

## 실리콘 젤의 전압-전류 특성

### V-I Properties of Silicone Gel

송병기, 최성오, 신종열, 이태훈, 홍 진웅

Byung-gi Song, Sung-Ho Choi, Jong-Yeol Shin, Tae-Hoon Lee, Jin-Woong Hong

광운대학교 전기공학과

Dept. of Electrical Engineering, Kwangwoon University

**Abstract**-In order to investigate the electrical characteristics due to the curing condition of silicone gel for Power Semiconductor, the V-I characteristics is studied.

For experiment, We have made up several samples of different curing temperature and time such as 1[H], 2[H] at 125[°C], 150[°C], 160[°C], 170[°C].

As a result of the V-I characteristics, it is confirmed that the properties of specimen cured at 170[°C], 2[H] is stable.

## 1. 서 론

전력용 반도체의 몰딩재료로 쓰이는 에폭시는 반도체의 스위칭 작용으로 인한 열주기(thermer cycle)의 변화에 의해 구리전극과 몰딩재료사이에서 발생하고 이로 인해 전력용 반도체의 수명 및 절연이 급격히 감소하는 현상이 발생하고 있다. 이러한 전력용 반도체의 열주기로 발생하는 수축 팽창을 완충하기 위하여 최근 실리콘 젤이 몰딩재료로써의 사용이 부분적으로 이루어져 왔으며 그 응용범위를 넓혀가고 있는 실정이다. 이 실리콘 젤은 절연성이 양호하고, 열에 강하며, 다른 몰딩재료에 비해 경화시간이 짧고, 간단한 열처리로 경화시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 젤형태이므로 기계적 강도는 약하나 회수품의 재활용이 가능한 장점으로 인해 최근 전력용 반도체 모듈의 몰딩재료로써 실리콘 젤의 사용이 증가하고 있다. 따라서 이에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

## 2. 시료의 제작 및 실험방법

### 2-1. 시료제작

실험에 사용된 시료는 전력용 반도체의 몰딩절연 재료인 F사의 실리콘 젤을 사용하였으며, 액체상태에서 온도를 증가시켜 실험한 결과 상온에서는 액체상태를 유지하나 온도 약 100[°C]에서 1시간이상

가열할 경우 젤형태로 변형되는 특성을 가지고 있다. 따라서 본 실험은 1시간동안 경화한 시료를 기준으로 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 시료는 2시간 진공탈기 과정을 거치고, 오븐내 온도 100[°C], 125[°C], 150[°C], 160[°C], 170[°C], 180[°C]에서 1, 2시간 그리고 온도 150[°C], 160[°C], 170[°C], 180[°C]에서 30분 동안 열처리를 한 것으로 열처리 온도에 따라 각각의 시료를 구분하였다. 또한 열처리된 시료들은 공기중에서 냉각하여 시료를 제작하였다. 1시간동안 열처리한 시료의 구분을 표 1에 나타내었다.

표 1. 시료의 구분

Table 1. The classification of specimen

경화온도	No.	경화시간	No.	경화시간
125[°C]	#1	1[H]	#5	2[H]
150[°C]	#2	1[H]	#6	2[H]
170[°C]	#3	1[H]	#7	2[H]
180[°C]	#4	1[H]	#8	2[H]

### 2-2. 전압-전류 특성실험

변압기유는 진공대시계이터에서 10<sup>2</sup>[Torr]정도

에서 진공탈기 과정을 거친 것을 이용하였으며, 시료의 온도조절을 위해 자동온도 조절장치가 부착된 Ando TO-9B형 오븐을 이용하였다. 실험에 사용된 액체전극의 기하학적 정전용량은 16[pF]이며, 상부전극과 하부전극사이의 간격은 1[mm]이다. 전도전류 측정을 위하여, 100 ~ 1000[V]의 직류전압을 인가할 수 있는 VMG-1000 Highmegohm meter를 사용하였다.

### 3. 실험결과

#### 3-1. V-I 특성

전력반도체용 실리콘 젤의 전기적 특성을 연구하기 위하여 전기전도 특성을 연구하였다.

