

A Study on the design of separation force measuring system for improvement of semiconductor productivity

Kun-Jong Park*

Abstract

In this paper, the separation force measuring system is developed. The separation force arises due to adhesive strength between semiconductor epoxy molding compound(EMC) and the metal plate in semiconductor formed plate. In general, when removing the metal plate in semiconductor formed plate from semiconductor epoxy molding compound, excessive strength can result in a increase in semiconductor defect rates, or conversely, if too little force is exerted on the metal plate in semiconductor formed plate, the semiconductor production rates can decrease. In this study, the design criteria for the selection of the AC servo motor, the role of the ball screw, the relationship between the load cell and the ball screw, and the rate of deceleration are given. In addition, minimizing the reject rate of semiconductors and maximizing the semiconductor production rate are achieved through the standardization of the collected separation force data measured by the proposed system.

▶Keyword: separation force, EMC, AC servo motor, ball screw, deceleration, load cell semiconductor formed plate

1. Introduction

현재 반도체 Packaging 재료로는 성형 시 점도가 낮고, 완전 경화 시 고온 열 특성이 매우 우수한 에폭시 수지 성형재료(Epoxy Molding Compound : EMC) 또는 수지 조성물이 사용되고 있다 [1-2]. 반도체를 생산할 때 EMC는 반도체 다이패드를 보호하고 리드프레임을 고정하는 역할을 한다. 실제로 반도체를 생산할 때 특정 성형 틀에 있는 금속판에서 반도체를 성형하는데, 성형이 완료되면 EMC표면과 금속판 간에 접착력이 발생하기 때문에 금속판에서 반도체를 떼어낼 때 적절한 힘을 가해야 한다. 금속판에서 반도체를 떼어낼 때 가하는 힘을 이형력이라 부르며 적절한 이형력을 가하지 않으면 잘 떨어지지 않아 반도체 생산을 향상에 좋지 않은 영향을 준다. 반대로 지나치게 많은 이형력을 가하면 EMC와 리드프레임간에 균열을 일으켜 반도체의 불량률을 높이게 된다. 일반적으로 이형력은 거계면(계면)의 접착력에 의해 결정되는데 기존의 계면 접착력 측정방법은 접합체의 파괴가 일어나는 임계하

중을 측정하여 여러 가지 접착력 파라미터로 환산하는 고전적인 측정방법이 사용되어 왔다.

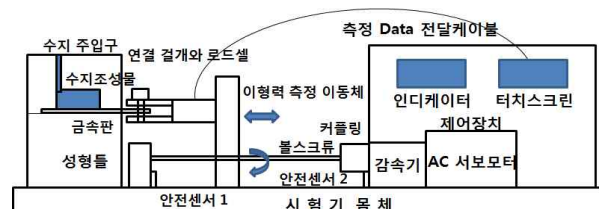


Fig. 1. Block diagram of Separation Force Measuring System

또한 다양한 시편들을 이용하여 계면 접착력을 측정하는 기술이 개발되었지만 이 역시 물리적인미가 불명확하고 화학적이거나 수학적으로 모델링하여 측정하는 방식이 주류를 이루어

*First Author : Kun-Jong Park, Corresponding Author: Kun-Jong Park
*Kun-Jong Park (kjpark@dongyang.ac.kr), Dept. of Computer & Communication, Dongyang MIRAE University
•Received: 2017. 07. 11, Revised: 2017. 08. 06, Accepted: 2017. 10. 23.
•This work was supported by Dongyang MIRAE Univ. Research Grant

