

반도체 생산공정을 위한 고점도 감광성 폴리이미드 탈포 및 공급시스템에 관한 연구

박형근*

¹남서울대학교 전자공학과

A Study on the High Viscosity Photosensitive Polyimide Degassing and Pumping System

Hyoung-Keun Park^{1*}

¹Department of Electronic Engineering, Namseoul University

요약 반도체 칩의 고집적화로 과거 와이어 본딩 공정에서 BUMP 공정으로 전환되면서 반도체칩과 외부 기기로 이어지는 통신선도 더욱 미세해짐으로 인해 보다 정밀한 작업이 필요한 실정이지만 PSPI의 고점도 특성상 정량제어가 어렵고 버블 유입에 따른 수율의 저하가 계속되고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 반도체 BUMP 공정에서 고점도 감광성 폴리이미드(PSPI : Photosensitive Polyimide)의 도포(coating)시 발생하는 기포(gas)를 제거하여 공급하는 D&P(Degassing and Pumping) 시스템을 개발하였다.

Abstract As the wire bonding process has been converted into BUMP process due to the high density integration of semiconductor chip, the telecommunication line connecting to semiconductor chip and external devices have become finer. As a result, a more precise work is necessary. However, it is difficult to control quantity given the nature of high viscosity of PSPI and the yield rate continues to decline due to the inflow of bubble. Therefore, this paper developed the D&P(degassing and pumping) system to remove and supply gas that is generated from coating the high viscosity photosensitive polyimide(PSPI) in the semiconductor BUMP process.

Key Words : Degassing, Chemical Pumping, Photosensitive Polyimide, BUMP

1. 서론

최근의 반도체 기술개발 동향은 반도체 칩의 고집적화로 과거 와이어 본딩 공정에서 BUMP 공정으로 전환되면서 반도체칩과 외부 기기로 이어지는 통신선도 더욱 미세해짐으로 인해 보다 정밀한 작업이 필요한 실정이지만 PSPI의 고점도 특성상 정량제어가 어렵고 버블 유입에 따른 수율의 저하가 계속되고 있는 실정이다. 또한 평판디스플레이(FPD) 생산공정에서 디스플레이 보호를 위한 보호 커버(강화유리)를 합착 후 버블 발생시 제품을 폐기하거나 재작업 과정을 거쳐야 함에 따라 이는 수율

의 감소로 이어지고 있다.[1,2]

따라서 본 논문에서는 반도체 BUMP 공정에서 고점도 감광성 폴리이미드(PSPI : Photosensitive Polyimide)의 도포(coating)시 발생하는 기포(gas)를 제거하여 공급하는 D&P(Degassing and Pumping) 시스템을 개발함으로써 생산성을 향상시키고자 하였다.

또한, PSPI의 불완전 도포로 인한 복합적인 공정불량을 예방하기 위하여 실시간(real-time)으로 상태요소들을 감시할 뿐만 아니라 상태요소의 비정상적 변화나 웨이퍼 가공불량이 발생할 경우 해당 유니트(unit)를 정지시키고 동시에 원격지에 있는 엔지니어에게 정보를 전송

본 논문은 2014년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : Hyoung-Keun Park(Namseoul Univ.)

Tel: +82-41-580-2118 email: phk315@nsu.ac.kr

Received October 7, 2014

Revised January 19, 2015

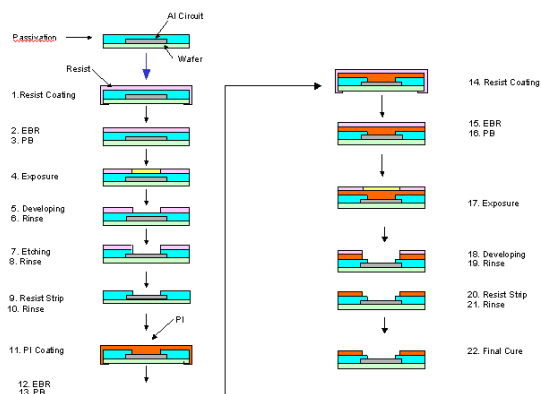
Accepted February 12, 2015

함으로써 즉각적인 대처가 가능할 수 있도록 개발하였다.

