

광음향 편향기 제작 원리에 대한 연구

A Study of the production method of Acousto Optic Deflector

(주)이오테크닉스 레이저응용연구그룹 홍은정, 유태경, 박상영

I. 서론

현재 국내의 반도체 제조기술은 국내산업에서 대단히 큰 비중을 차지할 뿐만 아니라 세계적으로도 첨단을 달리고 있다 이에 향후에도 성장 동력 품목으로 유지되기 위해서는 차세대 반도체 기술에서 필요한 반도체 소재 가공기술(tooling)이 뒷받침되어야 한다

전자기기의 집적화, 소형화, 경량화에 따라 반도체 소재가 경박단소화 되는데, 이러한 반도체 소재에 다기능, 다접점, 다층 회로를 제조할 수 있도록 하기위해 소재를 가공한다

가공기술이라 함은, 반도체 웨이퍼의 핵심 소재인 실리콘 및 유리를 원하는 형태로 가공하는 기술로서 hole drilling, line cutting, shape patterning 등 점, 선, 면이 조합된 복잡한 형태의 가공을 말한다 이 때 마이크로 단위의 미세가공을 위해 레이저 가공을 적용하고, 열 영향을 최소화한 초정밀 구조물을 가공하면서 고속, 고효율 가공을 하기 위해서는 레이저 가공 시의 현상에 대한 근본적인 이해를 바탕으로 한 가공방법에 대한 연구가 필수적이다

레이저를 이용한 가공은 일반 기계가공과 달리, 균일하지 않은 분포를 가지는 레이저빔을 이용한 에너지 process 이다 따라서 정밀가공을 위해서는 가공물에 대한 단위면적 당 입열(入熱) 에너지를 균일하게 제어해야 하고, 이에 덧붙여 고속가공을 위한 새로운 시스템 개발이 필수적이다

II. AOD특성 및 제작원리

레이저 가공은 레이저 광원을 이용하여 반도체 등의 재질 표면이나 내부에 점, 선, 면, 입체형상 등을 패터닝하는 공정이다 이를 위해서는 레이저빔을 원하는 위치에 정밀히 positioning 하여야 하는데, 기존에는 Galvano-scanning mirror나 polygon mirror 등이 주로 이용되어 왔다 이러한 광학구동장치들이 현재 일반적으로 사용되고 있으나, 위치 정밀도를 수 μm 이하 분해능까지 높이기가 힘들고, kHz의 scanning frequency를 가지므로 최근의 50kHz 이상의 레이저빔 PRF(pulse repetition frequency)와 연동시 속도제약을 가져오게 된다

본 연구에서는 이러한 광학구동장치에서의 정밀도 및 속도의 한계를 극복하기 위해 Acousto-optic 기술을 응용한 다양한 광학구동장치들의 원리 및 응용, 제작원리에 대해 분석하고자 한다 현재 레이저의 Q-switching 발전용으로 주로 사용되고 있는 AOM(Acousto-optic modulator)은 MHz의 RF(radio frequency) driver로 구동된다 이때 MHz frequency를 변화시켜서 beam diffraction 각도를 바꿔줄 수도 있고, RF input을 2개로 하면서 위상차(phase delay)를 조절하여 음파의 소, 밀 경계파면을 작은 각도로 회전함으로써 beam steering을 할 수 있다 또한 2개의 AO module을 결합하면 면적에 대해 beam steering을 할 수 있다 이를 이용하여 미세면적에 대한 MHz frequency를 구현할 수 있고, sub- μm 분해능의 정밀도를 실현할 수 있게 된다

다음 표는 polygon과 galvanometer, Acousto optical 등 스캐너의 성능 비교이다

Type	polygon	Acousto optical	Galvanometer
optical technique	reflective, transmissive	diffractive	reflective
scan angle	wide	narrow	moderate
random access	No	Yes	Yes
resolution elements per scan	to 50000	<2000	>2000
accuracy, linearity	very high repeatable	very high	moderate

표 1 각종 스캐너 비교

레이저를 이용한 미세가공기술을 위해서는 이러한 레이저광 미세 제어용 광학구동장치가 반드시 병행되어야 한다. 외국에서는 이와 같은 Acousto-optic module을 이용하여 Q-switching 용도 이외에도 beam scanning 용도의 응용이 많이 진행되고 있다.