왔다. 이와 같은 문제점을 개선하기 위해서 반도체 수지와 성형 틀에 있는 금속판 사이에 발생하는 이형력을 측정하는 시스템 개발의 필요성이 강조되어 왔으며 개발한 시스템을 적용하므로써 EMC의 종류에 따른 표준 이형력을 추출해내고 그 결과를 이용하여 반도체 생산율을 높이고 반도체 불량률을 줄여야 한다는 필연성이 강조되고 있는 현실이다. 이와 같은 요구사항을 충족하기 위해 EMC표면과 금속판 간의 표준화된 이형력 측정을 위한 시스템을 설계하였으며 설계한 시스템의 블록도를 그림 1에 나타내었다. 주요 구성품은 수지 조성물을 성형하는 성형 틀과 금속판, 연결걸개 및 로드셀, 이형력 측정 이동체, 회전운동을 직선운동으로 전환하는 볼 스크류, 모터의 회전을 10:1로 감속하는 감속기, AC서보모터, AC서보모터 제어장치, 안전센서, 이형력을 표시하는 인디케이터, 그리고 모든 장치를 제어하는 AVR MCU 등이다. 동작원리는 다음과 같다. 반도체 수지 조성물과 성형 틀에 있는 금속판이 결합되어 있는 상태에서 AC 서보모터의 회전운동을 감속기를 이용하여 10:1로 감속한다. 볼 스크류는 모터의 회전운동을 직선운동으로 변환한다. 직선운동으로 변환된 이동체가 성형 틀에 있는 금속판을 잡아당기는 힘이 로드셀과 연결걸개를 통해 전달되면 성형 틀에 있는 금속판이 반도체 수지 조성물로부터 이형된다. 이때 가해진 최대 이형력을 로드셀이 감지하고 그 결과를 이형력 표시기인 인디케이터로 출력한다. 모든 기계장치는 AVR MCU를 장착한 산업용 PC를 프로그래밍하여 제어하였으며 인디케이터에는 측정된 최대 이형력을 표시하였다. 측정된 데이터를 이용하여 특정 EMC에 대한 표준 이형력을 구할 수 있으며 반도체 생산에 표준 이형력을 적용하면 반도체 불량률은 줄고 생산률은 향상시키는 효과를 얻을 수 있을 것이다. 특히 본 연구에서 제안한 이형력 측정기 설계의 핵심기술인 AC 서보모터 선정방법, 감속기 선정 방법 그리고 회전운동을 직선운동으로 전환하는 볼 스크류 선정방법은 향후 계면 접착력 측정 시스템을 연구 개발하는데 활용가치가 높은 기초자료가 될 것으로 판단된다.

II. Preliminaries

1. Related works

1.1 Study trends in domestic and foreign

근본적으로 성질이 다른 두 재료(반도체 수지, 반도체 성형틀의 금속판)가 접촉하면 반도체 수지의 냉각으로 인한 수지와 성형 틀에 있는 금속판 수축률 차이 및 수지와 금속판 간의 접착력 등의 재료 특성적인 요인과 수지 제품이 가지고 있는 언더컷 등의 형상 특성적인 요인 등으로 인하여 다양한 크기의 접착력이 발생한다. 이 접착력 때문에 수지를 금속판에서 떼어내는 정량적인 이형력 데이터가 필요하며 이형력의 크기에 따라 생산성 및 불량률에 많은 영향을 주게 된다[3]. 그동안 3-Point Bending[4], Delamination[5-6], DCB(Double