2. 폴리이미드 및 공급 압력

2.1 반도체용 폴리이미드

반도체 재료로서 사용되는 폴리이미드는 PR처럼 빛에 대한 반응성 유무에 따라 감광성(PSPI ; photosensitive polyimide)과 비감광성(PI)으로 나뉜다. 여기서 PSPI 부분에 대해서는 positive type에 대해서만 다루기로 한다(여기서 언급되는 PSPI는 positive-type이며, i-line PR과 동일하며 단지 resin 구조만 다름). PSPI는 [PR(Photo resist)+PI(보호막)] 역할을 동시에 수행하는 소재이다. PI는 빛에 대한 반응성이 없기 때문에 device의 PAD(Al로 되어있으며, device에 외부 전기 신호를 전달하는 역할)와 fuse 부분을 open 하기 위해서는 PI 위에 PR을 도포하여 포토공정을 진행한 후, 형성된 PR pattern을 mask로 하여 PAD와 fuse 부위의 PI를 open하게 된다. 이러한 경우 wet-etch 개념으로 PI open을 하기 때문에 구현 가능한 open size한계가 있으며 구현된 PI pattern의 profile(overhang profile) 또한 깨끗하게 형성되지 못하는 단점이 있다. PSPI를 사용할 경우 PI 대비 공정 단축 및 PI에서 문제가 되는 한계 open size와 공정불량(상부 PR로 인한 불량)을 해결할 수 있는 이점이 있어 최근 반도체공정에 많이 적용되고 있다. Fig. 1은 폴리이미드의 pad 및 fuse 부분을 개방하는 patterning을 진행하기 위해 PR 공정을 함께 진행하는 프로세스의 개괄도이다.[1,2,3]



[Fig. 1] Nonphotosensitive Polyimide Process

PSPI 소재를 이용해 pad 및 fuse 부분의 patterning을 진행하는 공정은 기존 비감광성 폴리이미드에 PR을 적용해 patterning하던 것 대비 여러 공정을 생략할 수 있다. PSPI 소재의 코팅 및 노광과 develop 과정에서 PR과 유사한 patterning 소재로 역할이 가능하기 때문에 최근 그 사용이 크게 늘고 있다.

2.2 절대 압력과 유량, 유속

압력을 나타내는 데는 그 기준(압력 0의 상태)의 설정 방법에 따라 절대 압력과 게이지 압력으로 나누며, 통상적으로 게이지 압력으로 나타낸다. 절대 압력(absolute pressure)은 완전 진공을 기준으로 하여 나타내며, 완전 진공상태가 압력 0으로 표시된다. 게이지 압력(gauge pressure)은 대기압을 기준으로 하여 나타내며, 대기압 상태가 압력 0으로 표시된다.

유량이란 단위 시간에 이동하는 액체의 양을 말하며, 유압에서 유량은 토출량으로 나타낸다.단위는 [ℓ/min] (분당 토출되는 양) 또는[cc/sec](초당 토출되는 양)로 표시한다. 즉, 이동한 유량을 시간으로 나눈 것이며, 유량은 식(1)과 같이 구할 수 있다.

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{A \times S}{t} = A \times v \quad (1)$$

Q : 유량[ℓ/min], V: 용량[ℓ], t: 시간[min],
v: 유속[m/sec], S: 거리[m], A:단면적[cm^2]

유속이란 단위시간에 액체가 이동한 거리를 나타내며, 유압에서 단위는 [m/sec](매 초당 움직인 거리)이고 식(2)와 같이 구할 수 있다.

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

2.3 연속적의 법칙 및 관의 내경

액체가 흐를때 흐름의 상태가 변하지 않는 경우(정상류), 유량은 통과하는 관로의 면적에 관계없이 일정하다. 이를 연속적의 법칙이라 한다. 즉, 면적이 작아지면 유속이 빨라지게 되어 일정한 유량을 유지한다. 관의 내경을 구하기 위하여 유량 Q는 식(3)과 같고 식(3)으로부터 내경 d는 식(4)와 같이 구할 수 있다.

$$Q = A \times v = \frac{\pi d^2}{4} \times v \quad (3)$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \times v}} \quad (4)$$

2.3 관로내 유체의 흐름과 유속분포 및 평균 유속

관로내 흐름에는 층류와 난류가 있고, 층류는 유체가 관로 내를 흐를때 층을 유지한 채 흐르는 상태를 말하며, 보통 유량이 적은 경우에 나타나는 현상이고, 난류는 흐름중 와 등을 발생시키는 흐름으로 유량이 크거나 압력강하가 적은 경우에 나타난다.

관로중의 일정구간에서 2점의 압력 취출공으로 부터 취출된 압력 강하와 유량과의 특성관계를 보면은 압력강하와 유량과 비례하는 범위에서의 흐름을 층류라 하고, 유량의 2승에 비례하는 유량이 큰 범위에서의 흐름을 난류라 한다.

