

# 리튬 이차전지

## 2. 리튬 이차전지의 구성요소 (양극, 음극, 전해질, 분리막) 및 소재 특성

### 5) 리튬 이차전지의 분리막

#### ① 리튬 이차전지 분리막의 개요

##### a) 분리막의 특성

##### i) 분리막의 유래

유기계 전해질 사용으로 인한 높은 전지 저항과 안전성 문제 해결  
→ 양극과 음극의 간격의 획기적 감소 위한 박막 분리막 도입

##### ii) 분리막의 역할

양극과 음극 사이에 존재하는 다공성 막  
두 전극간 전기적 단락 방지하고 이온전달의 통로 제공

##### iii) 분리막의 경제적 가치

리튬이차전지 재료비의 약 14%

##### iv) 상용 분리막

- 고분자 분리막

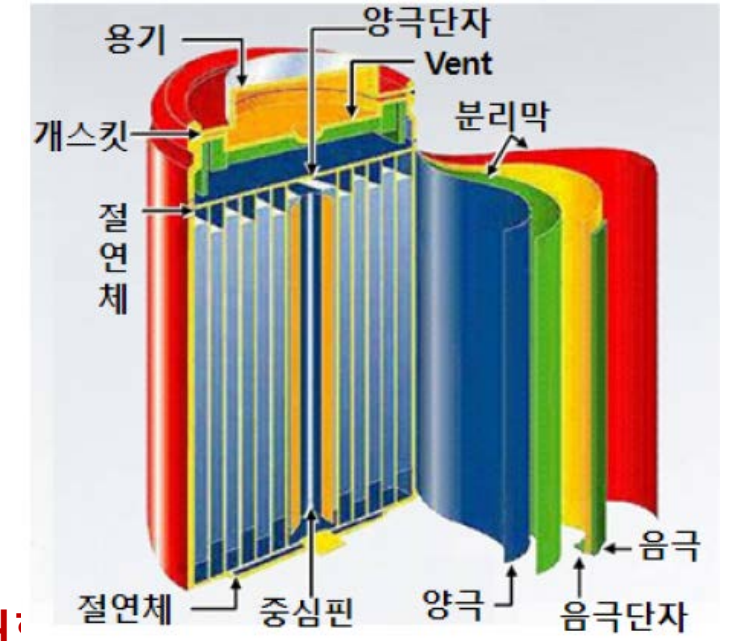
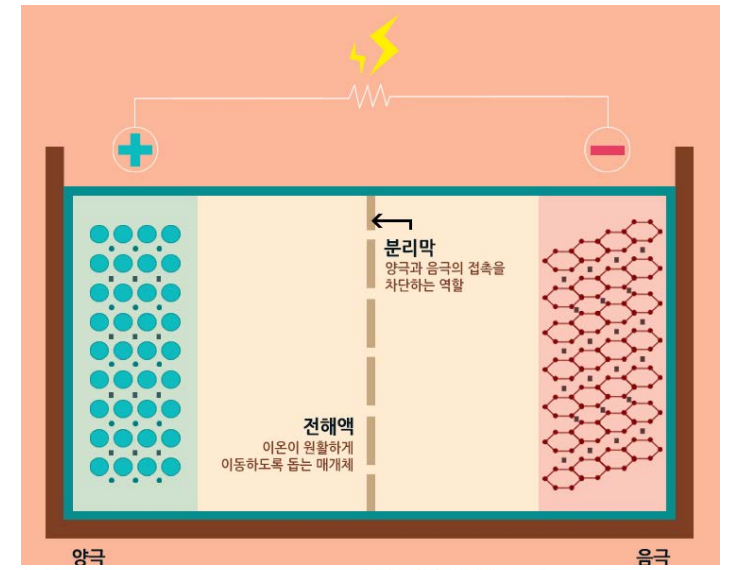
polyethylene (PE) 및 polypropylene (PP)계 분리막

- 세라믹 분리막

폴리올레핀계 분리막의 열적/기계적 특성 향상용 고안전성 분리막

허가없이 본 수업자료의 무단 배포 및 사용을 불허합니다.

