

광PCB를 위한 폴리머 저온 접합기술 연구

Study on Low Temperature Bonding Technology for Optical PCB with Polymer Intermediate Layers

차두열¹, 이재혁¹, 장성필^{1,a}

(Doo-Yeol Cha¹, Jai-Hyuk Lee¹, and Sung-Pil Chang^{1,a})

Abstract

As the demands for the higher data transmission speed and capacity as well as integration density grow throughout the network, much works have being done in order to integrate the Electrical PCB with Optical PCB. However, one of the most troublesome problems in the commercial bonding process is to need the high temperature for the bonding. Due to the high temperature bonding process, lots of side problems are followed such as warpage and crack, etc. In this paper, we tried to develop the new bonding technology with low temperature around 100°C. As a result of this study, the PCB bonding technology with high bonding strength is demonstrated with the value of bonding strength from 7 to 8 MPa at the temperature of 100°C.

Key Words : Low temperature bonding, Electrical PCB, Optical PCB, Bonding strength

1. 서론

지식 정보화 사회의 고도화에 따라 정보 전송량에 대한 수요가 급격하게 증가하고 있으며, 이에 따른 전송용량의 수요를 충족시키기 위한 수단으로 광도파로가 포함된 인쇄회로기판인 광 PCB가 대두되고 있다. 이제까지 광 PCB 모듈은 다수의 광소자와 IC 칩의 이차원적 배열에 의하여 이루어져 왔다. 그러나 최근 제품의 소형화, 경량화가 급격히 진행됨에 따라 반도체 칩을 2차원적으로 배열하여서는 원하는 크기와 성능을 얻는데 한계에 도달하게 되어 광 PCB를 3차원으로 적층하는 3D 패키지에 대한 연구가 진행되고 있다.

광 PCB의 적층형 패키지는 크기 및 무게의 현저한 감소와 더불어 단위면적당 소자 기능의 증가 및 공정가격 저하 등의 여러 장점을 지니고 있다. 그러나 현재 상용되고 있는 적층형 전기 PCB는

라미네이션 공정을 이용한 200°C 이상의 고온 공정을 주로 사용하고 있다. 이러한 고온 공정은 적은 변형에도 큰 성능 변화를 가져올 수 있는 광 PCB에는 적합한 공정이 아니다. 고온 공정이 진행된 후에 기판의 열팽창계수 차이로 인하여 광 PCB에는 비틀림이나 휨 현상이 발생할 수 있고, 심지어는 파괴까지도 일어날 수 있다. 그것은 작은 변형에도 성능 변화가 심한 광 PCB의 신뢰성에 큰 악영향을 끼칠 수 있는 요소이다. 그래서 최근 광 PCB와 전기 PCB 간의 적층형 PCB 접합에서는 저온 접합에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 높은 저항, 낮은 손실 기율기, 낮은 유전율 등의 특성을 지닌 포토레지스트를 이용하여 100°C 이하의 저온 공정을 진행하여 그 기계적 특징을 비교하였다.

2. 본론

2.1 시편 제작

포토레지스트를 이용한 폴리머 접합은 접합 강도를 살펴보기 위한 테스트를 진행하기 때문에 비교적 쉽게 샘플을 제작할 수 있다. 접합 강도는 몇

1. 인하대학교 전자공학과
(인천시 남구 용현동 253)

a. Corresponding Author : spchang@inha.ac.kr

접수일자 : 2009. 11. 5

1차 심사 : 2009. 12. 7

심사완료 : 2009. 12. 22

가지 변수에 의해 크게 변할 수 있다. 접합 강도에 영향을 주는 요인은 크게 3가지로 나눌 수가 있다. 첫 번째로 접합 온도에 따라 접합 강도가 변화하게 된다. 접합 온도가 상승함에 따라 일반적으로 접합 강도 역시 상승하게 된다. 다음으로 접합 압력이다. 여기서 접합 압력이란 샘플을 접합할 때 샘플에 가해지는 압력의 세기를 말한다. 이것 역시 접합 압력이 높아질수록 접합 강도 역시 높아지게 된다. 마지막으로 접합 시간인데 접합 시간이 늘어날수록 접합 강도 역시 높아지게 된다.