실제로 원통형 관내의 유속분포를 측정하여 보면 점도가 높은 경우 관벽과 유체의 마찰력은 크게 작용함으로 유속분포는 변화한다. 유속이 느릴 때는 점도가 낮은 유체가 흐르는 것과 같은 유속분포를 가진다. 즉, 관로내의 흐름이 층류일 때는 관의 단면에서 본 유속은 거의 같은 유속분포가 된다. 즉, 유체의 흐름이 층류로부터 난류로 되는 것은 유량의 크기에 의하나 그것은 유체의 점성의 크기에 좌우됨을 알 수 있다.

유량의 어떤값을 초과하고, 층류가 난류로 변화되는 한계의 값은 유체의 밀도, 점도, 관로 내경에 의해서 달라지게 된다. 즉, 관로내 흐름상태를 수치로 표현한 것이 레이놀즈수이며, 층류 난류로 구분하는 경계치는 2320이다.

$$ReD = \frac{4Q\rho}{\pi D\eta} \quad (4)$$

Q : 유량, r : 밀도, h : 점도, D : 관로의 직경

유체는 점성이 있으므로 관로내 흐르는 유체중 관로벽과 마찰하며 흐르는 유체는 관벽과의 점성에 의해 유속이 늦어지고 관로의 중심으로 갈수록 유속이 증가하여 관 중심에서는 최대가 되는 것으로 관로내의 유체의 유속은 동일하며,관로 단면상에 있어서도 위치에 따라 달라진다.

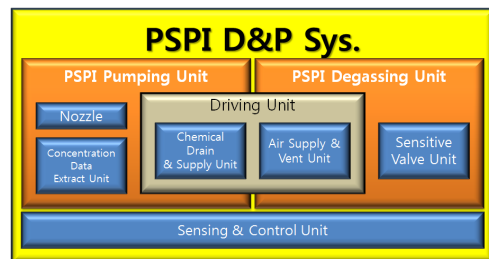
원형 단면을 갖는 관로내의 유속분포는 관내의 유속분포와 같고, 층류에서는 레이놀즈수가 변화해도 유속분포는 항상 일정하나 난류에서는 레이놀즈수에 따라 유속분포는 변한다. 주의할 점은 층류나 난류도 앞서 설명한

대로 되는 것은 아니다. 그렇게 되는 조건은 직관부를 흐르는 경우로서, 만일 곡관이나 유속이 빠른 난류에서는 그와 같은 법칙이 성립되지 않으므로 충분한 직관부를 통한 흐름이 요구되는 것이다. 유속 변화의 영향을 받는 유량계에서는 유량계의 전후단에 대해 적당한 길이의 직관부를 필요로 하게 된다.

3. PSPI 탈포 및 공급시스템

본 논문에서는 불량률의 원인이 되는 기포를 제거하기 위하여 이중격벽(Dual diaphragm) 구조의 새로운 탈포(degassing) 시스템을 제안하고 이를 이용하여 고점도 PSPI D&P 시스템을 개발하였다.

본 연구에서 개발한 시스템의 구성도는 Fig. 2와 같이 Sensitive valve, Air supply & vent, Chemical drain & supply, Nozzle, Concentration data extract, sensing & control unit로 구성된다. Control unit에서 PSPI의 유량을 정밀하게 제어하고 PSPI의 도포 후 미 도포 및 기포로 인한 공정손실(Process Loss)을 '0(zero)'에 근접한 수준으로 유지할 뿐만 아니라 손실 및 에러 발생 시 신속한 대처가 가능하여 웨이퍼의 수율을 향상시킬 수 있도록 연구를 수행하였다.



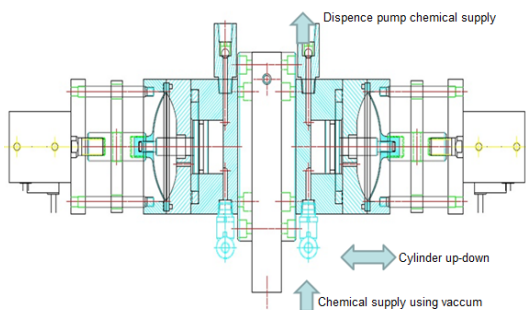
[Fig. 2] Structure of PSPI D&P system

3.1 PSPI Degassing System 구조

이중격벽(Dual diaphragm) 구조로 실린더를 개발한 이유는 UV경화형 접착제는 금속재질과 화학반응에 뛰어나며 약액 속에 녹아있는 Air가 실린더로 유입됨에 따라 UV경화제의 경화속도는 더 빨라지게 된다. 그러므로 다이어프램을 이용하여 약액에 녹아있는 gas를 탈포시킬 뿐만 아니라 약액의 순환을 높일 수 있다. 또한 변위형 다이어프램 이용하여 구동 공간을 최소화하고, 변위형 다이어프램의 내부 소재는 수지로 변경하여 UV 경화

형 집착제와 화학적 반응을 줄여 경화 속도를 낮출 수 있다. 또한 다이어프램의 변위를 이용하여 액적의 토출량 및 토출 속도를 제어하여 Dispense 할 수 있는 특징을 가지고 있다.