Cantilever Beam)[7], Sandwich[8], Peeling[9], Blade Test[10], Pull-Out Test[11] 등과 같이 다양한 시편을 사용한 접착력 측정 기술이 연구되었으며 이 기술을 이용하여 반도체 리드프레임과 EMC간의 접착력을 측정하기 위해 연구가 이어져 왔지만 이러한 방법들을 통하여 측정된 접착력은 물리적인 의미가 명확하지 않을 뿐 아니라 측정 방법이 다를 경우 상호 비교가 불가능하다는 단점이 존재한다. 2000년 Ho Young Lee는 “구리계 리드프레임/EMC 계면(접착면)의 접착력 측정” 연구를 통해 구리계 리드프레임의 표면을 알칼리 용액으로 처리하고 SDCB(Sandwiched Double-Cantilever Beam) 및 SBN(Sandwiched Brazil-Nut) 시편을 제작하여 리드프레임과 EMC 계면간의 산화시간 또는 위상각을 변수로 활용하여 계면 파괴인성치로 접착력을 측정하였다[12]. 하지만 이 방법은 화학적이고 수학적인 해석방법으로 접착력을 측정하는 방법이며 정량적인 결과를 제공하지 못한다. 2009년 K.H.Kwon은 “고형상비 미세패턴의 이형력에 관한 실험적 연구”를 통하여 load cell을 이용한 peel test방법을 적용하여 이형력을 측정하였다[13-14]. 해당 연구에서는 이동축의 이동에 따른 이형력을 최소화 시켜주기 위해 load cell의 이동에 맞게 황동 마스터의 위치를 바꾸어 줄 수 있는 장치를 개발하였는데 load cell의 변위차와 마스터 플레이트의 변위 차를 보정해주기 위해 도르래를 이용한 이동 축을 제작하였다. 즉 load cell을 당기는 이동 축은 수평이동이지만 이동축의 이동 동력은 수직으로 작용한다. 해당 연구에서 개발한 장비는 높이에 따른 변위차를 1:1 비율로 수평방향으로 진행하게 하지만 이형이 발생하는 지점이 항상 동일하지 않은 단점을 가지고 있다. 2010년 S.H.Park은 “미세패턴 사출성형에서의 이형력에 대한 실험적 연구”를 통해 접착력에 의한 이형력 측정을 압력센서의 일종인 kistler sensor를 부착하여 측정하는 방법을 제시하였다[15]. 2012년 C.M.Ryu는 “Push Pull Gauge를 이용한 TFT LCD Panel의 접착력 평가 방법 연구”를 통해 sealant의 접착력 평가 방법을 제시하였다. TFT LCD TV의 대형화에 따라 패널의 상판 glass와 하판 glass를 접착시키는 sealant의 역할이 중요한 기술요소가 되고 있는데 sealant가 그 목적을 달성하려면 sealant의 접착력이 우수해야 한다. 상판 glass와 하판 glass간의 접착 현상은 크게 3가지 주된 상호 작용 유형으로 구분한다. 첫째, 접착 면에서의 기계적인 접착. 둘째, 두 접착 면 사이에 존재하는 상호 인력 때문에 발생하는 물리적 접착. 그리고 마지막으로 두 접착 면 사이의 화학결합에 의한 접착 등으로 나눌 수 있다[16]. 해당 연구에서는 sealant의 접착력을 평가하기 위하여 push pull gauge를 사용한 효과적인 평가방법을 제안하였다. 이 방법은 두 접착 면 사이에 수직으로 작용하는 힘을 push pull gauge를 이용하여 측정하는 방법이다.

III. Design of separation force measuring system

본 연구에서 제안한 이형력 측정기는 반도체를 생산하는 현장에서 반도체를 보호하는 수지 조성물을 성형 틀의 금속판에서 이형 할 때 가장 적합한 이형력을 찾아내어 표준화함으로써 반도체 생산성 향상과 불량률을 최소화하는 데 기여할 수 있도록 설계한다. 따라서 표 1과 같이 측정 장치의 목적에 일치하는 표준화되고 정형화된 데이터를 추출할 수 있도록 AC서버 모터 선정, 로드셀 선정, 감속기 설계, 볼 스크류 등의 설계 및 AVR MCU 임베디드 보드를 이용한 전자장치와 기계장치의 제어 프로그램을 최적화하는 것이 본 연구의 최대 중점 사항이다.

Table 1. Design Specification of Separation Force Measuring System

Content	Details
Dimension	600mm x 400mm
Maximum separation force	200kgf
Deceleration ratio	10:1
Maximum separation length	60mm
Maximum separation speed	10mm/s
Minimum separation speed	0.1mm/s
Lead pitch of ball screw	5mm

1. Design of electronic control part

그림 2의 전자제어부에 있는 임베디드 제어 유닛은 사용자의 명령에 따라 모터와 감속기 그리고 볼 스크류와 연결된 로드셀을 3단계의 순서로 잡아당긴다.