RF driver와 acousto-optic module을 이용한 광학구동장치는 많은 분야에 응용될 수 있다. 기본적으로 low power용 레이저 외부에서 고속으로 beam On/Off를 제어하는 acousto-optic shutter, 레이저 내부에서는 Q-switching module로서 Q-switched laser의 핵심적인 부품이 된다. 그리고 최근 각광받고 있는 fiber laser에서는 beam isolator, 여러 fiber amplifier로 여기광을 분기시켜주는 광분배기 (beam distributor)로도 acousto-optic module을 응용할 수 있다. 이러한 Acousto optic module을 이용한 beam steering 장치로 사용을 하면 기존의 macro 가공에 비해 10배 이상의 정밀도(sub- μm), 100배 이상의 속도 (MHz scanning)로 가공을 이룰 수 있다. 또한 MHz scanning이기 때문에 레이저광의 PRF에 비해 100배 이상의 빠른 frequency를 가지므로, 가공구간에 걸쳐 감속 구간에 관계없이 각 위치에 균일하게 레이저광을 입사할 수 있게 된다. 이는 MEMS나 Laser direct writing시 보조수단, 장치 없이 정밀형상을 가공할 수 있게 할 것이다. AOM의 특성과 한계에 대해 규명하고, AO crystal, RF signal control, phase delay sync 에 대한 집중적인 연구를 통해 AO 제품군들을 직접 설계·제작하여 국내 생산이 가능해질 경우 전세계의 AOM, AOM shutter 시장을 일정부분 점유할 수 있고, 국내 대학, 연구소 및 장비업체에서 공통적으로 안고 있는 균일한 laser energy input을 통한 정밀 scanning 및 고속가공에 핵심적으로 적용될 것이다. 그리고 향후 수년 안에 경쟁이 가속화될 MEMS나 Laser direct writing 분야에서도 광학 엔지니어링 기술을 미리 마련할 수 있게 된다.

Acousto optic device의 제작 과정은 다음과 같다.

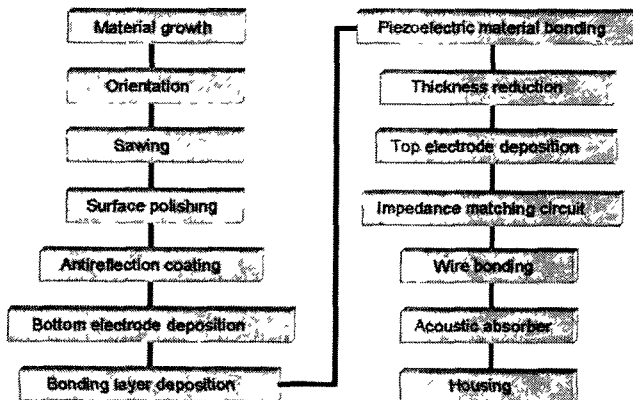


그림 1 Acousto-optic device manufacture step

우선 Acousto optical crystal을 설계한 대로 결정을 키우는 작업이 필요한데, Acousto-optical crystal은 일반적인 결정과는 다른 특징을 보인다. CO₂용 AOM에 사용되는 LBO의

Acousto-optical crystal과 일반 결정의 X-ray 회절 측정결과를 보면 Acousto-optical LBO는 20도 근처에서만 broad한 peak가 보이는데 반해 일반결정은 특이 angle에서 sharp한 peak를 보인다. 따라서 Acousto optical crystal은 비정질임을 알 수 있다