Fig. Degassing System 구조 Concept #1은 Fig. 3과 같이 공압 실린더를 up-down시켜 약액 흡입 및 dispense pump에 약액을 공급하는 구조로 Vent시 발생되는 약액의 손실을 최소화 할 수 있다. 최대 용량은 약 200cc까지 가능할 것으로 판단된다.



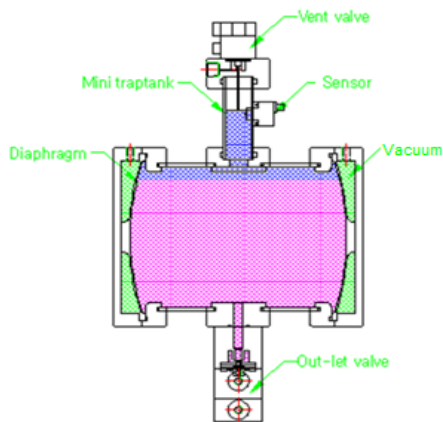
[Fig. 3] Degassing System Structure Concept #1

PSPI Degassing System 구조 Concept #3은 Fig 4, Fig. 5와 같이 공간 절약을 위해 Compact하게 설계하였을 뿐만 아니라 Dual diaphragm으로 탈포효과를 극대화시키며, Vent시 발생되는 약액의 손실을 최소화 가능 하다. 최대 용량은 약 600cc로 설계하였다. Fig. 4에서 In-let valve를 닫고 격벽(diaphragm) 외부를 진공으로 만들어 주면 탱크(Tank) 내부가 저압상태로 되어 약액 내부에 용존해 있던 기포가 밖으로 배출되는 구조이다. Fig. 5에서 Vent valve를 열고 격벽 외부에 공기를 넣어 주면 탱크 내부가 가압되어 포집된 기포(gas)가 빠져 나가게 되는 구조이며, 가압 중 액면감지 센서에서 약액을 감지시 vent valve를 닫는 개념이다.

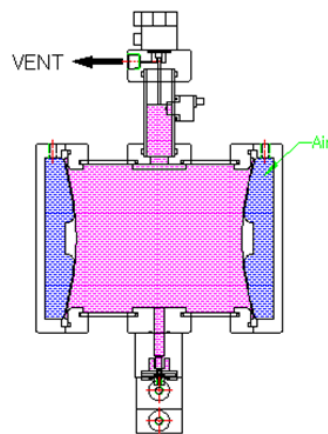
위의 같은 구조를 이용함으로써 제품을 소형화할 수 있고, 탈포 용량을 극대화하였으며, 할 수 있을 것으로 판단되며, 배출(vent)시 발생되는 고가의 약액(chemical) 손실을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 시스템의 외부에 디지털 압력계와 레귤레이터를 장착하여 정확하고 정밀한 동작의 제어가 가능하도록 개발하였다.

특히, 고가의 약액을 손실없이 공급하기 위해 SI 디스펜서를 응용하여 PSPI의 특성에 맞는 공급이 가능한 상면 및 배면 PUMP, S-Valve 등을 설계하였고 이를 이용

하여 고점도 PSPI D&P 시스템을 개발하였다.



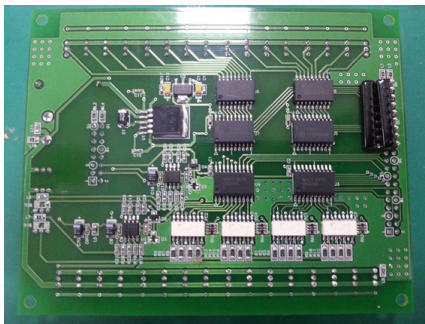
[Fig. 4] Change and effect of diaphragm when expand



