였을 때 차이를 확인하였다. 배관 오염에 따른 영향을 파악하기 위해 각각 다른 광 투과도의 소재를 투입하여 직류전압 변화를 측정하였다. 상기 실험은 상온에서 실시하였다.

배관이 가열되어 있는 경우를 모사하여 오염검출장치의 온도 영향을 파악하였다. 온도에 따른 센서 특성은 Fig. 4와 같다[9]. 온도 변화에 따른 전압 변화를 확인했으며, 100°C 상태에서 기체 종류 및 유량, 소재, 기체 오염, 액체의 종류에 따른 전압변화를 확인하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 기체 종류별 유량변화

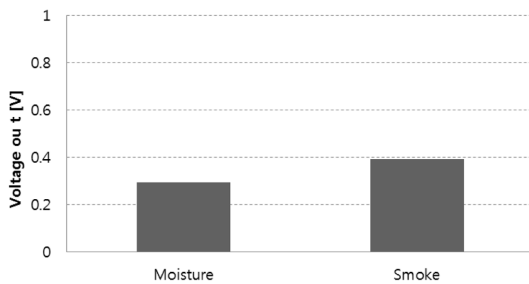
오염과 관련이 없는 대표적인 기체 몇 종을 선정하고 유량에 따른 전압 변화를 관찰하였다. 동일한 조건에서 평가하여 오염검출장치에서 데이터를 비교하는데 무리가 없다고 판단하였다.

오염이 없는 상태에서 Ar, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, He 기체를 유입시킨 상태에서 전압변화를 측정하였다. 또한 각각의 유량을 5~20 SLM으로 변화시켜 측정하였으며, Table 1에 나타내었다. 기체의 종류와 유량에 따른 전압의 변화는 없는 것으로 확인되었다.

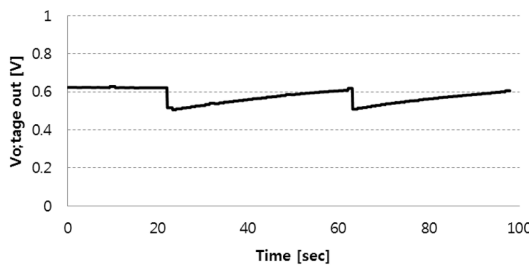
반도체 장치의 반응 챔버에서 공정을 진행하는 과정에서 증착 또는 식각, 그리고 퍼지동작을 반복하고 있

**Table 1.** Voltage out according to gas species and flow rate at ambient temperature

flow/gas	Ar	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	He
5 SLM	0.619	0.62	0.62	0.619
10 SLM	0.62	0.62	0.619	0.62
15 SLM	0.619	0.619	0.62	0.62
20 SLM	0.619	0.619	0.62	0.62



**Fig. 5.** Voltage change due to contamination.



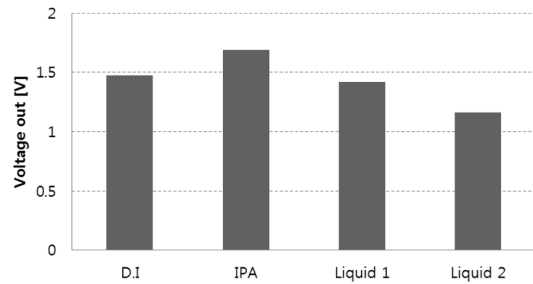
**Fig. 6.** Voltage returns as contamination weak.

기 때문에, 서로 다른 종류의 유체가 유입되는 경우와 혼합되는 경우, 그리고 유량이 다른 경우에, 오염이 없는 상태에서 전압 변화가 없으므로 오염검출장치로서 적합하다.

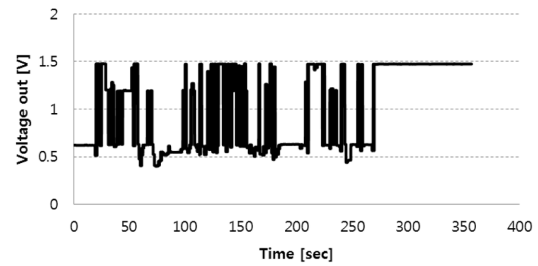
**3.2. 유체 오염 및 배관 오염 모사**

오염검출장치로 유입되는 유체 자체의 오염이 발생한 경우의 오염검출능력을 평가하기 위하여 증기와 연기를 유입시켰으며, 결과를 Fig. 5에 도시하였다. 서로 다른 전압이 나타났으며, 유입량의 변화가 있을 때 전압 변화가 있었다. 시간에 따라 오염도가 낮아질수록 평소 전압으로 돌아가는 경향이 Fig. 6과 같이 나타났다.