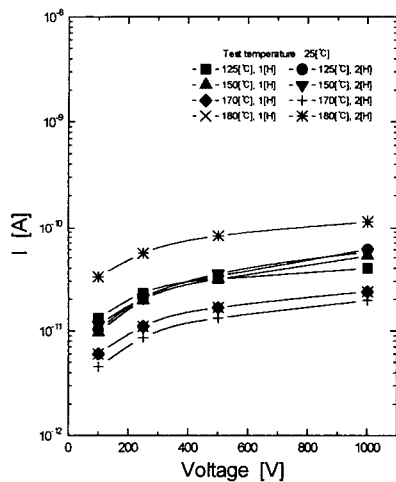


그림 1. 25[°C]에서 경화조건에 따른 시료의 전압-전류특성

Fig. 1. V-I Characteristics of specimen due to the curing condition at 25[°C]

그림 1은 25[°C]에서 경화조건에 따른 실리콘 젤의 전압-전류특성을 나타낸 것이다.

인가전압 300[V]이하인 시료의 경우 인가전압이 높아짐에 따라 전도전류가 증가하는 것을 확인할 수 있는데 이는 인가전압이 높아짐에 따라 전극으로부터 캐리어의 주입이 용이하기 때문이라 생각되며, 400[V]이상인경우는 공간전하제한 전류로 인해 인가전압 증가에 따른 전류증가의 기울기가 감소해 있는 것을 확인할 수 있다.

또한 경화온도 150[°C]이하인 시료의 경우와 170

[°C]이상인 시료의 경우가 전도전류의 값이 다소 차이를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있는데 이것은 150[°C]이상으로 경화할 경우 실리콘 젤에 포함되어 있는 수소실리콘과 비닐실리콘의 가교밀도가 150[°C]이하일 경우보다 급격히 증가하기 때문에 나타나는 전도전류의 차이로 생각된다.

경화조건 170[°C], 2[H]인 시료의 전도전류가 가장 낮은 것을 확인할 수 있는데, 이는 실리콘 젤이 170[°C]을 경화시킬 경우 가교특성이 가장 좋음을 나타내기때문이라 생각되며, 또한 경화온도 170[°C]에서 1시간동안 경화했을 경우도 2시간일 때보다 전도전류가 약간은 증가하지만 양호한 절연성을 나타내고 있다.

경화조건 180[°C], 2[H]인 시료의 경우는 상당히 높은 전도전류값을 나타내고 있는데 이는 과도한 열경화가 실리콘 젤의 분자구조에 영향을 미쳐 나타나는 현상이라 생각된다.

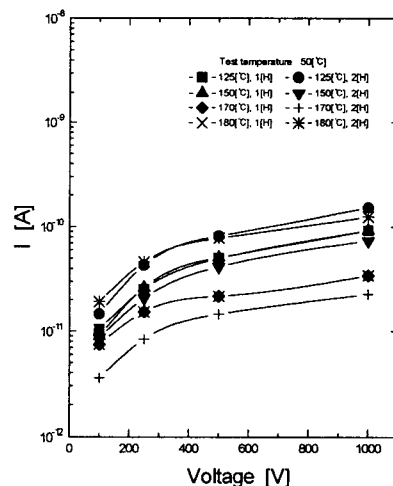


그림 2. 50[°C]에서 경화조건에 따른 시료의 전압-전류특성

Fig. 2. V-I Characteristics of specimen due to the curing condition at 50[°C]

그림 3은 80[°C]에서 경화조건에 따른 실리콘 젤의 전압-전류특성을 나타낸 것이다.

실험온도가 50[°C]로 증가하여도 전도전류가 온도 25[°C]인 경우와 거의 유사한 경향을 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 이것은 열에 강한 실리콘 젤이 낮은 온도에서 거의 영향을 받지 않기 때문이

라 생각된다.

경화온도 150[°C]이하인 시료의 경우 실험온도가 80[°C]로 되면서 전도전류가 상당히 증가하였으나 경화조건 180[°C], 2[H]인 시료를 제외한 170[°C]이상인 시료의 경우 전도전류가 실험온도 25[°C]일 때와 비교해 아주 미약하게 증가한 것을 확인할 수 있다. 이는 경화온도 170[°C]부근이 실리콘 겔을 경화시키는데 가장 적당한 경화온도임을 확인시켜주는 것으로 열적으로나 전기적으로 상당히 안정된 특성을 나타내고 있다. 특히 경화조건 170[°C], 2[H]인 시료의 경우는 가장 우수한 특성을 나타내고 있다.

