

CVD 공정의 전구체 잔존량 실시간 진단방법 연구

윤주영 · 신용현 · 정광화†

한국표준과학연구원 진공센터
(논문접수일 : 2005년 5월 25일)

Study on a Real Time Quantitative Diagnostic Technique for Measuring CVD Precursors

Ju-Young Yun, Yong-Hyoen Shin, Kwang-Hwa Chung†

Vacuum Center, Korea Research Institute of Standards and Science Doryong-dong, Yuseong, Daejeon, 305-600, S. Korea

(Received May 25, 2005)

요 약

본 연구는 화학증착(Chemical Vapor Deposition, CVD) 시스템에서 전구체 소모량을 모니터링 하기 위한 방법이다. 전구체는 가격이 매우 비싸기 때문에 이를 모니터링 하기 위한 효과적인 방법이 요구된다. 하나의 예로서 용기내 수위진단을 할 수 있는 초음파 센서를 들 수 있는데 이는 비접촉식이고 가격이 저렴한 유리한 점이 있다. 본 연구에서는, CVD 시스템에서의 전구체 소모량 모니터링을 위한 초음파 진단기술 개발에 관해 연구한다. 또한 반도체 생산라인에 적용이 가능한 실제 진단장치를 개발, 적용한다.

주제어 : 초음파 센서, 수위진단, 화학증착, 전구체, 반도체

Abstract

This study proposes an accurate method of monitoring precursor consumption in chemical vapor deposition (CVD) systems. Since precursor costs are significant, finding an efficient method to monitor precursor consumption is necessary. One example is the use of non-contact and inexpensive ultrasonic sensors for determining the liquid level in a container. In this study, sensors based on ultrasonic techniques have been developed for monitoring the precursor consumption in a CVD system. Moreover, the prototype sensors developed in this study can be useful in the field of semiconductors.

Key Words : ultrasonic sensor, liquid level, CVD, precursor, semiconductor

1. 서 론

반도체 소자 크기가 줄어들어 따라 박막의 층덮힘(step coverage) 등을 확보하기 위한 화학증착 공정에 대한 많은 연구가 진행되고 있다 [1-3]. 특히

액상의 유기금속화합물을 전구체로 사용하는 유기금속화학증착공정(Metal Organic CVD)은 저온공정이 가능한 장점으로 많이 연구되고 있고 반도체 생산라인에서도 점차 적용되고 있다 [4-5]. 이러한 공정에 가장 결정적인 영향을 미치는 요인 중의 하

† E-mail : khchung@kriss.re.kr

나가 반응기내로의 전구체의 안정적 공급이라고 할 수 있다. 따라서 적절한 시기에 용기내의 전구체들을 교체해주어야 하는데 현재 이를 정확히 진단할 수 있는 마땅한 방법이 없는 형편이다. 한편 반도체 라인에서 전구체가 고갈된 것을 제대로 모니터링 못한 상태에서 공정이 진행된 경우 웨이퍼에 제대로 된 박막이 형성되지 못함은 물론 오염입자들이 많이 발생할 수 있어 수율에 심각한 영향을 미친다. 또한 전구체가 상당량 남은 상태에서 교체가 된다면 고가의 전구체에 대한 경제적 손실이 클 것이다. 따라서 용기내 전구체의 잔존량을 정확히 측정하여 적절한 시기에 교체할 수 있도록하는 방법이 시급한 실정이나 아직 마땅한 방법이 없는 형편이다. 일반적으로 부력센서 등이 사용되기도 하나 이는 반도체 생산라인에 적용하기에는 많은 문제점이 있다. 센서 키트가 전구체 용기내로 삽입되기 때문에 부식문제는 물론 용기의 구조가 복잡해져 세척 후 leakage가 발생할 우려가 있고 정확도도 떨어진다. 따라서 현재 반도체 생산라인에서는 효과적인 전구체의 공급을 위해 용기내 전구체의 잔존량을 모니터링 할 수 있는 방법 및 장치가 매우 시급한 실정이다. 본 연구에서는 초음파 센서를 이용하여 CVD 전구체 진단에 관한 연구를 수행하였다. 초음파 센서는 유체와 비접촉식이어서 부식성 있는 각종 전구체의 영향을 전혀 받지 않을뿐더러 전기, 자기 및 광학식 등 기타 다른 비접촉식 센서에 비해 매우 저렴하여 상용화할 수 있는 가능성이 높다고 판단된다 [6,7]. 이러한 초음파 진단 시스템을 CVD 장비에 적용하기 위해서는 먼저 transducer를 용기의 밑바닥에 부착시킨 후 펄스를 발생시키면 펄스는 유체 수면에서 반사되어 다시 바닥의 transducer로 돌아오게 되는데 이때의 반사된 시그날의 delay time에 의하여 액체의 위치에 관한 정보를 얻을 수 있다 [8].

