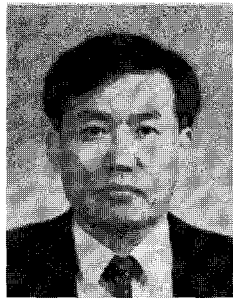


6. 전자산업에서 레이저 응용 외국 업체 활동무대 방치 상태 기술 장벽 극복 노력 필요

레이저는 전자 및 반도체 제품을 생산하는 데 필수적이며, 점점 시장도 증가추세에 있으나, 현재 국내에는 레이저 응용장비를 제작하는 업체가 소수에 불과해 외국업체에 시장을 내주고 있다. 타산업의 장비보다 까다로운 것은 사실이나 기술의 장벽을 넘으려는 노력을 더욱 기울여 반도체 장비국산화라는 국가적인 대과제에 동참해야 할 때다.



글-한유희 박사/(주)이오테크닉스

1. 서론

국내 산업에서 전자 산업이 차지하는 비중은 크다고 할 수 있다.

다음 표1을 보면 총 수출액의 29.2%가 전자 산업이고 생산액의 23.1% 역시 전자산업이다. 그러나 고용인원은 17.0%에 불과하다. 즉, 전자 산업은 고용인원 대 생산성이 큰 고부가가치의 산업이라고 할 수 있다.

우리나라는 세계 전자산업의 약 4.6%만을 차지하고 있다. 기존의 전자산업 강국들에 비해 규모가 크게 미치지 못하고 있다. 그러나 IDC Japan에서 발표한 자료에 의하면 요즘 급성장

하고 있는 TFT LCD시장에서 우리나라 기업들이 1, 2, 12위에 랭크 되는 등 놀라운 성과를 거두고 있다. 특히 1, 2위의 우리나라 기업들이 기타 다른 기업들과 생산량에서 큰 차이를 보이고 있다.

뿐만 아니라 요즘은 조금 둔화 되었지만 우리나라의 반도체 시장 역시 꾸준한 성장이 예상된다. 산업연구원에서 발표한 2000년 산업 전망 보고서에 따르면 다른 산업들은 전년 대비 모두 둔화된 성장을 예상했었으나, 반도체 시장만 22.3%의 놀라운 성장을 예상했다.

표 1. 1999년 한국의 전자산업(한국 전자산업 진흥회)

| 구분 | | 년도 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | |
|--------------|--------|----------|---------|---------|---------|---------|-------|
| | | | | | | | |
| 수출 (백만불) | 전자산업 | | 43,592 | 41,233 | 41,438 | 38,669 | |
| | 총수출 | | 125,058 | 129,715 | 136,164 | 132,313 | |
| | 전자비중 | | 34.9% | 31.8% | 30.4% | 29.2% | |
| 생산 (10억) | 전자산업 | | 13,720 | 15,903 | 19,708 | 27,072 | |
| | 제조업 | | 77,134 | 82,875 | 88,032 | 117,014 | |
| | 전자비중 | | 17.8% | 19.2% | 22.4% | 23.1% | |
| 고용인원 (천명) | 전자산업 | | 538 | 473 | 455 | 394 | |
| | 제조업 | | 2,954 | 2,844 | 2,723 | 2,317 | |
| | 전자비중 | | 18.2% | 16.6% | 16.7% | 17.0% | |
| R&D 투자 | 전자산업 | 투자액(억원) | 24,568 | 29,235 | 16.7% | 30,974 | |
| | | 매출액대비(%) | 4.33 | 4.81 | 33.558 | - | |
| | 전산업 | 투자액(억원) | 69,030 | 79,636 | 4.63 | 81,642 | |
| | | 매출액대비(%) | 2.19 | 2.13 | 88.453 | - | |
| | 전자투자비중 | | | 34.5% | 36.7% | 2.14 | 37.9% |

표 2. 2000년 산업전망 보고서(산업연구원)