샘플 제작을 위해 사용한 공정은 PCB의 압착공정과 저온 Curing 공정이며 접합층으로 사용된 포토레지스트는 쉽게 구할 수 있고 기계적 강도가 우수한 SU-8 2002와 S1818을 사용하였다. FR-4로 제작된 상용화된 전기 PCB위에 포토레지스트를 코팅한 후에 PMMA로 제작된 광 PCB를 접합하는 것이 샘플 제작의 기본 방법이다.

FR-4 PCB 기판을 플라즈마를 이용하여 세척하여 잔유물을 제거한 후에 80℃에서 2시간 동안 건조를 하게 된다. 그리고 SU-8 2002를 스핀코팅을 통해 2000 rpm으로 60초 동안 진행하게 되면 2 um의 두께를 가진 감광층을 얻을 수 있다. S1818의 경우 3000 rpm으로 60초 동안 스핀코팅하면 2 um의 두께를 얻을 수 있다.

감광제를 코팅한 후에 Pre-curing을 하는데 70℃의 핫플레이트에 2분간 가열하게 되는데 이 과정에서 휘발성 용제가 증발하게 된다.

그리고 SU-8과 S1818 감광제로 코팅된 패터닝된 FR-4 전기 PCB 위에 PMMA 광 PCB를 접합하게 되는데 두 유리 기판을 누르는 접합 압력은 1000 N ~ 2000 N 이고 접합 온도는 50℃ ~ 150℃로 변화시켰다. 또한 접합 시간은 5~60 분으로 정하였다. 위 변수들로 그림 1과 같이 접합 공정이 이루어지게 된다.

여기서 SU-8의 경우 압착공정을 하면서 광학 리소그래피를 하게 된다. 음성감광제인 SU-8은 양성감광제인 S1818과는 다르게 일정 파장의 빛에 노출되었을 때 경화가 더 잘 일어나게 된다. 광 열라이너 (MJB4)를 이용하여 100 mJ/cm²의 에너지로 투명한 PMMA 광 PCB위로 빛을 노출시킨다.

3. 결과 및 고찰

제작된 적층형 광 PCB 샘플의 접합특성을 살펴보기 위하여 접합 강도를 테스트하는 실험을 진행하였다. 실험은 그림 2와 같은 인장기에 에폭시를 이용하여 샘플의 양쪽 면을 단단히 고정시킨 후에

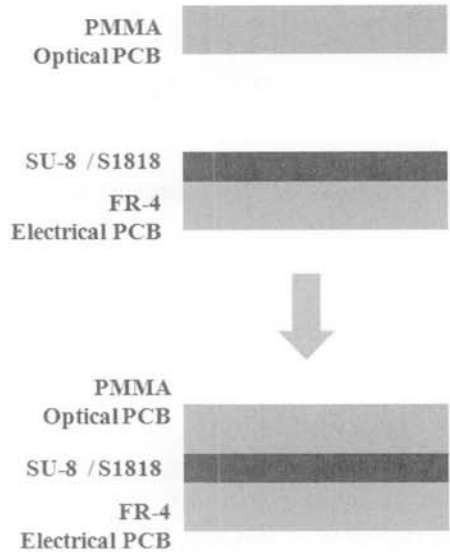


그림 1. 감광제를 이용한 접합공정.
Fig. 1. Bonding process using photoresist.