본 실험에서는 CVD 시스템에서의 액상 전구체의 소모량을 모니터링하기 위한 초음파 진단시스템을 연구하고 생산라인에서 사용이 가능한 소형화한 측정장치를 제작하였다. 본 연구를 추후 반도체라인에 적용시 공정개선 가능성 및 경제적 효과가 크다고 판단된다.

2. 실험

Fig. 1은 전구체의 수위를 측정하기 위한 장치의 그림이다. 1개의 package로 된 transmitting/receiving sensor(diameter = 6.35mm, Technisonic Co.)가 용기 밑에 부착되어있다. 다음 transmitter를 통하여 펄스(5MHz)를 방출 후 펄스가 수면에서 반사되어 돌아오면 receiver가 검출한 후 이 파형을 오실로스코프를 통하여 볼 수가 있다. 초음파 센서의 송/수신 사이의 시간은 CVD 전구체의 수위를 이용하는데 사용된다. 용기내 수위(d)는 다음 식으로 표시한다.

$$d = v \cdot \{(1/2)t\} \quad (1)$$

여기에서 v는 초음파 펄스의 속도(velocity)이고 t는 펄스가 수면까지 도달 왕복시간이다. 수위(d)를 구하기 위하여 먼저 사용하려는 전구체내에서의 초음파 펄스의 속도(전구체별 고유값)를 구한 후, 각각의 조건에서의 왕복시간 t를 구한후 식(1)에 대입하여 수위(d)를 구하게 된다 [9,10]. 한편 실험에 사용한 전구체로는 CVD SiO₂ 공정에 많이 사용되는 TEOS(tetrakis-ethoxy-silane)를 사용하였다고 상온(25°C)에서 실험을 수행하였다 [11].

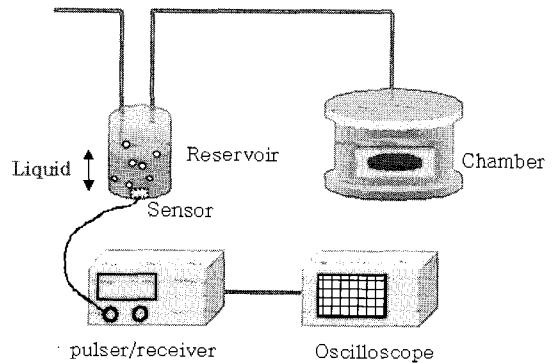


Figure 1. 초음파 장치를 이용한 전구체 수위진단장치 모식도

3. 결과 및 고찰

전구체의 수위(d)를 구하기 위하여 우선 각각 전구체내에서의 초음파 속도를 알아야 한다. 따라서

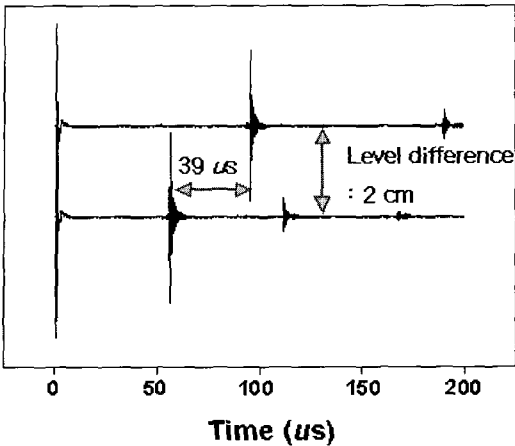


Figure 2. TEOS 전구체에서의 초음파 속도 측정

유체 내에서의 초음파 속도를 먼저 구하기 위해 수면까지의 거리(d) 차이를 고정한 후 초음파를 각각 2번 방출하여 왕복시간(t)의 차를 이용, 식 (1)을 이용하여 속도(v)를 구하였다 [9]. 따라서 위의 방법을 이용하여 TEOS내에서의 초음파 속도(v)를 구하면 먼저 수위차(d)가 2 cm나도록 고정하고 초음파를 각각 2회 방출하여 각각의 왕복시간(t)을 측정하였다. 수위차 2 cm일 경우 초음파의 왕복시간(t)차는 39 μ s로 측정되었다. 식 (1)을 이용하면 속도(v) = 1024 m/sec을 구할 수 있다(Fig. 2).

