

고전압용 실리콘고무의 전기적 특성

The Electrical Properties of High Voltage Silicone Rubber

김성필, 송정우, 이종필, 이수원*, 김왕곤**, 홍진웅

Sung-Pil Kim, Jung-Woo Song, Jong-Pil Lee, Soo-Won Lee*, Wang-Gon Kim**, Jin-Woong Hong

Abstract

Silicone rubbers are first silicone polymers and has named silicone from existence of Si-O bond similar to Keton. Silicon in organic compound has been called silicone, and linear or network polymers. Silicone rubbers have been used as an power insulator because they are well weather proof, ozone proof and have excellent electric characteristics, thermal stability, cold resistance and low surface energy. Especially, it is known that they have very excellent characteristics at 200[°C]. For this study, we made silicone rubbers as specimens and we measured dielectric loss tangent due to applied voltage at temperature range 25[°C] to 180[°C] and frequency range 20[Hz] to 1×10^6 [Hz] to examine dielectric properties. We measured dielectric loss tangent to study the insulation performance of silicone rubbers.

1. 서론

실리콘 고무는 최초의 유기실리콘 화합물로 케톤과 비슷한 규소-산소 결합을 갖는 화합물이 존재함을 확인하여 실리콘이라 이름 붙였다.^[1] 유기 실리콘 화합물을 실리콘이라고 하며, 선상 및 환상 고분자이다. 또한, 실리콘 고무는 우수한 전기적 특성 외에도 내후성, 내오존성, 내열성, 내한성 및 표면에너지가 낮아 발수성이 뛰어나 송전용 애자로 사용되고 있다. 특히 200[°C]의 고온에서도 다른 고무 재료에 비해 그 성질이 대단히 우수한 것으로 알려져 있다.^{[2]-[6]} 실리콘 고무는 전기, 전자 산업에서는 주로 절연재료로서 사용되고 있으며, 자동차산업 및 의료·생활용품·전선로의 실리콘 애자 등에도 다양하게 사용되고 있다. 실리콘 고무는 이처럼 다양한 특

성을 가지고 있음에도 국내에서는 이 분야의 연구가 아직까지도 초보적인 단계에 머물러 있어, 이에 대한 연구가 보다 더 요망되고 있다.

본 논문에서는 실리콘 고무를 시편으로 제작하여 유전특성을 고찰하기 위하여 주파수 범위 20[Hz]에서 1[MHz]와 온도 범위 25[°C]~180[°C]에서 인가전압에 따른 유전정점을 측정하였다.

또한, 물성분석을 조사하여 전기적 특성에 미치는 영향을 알아본다.

2. 시료제작 및 실험

2.1 시료제작

본 실험에서는 RTV 방법이 아닌 HTV 방법을 이용하여 시편을 제조하였다. 즉 폴리디메틸실록산을 고중합한 생고무를 주원료로하여 보강성 충전제와 가황제인 2,5-dimethyl 2,5-di(t-butylperoxy)hexane을 1.0phr(Parts per hundred resin)로 첨가 배합한 D사의 고전압용 절연재료로 쓰이고 있는 실리콘 컴파운드를 핫-프레스를 이용 압력 50~60[t] (200~

Dept. of Electric Eng, Kwangwoon University
E-mail : ealab@daisy.gwu.ac.kr
*:Dept, of Electric control Eng, Korea National Railroad College
**:Dept, of Electric Eng, Seoul National Polytechnic University

235[kg/cm²], 축 반경: 9[cm])으로 170[°C]에서 10분간 압축 성형한 시편을 제조하였다.

표 1. 시료의 대표적 특성

시험방식	특 성	단 위	결 과
DIN 53479	비 중		1.62
DIN 53505	경 도	Shore A	75
DIN 53504	신장강도	MPa	4.2
DIN 53504	인장강도	%	170
ASTM D 624 B	인열강도	kN/m	13

2.2 유전특성 실험

실험에 사용된 측정장치의 개략도는 그림 1과 같으며, 유전정점 측정장치(HEWLETT PACKARD Co. LCR METER 4284A)와 온도조절 장치를 내장한 오븐(ANDO Co. TO-9B)를 이용하였다.