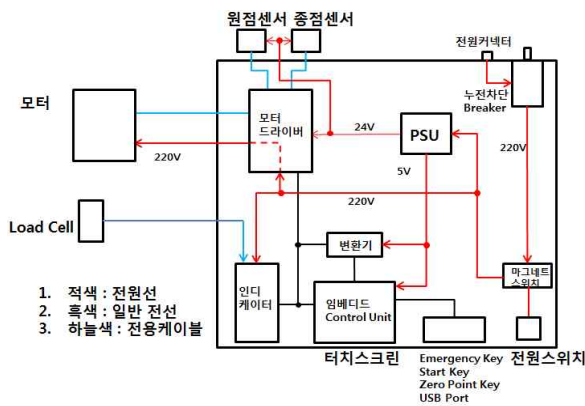


Fig. 2. Electronic Control Part

1단계는 반도체 수지 조성물과 성형 틀의 금속판 간에 이형력이 작용하지 않는 초기 단계이므로 중간 속도로 볼 스크류를 잡아당긴다. 2단계는 이형이 시작되는 단계로 최적의 이형력을 얻기 위해 가장 낮은 속도로 볼 스크류를 잡아당긴다. 3단계는 이형이 종료된 이후이므로 빠른 속도로 볼 스크류를 잡아당긴다.

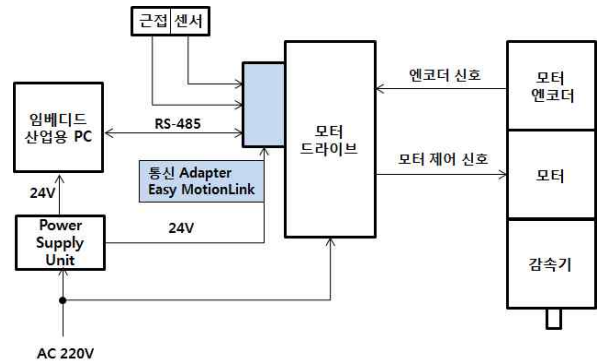


Fig. 3. Motor Drive Block

전자제어부는 모든 기계장치를 제어하며 로드셀을 통해 측정된 최대 이형력을 인디케이터에 표시하고 측정 데이터를 메모리에 저장하여 직렬통신으로 다운로드할 수 있도록 설계한다. 볼 스크류는 최대 60mm를 이동하며 시작점과 종점에 센서를 부착하여 전자제어부에서 시작과 종료를 센싱하도록 한다. 그림 3은 측정 시스템에 적용한 모터 드라이브와 센서 연결부를 블록으로 나타낸 것이다.

2. AC Servo motor, decelerator and ball screw

AC서버모터는 파나소닉의 MSMD 04 2 GIS를 사용하였고 AC서버 드라이버는 파나소닉의 MBDH T2 5 10을 적용하였다. 감속기는 홍진의 ATG Servobox Planetary Reducer PGX-H-10-P2를 적용하였으며 볼 스크류의 리드가 10mm일 경우 성형 틀의 금속판을 1mm/sec의 속도로 움직이기 위해서는 드라이버가 0.1rps 즉 6rpm의 속도로 제어할 수 있어야 한다. 그렇지만 모터의 기본 토크를 얻기 위해서는 최하 30rpm은 유지해야 하므로 감속기를 사용하지 않을 경우 볼 스크류의 속도가 5mm/sec가 되어 너무 빠르게 움직이게 된다. 그러므로 10:1감속기를 사용하면 볼 스크류 이동 속도를 0.5mm/sec로 줄일 수 있다. 본 연구에서 적용한 볼 스크류는 리드피치 5mm, 직경 20mm이며 볼 스크류는 감속기와 밀접한 연관성이 있다. 모터의 최저 토크 30rpm, 감속기 비율 10:1의 경우 볼 스크류의 리드 피치가 10mm일 때 최저 제어속도는 0.5mm/sec가 되므로 보다 더 정밀한 이형력을 측정하기 위해서는 볼 스크류의 속도를 보다 더 느리게 조정할 필요가 있다. 본 연구에서는 볼 스크류의 리드 피치를 5mm로 설계하여 최저 제어속도를 0.2mm/sec로 설정하였다. 실제 실험에서는 모터의 회전 스피드를 보다 낮게 제어할 수 있으므로 0.1mm/sec의 속도로 제어가 가능하다.