| 구분 | 년도 | 1998 | 1999 | 2000 | | |
|------|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | | 상반기 | 하반기 | 합계 |
| 반도체 | | 17,249(13.3) | 20,540(19.1) | 11,820(26.5) | 13,310(18.9) | 25,130(22.3) |
| 통신기기 | | 8,423(42.8) | 11,140(32.3) | 5,590(8.3) | 6,610(10.6) | 12,200(9.5) |
| 컴퓨터 | | 7,873(4.3) | 9,842(25.0) | 5,323(20.1) | 5,985(10.4) | 11,298(14.8) |
| 가전 | | 10,292(1.3) | 11,056(7.4) | 6,167(11.0) | 5,913(7.5) | 12,080(9.3) |
| 자동차 | | 195(-30.6) | 280(43.6) | 140(9.3) | 163(7.2) | 304(8.2) |
| 조선 | | 863.5(15.9) | 920.5(6.6) | 345(-5.2) | 545(-2.1) | 890(-3.3) |
| 일반기계 | | 26,366(25.5) | 29,398(11.5) | 16,575(18.5) | 18,625(20.9) | 35,200(19.7) |
| 철강 | | 39,896(-6.2) | 41,000(2.8) | 21,300(8.1) | 21,500(1.0) | 42,800(4.4) |
| 석유화학 | | 13,389(7.2) | 14,794(10.5) | 7,313(3.0) | 7,924(3.0) | 5,237(3.0) |
| 섬유 | | 2,683(0) | 2,826(5.3) | 1,470(5.8) | 1,469(2.3) | 2,939(4.0) |

이런 산업 동향들을 보더라도 전자산업이 소형, 정밀도를 요구하는 추세가 지속되고 있다. 소형화 기술은 새 천년에서 매우 중요한 기술로 자리 매김을 할 것이며 이를 충족하기 위한 고정밀 가공 및 위치 결정기술 개발 경쟁은 뜨거워질 것이다.

레이저 가공은 집속성, 유연성 등의 특성으로 인해 전자부품 및 정밀 부품 생산에 널리 적용되고 있다. 전자 및 통신 부품의 가공, 조립 및 결합에 레이저가 활용되고 있을 뿐 아니라, 새로운 고부가가치의 첨단제품 생산에도 활용빈도가 증대되고 있는 추세다. 전자부품의 단계별 생산 영

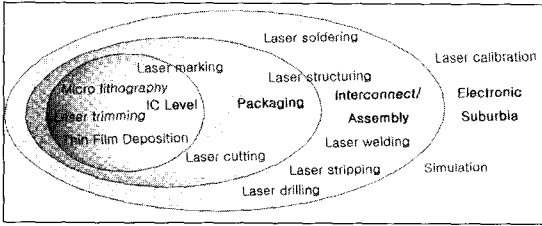


그림 1. 전자산업에서의 레이저 응용

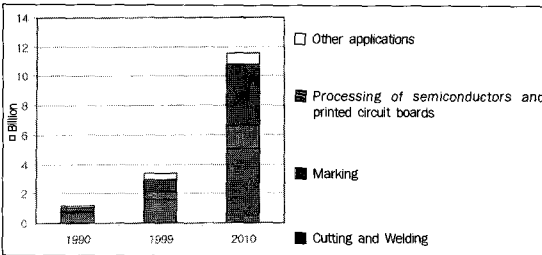


그림 2. 응용분야별 판매현황(자료출처 Optech Consulting)

역에서 레이저가 활용되는 것을 그림 1에 나타내었다.

여러 과정의 material processing에서 레이저가 쓰이고 있고 앞으로는 기하급수적으로 사용 크기가 증가할 것으로 예상된다. (그림 2 참조)

상당수의 레이저 시장이 절단과 용접가공, 그리고 PCB에 쓰인다. 하지만 전문가들이 예측하는 시장 크기는 해를 거듭할수록 커져 2010년에

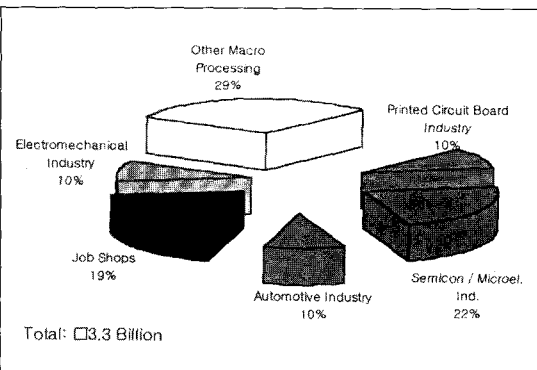


그림 3. 산업체별 사용현황 (자료출처 Optech Consulting)

는 120억불 규모에 다다른다.

그렇다면 1999년 실제로 laser system이 산업에서 쓰이는 정도를 알아보자. (그림 3 참조)

위의 도표를 보면 레이저가 전문적인 몇 가지 분야에 걸쳐서 쓰이는 것이 아니라 산업의 전반적인 요소요소에 쓰임을 알 수 있다.

2. 전자 산업에서 생산기술

2.1 IC-Level

광식각 기술(optical lithography)은 IC 생산의 key technology이다. 양산되는 DRAM의 선 폭은 이미 0.34μm 이하이며 앞으로 더욱 미세화 되는 추세이므로 엑시머 레이저를 이용한 식각 기술의 활용도는 증대될 것이다. KrF 엑시머 레이저 스테퍼는 248nm 파장에서 작동되며 기존의 수은증기 램프 UV 스테퍼에 비해 2배의 해상도 향상을 도모한다.

