

방사선이 LDPE박막의 결정구조에 미치는 영향

The Effects on the Crystal Structure of LDPE thin film exposed Radiation

*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

LDPE pelet is distilled to make 0.5 Wt% solutions and fabricated as LDPE thin film by dropping the solution onto glass substrate, and then annealed the film to be crystalline. The structure is observed as crystalline regions and non-crystalline regions. The crystalline region is exposed at radiation and as the result, there appeared degradation at the total region of the crystal structure. It is considered therefore that radiation exposure at the crystal structure is badly effected on insulation property and lifetime of materials.

Key Words: crystal structure, thin film

1. 서 론

산업의 급속한 발전으로 전력수요의 증가에 따른 전력계통 및 전력기기의 고전압 대용량화에 따라 절연재료의 성능향상은 물론 높은 신뢰도가 요구되고 있다. 현재 전기 절연재료로 가장 많이 사용되고 있는 유기재료인 폴리에틸렌은 전기적, 물리적 특성 등이 우수하여 절연 케이블 등에 폭넓게 사용되고 있다. 그러나, 이러한 유기재료들은 방사선에 대하여 취약한 단점을 갖고 있어 이로 인한 기기의 오동작이나 절연성능을 저하시켜 심각한 문제를 초래할 수 있다^[1]. 특히, 폴리에틸렌에 대한 절연파괴특성 등 절연 메카니즘에 대한 연구는 이미 진행되어 보고되고 있으나, 방사선이 유기절연재료에 미치는 영향에 대한 연구는 극히 미흡한 실정이다. 또한, 방사선 장 내에서 사용되어지는 재료들은 내방사선성을 필수적으로 가져야 하나 방사선에 의한 절연 메카니즘 등 전기적 특성에 대한 연구보고는 아직 이루어지지 않

고 있다. 따라서, 본 연구는 저밀도 폴리에틸렌 펠렛을 정제하여 2차원 구조의 박막을 만들고 열처리하여 결정을 형성시켰다. 결정이 형성된 LDPE박막에 방사선을 조사시켜 방사선이 결정에 미치는 영향에 대하여 고찰하였으며, 결정구조는 광학현미경을 사용하여 관찰하였다^[2].

2. 시편제작 및 실험방법

2.1 시편제작

본 실험에 사용한 시료는 밀도 0.935 g/cm³, 용융지수 1.4인 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)의 펠렛을 제조회사로부터 구하여 실험하였다.

일반적으로 펠렛 상태의 시료는 각종 첨가제나 촉매 잔류물 등이 혼합되어 있어 순수한 재료 자체의 특성을 보기에는 어렵다. 따라서, 불순물 등에 의한 저 분자량 효과를 최소한으로 줄이기 위하여 정제시스템을 구성하고 2회 정제하여 사용하였다.

정제 방법은 LDPE의 펠렛 1 g과 용매(Xylene, Boiling point, 138 ~ 141 °C) 100 ml를 비이커에 넣고, 교반기를 사용하여 약 140 °C로 충분히 가열하

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

여 용해시킨 후 그 용액을 플라스크, 진공펌프, 유리필터 등으로 구성된 정제시스템의 유리필터 안에 넣고 진공펌프로 강제 여과하여 정제하였으며, 정제시스템을 그림 1에 나타냈다.

정제에 사용한 유리필터는 10~15 μm 급을 사용하였으며, 정제하는 동안 유리필터 내부의 용액이 응고되지 않도록 유리필터 외부에 열선을 감아 내부의 온도가 약 110 $^{\circ}\text{C}$ 를 유지하도록 슬라이다스를 조절하여 온도를 유지 시켰다.

정제된 시료는 밀가루처럼 하얀 분말로서 얻어졌으며, 그림 2에 나타냈다.

그리고, 박막을 만들기 위하여 정제된 LDPE를 0.5 Wt%의 붉은 용액으로 만들고, 그 용액을 교반기로 충분히 가열, 용해시킨 다음 스포이드를 사용하여 용액을 유리기판 위에 떨어뜨려 박막을 형성시켰다^[3]. 그런 다음 시편에 먼지 등의 불순물이 달라붙지 않도록 하기 위하여 데시케이터 안에 넣고, 박막에 혼합되어 있는 용매가 휘발되도록 진공펌프를 사용하여 건조시켰다.

건조된 LDPE의 결정을 형성시키기 위하여 시편을 유리튜브 안에 넣고, 진공펌프를 사용하여 10^{-3} Torr로 진공화 한 후 밀봉하여 PID 제어로 작동하는 전기로에 넣고 열처리하였으며, 열처리용 유리튜브를 그림 3에 나타냈다.