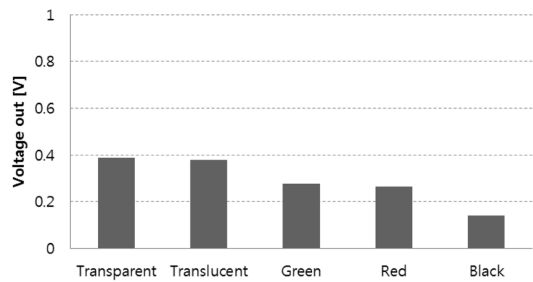
액체의 경우에는 종류에 따라 뚜렷하게 다른 특성을 나타냈으며, Fig. 7에 나타내었다. 액체를 유입하였을 때 나타난 전압의 크기는 기체를 유입시킨 상태에



**Fig. 7.** Voltage out according to liquid species.



**Fig. 8.** Voltage haunts when liquid inserts.



**Fig. 9.** Voltage change due to solid screen.

서 감지되는 것보다 크게 여 전압이 변화하는 것을 확인 할 수 있었으며, Fig. 9에 도시하였다. 오염된 유체의 지속적인 유입으로 검출장치 유로에 스케일이 발생한 경우 전압의 변화를 확인 할 수 있을 것으로 사료된다.

**3.3. 온도변화에 따른 전압변화**

센서가 온도의 변화에 따라 특성이 변화하는 것은 장치의 사용하는 환경 즉 온도조건에 따라서 오염검출능력의 변화가 생기는 것을 의미하므로 검사장치를 100°C의 온도로 가열한 상태에서 전압변화를 측정하였으며, 결과를 Fig. 10에 도시하였다.

이는 검출장치 온도의 상승이 센서 소자의 저항을 증가시켜 출력전압의 감소가 발생하는 것으로 판단된다. 가열된 온도로 일정하게 유지되는 상태에서는 전압

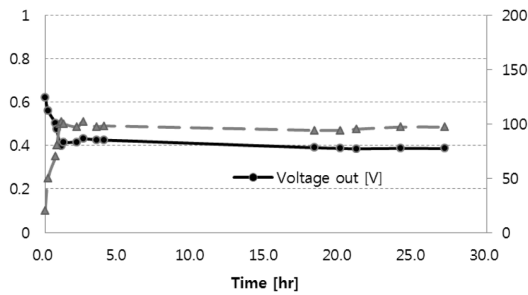


Fig. 10. Voltage depends on temperature change.

Table 2. Voltage out at the temperature of 100°C

flow/gas	Ar	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	He
5 SLM	0.387	0.386	0.387	0.387
10 SLM	0.387	0.387	0.387	0.386
15 SLM	0.386	0.387	0.387	0.387
20 SLM	0.387	0.387	0.387	0.387

변화가 생기지 않는 것을 확인할 수 있었다.

기체의 종류와 유량에 따른 출력전압을 가열된 상태에서 측정하였으며, Table 2와 같이 변함이 없었다. 오염검출장치의 전압이 20°C일 때 0.62 V에서 100°C일 때 0.39 V로 62.5% 수준으로 낮아진 것을 확인하였다.

한편, 유체 오염 및 배관 오염을 모사하기 위한 실험을 고온에서 수행한 결과를 Fig. 11 ~ 13에 도시하였다.

고온에서 오염 유체가 유입된 경우 상온에서의 값의 55 ~ 65% 수준을 나타냈다. 액체의 경우에는 상온 대비 50 ~ 60% 수준이었으며, 종류 간 경향은 동일하게 나타났다. 투명도를 갖는 소재를 투입한 경우에도 종류 간 유사한 경향을 유지했으며, 상온 대비 40 ~ 55% 수준으로 떨어짐을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 LED 광원을 적용한 오염검출장치를 고안, 설계 및 제작하였으며, 반도체 공정장비의 공급 유체 및 배관의 오염검출용으로 적용한 실험적 연구를 수행하였다.

오염검출장치의 기초 데이터를 확보하기 위해, 오염이 없는 상태에서 Ar, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, He 기체를 각각 5 ~ 20 SLM의 유량에 대해 전압을 측정하였다. 기체의 종류와 유량에 따른 출력전압의 차이는 없었으며, 장치의 항상성을 확인하였다.

기체 오염의 검출능력을 확인하기 위하여 증기와 연

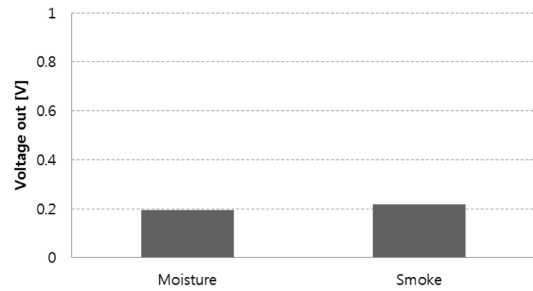


Fig. 11. Voltage change due to contamination at 100°C.

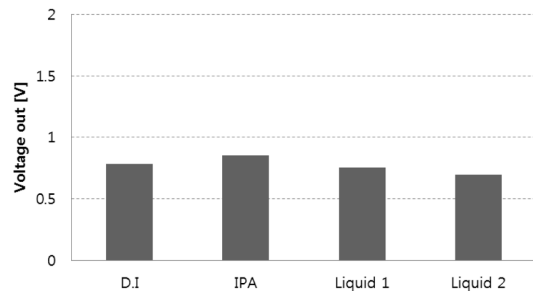


Fig. 12. Voltage out according to liquid species at 100°C.