이 같은 이유로 1GDRAM 및 그 이상의 용량의 메모리 칩을 만들기 위해서 그림 4에서 보듯이 ArF 엑시머 레이저로 옮겨가야 한다. 193nm 파장대에 적합한 감광제 및 렌즈 디자인 등의 개발을 위한 연구가 상당히 진행될 것으로 예상된다.

정밀 식각 기술 분야에서 흥미로운 활용 예는 포토마스크의 Patterning이다.

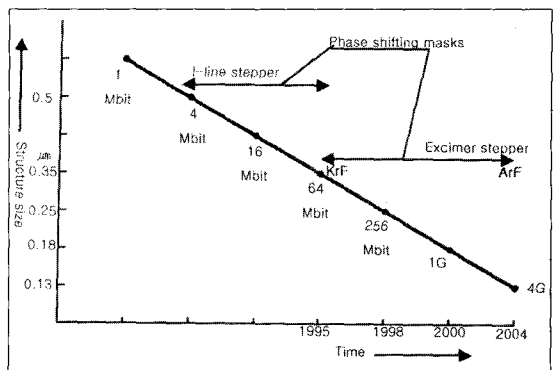


그림 4. Lithography 발전추세(자료출처 : Cymer Inc.)

포토마스크는 IC의 회로가 새겨져 있고 이것을 IC상에 축소된 이미지로 나타내 감광을 시키게 된다. 포토마스크는 Quartz glass에 도포된 크롬 박막을 감광 기법을 사용하여 식각 및 부식 공정을 통해 제작된다.

전자식각(Electron beam lithography) 외에 레이저 직접 식각법도 사용된다. 하나 또는 여러 개의 집속된 레이저 빔을 마스크를 통해 Substrate에 조사하게 된다. 엑시머 레이저를 이용한 Ablation 기법을 활용하여 초전도 박막을 코팅하기도 하며 이는 고주파 특성이 우수한 것으로 평가된다. 레이저 Ablation 기법을 이용한 박막 Coating은 PVD(Physical Vapor Deposition)보다 수율이 높은 것이 장점이라고 할 수 있다.

IC 및 Multi Chip Module(MCMs)의 Trimming에는 집속된 고체레이저 빔이 사용된다. 후막저항의 레이저 Trimming 기술은 이미 보편화 되어있고 타 방법에 비해 속도 및 정밀도 면에서 우수함이 입증되었다. 박막저항 및 콘센더의 Trimming 기법은 메모리 칩의 수율을 높이는 데에도 활용된다.

2.2 Packaging

Packaging에서 레이저의 가장 범용화된 응용 분야는 마킹이다. 과거에는 마스크를 이용한 마킹을 했으나 (주)이오테크닉스에서 펜 타입 마킹기를 시장에 소개하면서 마스크 타입은 자취를 감추게 되었다. 펜 타입 마킹기의 장점은 유연성이 높음과 동시에 속도가 빠르다는 것이다. 마킹의 원리는 초점 부위에서 높은 출력 밀도로 피마킹재료의 물리적 변화를 야기시킴으로써 가시화시키는 것이다. 용 산화 또는 승화로 야기된 탈색 내지 변색 또는 표면 형상변화(깊이와 폭). 레이저는 패키징 후에 마킹 뿐 아니라 웨이퍼 표면 마킹에도 사용된다 (그림5).

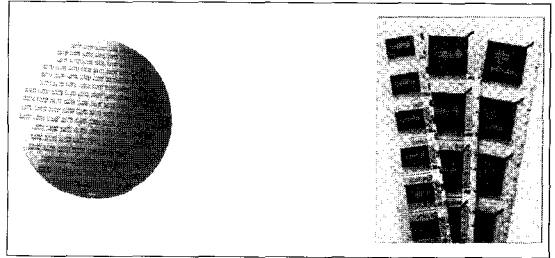


그림 5. Wafer 마킹과 칩 마킹의 예

패키징에서 레이저의 활용은 IC 절단(Singulation)에서도 찾을 수 있다. 기계적인 절단 방식이 주로 사용되고 있으나, 유연성 및 비접촉성의 특성으로 레이저의 활용도는 증대되고 있다. 웨이퍼의 절단(Singulation)에도 레이저가 사용될 수 있을 뿐 아니라 CSP(Chip Scale Packaging)에 Interposer로 활용되는 Flexible 층의 절단에도 기존의 스탬핑보다 정밀하게 이루어 진다.

