

방사선이 폴리프로필렌의 결정구조에 미치는 영향과 유전특성

The effects on the crystal structure of Polypropylene exposed Radiation and its dielectric properties

*강전홍, 김한준, 유광민, 박강식, 김종석, 한상옥
(J.H.Kang, H.J.Kim, K.M.Yu, K.S.Park, J.S.Kim, S.O.Han)

Abstract

The Polypropylene films which are made by refinement of its pellet and formed as crystals are exposed to Radiation. As the results, degradation effects were observed in non-crystalline regions. It is thus considered that the effects occur by destroying of lattice binding force by Radiation. The distribution of degradation was increased with irradiation quantities of Radiation and dielectric constant of Polypropylene sheets irradiated Radiation was rapidly increased from above 10 MHz.

Key words: Polypropylene film, crystal structure, Radiation, degradation

1. 서론

폴리에틸렌이 전기적, 물리적 특성 등이 우수하여 절연 케이블 등 전기 절연재료로 가장 많이 사용되고 있음은 널리 알려진 사실이다. 특히, 고전압 대용량이 요구되는 장소에서 사용되는 절연재료는 내열 특성, 절연성능 등을 심각하게 고려해야만 한다. 오늘날 보다 더 우수한 절연재료가 요구되는 시점에서 차세대 고분자 절연재료로서의 가능성을 보이고 있는 폴리프로필렌은 폴리에틸렌에 비해 내열특성이 우수하여 많은 연구자들에 의해 꾸준한 연구가 진행되고 있으나, 이러한 고분자 재료들은 방사선에 취약한 단점을 갖고있는 것으로 알려져 있다^{[1][2]}. 특히,

방사선 장내에서 사용되어지는 고분자 재료들은 내방사선성이 기본적으로 요구되나 방사선에 의한 절연 메카니즘 등 전기적 특성에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구는 폴리프로필렌 펠렛을 박막화하여 결정을 형성시키고, 가열 압축 방법으로 sheet를 만들어 방사선을 조사시킨 후 방사선이 결정구조에 미치는 영향과 주파수 범위에 따른 유전특성을 평가하였다.

2. 시편제작 및 실험방법

2.1 시편제작

본 실험에 사용한 시료는 밀도 0.90 g/cm³, 용융지수 8.0인 아이소택틱 폴리프로필렌의 펠렛을 제조회사로부터 구하여 실험하였다. 일반적으로 펠렛 상태의 시료는 각종 첨가제나 촉매 잔류물 등이 혼합되어

* 한국표준과학연구원 전기그룹
(대전시 유성구 유성유체국 사서함 102호
Fax: 042-868-5018
E-mail : jhkang@kriss.re.kr)

후 실험하였다. 정제 방법은 폴리프로필렌의 펠렛 1 g과 용매(Kocosol-100) 100 ml를 비이커에 넣고, 열 교반기를 사용하여 약 170 °C 정도로 충분히 가열하여 용해시킨 후 그 용액을 진공펌프 및 플라스크 등으로 구성된 정제시스템을 이용하여 정제하였으며, 정제에 사용한 유리필터는 10~15 µm급을 사용하였다. 정제된 시료는 밀가루처럼 하얀 분말로서 얻어졌으며, 박막을 작성하기 위하여 정제된 시료를 1.0 Wt%의 용액으로 만들고 열 교반기로 충분히 가열, 용해시킨 다음 스포이드로 유리기판 위에 적하하여 박막을 만들었다. 또한, 박막에 먼지 등 불순물에 의한 영향을 줄이기 위하여 데시케이터 안에 넣고 용매가 자연 휘발 되도록 하여 건조시켰다. 충분히 건조된 폴리프로필렌 박막의 결정을 형성시키기 위하여 시편을 유리판 안에 넣고, 진공펌프를 사용하여 10^{-3} Torr로 진공화 한 후 밀봉하여 PID 제어가 가능한 전기로에 넣고 상온에서부터 180 °C까지 30분 동안 상승시키고, 20분 동안 유지시킨 후 상온으로 내리는 방법으로 열처리하여 결정을 형성시켰다^[3]. 시편을 진공화하여 열처리하는 이유는 열처리 중에 시료의 산화방지를 위해 일반적으로 진공상태나 질소가스 분위기에서 열처리하여야 결정을 형성시킬 수 있다. 또한, 주파수에 의한 유전상수를 측정하기 위하여 순수한 폴리프로필렌 펠렛을 가열 압축 방법으로 0.5 mm두께의 sheet를 만들었으며, 그림 1에 나타냈다.