[Fig. 5] Change and degassing effect of diaphragm when contract

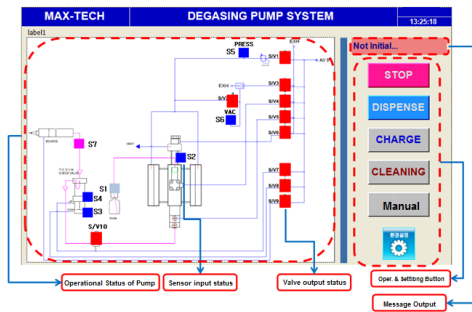
3.2 제어보드 및 GUI

Main Board PUMP 내의 동작에 필요한 실린더와 센서를 비롯한 각종 장치들을 제어하도록 설계되어 있으며 디지털 입력 16채널, 디지털 출력 16CH, 아날로그 입력 2CH을 가지고 있다. Degassing 동작에 필요한 diaphragm의 가압 및 Vacuum, dispense 동작에 필요한 실린더의 up/down을 제어하며, dispense gun의 토출량 제어를 위해 설계되었다.

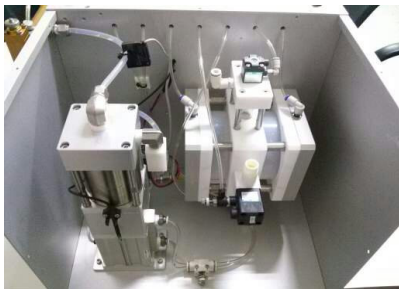


[Fig. 6] Main Control Board

PSPI용 D&P 시스템의 외부에 동작 상태를 표시하기 위하여 설계된 GUI의 메인 화면은 Fig. 7과 같고, 개발된 시스템의 기구부는 Fig. 8과 같다.



[Fig. 7] Touch panel Main GUI



[Fig. 8] Developed PSPI D&P system apparatus unit

4. 결론 및 성능평가

반도체 칩의 고집적화로 과거 와이어 본딩 공정에서 BUMP 공정으로 전환되면서 반도체칩과 외부 기기로 이어지는 통신선도 더욱 미세해짐으로 인해 보다 정밀한 작업이 필요한 실정이지만 PSPI의 고점도 특성상 정량

제어가 어렵고 버블 유입에 따른 수율의 저하가 계속되고 있다. 또한 평판디스플레이(FPD) 생산공정에서 디스플레이 보호를 위한 보호 커버(강화유리)를 합착 후 버블 발생시 제품을 폐기하거나 재작업 과정을 거쳐야 함에 따라 이는 수율의 감소로 이어지고 있다. 이에 본 논문에서는 고점도 감광성 폴리이미드(PSPI : Photosensitive Polyimide)의 도포(coating)시 발생하는 기포(gas)를 제거하여 공급하는 D&P(Degassing and Pumping) 시스템을 개발하였으며, 개발된 시스템의 성능은 Table 1과 같다.

[Table 1] Performance of developed system

Main Spec.	Unit	Performance
Dispense Volume	cc	0.5~6.0ml
Viscosity Range	cp	1 ~ 100mPa's
Pump Resolution	cc	0.01 ~ 0.1 <±3%
		0.1 ~ 1.0 <±2%
		1.0 ~ 10 <±1%
Pump Repeatability	cc	0.01 ~ 1.0 <±2%
		1.0 ~ 10 <±1%
System Repeatability	%	±0.02
Degassing Rate	u	1u이상

References

- [1] Korea semiconductor industry association, <http://ksia.or.kr>, Understanding of semiconductor and status of semiconductor industry
- [2] Hyoung-Keun Park, "Study on the FPCS for Photoresist Coating of Semiconductor Manufacturing Process", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 14, No. 9, pp.4467-4471, September 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.9.4467>
- [3] Hyoung-Keun Park, Keun-Wang Lee, "Development of DWCCS for Chemical Temperature Control of Semiconductor Manufacturing", International Journal of Control and Automation, Vol. 6, No. 3, pp.125-132, June 2013
- [4] Villegas I, Napolitano P., "Development of a continuous-flow system for the growth of compound semiconductor thin films via electrochemical atomic layer epitaxy", Journal of the Electrochemical Society, Vol. 146, No. 1, pp. 117-124, Jan. 1999 DOI: <http://dx.doi.org/10.1149/1.1391573>
- [5] Chiu WKS, Jaluria Y, "Continuous chemical vapor

deposition processing with a moving finite thickness susceptor", Journal of Materials Research, Vol. 15, No. 2, pp.317-328, Feb. 2000

DOI: <http://dx.doi.org/10.1557/JMR.2000.0050>

박 형 근(Hyoung-Keun Park)

[정회원]



- 1995년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1998년 5월 ~ 2001년 9월 : (주) 미디어서브기술연구소 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

반도체공정, 마이크로프로세서응용, 임베디드시스템