

세라믹칩 전기적 성능검사 시스템을 위한 고속구동 액츄에이터 개발

배진호¹, 김성관^{2*}

¹공주대학교 기계공학과, ²공주대학교 기계자동차공학부

Development of a High speed Actuator for electric performance testing System of ceramic chips

Jin-Ho Bae¹ and Sung-Gaun Kim^{2*}

¹Division of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University

²Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

요 약 IT 제품의 핵심 전자부품에는 MLCC, chip inductors, chip Varistors 등이 있다. chip의 전기적 특성을 검사하기 위해 리노핀을 이용한 접촉검사 방식이 사용되고 있다. 리노핀을 이용한 칩 검사에 고속으로 구동할 수 있는 Actuator가 필요하다. 그 중 PZT Actuator는 압전소자를 이용한 마이크로 Actuator의 하나로 높은 분해능 및 좋은 응답성 그리고 큰 힘을 낼 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 진동변위가 매우 작다는 단점이 있다. 그래서 이러한 단점을 극복하기 위하여 변위 증폭구조를 설계하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 유연힌지를 이용한 지레구조 증폭기구를 설계하였으며, 반도체칩 검사장비 산업분야에서 성능검사 및 전기적 특성을 측정할 수 있는 리노핀용 고속구동 Actuator 시스템을 개발하였다.

Abstract The core of IT products, electronic components, especially the MLCC, chip inductors, chip Varistors and so on. In order to test the electrical characteristics of the chip using the Reno-pin contact test method has been used. In current chips, mass production of semiconductor manufacturing processes, high-speed production test for the chip speed up, precision is required. But Vibration displacement is a very short, so in order to overcome these shortcomings, the displacement amplification to design the structure has been actively studied. In this paper, a building structure with a flexible hinge was designed amplification instrument, semiconductor chip industry in the performance test and inspection equipment to measure the electrical characteristics of high speed linear actuators Reno-Pin using system was developed.

Key Words : PZT Actuator, Chip test, Mechanical amplifier

1. 서론

오늘날 대부분의 전자 또는 통신기기는 반도체 소자를 기본적으로 사용하고 있다. 특히 IT제품의 핵심 전자부품에는 MLCC, Chip inductor, Chip Varistor 등이 있다. 현재 반도체소자 생산 과정에서는 칩의 대량생산, 고속생산에 따라 칩의 검사도 고속화, 정밀화가 요구된다[1]. 이러한 반도체 검사 장비 분야의 성장은 생산성에 비해 만족할 만한 수준이 국내에는 마련되어 있지 않다. 반도체 검

사 장비의 80%를 수입에 의존하고 있다. 고가의 반도체 검사 장비를 수입에 의존하게 되면, 제품에 대한 유지/보수/개선도 외국 업체에 의존하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 해당 기술을 국내 자체 보유함으로써, 반도체칩 검사장비 산업분야에서 성능검사 및 전기적 특성을 측정할 수 있는 리노핀용 고속구동 Actuator 시스템 개발이 필요하다[2]. 칩의 전기적 특성을 검사하기 위해서는 리노핀을 이용한 접촉검사 방식이 사용되고 있다. 현재 DC모터를 이용한 리노핀용 고속구동 Actuator 시스

본 논문은 중소기업청 “산학 공동기술개발지원사업”으로 지원받은 과제임.

*교신저자 : 김성관(kimsg@kongju.ac.kr)

접수일 11년 01월 26일

수정일 11년 04월 01일

게재확정일 11년 04월 07일

템으로 세라믹칩의 전기적 특성을 검사하고 있다.