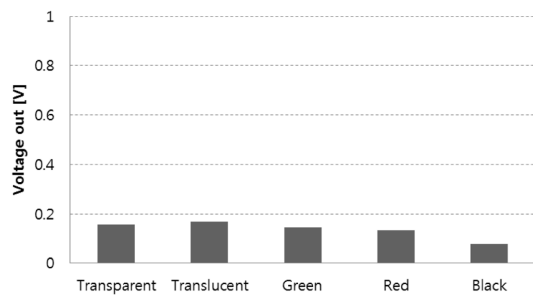


Fig. 13. Voltage change due to solid screen at 100°C.

기를 주입하여 전압변화를 측정하였다. 전압 강하가 발생했으며, 오염유체의 농도가 떨어지면 일반 기체에 대응하는 전압으로 되돌아갔다.

다른 종류의 액체와 다른 색상의 액체를 유입하여 평가한 결과 나타난 전압의 크기는 서로 다른 값을 나타냈으며, 기체를 유입한 경우보다 컸다. 특이한 점으로 액체유입초기에 전압의 흔들림이 발생하였고, 이 결과는 검출장치 내부로 액체가 유입되는 초기에 액체와 기체가 혼합된 상태, 즉 기포가 장치 내부에 존재함으로써 나타난 것으로 판단된다.

배관 오염에 따른 영향을 파악하기 위해 광 투과도가 다른 소재를 투입하였을 때 전압의 크기는 서로 다른 값을 나타냈다. 오염된 유체의 지속적인 유입으로 검사장치유로에 스케일이 발생할 경우 전압의 변화를

확인 할 수 있을 것으로 사료된다.

한편, 오염검출장치 및 배관의 온도를 100°C로 유지한 상태에서 상기 실험을 반복했을 경우에, 상온에서의 값 대비 낮은 출력 전압을 나타냈다. 각 실험에서와 같이, 기체의 경우에는 일정한 값이 나타났으며, 기체오염, 서로 다른 액체, 투명소재의 경우에는 재료 간 유사한 경향을 보여주었다.

이 오염검출장치는 실제 공정 장치에서 사용되는 조건과 유사한 조건을 구현하기 위하여 공간구성 및 사용조건을 상황에 따라 다양하게 적용할 수 있다.

### 감사의 글

이 논문은 한국기술교육대학교로부터 연구비 지원을 받았습니다.

### 참고문헌

1. Ryoo, H.C., Yoo, Y.S., Lee, J.Y., and Hahn, J.W., "Integrated Cavity Output Spectroscopy Using an External Cavity Diode Laser for the Density Absorption Measurement of Trace Gases," J. of the Korean Vacuum Society, Vol. 15, No. 1, pp. 24-30, 2006
2. Shin, E.C., Cho, S.J., Ryoo, H.N., Shefontyuk, D., and Kim, D.H., "Development of Optical Particle Counter (OPC)," Optical Society Korea Summer Meeting, pp. 280-281, 2004
3. Bae G.N., "Investigation of the Performance Characteristics of an In-Situ Particle Monitor at Low Pressures Using Aerodynamic Lenses," J. KSME B, Vol. 24, No. 10, pp. 1359-1367, 2000
4. Jeon, K.M., Shin, J.S., Lim, S.K., Park, S.H., Kang, B.K., Yun, J.U., Yun, J.Y., Shin, Y.H., and Kang, S.W., "The Study of *In-situ* Diagnosis of Chemical Vapor Deposition Processes," J. of the Korean Vacuum Society, Vol. 20, No. 2, pp. 86-92, 2011.
5. Lee, C.H., Jeon, K.M., Shin, J.S., Yun, J.Y., Cho, S., and Kang, S.W., "The Development of the Contamination Prevention Module of an Optical Window Using Ultrasonic Waves," J. of the Korean Vacuum Society, Vol. 22, No. 4, pp. 175-180, 2013.
6. Ko, D.G., Bae, S.W., Kim, K.S., and Im, I.T., "Monitoring of the Carbon Emission and Energy Consumption of CVD and Etcher for Semiconductor Manufacturing," J. of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 12, No. 3, pp.19-22, 2013.
7. Kang, I.H., and Lee, C.H., "Characteristics of Smoke Emissions from Light Duty Diesel Vehicles Using Light Extinction Smoke Measurement Method under free Acceleration Test Mode," J. of the KOSOS, Vol. 27, No. 3, pp. 1-8, 2012.
8. Kong, H., Ossia, C.V., Han, H.G., and Markova, L., "In-line Smart Oil Sensor for Machine Condition Monitoring," J. of the KSTLE, Vol. 24, No. 3, pp. 111-121, 2008.
9. Senba Optical Electronic Co., Ltd. 'Super-current Linear Light Sensor Type : LLS08-A'.

접수일: 2015년 3월 2일, 심사일: 2015년 3월 11일,  
 게재확정일: 2015년 3월 23일