### 이차전지의 분리막



## 2. 리튬 이차전지의 구성요소 (양극, 음극, 전해질, 분리막) 및 소재 특성

### 5) 리튬 이차전지의 분리막

#### ① 리튬 이차전지 분리막의 개요

##### b) 분리막(Separator)의 물성

##### i) 분리막 (separator)의 물성 이슈

막 두께 감소: ~100  $\mu\text{m}$   $\rightarrow$  ~10  $\mu\text{m}$

막 기공의 크기 제어 (<1  $\mu\text{m}$ ): 박막 분리막의 절연 특성 확보

$\rightarrow$  미세다공성 폴리올레핀계 (PE) 분리막 제작

##### ii) 분리막의 내부 기공 구조

폴리올레핀 소재의 낮은 유리전이온도( $T_g$ )로 인해 단면 분석 샘플 제조시 내부 구조 변형

$\rightarrow$  정확한 기공 구조 연구 어려움

##### iii) 분리막의 내열 특성 개선

- 막의 열적 안정성 제어

리튬이온전지의 전기차용 전원 적용시 중대형 리튬이온전지의 안전성 확보

- 고내열 분리막

분리막 원단 소재, 내열 코팅 고분자 소재, 세라믹 코팅층 형성 위한 바인더 소재(binder materials)

## 2. 리튬 이차전지의 구성요소 (양극, 음극, 전해질, 분리막) 및 소재 특성

### 5) 리튬 이차전지의 분리막

#### ② 리튬 이차전지 분리막의 특성

##### a) 분리막 (Separator)의 제조

##### i) 분리막용 소재 및 구성

미세다공성 고분자 멤브레인, 폴리에틸렌 (polyethylene) 및 폴리프로필렌(polypropylene) 건식법 (PE/PP/PP 삼중층) 및 습식법 (PE 단일층)

##### ii) 미세다공성 구조 분리막 제조

##### - 추출공정 기반 습식법(wet process)

고분자 소재와 저분자량 왁스 혼합

고온 필름 압출, 용매 사용후, 왁스 추출해 미세다공 구조 형성

리튬이온전지 조립 공정 시 필요한 기계적 물성 확보 위해 2축 연신 및 열처리 과정

습식법 및 2축연신 공정 적용 폴리에틸렌 분리막 개발

##### - 연신 공정 기반의 건식법(dry process)

왁스 사용 않고, 연신 및 열처리 공정만으로 기공 제작 및 기계적 물성 제어

폴리프로필렌 소재의 경우 1축연신 기반의 건식법을 사용

신규공정: 건식법 기반 폴리에틸렌 분리막 및 폴리프로필렌 기반 건식 2축 연신 제조 분리막 개발 중

**허가없이 본 수업자료의 무단 배포 및 사용을 불허합니다.**

## 2. 리튬 이차전지의 구성요소 (양극, 음극, 전해질, 분리막) 및 소재 특성

### 5) 리튬 이차전지의 분리막

#### ② 리튬 이차전지 분리막의 특성

##### b) 분리막 (Separator)의 제조

##### i) 제조된 상용 분리막의 제조별 표면 및 단면 모폴로지(morphology)

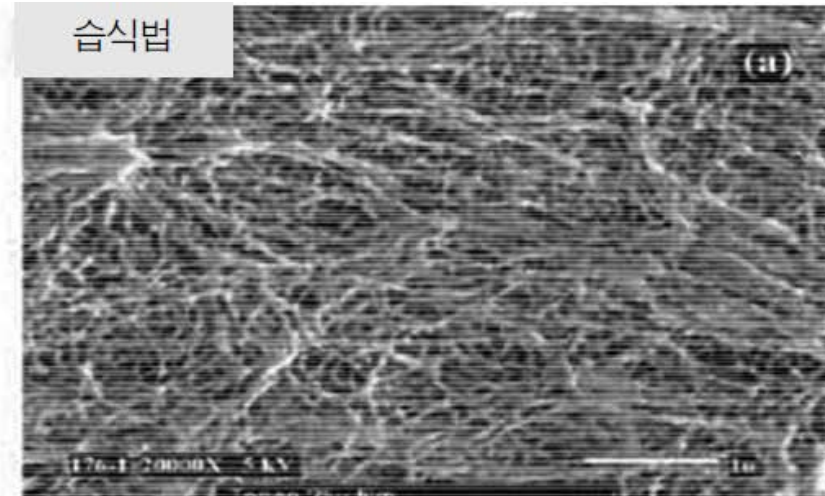
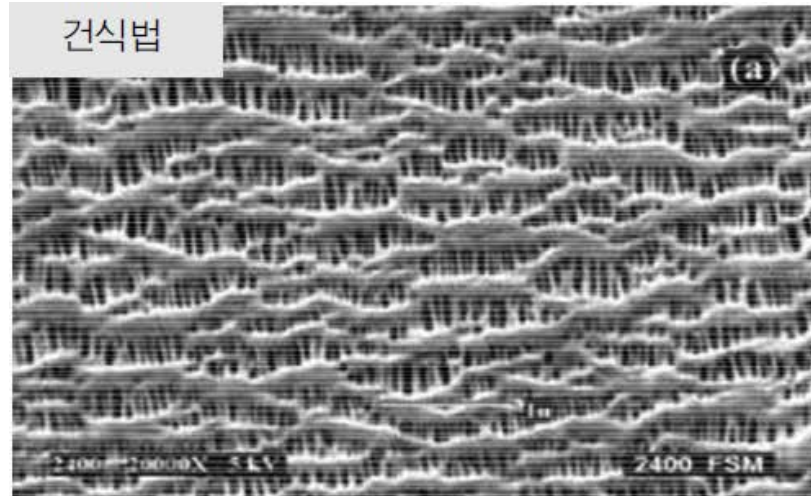
##### - 습식법 제조 폴리에틸렌 분리막 (Asahi-Kasei, ND420)