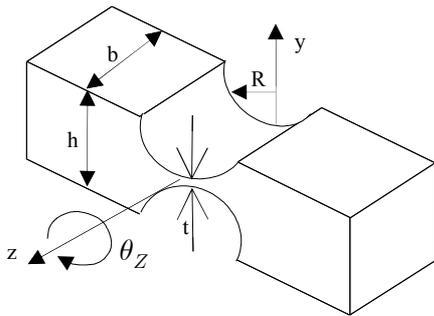
[그림 1] DC모터구동 반도체칩 검사기

DC모터를 사용하여 검사할 경우 여러 가지 문제점들이 발생하게 된다. 그중에서도 전자기 노이즈 발생은 반도체에 직접적인 영향을 주며, 구동속도 제어 및 진동변위의 미세조절이 불가능한 문제점이 발생하게 된다.

따라서 본 논문에서는 DC모터를 대신하여 압전소자를 이용한 PZT(Piezoelectric Transducer) Actuator 시스템을 적용했다. PZT Actuator는 높은 분해능 및 좋은 응답성 그리고 큰 힘을 낼 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 구동 변위가 작아 변위 증폭구조를 설계하는데 유연힌지를 이용한 지레구조 증폭기구를 설계하였으며, 해석 시뮬레이션을 통한 검증된 시제품을 완성하였다[3].

2. Mechanism design

2.1 Flexure Guide



[그림 2] 굴곡 가이드

그림 2는 Flexure Guide로 재료의 한쪽면을 고정하고 반대쪽 측면에 힘을 가하여 구부리기를 하였을 경우, R값과 t값에 의해 얼마만큼 휨이 발생하는지 알아보는 계산식이다. θ_{max} 값을 설정하여 R(반지름)값과 t(목 두께) 값을 구하게 되는데 다음과 같은 조건을 가지며 식으로

나타낸다.

$$t < R < 5t \tag{1}$$

$$K = 0.565 \frac{t}{R} + 0.166 \tag{2}$$

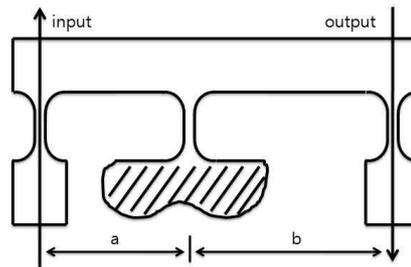
$$K_t = \frac{2.7t + 5.4R}{8R + E} + 0.325 \tag{3}$$

$$\theta_{max} = \frac{4K}{K_t} \frac{R}{Et} \sigma_{max} \tag{4}$$

식(1)은 H(전체 두께)를 설정 했을 경우, R(반지름)과 t(목 두께)의 조건을 나타낸다. 식(2)의 [K]는 보정계수 값이다. 식(3)의 $[k_t]$ 는 응력집중계수이며, [E]Young's Modulus를 나타낸다[4].

2.2 Lever mechanism

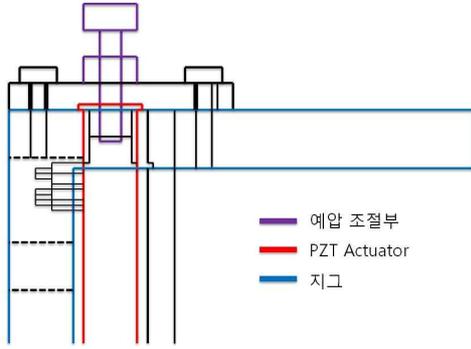
PZT Actuator의 구동변위가 작아 변위 증폭을 위해 Lever mechanism을 사용하여 설계하였다. 그림3은 지렛대의 원리를 이용한 레버 메커니즘이다.



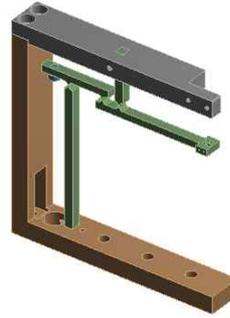
[그림 3] 레버 메커니즘

2.3 PZT 예압 구조

PZT Actuator가 팽창 할 때에는 큰 힘을 만들어 내지만 수축 시, 팽창 시보다 약 1/500의 힘밖에 만들어 내지 못한다. 따라서 PZT Actuator에서 레버에 일정한 힘을 전달하기 위해서는 예압이 필요하게 된다. 이때 필요한 예압을 그림 4와 같이 볼트 조임 방식을 통해 예압을 주도 록 하였다[5].



