

전력용 반도체 몰딩재료의 체적고유저항에 미치는 전자선 조사의 영향

이 용우*, 홍능표**, 박우현, 가출현, 이수원*, 홍진웅

광운대학교 전기공학과

* : 충남전문대학 전기공학과

** : 철도전문대학 전기신호과

*** : 삼성전자 마이크로사업부 전력전자팀

The Effect of Electron Beam Irradiation for Volume Resistivity in the Molding Compound for Power Semiconductor

YongWoo LEE*, NungPyo HONG**, WooHyun PARK,

ChulHyun GA, SooWon LEE*, JinWoong HONG

Dept. of Electrical Engineering, KwangWoon University

* : Dept. of Electrical Engineering, ChungNam College

** : Dept. of Electrical and Signal Engineering, National Railroad Junior College

*** : Power Electronics, Micro Division, SamSung Electronics Co.

Abstract

This paper mainly describes the electrical characteristics caused by the change of structure in solid state of specimen by electron beam irradiation of high temperature-low expansion type molding materials of power semiconductor element.

The experiments on physical properties and electrical characteristics for the specimen irradiated electron beam are carried out.

For the investigation on physical properties, XRD analysis is used. And for the experiment of electrical characteristics, measurement of volume resistivity is used.

1. 서론

몰딩 재료의 경우 기억용량의 증가와 고집적도 기술의 발달로 인해 Package 내에서 발생하는 열응력이 문제가 되고 있으며 비메몰리 제품군 중 전력용 반도체의 경우 1000(A) 이상의 GTOL Thyristor 종류는 세라믹 계열을 사용하고 있으나 중전력 소자에 쓰이는 POWER TR, POWER MOSFET, IGBT, IPM 등의 경우는 에폭시 수지가 주 몰딩재료로 사용되고 있다. POWER TR의 경우는 점점 대전류, 고내압화해 가고 있는 추세이고, POWER MOSFET의 경우 고속화 되고 있는 현재 상황에서 몰딩재료의 연구가 미비했던게 오늘날의 현실이다.

따라서 본 실험에서는 대표적인 몰딩재료에 전자선 조사를 행하여 물성 및 전기적 특성의 변화를 연구하였다.

2. 사용 시료 및 실험 방법

(1) 사용 시료

환경변화로 부터 반도체 부품을 보호하고 기계적인 진동이나 외부로부터의 충격에 의한 파손 및 특성 변화를 방지하기 위해 전자 부품은 수지, 유리, 금속등으로 몰딩하여 외부 영향을 최소화 하고 있다.

실험에서는 ME-269T (NIPPON PELNOX Co.) 에폭시 수지를 사용하였고, 경화제는 Pelcure HV

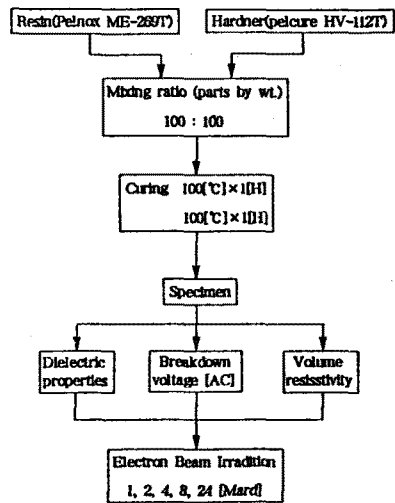


Fig 1 processing diagram of the specimen

-112T (NIPPON PELNOX Co.)를 사용하였다. 시료의 제작 과정은 그림 1과 같다.

(2) 전자선 조사

준비된 시료의 전자선 조사량 변화에 따른 전기적 특성을 조사하기 위해 전자선 가속 장치로 전자선을 조사하였다. 실험에 사용된 시료의 종류는 미조사된 시료를 포함 5가지로 제작되어졌다.

전자선 조사량은 크게 인가전류와 캐패아의 속도를 가지고 제어하고 있으며, 조사 시료에 동일한 선량을 주면, 전자유기 많은만큼 피조사물의 반응속도를 크게 할 필요가 있고, 처리량은 이것에 비해 많아지는 것이며 실제 조사에 있어서는 CAT 선량계를 이용하여 조사량을 구하고, 조사량의 변화는 인가전류와 캐패아의 속도만으로 변화시킬 수 있다.

(3) 실험 장치

시료는 중전력용 반도체소자의 몰딩재료로 소자에서 주열원이 발생되므로 방출온도가 매우 높고 고온 저항성 재료를 사용해야만 한다.

시료의 전자선 조사에 따른 전기적 특성을 조사하기 위해 체적고유저항 특성을 실험하였으며, 측정장치의 구성은 그림 2와 같다.

한편, 측정용 전극장치는 연구실에서 제작하였고 전극 구성과 크기는 그림 3에 나타내었다.