최근에 개발된 방법으로 각광 받는 것 중에 Chip housing에 레이저를 이용한 Direct writing 방법으로 Metal line을 형성시키는 것인데, 실리콘 칩과 외부단자 사이를 연결하는 것이다.

2.3 Interconnect / Assembly

Laser Micro Soldering은 선진국에서는 널리 확산되어 있는 신뢰성이 보장된 선별 집합이 가능한 방법으로 각광 받고 있다. 기존의 Soldering, 즉 Infra-red, Reflow 또는 Hot air 방식에 비해 미세피치를 갖는 Chip의 Soldering이 가능하다. 현재 피치간격이 250 μ m 까지 문제없이 Soldering이 가능하다. 레이저 Soldering의 장점은 공정 특성상 가열 및 냉각 주기가 짧은 관계로 접합부가 미세하고 치밀하게 형성되므로 신뢰성(기계적, 열적)이 재래식 방법에서보다 높다.¹⁾

Soldering에 사용되는 레이저는 초기단계에

서는 CO₂레이저가 주로 사용되었으나 낮은 흡수율과 비유연성으로 인해 CW-Nd:YAG레이저와 고출력 다이오드 레이저(" 780 - 960nm)로 대체되고 있다.

소형화, 고온 안정화 및 솔더링을 위한 전(후)공정의 단순화 내지는 생략, 그리고 재활용 시 solder의 분리 등을 고려할 때 미세 용접(Laser Micro Welding)이 Soldering의 대안으로 떠오를 수 있다.

고체레이저 (Nd:YAG 레이저 및 Fiber 레이저(" 1100nm)를 이용하면 이러한 과제에의 해답을 찾을 수 있다.

이들 레이저 빔은 빔 Quality가 좋은 관계로 초점에서 높은 출력으로 집중될 수 있고, 이는 흡수율의 상승을 유발하여 용접효율을 높게 한다. 미세용접 (Laser Micro Welding)의 장점은 다음과 같다:

- * 높은 내열강도 (Sn Pb Solder는 온도 상승에 따라 지수 함수적으로 감소)
 - * 낮은 비저항치
 - * 적은 HAZ부 (Heat affected zone)
 - * 짧은 공정시간 (1ms 이하)
 - * 다양한 이중금속 조합 및 형상
 - * 미세피치 적용가능성 확대
- 단점으로서는 보수(Repair)에 제한을 받는다는 점이다.

전자소자의 소형화 추세에 따라 PCB 회로의 고집적화가 요구되고 또한 경량화와 동시에 고성능화가 요구됨에 따라 Via Hole의 직경이 점차 작아지고 있다(Microvia). 기계적인 Drilling은 직경 150 μ m 이하의 Hole 가공에는 생산원가, 품질 및 기술 면에서 레이저 드릴링에 견줄 수가 없다. 그림 6은 국내최초로 개발된 CO₂ via Hole Drilling System 을 보여준다.

Excimer 레이저와 주파수를 배가 시킨 YAG-레이저는 직경 50 μ m 이하의 미세 Via Hole 가

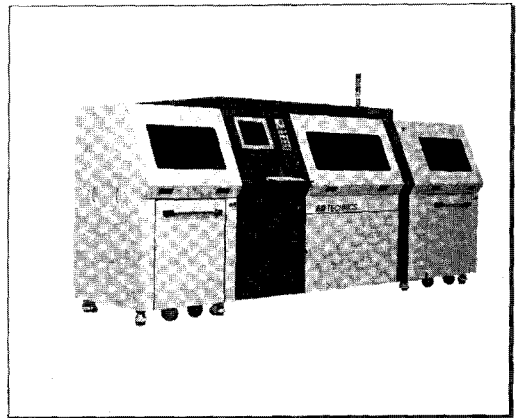


그림 6. CO₂ via Hole Drilling System(자료출처 : EO Technics)

공에 적합하다. Excimer 레이저의 장점은 다음과 같다:

- * HAZ(Heat Affected Zone)가 거의 없다
- * 잔류물이 거의 없다
- * 펄스당 가공량이 균일하다. (예로 KrF-Excimer는 200Hz의 pulse-frequency에서 plastic 튜를 펄스당 0.3 μ m씩 제거할 수 있다.)