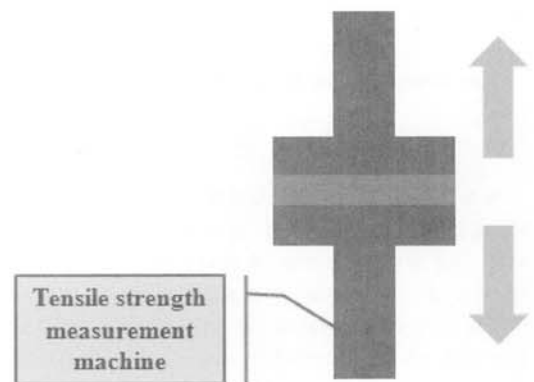
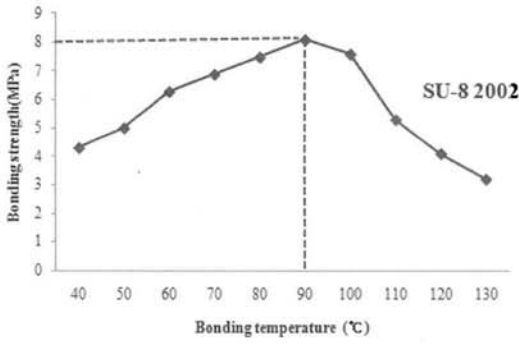


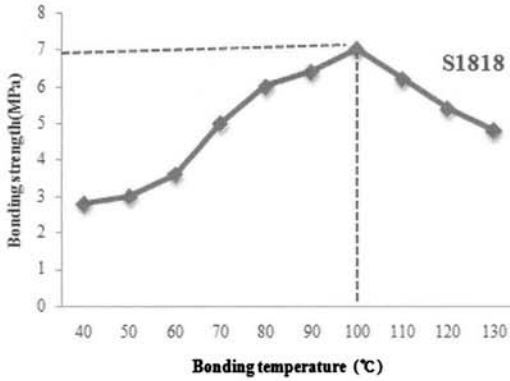
그림 2. 인장강도 측정기.
Fig. 2. Tensile strength tester.

인장력을 가하게 된다. 그리고 샘플사이의 접합면이 떨어지는 강도를 살펴보았다. 인장 테스트는 상온에서 1 mm/min의 속도로 진행하였다.

그림 3에서 알 수 있듯이 SU-8과 S1818은 각각 8.1 MPa @ 90℃, 7 MPa @ 100℃의 값을 얻을 수 있었다. 이것은 다른 물질을 이용한 접합층 접합과 비교하여 우수하다는 것을 알 수 있다. SU-8은 기본적으로 에폭시 타입으로 큐어링을 걸쳐서 저분자 상태의 높은 결합력을 갖는 물질로 변환하기 때문에 합성 고분자 물질인 S1818보다는 높은



(a) 접합온도에 따른 SU-8의 접합강도



(a) 접합온도에 따른 S1818의 접합강도

접합온도(°C)	접합강도 (MPa)	
	SU-8	S1818
40	4.3	2.8
50	5	3
60	6.3	3.6
70	6.9	5
80	7.5	6
90	8.1	6.4
100	7.6	7
110	5.3	6.2

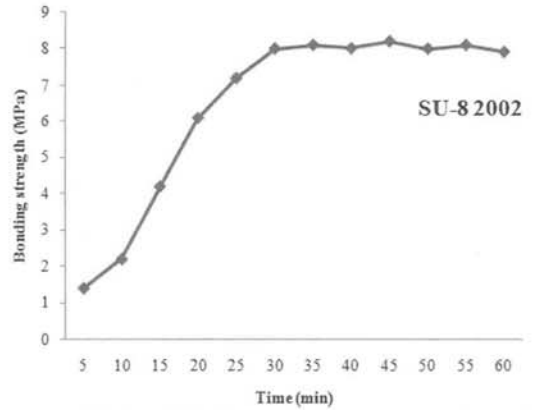
(c) 접합 물질에 따른 접합강도 비교

그림 3. 접합온도에 따른 접합강도.

Fig. 3. Bonding strength at various bonding temperature.

결합력을 갖는걸 알 수 있다. 그러나 접합온도가 100°C가 넘었을 때 접합강도가 떨어지는 것은 온도 상승으로 인해 물질의 특성이 불안정해져서 접합강도에 영향을 주는 것으로 예상된다.