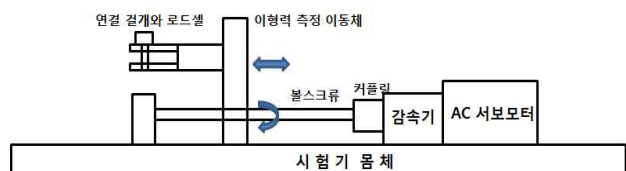


Fig. 4. Load Cell, Ball Screw, AC Servo Motor

서버모터의 선정을 위해 그림 4와 같이 볼 스크류에 연결된 이형력 측정 이동체의 등가 회전관성과 볼 스크류의 등가 회전관성, 그리고 모터의 회전관성을 구한다. 볼 스크류의 이동거리를 x , 볼 스크류의 회전각을 θ , 볼 스크류의 피치를 p_B 라 할 때 이동거리와 피치의 관계식은 식(1)과 같다.

$$x : \theta = p_B : 2\pi \tag{1}$$

식(1)에서 이동거리 x 는 식(2)와 같이 구할 수 있다.

$$x = \frac{p_B}{2\pi} \theta \tag{2}$$

식(2)를 미분하면

$$x' = \frac{p_B}{2\pi} \theta' \tag{3}$$

이 되고 이것을 직선운동에너지 및 회전운동에너지 등가식

$$\frac{1}{2} m(x')^2 = \frac{1}{2} J_T(\theta')^2 \tag{4}$$

에 적용하여 정리하면

$$\frac{1}{2} m \left(\frac{p_B}{2\pi}\right)^2 \cdot (\theta')^2 = \frac{1}{2} J_T(\theta')^2 \tag{5}$$

이 된다. 그러므로 이형력 측정 이동체의 등가 회전 관성 모멘트는 식(6)이 된다.

$$J_T = m \left(\frac{p_B}{2\pi}\right)^2 \tag{6}$$

볼 스크류의 질량을 m_B , 질량계수를 ρ , 반지름을 r , 볼 스크류 직경을 D , 볼 스크류 길이를 L 이라 할 때 볼 스크류의 등가 회전관성은 식(7)이 된다.

$$J_B = \frac{1}{2} m_B r^2 = \frac{1}{8} m_B D^2 = \frac{1}{2} (\rho L \pi r^2) r^2 = \frac{\pi}{32} \rho L D^4 \tag{7}$$

모터의 회전관성 모멘트를 J_M 이라 할 때 전체 부하관성 모멘트는

$$J = J_T + J_B + J_M \tag{8}$$

이 되지만 J_M 은 상대적으로 작기 때문에 무시할 수 있다. 모

터의 출력 단에 10:1 감속기를 사용하기 때문에 모터에 전달되는 부하관성은 0.1배로 줄어든다. 결과적으로 총중량 200kg, 볼 스크류 리드피치 5mm, 볼 스크류 직경 20mm, 볼 스크류 전체 길이 60mm와 감속기를 통해 연결된 모터 축의 허용 부하관성은 $1.34097 \times 10^{-5} [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$ 이 된다. 이 값은 실험에서 선정한 모터의 최대 허용 부하관성 조건에 충분히 만족한다.

다음으로 볼 스크류를 구동하는 모터의 부하 토크(T)를 계산하기 위해 직선일과 회전일 방정식을 적용하면

$$F \cdot p_B = T \cdot 2\pi \tag{9}$$

를 얻을 수 있다. $F = \mu W$ 에서 μ 는 볼 스크류의 마찰계수로서 0.1~0.3의 범위를 갖는다. 여기서는 0.3을 적용한다. W 는 200kg x 9.8m/s² 이므로 1,980N이 된다. 식(9)로부터

$$T = F \cdot \frac{p_B}{2\pi} = \mu \cdot W \cdot \frac{p_B}{2\pi} \tag{10}$$

이 된다. 이상적인 부하토크는 식(10)으로부터 얻을 수 있으며 0.467916N·m가 된다. 감속기의 비율이 10:1이므로 모터의 부하토크는 0.0467916N·m이며 일반적으로 모터의 부하 토크를 구할 때 2배를 산정하기 때문에 0.0935841N·m가 되고 이것은 선정된 모터의 최대 정격토크를 충분히 만족하는 값이라는 것을 알 수 있다.