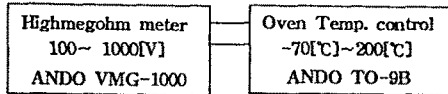


Fig. 2 Block diagram of measurement device



Fig. 3 Geometry of electrode and specimen

3. 측정 방법

(1) 재료의 물성

시료 내부의 가교 밀도를 분석하기 위해 X-ray diffraction scattering (Rikagu Co. RAD-C,u,K α)를 사용하였다. 분석 조건은 아래와 같다.

Tube Voltage	40 [kV]
Tube Current	40 [mA]
Scan Speed	10 [°/min],
X-ray Wave Length	1.5405 [Å]
2 θ Region	0 < 2 θ < 40

사용된 시료의 크기는 0.5[cm]×0.5[cm] 이다.

또한, NICOLET Magna-IR Spectrometer 550 (U.S.A) FTIR 장비를 사용해 측정범위 4000~400 (cm⁻¹) 사이에서 적외선 흡수 밴드를 조사하였다.

(2) 체적고유저항 측정

중전력 반도체소자의 물담용 에폭시의 절연성을 평가하기 위해서 체적고유저항을 측정하여 전기 절연성을 평가한다.

시료의 체적고유저항 측정은 직편법을 이용하였으며, 측정기구는 감도가 매우 우수한 전류계를 이용 분류기와 조합시켜 직류 100(V), 250(V), 500(V), 1000(V)를 인가하고, 측정 온도 30 ~ 150(°C)범위에서 10분이 경과한 후 저항값(M Ω)을 측정하였다.

4. 실험결과 및 검토

(1) 시료의 물성 연구

에폭시 수지는 분자내 활성화 에폭시기를 갖는 Playpolymer로 각종경화제를 첨가해 경화시켜 필요한 분야에 적합하고 우수한 성능을 갖는 재료로 사용되고 있다.

전자선 조사량 변화에 따른 시료의 구조 변화를 연구하기 위해 2 θ = 0~40(°)범위에서 XRD를 실험하였다. 에폭시는 결정성이 낮으나 순도가 높아 지면 결정성이 생긴다. 그림 4는 시료의 XRD패턴으로 조사량 증가에 따라 변화된 피크가 나타남을 확인할 수 있다.

에폭시는 2 θ =10~30(°)범위에서 부정형 부분과 충전제와 경화제에 포함된 무기질 피크가 공통기어하는데, 조사량이 증가함에 따라 피크의 진폭도 커지지만 비정질 부분도 약간 증가하는 것을 알 수 있다. 특히 미조사된 시료의 경우, 2 θ =23~24(°)에서 피크가 없으나, 전자선을 조사시키면 이 부근에서 새로운 피크가 나타남을 확인할 수 있다.

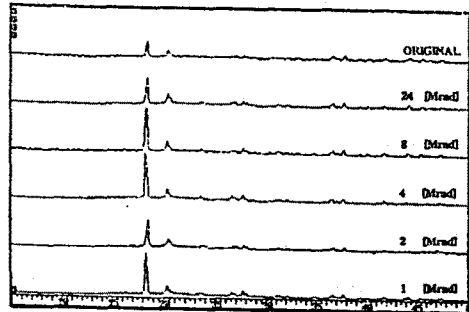


Fig. 4 X-ray diffraction of specimen

에폭시 수지는 경화제 속에 충전제로 실리카를 이용하고 있는데 2 θ =30(°)이상 영역의 피크는 조사량이 증가하여도 크게 변화하지 않으므로 시료 제작시 혼입된 무기질(Si)과 열방출을 위해 혼입된 금속성분(A)의 기여로 사료되며, 2 θ =23~24(°)에서 조사량이 4(Mrad)까지는 커지나 이상이 되면 적어지는 것을 확인할 수 있는데, 이것은 전자선 조사로 약한 체인이 분리되어 새로운 radical이나 이온이 생기고, 최종적으로 시료의 가교나 분해등을 유발 시킨 것으로 사료된다.

에폭시 수지 (가교형 고분자)는 무정형으로 결정성이 낮으나 전자선 조사시 조사 에너지에 의해 결정의 일부가 분리되며, 분해된 부분이 결정으로 성장할 수 있을 것으로 사료된다.

이와같은 현상은 XRD에서 조사량 변화에 따라 예리한 결정 피크가 커지는데, 이것은 부분적으로 분해된 것들이 결정성을 갖기 때문으로 예측된다.

(2) 체적고유저항 특성

시료의 체적고유저항을 측정하기 위해 Guarding method를 사용하였는데, 체적고유저항 값은 전압 인가 10분후 측정하였다.

일반적인 에폭시의 체적고유저항 특성은 그림 5와 같이 보고 되어 있다. 그림 6은 인가전압 100 (V) 인가시 온도 20(°C)~150(°C)범위에서 전자선 조사량에 따른 체적고유저항을 조사한 것이다.