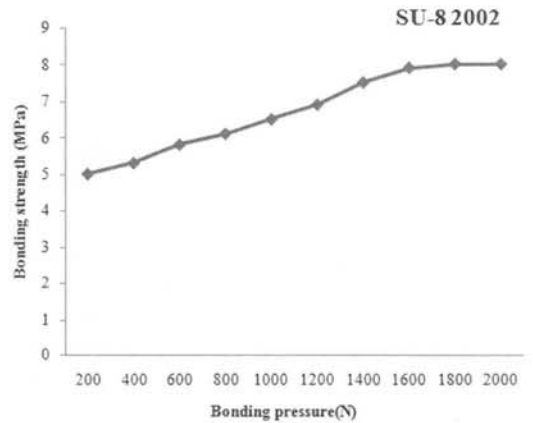
그림 4에서 90°C의 온도에서 접합시간이 30분을 넘어서면 접합강도에 큰 변화가 일어나지 않는데



접합시간	접합강도 (MPa)	접합시간	접합강도 (MPa)
10분	2.2	40분	8.01
20분	6.1	50분	8
30분	8	60분	7.91

그림 4. 접합시간에 따른 접합강도.

Fig. 4. Bonding strength by bonding time.

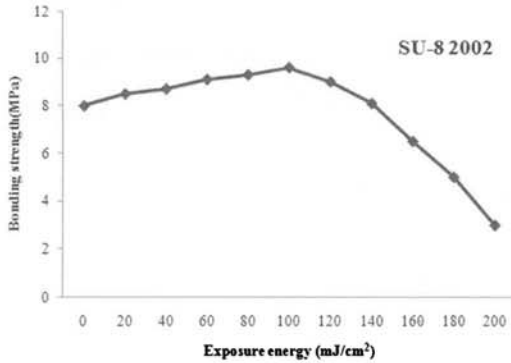


접합압력	접합강도 (MPa)	접합압력	접합강도 (MPa)
200 N	5	1400 N	7.5
600 N	5.8	1800 N	8
1000 N	6.5	2200 N	8

그림 5. 접합압력에 따른 접합강도.

Fig. 5. Bonding strength by bonding pressure.

그것은 SU-8 / S1818 모두 30분이 넘게 경과하면 경화가 되어 더 이상 접합강도에 영향을 주지 않는 것으로 보인다.



노광에너지 (mJ/cm ²)	접합강도 (MPa)	노광에너지 (mJ/cm ²)	접합강도 (MPa)
0	8	100	9.6
20	8.5	120	9
40	8.7	140	8.1
60	9.1	160	6.5
80	9.3	180	5

그림 6. 노광에너지에 따른 접합강도.
Fig. 6. Bonding strength by exposure energy.

그림 5에서는 접합압력이 증가할수록 접합강도가 증가하다가 1800 N 이상의 접합압력에서는 변화가 없는 것을 알 수 있는데, 그것은 일정 압력 이하에서는 접합층 내에 가스가 Void를 형성하여 접합강도에 악영향을 미치고, 일정 접합압력 이상에서는 가스가 외부로 유출되어 더 이상 Void가 형성되지 않는 것을 알 수 있다.

그림 6은 노광을 하면 경화되는 음성광감제인 SU-8의 특성에 의해 일정 노광 에너지까지는 접합강도에 긍정적인 영향을 끼치는 것을 알 수 있다. 그러나 100 mJ/cm² 이상의 노광 에너지에서는 SU-8 내에서 빛에 의한 화학 반응에 의해 접합강도가 떨어지는 것을 알 수 있다.

이와 같이 광 PCB의 접합 강도는 접합 물질, 접합 시간, 접합 압력 등의 여러 가지 변수에 의해 변화하는 것을 알 수 있는데, 각각의 영향력을 살펴보면 다음과 같다.