3. Load Cell

디지털중량제어기 및 전자저울용 센서로 사용하고 있는 스트레인 게이지식 로드셀은 물건의 무게 즉, 하중을 전기신호로 변환하는 트랜스듀서이다. 전기적으로 물건의 무게를 검출하는 방법으로는 마그네틱을 이용하는 자기식, 스트레인 게이지식, 음파식, 진동식 그리고 정전 용량식 등이 있는데 대부분 스트레인 게이지를 사용한 트랜스듀서를 로드셀이라고 부르고 있다. 이러한 로드셀의 특징으로는 비교적 소형으로 가벼워서 조립성이 좋고, 센서 성능은 최대가 1/10,000정도이며 구조가 간단하며 변화가 적다. 또한 정격하중이 수 그램에서 수백 킬로그램까지 사용범위가 넓다. 이러한 이유로 해서 스트레인 게이지식 로드셀이 많이 이용되고 있다[17].

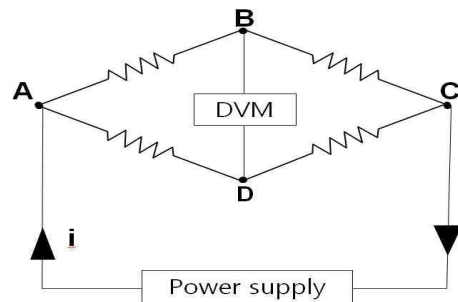


Fig. 5. Wheatstone bridge

스트레인 게이지식 로드셀은 알루미늄재질의 바를 가공한 후 스트레인이 가장 많이 발생하는 곳에 스트레인 게이지 4장을 접착해서 스트레인을 효율적으로 검출한다[18]. 스트레인게이지는 초소형으로 제작이 가능하며 0.4mm정도로 작게 만드는 경우도 있다. 대부분의 게이지는 그림 5와 같이 Wheatstone bridge라 불리는 회로로 구성한다[19]. 본 연구에서 적용한 로드셀의 모델명은 LCS8105-k500이다. s자형 로드셀이고 인장 및 압축겸용이며 정격용량 500kgf의 특성을 가지고 있다.

IV. Experiment Result

본 연구에서 사용한 에폭시 수지 성형재료는 공동연구한 산업체에서 공개하지 않을 것을 요구함에 따라 실험에 사용한 재료의 유형에 따라 크게 3유형으로 분류하여 재료 A, 재료 B 그리고 재료 C 등으로 표기하였음을 미리 밝혀둔다. 본 연구에서 제작한 시스템은 그림 6과 같다. 그림 7은 실제 설계, 제작한 로드셀, 연결결개 그리고 반도체 성형 틀의 사진이다.



Fig. 6. Photo of manufactured separation force measuring system



Fig. 7. Photo of load cell, hanger, semiconductor formed plate

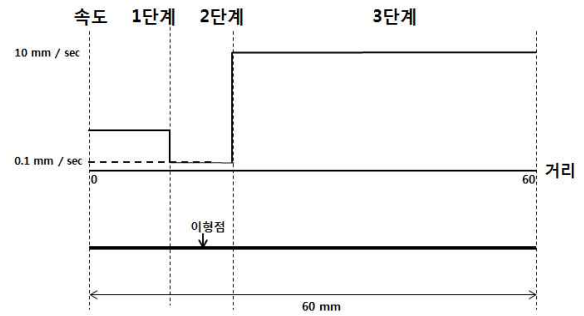


Fig. 8. Three step separation speed of ball screw

로드셀을 인장하는 볼 스크류의 스피드는 그림 8과 같이 3단계로 설정하여 실험하였다. 1단계는 로드셀에 부하가 전혀 걸리지 않는 상태를 의미하며 약 0.5초~0.8초간 로드셀을 인장한다. 2단계는 이형이 시작되는 시점이며 로드셀에 부하가 걸리기 시작하는 단계이다.

