

Manufacture and Characteristic of Surface Mounted Device Type Fast Recovery Diode with Ceramic Package

Sang-Hyeok Cho, Myoung-Pyo Chun, Jeong-Ho Cho, Byung-Ik Kim, In-Ki Yu

Advanced Materials and Components Lab, Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, Seoul 153-023, KOREA

*Cob-Technology Co., Ltd., 478-11, Mosan-ri, Daeduk-Myun, Anseong-City, Gyeonggi-Do, KOREA

세라믹 패키지를 이용한 표면 실장형 다이오드의 제작과 특성 평가

전명표, 조상혁, 조정호, 김병익, *유인기

요업기술원

*코브 테크놀로지

Abstract

The SMD type P-N junction diode with ceramic package for diode case were fabricated. It was made this diode with simple process from Al_2O_3 ceramic chip, solder preform, diode chip, coating reagent and conductive paste for chip termination. Its merit is small size, easy manufacture, fast cooling with ceramic case. The electric characteristics of the diode such as reverse recovery time, breakdown voltage, forward voltage, and leakage current were 5.28ns, 1322V, 1.08V, 0.45 μ A.

Key Words : Fast recovery diode, Surface mounted device, Ceramic package

1. 서 론

P-N junction rectifier는 P-N junction을 통해 한 방향으로 전류를 흐르게 하는 특성을 이용한 다이오드로써 신호검파나 전기정류의 목적으로 사용되며 역방향 회복시간(reverse recovery time)은 P-N junction rectifier의 고유성질이자 단점으로 이를 최소화 하려는 연구가 많이 이루어지고 있다. 최근 전자기기의 초소형화와 경량화와 함께 다이오드도 점점 더 소형화 되고 있으며, 따라서 초소형의 칩을 이용한 다이오드의 소형화를 실현하기 위해 회로도를 단순화하고, 어레이화를 실시하여, 표면실장형의 제품을 통한 도선의 길이를 최소화함으로써 전기저항을 낮추고 특성을 향상시키려는 노력을 하고 있다. 본 연구에서는 역회복시간(t_{rr}) 50ns이하, 항복전압 (V_R)600V이상, 순방향 전압(V_F , $I_F=1.0A$) 이 1.3V이하인 fast recovery diode의 특성을 실현하기 위한 Ceramic Package를 이용하여 제작된 초소형의 표면실장형(SMD) 다이오드가 역회복 시간, 누설전류, 항복전압, 순방향전압등의 전기적 특성과 인장력 테스트, 서지전류 테스트, 온도 사이클링 테스트, 납내열성 테스트, 표면 온도 상승 테스트의 다이오드 성능의 신뢰성 테스트를 실시, 분석하였다.

2. 실험

2.1 소재

세라믹 패키지를 이용한 표면실장형 다이오드의 제작을 위해 몇 가지 필요한 소재로 표면에 Ni전극이 형성된 Al_2O_3 세라믹 기판, Pb-Sn-Ag 솔더 프리폼(solder preform), P⁺-N-N⁺ 접합의 diode chip, 코팅 용액 및 외부전극 페이스

트를 사용하였다. Al_2O_3 세라믹 기판은 길이 3.2mm, 너비 2.0mm, 두께 0.4mm크기의 기판으로 내부에 Ni전극이 입혀져 있으며 다이오드 칩은 P⁺-N-N⁺ junction diode로 소자 전체의 두께는 220 μ m이고 p+의 영역이 40 μ m, n+영역이 60 μ m이며 소자 전체의 면적은 1.60x10⁻²cm²인 square chip을 사용하였다.

솔더 프리폼은 Pb-Sn-Ag의 비율이 각각 95:2.5:2.5이고 용융점은 300~350 $^{\circ}C$ 이며 함유된 Ag는 Pb의 전기 전도도를 높이는 데 기여한다. 제작된 다이오드의 내부를 채울 코팅제는 다이오드의 발열에 충분히 견딜 수 있는 반도체용 silicon계의 불투명한 백색의 코팅 용제로 약 80 $^{\circ}C$ 에서 경화되는 제품을 선택하였다.