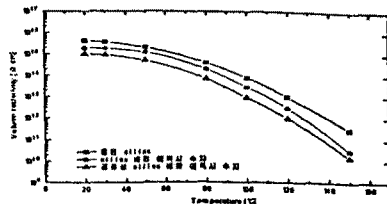


Fig. 5 Volume resistivity characteristics of general epoxy

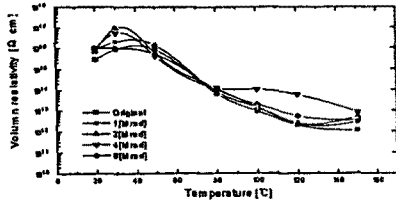


Fig. 6 Volumn resistivity at the applying voltage 100[V]

그림에서 알 수 있듯이 측정온도 범위는 본 실험과 비슷하나 체적고유저항은 매우 낮고 특성도는 원함수의 1상한과 같으나 본실험에서 얻은 특성도에서 2(Mrad)이하 시료는 온도 20(°C)에서 40(°C)까지는 체적고유저항값이 10^4 에서 10^5 (Ωcm)으로 증가되고, 4(Mrad)이상 조사된 시료는 증가폭이 둔화됨을 알 수 있으며, 또 40(°C)보다 높은 온도에서는 지수함수적으로 감소하는 것을 알 수 있다. 특히 80(°C)이상 4(Mrad) 조사된 시료의 체적고유저항은 다른 시료보다 10배이상 크고 안정된 특성을 나타내고 있다.

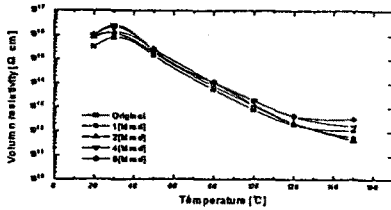


Fig. 7 Volumn resistivity at the applying voltage 250[V]

그림 7은 같은 조건에서 250(V)인가시 체적고유저항 특성이다. 전압이 100(V)에서 250(V)로 높아짐에 따라 경향은 비슷하나, 저온영역의 체적고유저항은 약간 작고, 또한 증가되는 온도도 40(°C)에서 30(°C)로 낮아짐을 알 수 있었다. 그림 8, 9는 같은 조건에서 500[V], 1000[V]인가시 체적고유저항 특성도이다. 저온영역에서 체적고유저항이 증가되는 온도영역과 증가폭은 매우 둔화된 것을 알 수 있다.

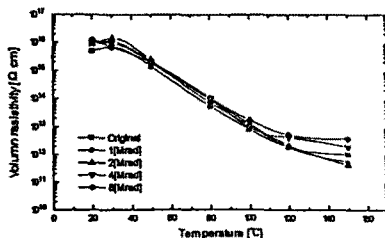


Fig. 8 Volumn resistivity at the applying voltage 500[V]

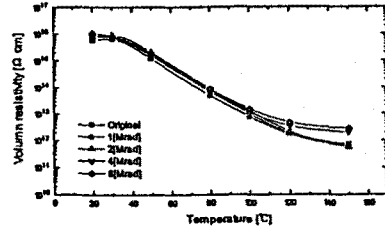


Fig. 9 Volumn resistivity at the applying voltage 1000[V]

저전압(250(V)이하), 저온(40(°C)이하)영역에서는 체적고유저항이 증가되나 전압이 높아지면 증가폭이 둔화되는데, 이것은 본시료의 경우 고온에서 사용되는 시료이므로 측정온도가 낮아서 전기전도에 기여하는 캐리어중 전자선 조사로 생긴 CO₂기 등이 저온에서는 활성화 되지 못하기 때문이고, 전기전도 현상에서 온도가 높아지면 이온 전도의 경우 sinh 함수로 되기 때문에 전도 특성은 지수함수적으로 감소되는 것으로 사료된다.

5. 결 론

전력용 반도체 물성치용인 고온 지령장 예측시 수지를 시료로 선택하여 전자선 조사에 따른 전기적 특성을 조사하기 위한 물성 실험의 결과는 XRD로부터 $2\theta=23\sim 24$ (°)범위에서 새로운 피크를 관찰할 수 있는데, 이 새로운 피크는 전자선 조사에 의해 시료의 가교나 분해로 약간의 결정성을 갖기 때문으로 사료된다.

또한, 전기적 특성을 연구하기 위한 체적고유저항의 측정 결과로부터 저온-저전압 영역에서 체적고유저항은 증가되지만, 온도가 높아지면 전자선 조사에 따른 이온이나 radical 등의 전기전도 기여로 지수함수적으로 감소됨을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. G.P.Schmidt and J.P.Wiley, "A Statistical Model for Viscosity Changes During Epoxy Resin Cure", Proceedings of ANTEC'84, Society of plastics Engineering, p270~273, 1984
2. D.D. Day, "Thermoset Process Cure Control for Utilizing Microdielectric Feedback", SAMPLE series, Vol33, Society for the advancement of Materil and Process Engineering, p594~602, 1988
3. 坂本良憲, "實務者のための 電子線加工", 高分子刊行會, 京都, 1989
4. K.Kojima et al, "Radiat. Phys. Chem.", 18, P861, 1981
5. 高分子學會一編, "高分子 新素材 便覽", 九善株式會社, JAPAN, p601~603, 1989