첫 번째로 접합강도에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 바로 접합물질임을 알 수 있는데 그것은 큐어링 후 저분자 상태의 높은 결합력을 갖는 물질로 변환하는 SU-8이 고분자 물질인 S1818에 비해 우수한 접합 강도를 갖는 것을 알 수 있다. 두 번째는 접합 시간으로 충분한 접합 시간을 확보하여 결합의 안정성을 향상시킬 수 있다. 마지막으로 접합 압력은 가장 영향력이 작은 것을 알 수 있는

데 그것은 본 실험에서 사용된 접합층의 두께가 2 um로 매우 얇은 관계로 Void가 거의 형성되지 않기 때문에 접합강도에 끼치는 영향력이 가장 미미한 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문은 향후 적층형 광 PCB 기술의 중요한 요소가 되는 광 PCB 저온 접합공정을 위하여 포토레지스트를 이용하여 실험을 진행하였다. 기관의 힘이나 비틀림 현상을 줄이기 위하여 100℃ 이하의 저온 접합공정을 사용하여 시편을 제작하였다. 그 결과 100℃ 이하에서도 8 MPa의 높은 접합강도를 얻을 수 있었는데, 그것은 낮은 온도에서도 접합층이 충분한 결합력을 가지고 경화되기 때문이다.

실험결과 SU-8과 S1818은 각각 8.1 MPa @ 90℃, 7 MPa @ 100℃의 결과를 얻을 수 있었다. 기존의 고온의 적층형 광 PCB 제작 공정은 열팽창계수 차이로 인해 작은 변형에도 성능차이가 심한 광 PCB에는 적합하지 않았다. 본 실험을 통해 저온 공정을 통해 광 PCB의 열적 변형을 최소화하는 방법을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 인하대학교 집적형 광자기술센터의 "OPCB 설계 및 표준화" 연구사업 지원으로 수행됨.

참고 문헌

- [1] Alvino W. M., "Plastics For Electronics : Materials, Properties, and Design", New York: McGraw-Hill, 1995.
- [2] Shores A. A., "Thermoplastic films for adhesive bonding: hybrid microcircuit substrates", Proc. Electronic Components Conf., p. 891, 1989.
- [3] 이영민 "광소자 패키징 기술", 전기전자재료, 16권, 8호, p. 10, 2003.
- [4] Han A., Oh K. W., Bhansali S., Henderson H. T., and Ahn C. H., "A low temperature biochemically compatible bonding technique using fluoropolymers for biochemical microfluidic systems", Proc. MEMS 2000, p. 414, 2000.

- [5] Frazier A. B., "Low temperature IC-compatible wafer-to-wafer bonding with embedded micro channels for integrated sensing systems", Proc. Midwest Symp. on Circuits and Systems 1996, p. 505, 1996.
- [6] 민홍석, 주영창, 송오성, "유리/실리콘 기판 직접 접합에서의 세정과 열처리 효과", 전기전자재료학회논문지, 15권, 6호, p. 479, 2002.
- [5] Kang I. B., Manda M., Hariz A., Samaan N. D., and Haskard M. R., "Polymer bonding technique for silicon micromoulds", Proc. MICRO 1997, p. 129, 1997.
- [6] Klink G. and Hillerich B., "Wafer bonding with an adhesive coating", Proc. SPIE, Vol. 3514, p. 50, 1998.
- [7] Den Besten C., Van Hal R. E. G., Munoz J., and Bergveld P., "Polymer bonding of micro-machined silicon structures", Proc. MEMS, p. 104, 1992.
- [8] Van der Groen S., Rosmeulen M., Jansen P., Baert K., and Deferm L., "CMOS compatible wafer scale adhesive bonding for circuit transfer", Proc. Transducers, p. 629, 1997.
- [9] Booth E. and Hunt C. E., "Low temperature adhesion bonding methods Proc. semiconductor wafer bonding: Science, technology and applications", Electrochem. Soc., Vol. 95-7, p. 201, 1995.
- [10] Weckwerth M. V., Simmons J. A., Harff N. E., Sherwin M. E., Blount M. A., Baca W. E., and Chui H. C., "Epoxy bond and stop-etch (EBASE) technique enabling backside processing of (Al)GaAs heterostructures Superlatt", Microstruct., Vol. 20, p. 561, 1996.
- [11] Ilic B., Neuzil P., Stanczyk T., Czaplowski D., and Maclay G. J., "Low temperature Nafion bonding of silicon wafers", Electrochem. Solid-State Lett., Vol. 2, p. 86, 1999.