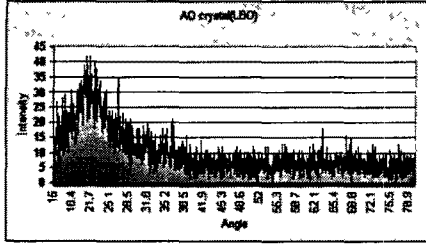


그림 2 AO crystal(LBO) XRD 측정결과

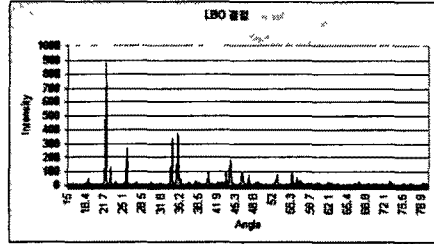


그림 3 LBO 일반결정 XRD 측정결과

AO crystal위에 PZT film을 bonding 하거나 증착을 시키는데, 이 때 PZT는 약 10nm 두께이다

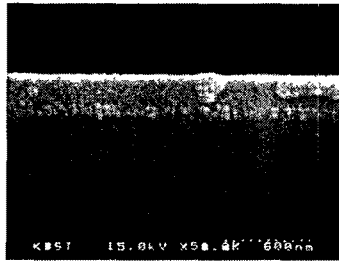


그림 4 PZT film의 단면

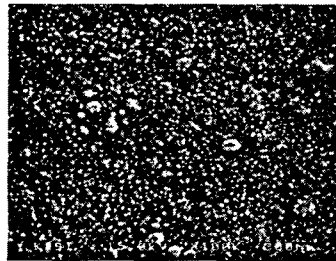


그림 5 PZT film의 표면

3.결과 및 고찰

AOD를 레이저 가공에 직접 사용하는 데에 있어 몇 가지 문제점이 있다 첫 번째로 AO device를 통과하면 레이저 빔의 Intensity가 떨어지는데, 기존의 scanner인 polygon, galvanometer보다 큰 폭으로 떨어진다 기존의 scanner는 보통 95%이상의 효율을 보이는데, AOD는 70~80%의 효율을 보인다 또한 beam을 steering하는 과정 즉, bandwidth 내에서 효율의 차이가 있다는 점이다. AOD의 효율을 높이고, scan angle내에서의 효율차이를 줄이는 것이 AO device를 제작하는데 있어 주 연구 대상이다 본 연구는 레이저 가공의 핵심 광학엔진을 개발하는 것이다 Acousto-optic module을 이용한 MHz scanning 기술은 기존의 레이저 응용가공이 안고 있던 정밀도, 고속도의 문제뿐만이 아니라, 가공구간 감가속으로 인한 불균일 가공의 문제까지 일정정도 개선할 수 있다 이는 레이저 가공기술 분야에 있어서 획기적인 기술적 진보가 될 것이다. 또한 AO 응용제품에 대한 근본적, 기술적 이해를 통해 광스위치, 광분배기, 광 스캐너 등의 다른 응용에 알맞은 형태로 새로운 모델들을 개발할 수 있을 것이다

IV. 참고문헌

- 1 L Beiser & RB Johnson, "Scanners," Chapter 19 in Handbook of Optics, 2nd ed, Part II, McGraw-Hill, NY(1995)
- 2 IC Chang, "Acousto-optic Devices and Applications," Chapter 12 in Handbook of

Optics, 2nd ed, Part II, McGraw-Hill, NY (1995)

3 M Gottheb, C.L.M. Ireland, J.M. Ley, "Electro-optic and Acousto-optic Scanning and Deflection", Marcel Dekker, NY (1983)

4 T.A Maldonado, "Electro-optic Modulators," Chapter 13 in Handbook of Optics, 2nd ed, Part II, McGraw-Hill, NY (1995)

5 G.F Marshall, "Scanning Devices and Systems", in Applied Optics and Optical Engineering, Vol 6, Academic, NY(1980)

6 G.F Marshall, "Laser Beam Scanning", Marcel Dekker, NY (1985)

7 D.C O'Shea, "Elements of Modern Optical Design", Wiley, NY (1985) Chapter 8, Modulation and Scanning

8 W.L Wolfe, "Opto-Mechanical Scanning Techniques and Devices", Chapter 10 in The Infrared Handbook, Office of Naval Research, Washington(1978)