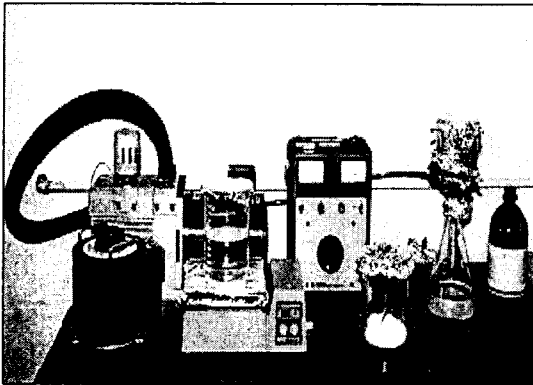


그림 1. 정제 시스템



그림 2. 정제된 LDPE

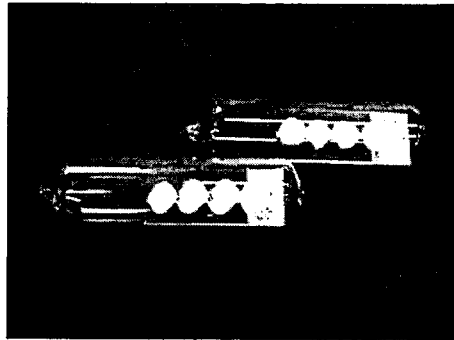


그림 3. 열처리용 유리튜브

2.2 박막의 열처리 방법

본 실험에서 결정을 형성시키기 위한 LDPE박막의 열처리 방법은 열처리 중에 박막의 산화방지를 위하여 시편을 상기 그림 2에서 보는 바와 같이 유리튜브 안에 넣고 10^{-3} Torr로 진공화하여 열처리하였다.

열처리 조건은 상온에서 140 $^{\circ}\text{C}$ 까지 30분 동안 상승시키고, 20분 동안 유지한 후 5시간 동안 서서히 냉각시킨 서냉 방법과 140 $^{\circ}\text{C}$ 에서 20분 동안 유지한 후 1분 동안 냉각시킨 급냉 방법으로 하여 결정을 형성시켰으며, 열처리 조건에 따른 결정의 크기에 대하여 고찰하였다^[4].

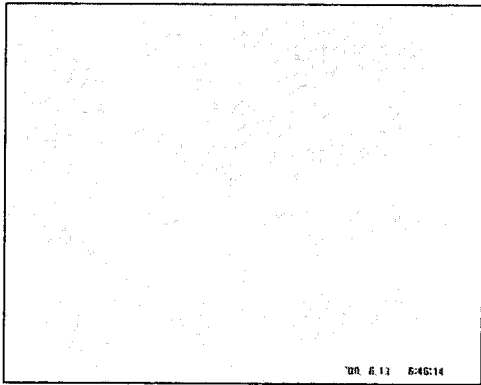
또한, 유리기판 위에 결정이 형성된 5개의 Sample에 Co^{60} γ -ray 선원을 실은, 대기 중에서 10, 20, 30, 40, 50 kGy세기의 방사선을 조사시켜 방사선이 폴리에틸렌 결정구조에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 고찰하였으며, 결정구조의 관측은 광학현미경을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 LDPE박막의 결정구조

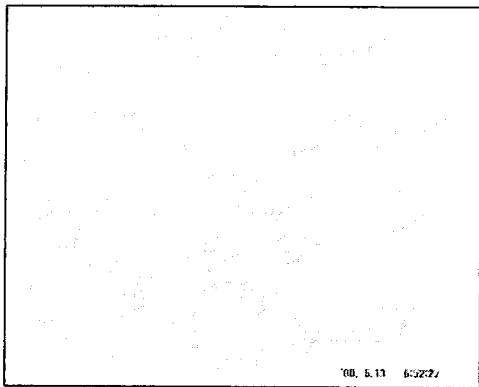
열처리한 LDPE의 결정구조는 결정영역과 비결정 영역으로 나타났으며, 열처리 조건에 따라서 결정의 크기가 달라짐을 알 수 있었다.

결정의 크기는 급속히 냉각 시켰을 때의 크기가 서서히 냉각 시켰을 때 보다 훨씬 작게 관측되었으며, 그림 4, 5에 나타냈다.