다이오드의 양 끝에 부착할 도전성 외부전극 페이스트는 Ag가 함유된 epoxy계 외부전극으로 약 150 $^{\circ}C$ 에서 경화하는 것을 사용하였다.

2.2 제작공정

준비된 소재를 아세톤으로 깨끗이 세척하여 이물질 제거한 후 다이오드 제작용 지그에 소자를 위치시키고 솔더링을 실시하였다. 솔더링을 위해 컨베이어 벨트의 터널로 온도 구간을 350 $^{\circ}C$, 400 $^{\circ}C$, 450 $^{\circ}C$, 400 $^{\circ}C$, 350 $^{\circ}C$ 으로 설정하여 지그를 넣고 1시간동안 솔더를 용착시켰다. 솔더의 온도는 외부온도에 비해 천천히 온도 상승이 이루어지며 450 $^{\circ}C$ 구간에서 솔더가 약 300 $^{\circ}C$ 의 온도로 용융되어 솔더링이 이루어진다. 솔더링 과정에서 솔더가 산화되어 dross가 발생하는 등의 솔더링 결과에 나쁜 영향을 주지 않도록 N_2 를 터널로 내부에 주입하였으며 450 $^{\circ}C$ 구간에서는 N_2 , H_2 85:15비율의 혼합 가스를 투입하여 잔류하고 있는 O_2 를 수

증기로 변화시켜 제거하였다. 터널로를 빠져나와 솔더링이 끝나면 천천히 냉각시킨 후 솔더링이 끝난 완성된 소자를 아세톤으로 세척한다. 소자 측면의 표면누설전류를 막기 위해 1:5비율로 혼합된 HF - HNO₃ 용액에 에칭한다. 용액 온도 21℃에서, 210초간 에칭하며 온도가 높아지면 에칭시간을 줄이며 온도 조건에 따라 에칭시간을 조절한다. 에칭 후 증류수와 아세톤으로 세척, 건조한 후 소자의 습기로부터 내부를 차단하여 충격을 완화하기 위한 코팅 용액을 소자 내부에 삽입한다. 내부를 완전히 충전시킨 후 코팅액이 주입된 소자를 65℃에서 30분, 120℃에서 1시간 건조, 경화한다. 코팅액을 삽입시킨 소자를 아세톤으로 세척한 후 단자전극 페이스트를 소자의 양 끝에 도포하여 마찬가지로 건조, 경화한다. 150℃에서 25분, 200℃에서 30분동안 경화시킨 후 냉각시켜 완성한다.

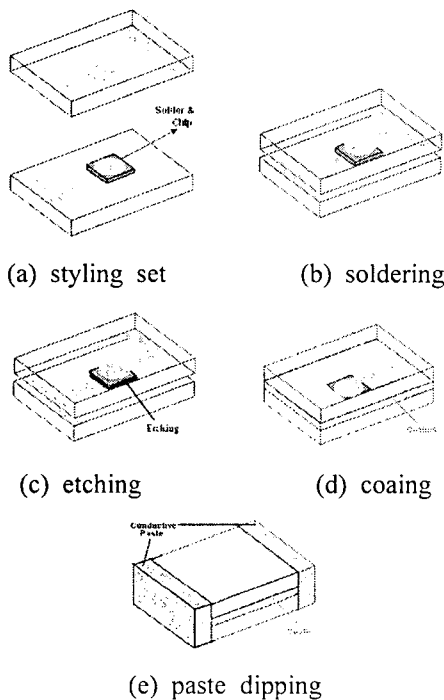


Fig 1. Manufacture process
그림 1. 제조 과정

3. 결과 및 검토

이번 연구에서 제작된 세라믹 패키지를 이용한 표면실장형 다이오드의 크기는 길이 3.2mm, 너비 2.0mm, 두께 1.1mm로 일반 표면실장형 다이오드의 크기 (4.4mm, 2.5mm, 2.3mm, On-Semi사의 GS1M)에 와 Lead 타입 다이오드의 크기 (길이 4.9mm 원통 너비 2.7mm)에 비해 30% 정도 작은 크기를 가지고 있으며 두께가 얇아 표면실장형에 알맞은 구조를 가지고 있다.