오븐의 온도조절 범위는 -100[°C]에서 200[°C]까지 일정한 온도를 유지 (100[°C]이하 ±1[°C], 100[°C] 초과 ±2[°C]) 할 수 있는 것을 이용하여 측정온도 범위 25[°C]~180[°C], 주파수 범위 20[Hz]~1[MHz], 인가전압 1[V], 5[V], 10[V], 15[V], 20[V]에서 유전 특성을 실험하였다

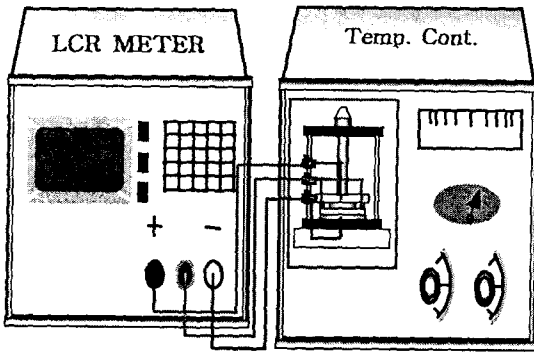


그림 1. 유전특성의 실험장치 구성도

유전특성을 실험하기 위한 전극구성은 그림 2와 같이 상부전극으로 주전극 38[mmΦ]과 가드링 전극(내경 40[mmΦ], 외경 70[mmΦ])과 하부전극 70[mmΦ]으로 구성되어 있다.

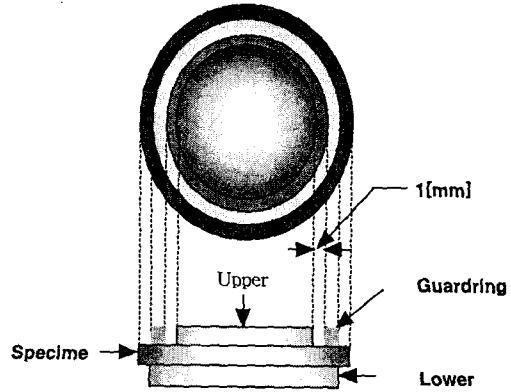


그림 2. 전극 구성

3. 결과 및 고찰

3.1 물성 분석

실리콘 고분자는 다른 유기고분자와 마찬가지로 공유결합을 하고 있는데 각 관능기는 스펙트럼 중 적외선 영역에서 흡수를 일으키게 된다.^{[6],[7]}

모든 실리콘 고분자는 파수 1000~1200[cm⁻¹]영역에서 Si-O-Si 신장진동(Stretching vibrations)에 의한 강한 흡수를, 파수 2900[cm⁻¹]에서 C-H₃의 신장에 의한 흡수를, 파수 1250~1270[cm⁻¹]에서 날카로운 밴드는 대칭성 C-H₃의 결합에 의한 흡수, 파수 874~740[cm⁻¹]에서 C-H₃의 흔들림(rocking)에 의한 IR 흡수가 나타난다고 보고되어 있다.

따라서, 그림 3은 시료의 적외선 분광으로 파수 2905[cm⁻¹]와 2963[cm⁻¹]에서 나타난 피크는 Si-O-Si 신축진동의 기여로 나타나고, 파수 1128[cm⁻¹] 및 1259[cm⁻¹]에서 CH₃의 대칭구조에 의한 기여로 피크가 나타나고 파수 827[cm⁻¹] 및