고체레이저는 via Hole 의 배열이 비규칙적이고 개수가 증가할수록 선호된다. CO₂ 레이저는 Resin 을 승화를 통해 제거하며 100 내지 1000 배 정도 빠르다. 그러나 Excimer 레이저에 비해 Hole 의 최소직경 및 탄화현상등에서 열등하다. 세라믹가공에서 입열량 및 미세균열문제로 인해 Excimer 레이저가 선호된다. 이러한 선호도는 Hole 의 밀도가 클수록 증가되는데 Hole 과 Hole 사이에 균열발생의 위험이 Excimer의 경우 타레이저 보다 낮기 때문이다.

전선평복을 제거하는 데 레이저가 사용되기 시작한 것은 오래 전이었다. 피복제거는 기계적인 방법으로도 가능하지만, 흠집이 남을 수 있고 자칫 구부러질 수도 있으므로 이 같은 염려가 없는 레이저를 사용하기도 한다. 이 같은 용도로 CO₂, Nd:YAG 및 Excimer 레이저가 사용된다.

CO₂ 레이저는 불화탄화수소계열의 피복제거에 적합하나 자칫 과열될 염려가 있다. UV 레이저는 100 마이크론 이하의 미세전선 피복제거에 적합하다고 보고되고 있다.

2.4 Electronic Suburbia

전자, 광학 및 통신부품생산중 조립과정에서 미세 정렬기술이 요구된다. 이러한 미세정렬기술에 Laser Calibration 은 기계적으로 불가능한 영역에서 훌륭한 대안이 될 수 있다. 특수하게 고안된 Positioner(또는 Actor)를 활용하면 1마이크론 이하의 미세조정과 위치정밀도를 구현할 수 있다. 레이저 Calibration 의 원리는 레이저를 이용한 국부가열, 열변형 및 비가역적인 잔류변형으로 축약할 수 있다. 용도는 스위치 소자, 광통신 모듈 생산이며 용도는 증가추세에 있다.

3. 결론

우리나라는 전자 및 반도체 강국이다. 이들 제품을 생산하는데 레이저는 필수적이며, 용도는 증가추세에 있다. 그러나 유감스럽게 (주)이오테크닉스 외에는 레이저 응용장비를 제작하는 업체가 없는 실정이다. 이는 우리의 시장을 외국업체의 활동무대로 방치했다는 뜻이다. 반도체 생산장비가 신뢰성 및 생산성 검증이라는 측면에서 타산업의 장비보다 까다로운 것은 사실이다. 그러나 이 같은 기술의 장벽을 넘으려는 노력을 가일층 함으로써 반도체 장비국산화라는 국가적인 대과제에 동참할 수 있다고 본다.

참고문헌

1)한유희 외 3 : 레이저를 이용한 microsoldering 기술개발. 한국기계연구원, 1998.12 과학기술부 특정연구과제 보고서.

잠깐 정보

MLB(인쇄회로기판)

Multi Layer Board. 기판이 여러개인 다층 PCB를 말한다. 특히 패턴(미세한 전기배선)과 홀(구멍)을 형성해 층과 층 사이를 전기적으로 연결한 4층 이상의 PCB기판을 가리킨다.

MLB는 휴대폰이나 통신장비 반도체 관련 제품에 주로 들어간다. 반면 TV나 냉장고 등 가전제품과 컴퓨터, 복사기, 팩시밀리 등에는 단면 PCB나 양면 PCB가 쓰인다.

97년까지 4층 이하의 PCB기판은 PC(개인용 컴퓨터)에 많이 들어가 그 점유율이 상대적으로 컸다. 최근엔 이동통신 시장의 확대로 6층 이상의 고부가가치 제품 점유율이 점차 증가하고 있다.

BGA(Ball Grid Array)

플라스틱 기판 위에 납땀과 같은 볼을 만들어 IC(집적회로)를 직접 얹은 PCB기판. MLB와 비슷하게 패턴과 홀을 형성하지만 민감한 전기적 반응을 필요로 한다.

MLB제품 보다 세밀도가 높아야 하기 때문에 정밀한 기술이 필수적이다. 단위 면적당 부가가치가 높은 편이다.

그러나 고난도의 표면처리기술, 고밀도 파인 패턴 형성기술, 재료가공기술 등 첨단 기술이 없으면 만들 수 없다. 아직은 양면 PCB기판 위주로 생산되고 있으나 앞으로 다층 PCB에서도 BGA의 수요가 늘어날 전망이다.

반도체 패키징용 PCB

일반적으로 웨이퍼에서 분리된 반도체 칩은 일종의 포장 작업을 한다.

외부의 물리적인 충격으로부터 칩을 보호하고 실장될 기판과의 집적도 차이를 완화시켜 실장 편의성을 높이기 위해서다. 이것을 패키징(Packaging)이라고 한다. 이러한 패키징 과정에서 사용되는 일종의 보조기판이 반도체 패키징용 PCB다.