Fig. 3은 서로 다른 수위 (2 / 4 / 6 cm)에서 초음파를 방출, 왕복시간을 계산하여 수위(d)를 계산한 실험이다. 왕복시간(t)는 2 / 4 / 6 cm의 수위에서 각각 41, 79, 115 μ s의 왕복시간을 나타냈다. 이를 위에서 구한 속도(1024 m/sec)와 함께 식 (1)에 대입하면 약 2.1, 3.8, 5.9 cm의 liquid level 값을 얻을 수 있어 실제 수위와 오차범위내의 거의 동일한 값을 얻을 수 있다.

Fig. 4는 위의 결과를 갖고 실제값과 측정값을 비교한 그림이다. TEOS내에서 측정값이 실제와 거의 일치하는 것으로 확인되었다. 즉 초음파 센서 시스템을 이용, 반도체용 전구체인 TEOS에서의 가능성을 확인결과, 모니터링 장치로의 이용 가능성을 확인하였다. 추후 MOCVD 등에서의 이용을 위하여 여러 유기금속화합물 등에서의 실험을 통하여 가능성을 타진할 예정이다.

한편 실제 반도체 생산라인에서의 사용을 위해

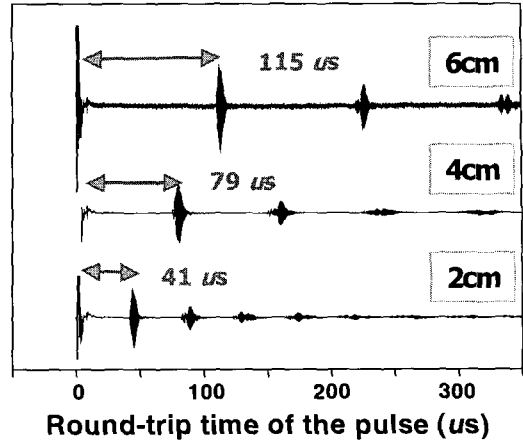


Figure 3. 초음파 진단법에 의한 TEOS의 수위진단 측정

서는 측정장치가 작아야하고 사용하기가 편리해야 한다. 본 실험에서는 이러한 용도에 맞도록 전구체 모니터링 장치를 설계, 제작하였다. 크기는 작고 수 kg 정도의 무게만 나가면서 다루기 편하게 설계되었으며 장치내에 펄서/리시버 기능은 물론 microprocessor (200 MHz)를 탑재하여 측정된 파형간 거리(t)를 자동적으로 수위(d)로 계산, 실시간으로 수위(d)를 모니터링할 수 있도록 하였다. 한편 디스플레이는 파형과 숫자데이터(전구체 수위)를 같이 볼 수 있도록 하였다. 또한 전구체별 초음파 속도 데이터를 내장할 수 있도록 하여 여러 CVD 공정에 사용가능하게 설계하였다. 한편 컴퓨터로 통신 기능도 가능하도록 기능을 내장하였다. 즉 제작한 시스템은 Fig. 1에 나온 여러 장치의 기능을 하나의 작은 장치로 축소하여 통합 설계하여 시스템 내