2단계는 수지 조성물의 특성에 따라 다르지만 0.8초~3.4초간 지속되며 볼 스크류의 스피드는 최저 상태인 0.1mm/s를 유지하여 최적의 이형력을 측정하도록 한다. 3단계는 볼 스크류에 의해 로드셀에 부하가 차단된 상태이며 가장 빠른 속도인 10mm/s로 볼 스크류를 약 4~5초간 당긴다. 그림 9의 (a)는 반도체 수지 조성재 중 재료 A 유형에 대한 이형력 측정결과이며 0.8초에서 이형이 시작되어 2.1초에서 최대 이형력 62.23kg중에 도달하게 되고 이후 재료 A의 수지와 성형 틀의 금속판이 분리되면서 이형력이 급격히 감소하는 것을 알 수 있다.

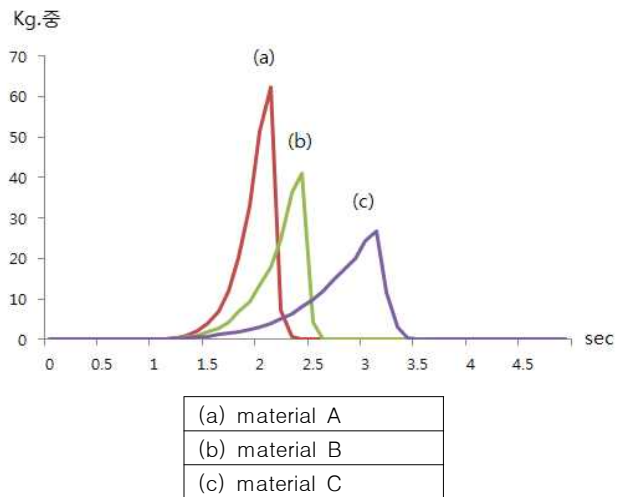


Fig. 9. Measured results of separation force according to material

그림 9의 (b)는 반도체 수지 조성재 중 재료 B 유형에 대한 이형력 측정결과이며 0.5초에서 이형이 시작되어 2.4초에서 최대 이형력 41.11kg중에 도달하게 되고 이후 재료 B의 수지와 성형 틀의 금속판이 분리되는 것을 알 수 있다. 그림 9의 (c)는 반도체 수지 조성재 중 재료 C 유형에 대한 이형력 측정결과이며 0.5초에서 이형이 시작되어 3.1초에서 최대 이형력

26.89kg중에 도달하게 되고 이후 재료 C 유형의 수지와 성형틀의 금속판이 분리되는 것을 알 수 있다. 이렇게 측정된 데이터를 수집하여 특정 재질에 대한 이형력과 이형시간을 표준화하는 것은 반도체 생산시 매우 중요한 요소가 된다. 반도체 생산공장에서는 특정 재질을 이용하여 반도체를 가공할 때 제안된 시스템을 이용하여 얻어낸 표준화된 이형력과 이형시간을 적용함으로써 생산효과를 극대화해야 한다.

V. Conclusion

본 논문에서 제안된 반도체 수지 조성물의 이형력 측정기는 반도체 수지 조성물과 성형틀의 금속판 간의 접촉력에 의한 이형력을 측정하는 시스템이다. 반도체를 성형한 후 성형틀의 금속판에서 떼어내는 작업은 반도체 생산율과 불량률을 결정하는 중요한 요소 중의 하나이다. 본 연구에서는 산업용표준 임베디드 PC를 기반으로 200kg중의 힘을 공급하는 AC서보모터, 10:1 감속기, 5mm의 리드피치와 직경 20mm의 볼스크류, 정격용량 500kg중의 로드셀, 표준 로드셀에 부하를 공급하는 연결개, 로드셀 데이터를 기록하는 인디케이터 등을 조합하여 이형력 측정 시스템을 개발하였다. 시스템을 개발하면서 제안한 AC 서버 모터 선정 방법, 감속기 선정방법 그리고 볼스크류 선정방법은 향후 다양한 계면 접촉력을 측정하기 위한 시스템을 연구 개발하는데 활용가치가 높은 기초자료가 될 것이며 개발한 시스템을 통해 측정하고 표준화된 이형력은 정량화된 데이터이므로 반도체 대량생산 및 제조과정에 적용할 수 있다. 그리고 향후 반도체 수지 조성물의 유형 및 혼합물 정도에 따라 서로 다른 이형력을 추출하고 이를 유용하게 적용할 수 있는 토대를 마련하였다.