[그림 4] 예압 조절부

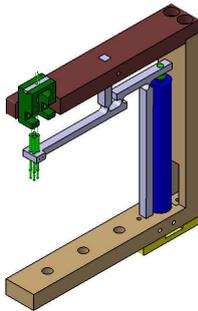


[그림 6] PZT Actuator 진동증폭 기구부

3. 해석

3.1 모델

Actuator 기구부의 구조 해석은 이론적인 개념 설계 단계를 거쳐, CATIA V5 프로그램으로 상세 설계한 3D 모델을 ANSYS Workbench 11.0을 이용하여 수행하였다. 전체 모델은 그림 5와 같이 PZT Actuator 및 예압 부속, 지그, PZT 진동 전달 부속, 진동 변위 증폭 기구부, 리노핀 및 핀가이드 그리고 모든 부속들을 고동 결합시키는 볼트(생략) 등이 있다.



[그림 5] PZT Actuator 기구부 상세 3D Model

해석 목적은 3D설계 자료를 바탕으로 시작품 제작에 활용하고, PZT를 이용한 Actuator에서 구조물의 소재와 구조에 따라 진동변위의 증폭이 가능한지의 여부 판단 및 입력 변위에 따른 응력을 파악하는데 있다. 해석 시 PZT Actuator의 진동변위를 전달·증폭 시키는 Lever 기구부와 이를 지지하는 지그 상·하부를 대상으로 하여 해석 모델을 간소화 하였으며, 다음 그림 6과 같다.

3.2 해석 절차

PZT Actuator의 진동을 전달하는 부속과, 증폭을 위한 지렛대 부위는 Aluminum, 지그 부위는 일반 강이다. 각각 Aluminum 6061-T6과 S45C 재질을 적용하였으며, 소재별 주요 물성치는 표 1과 같다.

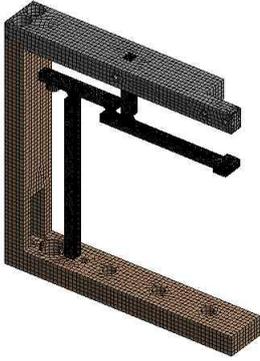
[표 1] 소재별 주요 물성치

구 분	Aluminum 6061	S45C
Young's Modulus	68.9GPa	205GPa
Poisson's Ratio	0.330	0.290
Density	2.7e-006 kg/mm3	7.85e-006 kg/mm3
Tensile Yield Strength	276MPa	343MPa
Tensile Ultimate Strength	310MPa	569MPa

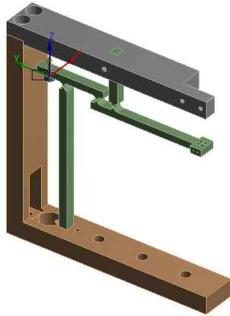
진동 증폭 기구부에서 해석하는 주된 부분은 지렛대의 목 부분과 입력 변위에 대한 출력 변위이다. 따라서 그림 7과 같이 지그, 지렛대, 지렛대 목 부분의 순서로 조밀해지는 Mesh를 구성하였고, Mesh구성에 따른 Node와 Element 수는 표 2와 같다. 바닥면 및 결합부위의 구속 조건을 설정한 후, 그림 8과 같이 Coordinate System의 Z 방향으로 0.05의 변위를 설정하였다.