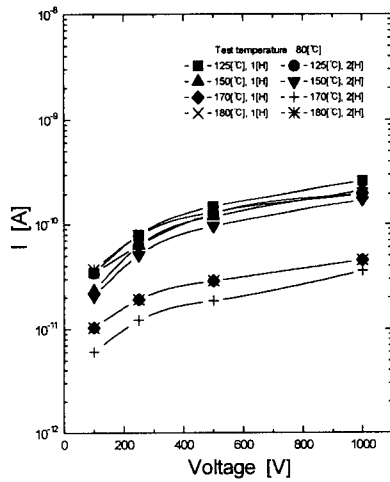


그림 3. 80[°C]에서 경화조건에 따른 시료의 전압-전류특성  
Fig. 3. V-I Characteristics of specimen due to the curing condition at 80[°C]

그림 3은 50[°C]에서 경화조건에 따른 실리콘 겔의 전압-전류특성을 나타낸 것이다.

인가전압 300[V]이상에서 공간전하제한 전류에 의해 인가전압 증가에 따른 전류증가의 기울기가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 실험온도 25[°C]일 경우보다 50[°C]인 경우 전도전류가 다소 증가한 것을 확인할 수 있는데, 이는 온도 증가로 인해 열에너지가 증가하여 도전성 캐리어들이 활성화되었기 때문이라 생각되며, 그림 1과 그림 2에서 나타났던 150[°C]이하인 시료와 170[°C]이상인 시료의 차이가 더 커져 있는 것을 확인할 수 있다. 이것은 실험온도가 증가함에 따라 활성화된 도전성 캐리어들이 미결합된 부분을 통해 빠르게 이동하

기 때문에 나타나는 전도전류의 증가라 생각된다. 하지만 경화조건 170[°C], 2[H]인 시료의 경우는 열적으로 안정된 특성을 나타내고 있다.

그림 4는 120[°C]에서 경화조건에 따른 실리콘 겔의 전압-전류특성을 나타낸 것이다.

이전에 나타난 공간전하제한전류에 의한 전류증가의 기울기 감소가 약 전압 400[V]이상에서 나타났으며, 온도가 120[°C]로 증가하면 열에너지가 급격히 증가하여 캐리어의 활성화되면서 경화온도 150[°C]이하인 시료의 경우 전도전류가 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있다.

하지만 경화온도 170[°C]인 시료의 경우 약간의 전도전류 증가가 나타나지만 대단히 안정된 특성임을 확인할 수 있다. 따라서 실리콘 겔은 150[°C] 이상으로 가열할 경우가 열적으로 안정된 특성을 가짐을 확인할 수 있다.

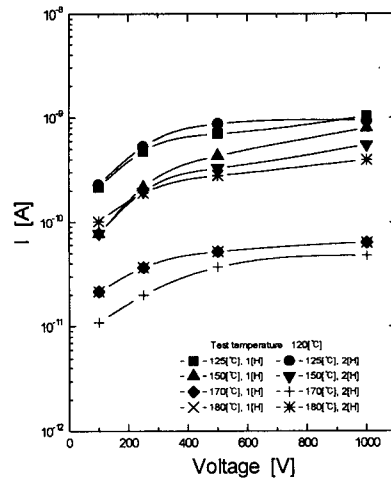


그림 4. 100[°C]에서 경화조건에 따른 시료의 전압-전류특성  
Fig. 4. V-I Characteristics of specimen due to the curing condition at 100[°C]

#### 4. 결론

전력 반도체용 실리콘 겔의 전기적 특성을 연구하기 위하여 전기전도 실험을 실시한 결과

1. 경화온도 150[°C]이하인 시료보다 170[°C]이상인 시료의 경우 전도전류가 상당히 낮게 나타남을 확인할 수 있었다.

2. 경화조건 170[°C], 2[H]인 시료의 경우 열과 인가전압에 대해 안정된 특성을 나타내며 가장 낮은 전도전류값을 유지하고 있음을 확인하였으며, 경화조건 170[°C], 1[H]인 시료와 180[°C], 1 [H]인 시료도 다소 양호한 특성을 나타냄을 확인할 수 있다.

3. 경화조건 180[°C], 2[H]인 경우 과도한 열경화가 실리콘 겔의 분자구조에 영향을 미치면서 전도전류가 높게 나타나는 것을 확인하였다.

#### [참고문헌]

1. Takahiko Maeda et al., " Creepage Breakdown characteristics of Printed Wireing Board in Silicon Gel", CEIDP'96, pp 734-737(1996)
2. Deborah D. L. Chung, "Materials for Electronic Packaging", Butterworth-Heineman(1995)
3. 東芝シリコン : "Silicon and their uses", pp. 72-93(1989)
4. R.T.Conley : "Infra-red Spectroscopy", Allyn & Bacon, Boston(1966)
5. J. Mort and G. Pfister : "Eletronic Properties of Polymer", John Wiley and Son, New York, pp. 59-96(1982)