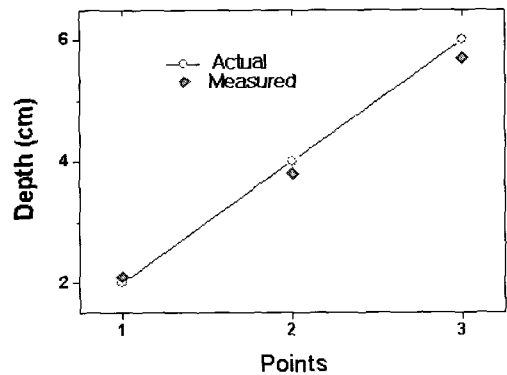


Figure 4. 실제수위 vs. 측정수위 비교도

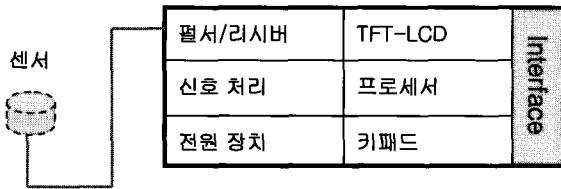


Figure 5. 전구체 잔존량 진단장치 시제품 블록도

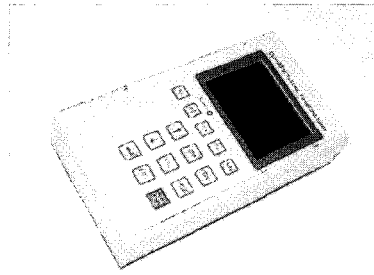


Figure 6. 전구체 잔존량 진단장치 시제품 실제사진

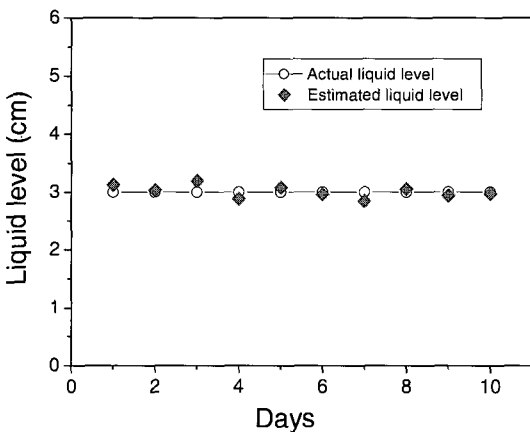


Figure 7. 신뢰성 테스트 결과 (10일)

에 펄서/리시버, 신호처리, 전원장치, 프로세서, LCD 및 키패드 및 통신기능을 통합하여 제작, 실제 반도체 생산라인에서 간편하게 사용하도록 하였다(Fig. 5). 한편 Fig. 6은 이와 같이 제작한 실제 장치의 사진으로 실제 반도체 생산라인에 사용할 수 있도록 만들었다.

Fig. 7은 위의 설계된 진단장치를 이용, 10일 동안 통런 신뢰성 테스트 결과이다. Fig. 3과 같은 조건으로 수위 2cm에서 10일 동안 연속측정 실험하였다(TEOS, 상온). Fig. 3과 마찬가지로 수위가 5%이내 오차의 매우 정확한 값을 나타내고 10일에 걸친 테스트 결과 신뢰성이 확인되어 추후 반도체 생산라인에 적용가능할 것으로 기대된다.

4. 결 론

본 연구는 CVD 공정시 용기 내의 전구체 잔존

량 진단방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 CVD 공정 중 용기 내 잔존하는 전구체의 수위를 초음파의 송/수신을 통해 발생하는 신호를 분석하여 정확히 측정할 수 있는 전구체 잔존량 진단방법 및 장치제작에 관한 것이다. 따라서 본 연구에 의하면, 전구체가 보관되어 있는 용기에 초음파를 사용하는 수위 진단기를 설치하여 전구체의 수위를 실시간으로 측정, 전구체의 고갈로 인한 피해를 사전에 방지하여 제품 불량율을 현저하게 감소시킬 수 있고, 상기의 측정결과를 토대로 전구체의 정확한 교체 및 재공급시기를 알 수 있으므로 전구체의 사용기간을 최대로 연장할 수 있는 연구이다. 또한 반도체생산라인에서 실제 사용가능하도록 소형화된 장치를 제작, 10일에 걸친 신뢰성 실험결과 5% 이내 오차를 보이는 우수한 특성을 확보하였다.

참 고 문 헌

- [1] J. Bonitz, S. E. Schulz, and T. Gessner, *Microelectronic Engineering* **70**, 330 (2003).
- [2] J. K. Lan, Y. L. Wang, K. Y. Lo, C. P. Liu, C. W. Liu, J. K. Wang, Y. L. Cheng, and C. G. Chau, *Thin Solid Films* **398-399**, 544 (2001).
- [3] T. Leistner, K. Leimbacher, P. Harter, C. Schmidt, A. J. Bauer, L. Frey, and H. Ryssel, *Journal of Non-Crystalline Solids* **303**, 64 (2002).
- [4] Frank L. Y. Lam and Xijun Hu, *Chemical Processing Science* **58**, 687 (2003).

- [5] Ju Young Yun, Man-Young Park, and Shi-Woo Rhee, *Journal of The Electrochemical Society* **145**, 1804 (1999).
- [6] M. Jeffries, E. Lai, and J. B. Hull., *Journal of Materials Processing Technology* **133**, 122 (2003).
- [7] H. Golnabi, *Optics and Laser in Engineering* **41**, 801 (2004).
- [8] Sakharov, S. A. Kuznetsov, B. D. Zaitsev, I. E. Kuznetsova, and S. G. Joshi, *Ultrasonics* **41**, 319 (2003).
- [9] E. Vargas, R. Ceres, J. M. Martin, L. Calderon, *Sensors and Actuators A* **61**, 256 (1997).
- [10] E. Green Jr., *Ultrasonics* **42**, 9 (2004).
- [11] L. C. D. Goncalves, C. E. Viana, J. C. Santos, and N. I. Morimoto, *Surface and Coating Technology* **180**, 275 (2004).