[표 2] Mesh 정보

Statistics	No.
Nodes	139610
Elements	64626

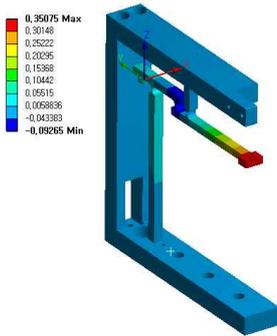


[그림 7] 기구부 Mesh



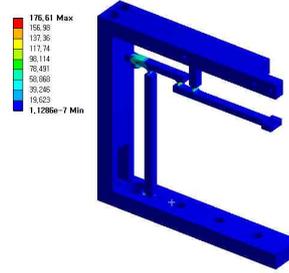
[그림 8] Displacement 설정

3.3 해석 결과



[그림 9] Directional Deformation(mm)

그림 9는 Z 방향의 입력 변위 0.05mm에 대한 출력 변위 결과로, 최대 변위가 발생하는 지점은 리노편을 장착하는 부분이며 변위는 약 0.35mm이다. 이는 메커니즘 설계와 동일한 값을 갖는다.



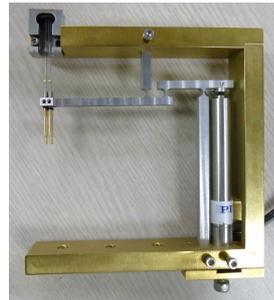
[그림 10] Equivalent Stress(Mpa)

그림 10은 Equivalent Stress이다. 등가응력의 최대값이 재료의 항복강도보다 크면 소성변형이 일어나겠지만, 결과에서 확인할 수 있듯이 지렛대의 목 부위에 집중되는 응력은 약 176.61Mpa이며, 알루미늄 소재의 허용응력에 대해 1.56의 안전계수를 가진다.

4. 시제품 및 구동과 제어

4.1 시제품 제작

초기 컨셉 모델링과 상세설계의 데이터를 기반으로 시물레이션을 통해 재료를 선정하여 정밀가공을 하였다. 그림 11은 완성된 시제품의 그림이다.



[그림 11] 시제품

4.2 PZT 구동 Controller 및 제어 software

DC모터의 구동속도 제어 및 진동변위의 미세조절이 불가능한 문제점을 해결하기 위해 사용된 PZT Actuator은 구동 Controller를 이용하여 컴퓨터 제어 아날로그 입력 신호를 생성하는 DAC에 PC와 연결하여 제어가 가능하며, 제어 Software은 LabVIEW Software을 사용하였다. 사용된 프로그램은 Piezo Amplifier Controller에 Sin Wave의 아날로그 신호와 전압 그리고 일정한 주파수를 주어 제어하게 된다. 이때, 주파수와 전압 그리고 진폭이 제어 대상이 된다[6].

5. 성능평가 방법 및 결과

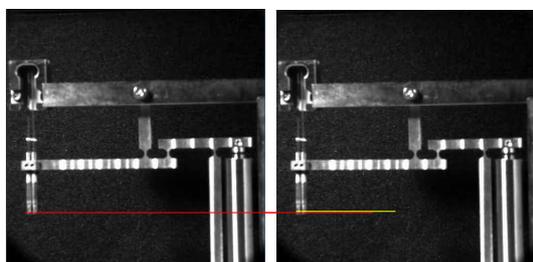
5.1 평가항목

반도체칩 검사장비의 성능을 평가하기 위하여 분당 3000개 이상의 반도체 검사가 가능할 것, 리노핀이 반도체에 정확하게 탐침이 되기 위한 리노핀 탐침이동거리가 0.3mm 이상이 되는지의 여부를 평가항목으로 정하였다.

5.2 결과

5.2.1 리노핀 탐침구동속도

개발된 액츄에이터는 초기 정지된 상태에서 시작을 하여, LabVIEW로 작성된 제어프로그램으로 전압을 가하면 60Hz로 진동가진 된다. 60Hz의 고속으로 탐침되는 리노핀의 진동운동을 확인하기 위해 그림 12의 초고속 카메라를 이용하여 검사한 결과 초당 60회의 탐침이 되는지를 확인하였다.