(x 500)

그림 4. 급속히 냉각시킨 시료



(x 500)

그림 5. 서서히 냉각시킨 시료

3.2 방사선이 결정구조에 미치는 영향

방사선이 조사된 결정은 결정구조의 전 부분에서 열화현상으로 판단되는 기포가 관측되었으며, 이것은 방사선에 의한 결함요소로 생각할 수 있다. 관측 결과 방사선의 조사량이 10 kGy였을 때는 열화공의 분포는 미세한 크기로 적게 나타났으며, 방사선량이 증가할수록 열화공의 수는 비례적으로 증가하고 열

화공의 크기도 점점 크게 나타났다. 방사선을 50 kGy로 조사시켰을 경우에는 열화공의 크기와 분포가 훨씬 많이 나타났으며, 열화공의 분포를 그림 6, 7, 8에 나타냈다. 또한, 방사선이 결정에 미치는 영향은 LDPE의 전기적, 물리적 특성을 나쁘게 하여 수명저하는 물론 절연성에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

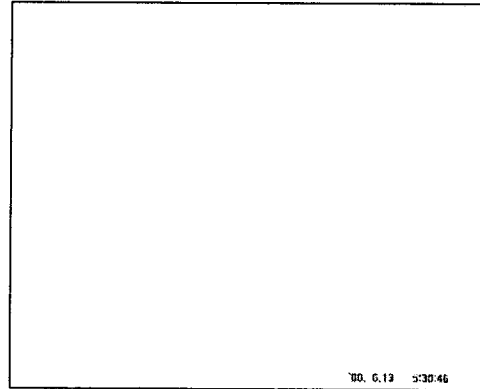


그림 6. 10 kGy일 때의 열화분포

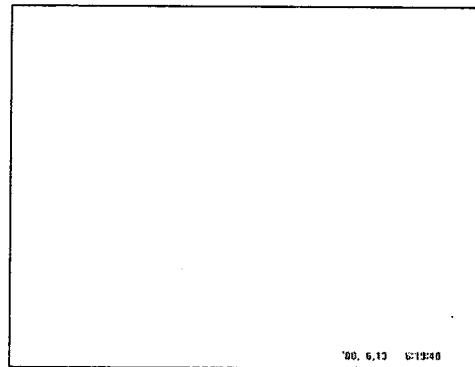


그림 7. 30 kGy일 때의 열화분포

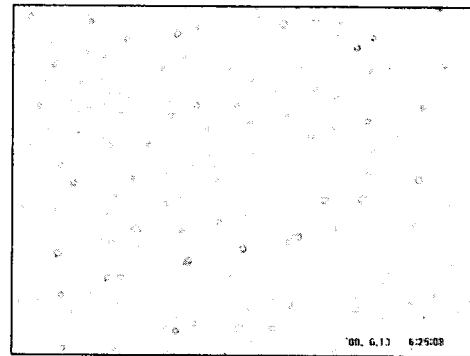


그림 8. 50 kGy일 때의 열화분포

3. 결 론

전기절연재료로 많이 사용하고 있는 LDPE의 결정 구조를 고찰하고자 펠렛을 정제하여 박막을 만든 후 열처리하여 결정을 형성시켰다. 또한, 결정이 형성된 박막에 방사선을 조사시키고 방사선이 결정에 미치는 영향을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 결정의 성장은 핵을 중심으로 방사상 형태로 성장하였으며, 결정영역과 비결정영역으로 관측되었다.
2. 열처리 조건에 따른 결정의 크기는 서서히 냉각시킨 조건일 때의 결정의 크기가 급속히 냉각시켰을 때 보다 10배 이상 크게 관측되었다.
3. 결정이 형성된 박막에 방사선을 10 kGy로 조사시켰을 일 때의 열화공의 분포는 미세한 크기로 적게 나타났으나, 방사선 조사량의 증가에 따라서 열화공의 분포는 비례적으로 증가하였다.
4. 방사선이 결정에 미치는 영향은 LDPE 결정에 열화를 일으켜 수명저하는 물론 전기적 특성에 나쁜 영향을 줄 것으로 추정된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이창 외, “저밀도 폴리에틸렌의 방사선 조사에 따른 전기특성변화”, *대한전기학회논문집*, 제D권, p.p 1992-1994, 1999
- [2] 김석기, “고밀도 폴리에틸렌 박막의 절연파괴특성 연구”, *충남대학교석사학위논문*, 1995. 4.
- [3] 박강식의, “고밀도 폴리에틸렌의 절연파괴특성에 관한 연구”, *한국전기전자재료학회 논문집*, 1995. 5
- [4] 강전홍외, “폴리프로필렌의 결정구조와 절연파괴특성에 관한 연구”, *대한전기학회 논문집*, 제D권 전기재료, p.p 1428-1431, 1998. 7