전기적 특성의 측정항목으로 인가가능한 최고 정류 전압 (maximum DC blocking voltage, V_{DC}), 1A 전류에서의 순방향 순간 최고 전압 (maximum instaneous forward voltage as 1.0A, V_F), 정격 정류 전압에서의 최고 역전류 (maximum DC reverse current as rated DC blocking voltage, I_R), 통상 접합

용량 (typical junction capacitance, C_j), 최대 역방향 회복 시간 (maximum reverse recovery time, T_{RR}), 허용 보관 온도 (storage temperature range, T_{stg})의 테스트를 실시하였다.

그 결과 다이오드의 V_F 와 V_{DC} , I_R 의 측정 결과는 1.08V, 1322V, 5 μ A로 역방향 항복전압의 결과는 매우 높은 값을 가지고 있으나 순방향 전압의 I-V곡선에서는 보통의 결과를 얻었다. V_F 는 도핑 농도를 낮춤으로서 낮은 전압강하와 해결할 수 있으나 역방향 회복 시간과 항복전압의 특성이 낮아지므로 적절한 도핑 농도의 선택이 필요하다. C_j , T_{RR} 의 측정 결과 값은 7.5pF와 5.28 μ s으로 좋은 결과값을 얻었다. 허용 보관 온도 범위 테스트에서는 저온 -55℃와 고온 150℃에서 4일 동안 챔버를 유지하고 나서 V_{DC} , I_R 를 재측정하였다. 샘플 모두 허용 온도 범위 내에서 온도 변화에 크게 영향을 받지 않고 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다.

다이오드의 세라믹 패키지의 특성을 파악하기 위해 몇 가지 신뢰성 테스트를 실시하였다. 납 내열성 테스트, 인장력 테스트, 온도 사이클링 테스트, 반복 서지 전류 테스트, 표면온도상승 측정 테스트의 5가지를 실시하였으며 일부는 다른 다이오드 제품과의 특성을 비교 분석하였고 모든 테스트에서 좋은 결과를 얻었다.

4. 결론

세라믹 패키지를 이용한 표면실장형 다이오드는 최근 소형화되고 있는 전자기기의 정류회로의 부품으로서 적합한 크기를 가지고 있으며 제조 공정이 복잡하지 않고 간소화된 방식으로 제작할 수 있었다. 세라믹 패키지를 이용한 소형화 다이오드의 제조로 기존 다이오드보다 작으면서 전기적 특성은 fast recovery diode, FR105의 기준에 적합한 결과를 얻을 수 있었고, 신뢰성 테스트에서도 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다. 특히 역회복 시간이 5.28 μ s로 고속 스위칭이 가능하며 전압을 인가할 때 발열되는 열은 세라믹 패키지가 방열판의 역할을 대신하여 다이오드의 온도에 대한 변화를 최소화하였다.

REFERENCES

[1] F. Cappelluti, F. Bonani, M. Fruno, G. Ghione, R. Carta, L. Bellemo, C. Bocchiola, L. Merlin "Physics based mixed mode reverse recovery modeling and optimization of Si PiN and MPS fastr recovery diodes" Microelectronics Journal. 37, p190 2006
 [2] 김상철, 김은동 "전력반도체 기술 및 시장동향" 전기재료학회 논문지 15권 3호, p19,22 2006
 [3] 이혁모 "환경친화적 무연솔더링 접합 기술 동향" 전기재료학회 논문지 16권 7호, p22 2003
 [4] 김병길, 백종무, 이재성, 배영호 "양성자가 주입된 NPT형 전력용 다이오드의 전류-전압 특성" 전기재료학회 논문지 19권 1호, p 9,11 2006