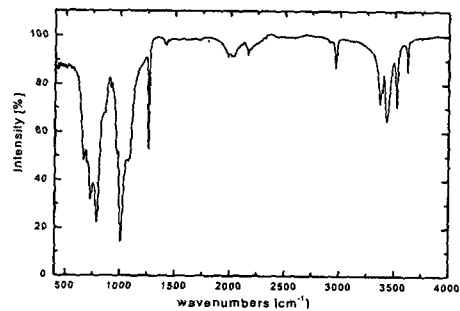


그림 3. 시료의 적외선 분광

914[cm⁻¹]에서는 C-H₃의 흔들림(rocking)에 의한 기여로 피크가 나타나는 것으로 생각된다. 또한, 파

수 $3619[\text{cm}^{-1}]$ 과 $3391[\text{cm}^{-1}]$ 에서는 첨가제 등에 의한 피크로 사료된다.

3.2 유전특성

본 연구에서는 시편으로 제작된 실리콘 고무의 물성 구조 변화가 전기전도 기구에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 주파수 범위 $20[\text{Hz}] \sim 1[\text{MHz}]$ 와 온도 범위 $25[^\circ\text{C}] \sim 180[^\circ\text{C}]$ 에서 인가전압에 따른 유전정점의 주파수 특성을 실험하였다.

그림 4에서 그림 8까지는 유전정점의 주파수 의존 특성을 나타낸 그림들이다. 그림 4, 5, 6, 7, 8은 인가전압 $1[\text{V}]$, $5[\text{V}]$, $10[\text{V}]$, $15[\text{V}]$, $20[\text{V}]$ 일 때 온도에 따른 유전정점의 주파수 의존성을 나타낸 것이다.

그림에서 확인할 수 있듯이 주파수가 증가하면 유전정점은 감소하는데, 저온에서는 서서히 감소하지만, 온도가 높아지면 감소의 기울기가 약간 급하게 되는 것을 확인할 수 있다. 그림에서 알 수 있듯이 저주

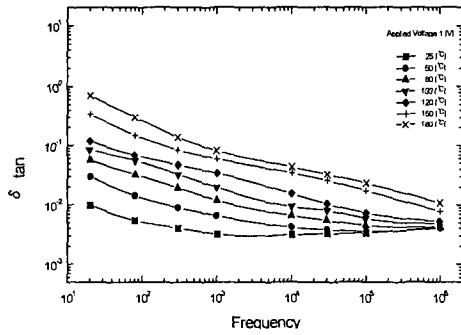


그림 4. 유전정점의 주파수 의존성 (1[V])

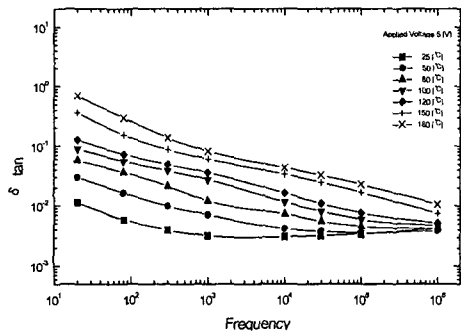


그림 5. 유전정점의 주파수 의존성 (5[V])

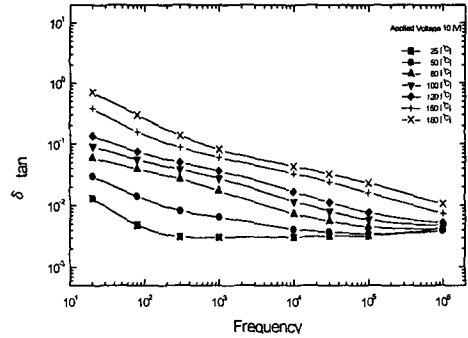


그림 6. 유전정점의 주파수 의존성 (10[V])

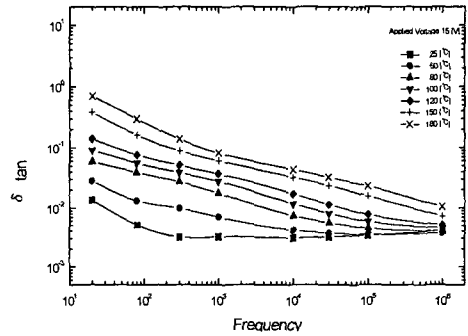


그림 7. 유전정점의 주파수 의존성 (15[V])