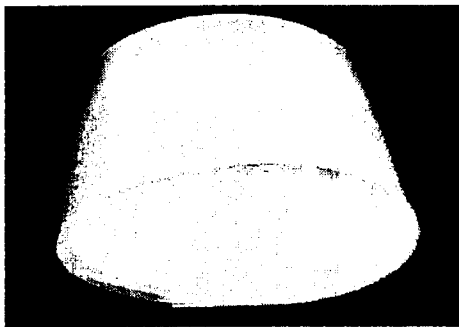


그림 1. 폴리프로필렌 sheet

2.2 실험방법

정제된 폴리프로필렌 시료와 열처리에 의하여 결정이 형성된 폴리프로필렌 박막의 결정구조 관측은 SEM과 광학현미경을 사용하였으며, 방사선에 의한 결정구조에 미치는 영향과 유전특성을 고찰하기 위하여 폴리프로필렌 박막과 sheet에 Co^{60} γ -ray 선원을 실은, 대기 중에서 10, 20, 30, 40, 50 kGy의 방사

선을 각각 조사시켰다. 또한, 유전특성 평가는 ASTM D257규격에 의하여 전극을 그림 2와 같이 구성하였고, 전극 재료는 은분을 사용하였으며, 전극 형성은 마스크 인쇄 방법으로 하였다.

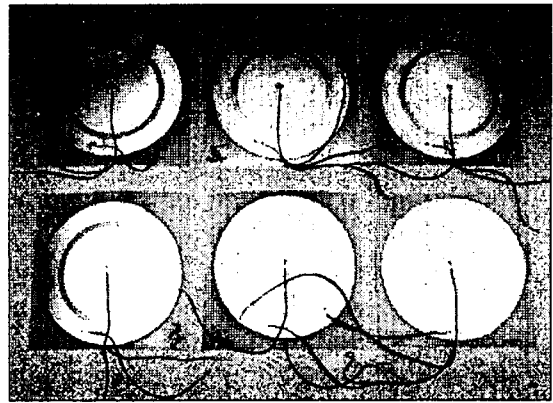


그림 2. 유전특성 평가의 전극 구성

3. 실험결과 및 고찰

정제한 폴리프로필렌의 시료 상태는 정제과정에서 저 분자량 효과를 제거한 상태로서 순수한 고 분자량만을 추출하여 실험에 사용하였으며, 정제된 시료를 그림 3에 나타냈다. 또한 열처리한 폴리프로필렌 박막의 결정구조를 그림 4에 나타냈으며, 결정의 형태는 분자간의 결합력이 규칙적으로 치밀하게 이루어지는 결정 영역과 이에 비해 분자간의 결합력이 불규칙적으로 이루어지는 비결정 영역으로 뚜렷이 구분되어 결정이 형성되는 것으로 관측하였다^[4].

또한, 방사선이 결정구조에 미치는 영향은 주로 비 결정 영역에서 결합으로 작용하여 열화현상이 발생하는 것으로 관측되었으며, 열화분포를 그림 5에 나타냈다. 이러한 열화현상은 방사선이 결정과 비결정 영역에서 격자간의 연결고리를 파괴하는 것으로 판단되며, 방사선의 조사량이 10 kGy일 때는 결정구조의 경계면에서 적은 분포로 열화현상이 발생하였으나, 50 kGy일 때는 급격한 증가를 보여 결국 절연 특성에 나쁜 영향을 미칠 것으로 판단된다. 또한, 유전상수는 주파수 10 MHz이상의 주파수 영역에서 급격히 증가하는 것으로 나타났으며, 방사선이 조사된 시료의 유전상수는 방사선이 조사되지 않은 시료에 비해 낮은 값을 갖는 것으로 나타났으며, 그림 6에 그 결과를 나타냈다.