REFERENCES

- [1] H.G. Yoon, H.K. Kim, Macromolecule Electronic material, Munundang, 2001
- [2] J.H. RYU, K.S. Choi, and W.G. Kim, J. Appl. Polymer Sci., Vol.96, 2287-2299, 2005
- [3] Lee.h.s, Byun.c.w, Lee.s.h, "A Heuristic Approach for an Layout and Sizing of an Ejector Pin", Journal of Computational Design and Engineering, Vol. 9, No. 2, pp.112-121, Jun. 2004.
- [4] M.Y.He, C.F.Shih and A.G.Evans, Int. J. Fracture, Vol.59, 1993, pp.377-385
- [5] H.C.Cao and A.G.Evans, Mechanics of Materials, Vol.7, 1989, pp.295-304
- [6] P.G.Charalambides, J.Lund, A.G.Evans and R.M. McMeeking, ASME J. Applied Mechanics, Vol.56, 1989, pp.77-82
- [7] T.S.Oh, R.M.Cannon and R.O.Ritchie, J.am. Ceram. Soc., Vol.70, No.12, 1987, pp.C-352-C-355
- [8] Z.Suo and J.W.Hutchinson, Materials Science and Engineering, Vol.A107, 1989, pp.135-143
- [9] S.Kim, IEEE Trans. on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-14, No.4, 1991, pp.809-817
- [10] M.D.Thouless, Acta Metall., Vol.38, No.7, 1990, pp.1135-1140
- [11] C.H.Hsueh, Mater. Sci. Engineering., Vol.A154, 1992, pp.125-132
- [12] H.Y.Lee, J.Yu, "Measurements of Adhesion Strength of Cu-based Leadframe/EMC Interfaces", J. Kor. Inst. Met. & Mater, Vol. 38, No. 3, 2000, pp.480-487
- [13] K.H.Wwon, T.J.Je, Y.E.Yoo, D.S.Choi, Y.W.Park, "A study on development of adhesive force on high aspect ratio micro pattern", Proceeding of the KSME 2010 Spring Fall Conf., pp.3082-3085
- [14] S.R.Kim, H.Y.LEE, "Measurement of Adhesion", The Society of Adhesion & Interface Korea, Vol.4, No.3, 2003, pp.21-32
- [15] S.H.Park, J.W.Seo, J.S.Yoon, Y.E.Yoo, I.J.Hwang, D.S.Choi, W.I.Lee, "Study of Demoldinf Process in Injection Molding via Experimental Approach", Proceeding of the KSME 2010 Micro Nano Engineering Spring Conf., pp.29-34
- [16] C.M.Ryu, J.H.Lee, "Study about adhesion evaluation method of TFT LCD panel with push pull guage" KSPE 2012 Spring Conference, pp.655-656
- [17] Fukuda, K and H. Morinaka, "Test Methods Uncertainties for Loadcell for Weighting Instruments," 産總研計量標準報告. 117-121, 2005.
- [18] Tech application, "히즈미게이지," pp. 1-3. A&D Co., Ltd.
- [19] Chi-Kook Ryu, Jong-Il Bae, "Load Cell Analysis and Indicator Control Using 2.4GHz Band's Wireless Communication", KSMPE, pp163~166, 2006

Authors



Kun-Jong Park received the B.S., M.S. degrees in Electronic Engineering and the Ph.D degree in Electrical and Computer Engineering from Yonsei University, Korea, in 1982, 1984 and 2000, respectively. Park worked for Dongyang

Precision Company and Samsung Advanced Institute of Technology from 1983 to 1991. Dr. Park joined the faculty of the Department of Computer & Communication at Dongyang MIRAE University, Seoul, Korea in 1991. He is currently professor in the Department of Computer & Communication, Dongyang MIRAE University. He is interested in IOT, sensor application, digital engineering and microprocessor application.