균일 기공 크기, 폴리에틸렌 소재 사용시 습식법 및 2축 연신 공정 적용

##### - 건식법 제조 폴리프로필렌 분리막 (Celgard, 2500)

연신 방향에 수직으로 길게 개공, 폴리프로필렌 경우 1축 연신 기반 건식법 사용 제조

폴리에틸렌 소재로 건식법 적용하거나, 폴리프로필렌 소재를 건식 2축 연신 방법으로 제조기술 개발



어기없이 큰 구멍사이의 구멍 배포 못 시공을 물어합니다.

## 2. 리튬 이차전지의 구성요소 (양극, 음극, 전해질, 분리막) 및 소재 특성

### 5) 리튬 이차전지의 분리막

#### ② 리튬 이차전지 분리막의 특성

##### c) 분리막 (Separator)의 기능

##### i) 분리막 (Separator)의 필요 물성

- 전지 저항 최소화 위한 두께 저감, 기공도 및 기공 크기 향상, 기공 굴곡도 저하
- 한계점: 분리막 절연 특성 유지 범위 (두께: 10~25  $\mu\text{m}$ , 기공도: 30~60%, 평균 기공 크기: 수십 nm 수준)

##### ii) 기계적 물성

- 리튬이온전지 조립 공정 필요 인장강도  
전지 충방전 과정 중 형성 내부 압력 견디는 뚫림 강도 특성

##### iii) 표면 물성 (분리막의 젖음성)

- 전해액과의 충분한 젖음성(wettability) → 전기화학 특성 구현에 핵심
- 폴리올레핀 분리막: 소수성 (hydrophobic), 카보네이트 계열 유기용매 전해액은 친수성(hydrophilic)  
폴리올레핀 계열 분리막 제조시 표면에 전해액이 적절히 젖을 수 있어야 함 → 분리막의 향상된 이온 전도도
- 분리막의 이온전도도 수준이 액체전해질의 약 10% 내외

## 2. 리튬 이차전지의 구성요소 (양극, 음극, 전해질, 분리막) 및 소재 특성

### 5) 리튬 이차전지의 분리막

#### ② 리튬 이차전지 분리막의 특성

##### c) 분리막 (Separator)의 기

##### 능 iv) 분리막의 표면 젖음성 개선 (분리막 표면 개질)

###### - 표면 젖음성 개선 (분리막 표면 개질)

분리막 표면의 저온 플라즈마(plasma) 처리, 계면 활성제 코팅 개질

###### - 폴리올레핀(polyolefin) 계 폴리에틸렌 분리막

소형 리튬이온전지 시스템에서 큰 문제없이 사용

전기차용 배터리로 리튬이온전지 사용시 기존 폴리에틸렌 소재로 제조된 분리막의 내열성 불충분  
폴리에틸렌 분리막: 약 130 °C 근처에서 용융 시작 및 기공이 폐쇄되는 shutdown 특성

150 °C 이상에서 완전 용융돼 내부 단락 막지 못함 (meltdown 및 mechanical integrity 파괴)