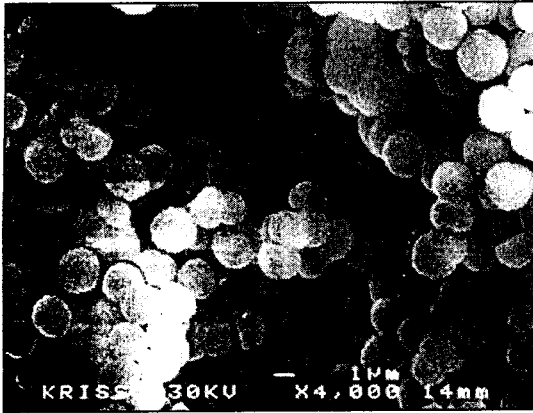


그림 3. 정제된 폴리프로필렌 시료

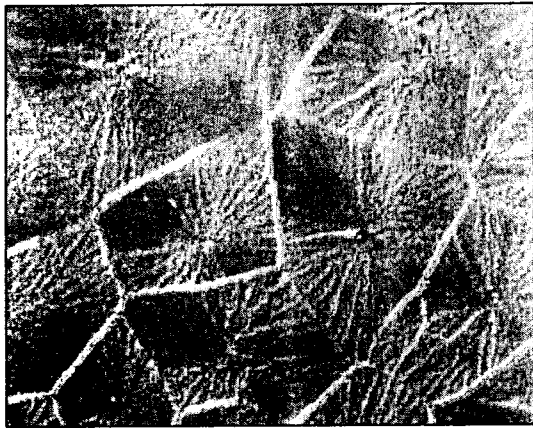


그림 4. 열처리된 폴리프로필렌의 결정구조

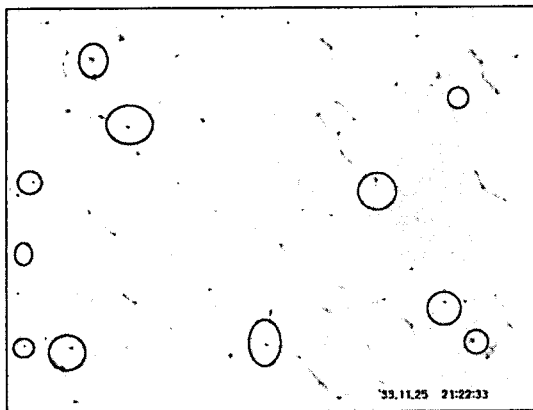


그림 6. 폴리프로필렌의 열화상태

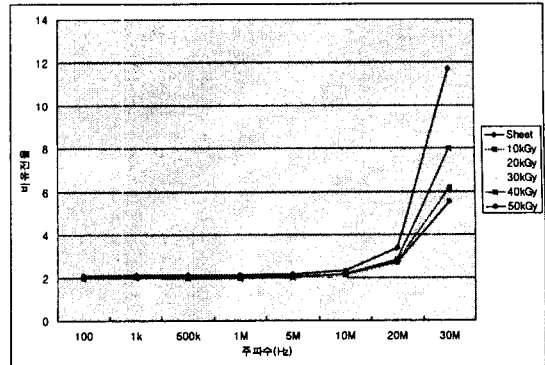


그림 6. 유전특성 평가 결과

4. 결 론

방사선이 폴리프로필렌의 결정구조에 미치는 영향과 유전특성을 고찰하기 위하여 결정이 형성된 폴리프로필렌 박막과 sheet에 방사선을 각각 조사시킨 후 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 방사선이 폴리프로필렌 박막의 결정구조에 미치는 영향은 결정의 비결정 영역에서 열화현상이 발생하였으며, 이것은 방사선이 결정 격자간의 연결고리를 파괴하는 것으로 추정된다. 따라서 방사선에 의한 열화현상은 전기 절연특성에 중대한 영향을 미칠 것으로 판단된다.
2. 방사선에 의한 결정구조상의 열화분포는 방사선량에 따라서 비례적으로 증가하는 것으로 나타났다.
3. 방사선이 유전특성에 미치는 영향은 10 MHz 이상의 주파수 범위에서 유전상수가 급격히 증가하는 것으로 나타났으며, 방사선이 조사되지 않은 시료 보다 조사된 시료의 유전상수가 낮게 나타났다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이청 외 “저밀도 폴리에틸렌의 방사선 조사에 따른 전기특성변화”, 대한전기학회 논문집, 제 D 권, p.p 1992-1994, 1999
- [2] 吉野勝美, 加藤寛, “새로운 고분자 절연재료의 폴리프로필렌과 응용” 日本電氣學會誌, 제116 권 11호, p.p.745-748, 1996.
- [3] 강전홍의, “폴리프로필렌의 결정구조와 절연파괴 특성에 관한 연구”, 대한전기학회 논문집, 제D권 전기 재료, p.p 1428-1431, 1998. 7.
- [4] 장영조, “방사선이 폴리프로필렌의 결정구조에 미치는 영향”, 대전산업대학교 석사학위논문, 2000.8