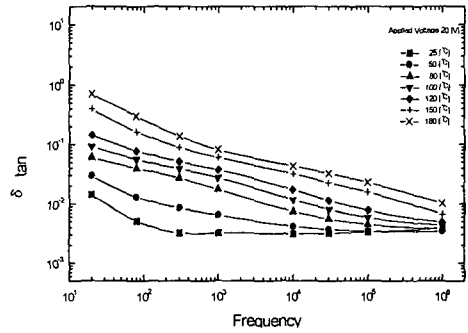


그림 8. 유전정점의 주파수 의존성 (20[V])

파 영역에서 유전정점의 크기는 온도가 높아지면 수십배 커지는데 이것은 절연성이 우수한 실리콘 고무라도 측정온도의 증가로 캐리어들이 전기 전도에 기여하여 절연성이 낮아지고 쌍극자등이 손실에 기여

하고 증가하게 되지만, 측정주파수가 1[MHz]로 높아지면 실리콘 고무의 안정한 특성으로 유전정점이 열에너지의 영향을 크게 받지 않고 있음을 확인할 수 있다.

4. 결론

고전압용 실리콘 고무의 전기 절연성을 조사하기 위하여 물성분석과 유전특성 실험 대하여 연구한 결과 시료의 적외선 분광으로 파수 2905[cm⁻¹]와 2963[cm⁻¹]에서 나타난 피크는 Si-O-Si 신축진동의 기여로 나타나고, 파수1128[cm⁻¹] 및 1259[cm⁻¹]에서 CH₃의 대칭구조에 의한 기여로 피크가 나타나며, 파수 827[cm⁻¹] 및 914[cm⁻¹]에서는 C-H₃의 흔들림(rocking)에 의한 기여로 피크가 나타나는 것으로 생각된다. 또한, 파수 3619[cm⁻¹]과 3391[cm⁻¹]에서는 첨가제 등에 의한 피크로 사료되며, 유전특성의 실험에서는 저주파 영역에서 유전정점의 크기는 온도가 높아지면 커지는데 이것은 절연성이 우수한 실리콘 고무라도 측정온도의 증가로 캐리어들이 전기 전도에 기여하여 절연성이 낮아지고 쌍극자등이 손실에 기여하고 증가하게 되지만, 측정주파수가 1[MHz]로 높아지면 실리콘 고무의 안정한 특성으로 유전정점이 열에너지의 영향을 크게 받지 않기 때문이다. 따라서 유전정점의 크기는 주파수가 증가할수록 감소하고, 저온영역에서는 주파수 변화에 대해 안정함을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] S. Kobayashi and Yahagi, "Thermally stimulated current in elongated low density polyethylene film", J.J. Appl. Phys., Vol.18, pp.261 (1979)
- [2] M.B. Armand, J.M. Chabagno, M.J. Duclot, "Fast ion transport in solids", Elsevier North Holland, pp.131(1979).
- [3] R.L. Green and G.B. Street, "in chemistry and physics of one-dimensional Metals", H.J. Keller, Ed., Plenum, New York, pp.167(1977).
- [4] Y. Wada, R. Hayakawa, "Pyroelectricity of polymers", J.J. Appl. Phys., Vol.15, pp.2041(1976)
- [5] John E. Jacobs and Acoot A. Remily, "Optimized PVF₂ targets for infrared vidicon

camera tubes", Infrared physic, Vol.19, pp.1(1979).

- [6] Lombardi, G., Expolosives, "For better thermal anaysis." Institute mineralogia petrografia, Rome (1977).

- [7] R. Chen, and Y.Kirsh, "Analysis of thermal anlysis", Vol.2 (1972).