##### d) 분리막 (Separator)의 안전성 확보

###### i) 분리막의 안전성 이슈

###### - 전기차용 리튬이온전지 분리막

소형전자기기와 달리, 150 °C 근처 열노출 환경에서 전지 안전성 확보 → 분리막의 내열성 향상 필요

###### - 폴리에틸렌 대신 폴리프로필렌 기반 분리막 사용 본격화

폴리프로필렌/폴리에틸렌/폴리프로필렌의 다층 구조 분리막

→ 공압출 공정 이용하 내열성 강화 분리막의 전기차용 리튬이온전지 적용

**허가없이 본 수업자료의 무단 배포 및 사용을 불허합니다.**

## 2. 리튬 이차전지의 구성요소 (양극, 음극, 전해질, 분리막) 및 소재 특성

### 5) 리튬 이차전지의 분리막

#### ② 리튬 이차전지 분리막의 특성

##### d) 분리막 (Separator)의 안전성 확보

##### 보) ii) 분리막의 안전성 확보

##### - 폴리프로필렌 기반 리튬이온전지 분리막

폴리프로필렌 기반 리튬이온 전지의 불충분한 안전성 → 분리막 표면에 세라믹 입자와 고분자 바인더 코팅

##### - Dip 코팅 방식의 세라믹 층 도입한 SRS®(safety reinforced separator) 분리막 (LG화학)

전기차용 리튬이온전지: 분리막 내열성 확보 기술의 기준

##### - 자동차 업체의 안전성 평가: 150 °C 열노출과 내부단락 시험은 세라믹 코팅 없이 달성 쉽지 않음.

##### iii) 복합체 분리막의 제조

##### - 폴리올레핀 분리막과 세라믹 코팅 복합 분리막

수십 나노미터 크기의 분리막 기공 대비, 수백 나노미터 크기의 세라믹 입자의 균일 도포

##### - 세라믹 코팅층 바인더

함량: 약 10% 수준 → 세라믹 코팅 통한 분리막의 통기성 저하 최소화 및 내열성의 효율적 향상

##### - 고분자 바인더 특성: 우수한 용매 용해성, 전지 사용 환경에서의 내화학성과 내전기화학특성

##### - polyvinylidene fluoride-co-hexafluoro propylene (PVdF-co-HFP)

PVdF-co-HFP의 저융점(~140 °C): 폴리프로필렌이나 고내열성 원단 사용 분리막 바인더로서 부적합

→ 고내열성 바인더 소재 개발 진행

**허가없이 본 수업자료의 무단 배포 및 사용을 불허합니다.**

## 2. 리튬 이차전지의 구성요소 (양극, 음극, 전해질, 분리막) 및 소재 특성

### 5) 리튬 이차전지의 분리막

#### ② 리튬 이차전지 분리막의 특성

##### d) 분리막 (Separator)의 안전성 확보

##### iii) 복합체 분리막의 제조

##### - 친환경적 코팅

코팅 공정의 환경문제 및 단가 상승의 적절한 제어  
→ 수계 바인더 시스템 개발 및 세라믹 입자의 수분 제어

##### - 세라믹 코팅층 제조법

Dip 코팅법 : 전통적인 세라믹/분리막 코팅 및 제작법  
Die 코팅이나 Gravure 코팅: 고점도 슬러리를 이용해 고속 코팅

##### - 복합체 분리막의 내열성 향상

장점: 리튬이온전지 안전성 개선에는 효과적

단점: 추가 코팅 공정 도입에 따른 단가 상승과 Slitting 또는 조립 공정 중 발생하는 이물로 인한 불량 증가  
문제 해결: 코팅공정 단순화, 세라믹 사용 배제 및 내열 고분자만을 코팅소재로 적용



## 2. 리튬 이차전지의 구성요소 (양극, 음극, 전해질, 분리막) 및 소재 특성

### 5) 리튬 이차전지의 분리막

#### ② 리튬 이차전지 분리막의 특성

##### d) 분리막 (Separator)의 안전성 확보

##### iv) 복합체 분리막의 코팅 공정

##### - 증착법 이용 세라믹/분리막 복합체 제조

Atomic layer deposition (ALD), Chemical vapor deposition(CVD), Sputtering 등 증착법 이용

**장점:** 바인더와 용매를 사용하지 않고 나노미터 수준의 세라믹 층을 도입 가능

일반적인 세라믹 코팅 분리막처럼 기공 특성을 저해 않음

CVD 및 sputtering 이용시 제조 속도 높일 수 있으나

**단점:** 코팅층 두께에 따른 열적 안정성 확보가 제한적, 원하는 코팅 두께 얻기 위한 공정시간 김

최대 반응 속도는 분리막의 열적 안정성이 파괴되지 않는 온도로 제한

충분한 내열성 확보 위한 코팅 두께의 효과적인 상승에 의존

##### - 내열 고분자/분리막 복합체 제조

기존 고분자 코팅 공정 이용한 복합체 제조

**장점:** 세라믹 도입에 따른 단가 상승 및 전지 조립 공정의 어려움 해소

유기용매에 용해가 가능한 고내열성 폴리이미드(co-polyimide, P84)를 폴리에틸렌 분리막 복합체