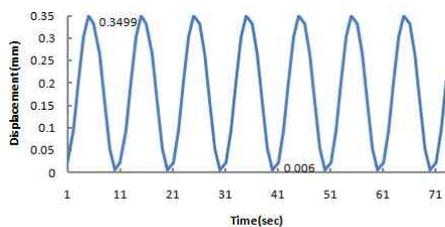


(a) 탐침 전 (b) 탐침 후

[그림 12] 초고속 카메라 측정

5.2.2 리노핀 탐침이동거리

미세하게 움직이는 리노핀의 탐침이동거리를 측정하기 위해 레이저식 변위센서를 사용하여 측정하였다. 그림 13의 그래프에 나타나 있듯, 리노핀은 0.006mm ~ 0.3499mm로 시간에 따라 변화하였으며 총 리노핀의 탐침이동거리는 약 0.34mm로 측정이 되었다.



[그림 13] 레이저 측정기 데이터 그래프

6. 결론

현재 반도체소자 생산 과정에서는 칩의 대량생산, 고속생산에 따라 칩의 검사도 고속화, 정밀화가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 반도체칩의 성능검사 및 전기적 특성을 측정할 수 있는 검사장비용 리노핀 고속구동 Actuator 시스템을 개발했다.

리노핀 탐침을 위한 고속구동 Actuator를 진동원으로 기존의 DC모터를 대신하여 전자기 노이즈가 없는 PZT Actuator 시스템이다. 구동속도는 분당 3600회/분으로써, 기존 3000회/분 보다 20% 향상이 되었으며, 메커니즘 설계와 해석으로 신뢰성 있는 시제품 까지 완성했다[7,8].

참고문헌

- [1] Y.H Seo, J.H Lee, T.M Lee, D.S Choi, K.H Whang, "Design, Fabrication and Test of Piezoelectric Actuator Using U-Shape PZT Strips and Lever Structure for Lateral Stroke Amplification", KSME, Vol. 28, No. 12, pp. 1937~1938, 2004
- [2] J.S Kim, S.S Lee, B.J Joun, "A study on the circuit design for DC characteristic inspection of semiconductor devices", KIIEE, Vol, 18, No. 1, pp. 105~114, 2004
- [3] Y.G Lee, C.S Han, D.I Shin, I.D Kim, S.J Jung, "Design of Compliant Mechanical Amplifier for PZT actuator", KSPE, pp. 801~802, 2008
- [4] Lobontiu, Nicolae, "Compliant Mechanisms :Design of Flexure Hinges", pp. 90, 2002
- [5] D.W Yun, H.S Choi, C.S Han, W.P Hong, E.G Kang, H.J Choi, "A study of high precision rotation actuator using PZT", KSME, pp. 1367~1368, 2005
- [6] S.I Yun, S.H Han, D.H Chin, M.C Yoon, "Vibration Control of Beam Containing ER Fluid Using PZT Patches", KSMPE, pp. 242~243, 2005
- [7] J.H Bae, Y.T Kim, S.G Kim, "Development of a Actuator for testing system of ceramic chips", KSIS, pp. 631~633, 2010
- [8] J.H Bae, Y.T Kim, S K Deb Nath, S.I Kang, S.G Kim, "Development of electric performance testing System for ceramic chips using PZT Actuator", ICESSE, pp. 11~14, 2010

배 진 호(Jin-Ho Bae)

[준회원]



- 2009년 2월 : 공주대학교 천안공과대학 기계공학 (공학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 공주대 대학원 기계공학 (석사 재학 중)

<관심분야>

지능형제어시스템, 머신비전, 메카트로닉스

김 성 관(Sung-Gaun Kim)

[정회원]



- 1992년 8월 : KAIST 기계공학과 (공학사)
- 1995년 8월 : KAIST 자동화 및 설계공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : GIST 기전공학과 (공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계공학과 부교수

<관심분야>

지능형제어시스템, 메카트로닉스, 로보틱스