

광메카트로닉스공학과 뉴스레터 10월호

정신 차리니 벌써 한학기 중 절반이나 지나가버린 것이 허무한 한편, 종강까지 남은 절반이 썩 까마득해 보이는 11월의 초입입니다. 시월제며, 중간고사며, 행사들로 가득해 정신없이 흘러갔던 10월이었던 것 같습니다. 해서 10월이다 지난 지금 10월호를 전해드리게 되어 죄송하다는 말씀 전하며, 10월호도 재밌게 읽어주시길 바랍니다! -편집부-

ARTICLE

진동 신호를 활용한 생체 인식 기기

정지현(17학번)

CES 2019 (Consumer Electronic Show) 기술 전시에서 알 수 있듯, 스마트 폰 등 모바일 기기로 대표되는 CE 제품들의 발전 방향은 지능화와 휴대성, 사용성의 극대화로 나아가고 있다. 최근 폴더블 디스플레이, 웨어러블 소자 등 가변적인 form factor를 경쟁적으로 추구함으로써 사용성과 기능 측면에서 질적인 개발이 이루어지고 있으며 가전 및 스마트 홈 기기에도 IoT, AI 기술 도입이 이루어지면서 개인 맞춤형의 서비스와 결제 등을 위한 생체 인증 기술이 핵심 기술로 평가되고 있다. 또한, 스마트 기기 내 베젤의 최소화 및 디스플레이의 대형화를 위해 내장형으로 생체 인증 기술의 필요성이 대두되고 있고 점차 센서가 차지하는 면적을 최소화하거나 없애는 방향으로 기술이 변화하고 있다. 이에 필자는 기존과는 다른 방식의 인체 진동 신호를 기반으로 하는 생체 인증 기술을 소개하고자 한다.

새로운 방식의 생체 인증 기술을 소개하기에 앞서, 해당 기술이 충족해야 하는 조건들은 다음과 같다. 생체 인증은 기본 성능으로 개인 구별이 가능한 유일성, 시간에 따라 변하지 않는 영구성, 누구나 보유하고 있는 보편성, 사용자로부터 수집이 용이한 수용성, 그리고 위, 변조로부터 안전한 보안성을 만족해야 한다. 진동 신호 방식은 현재 상용화된 생체 인증인 지문 인식, 홍채 인식, 얼굴 인식, 지정맥 패턴 인식 방법의 문제점들을 개선하고 플렉서블/웨어러블이 가능한, 그리고 스마트 기기 발전 트렌드에 적합한 방식이라 할 수 있다.

진동 신호 기반 생체 기술은 기기에 내장된 소자를 이용하여 인체(손가락 등 특정 부위)에 미세한 진동 신호를 인가하고 가속도계로 개개의 진동 응답 신호를 측정 후 주파수 응답 분석을 통해 FRF (Frequency Response Function) 또는 Time Frequency (Spectrogram) 형태로 변환하고 개인의 측정치를 머신 러닝 또는 딥 러닝을 통해 학습 후, 실제 적용에서 신원을 확인하는 새로운 방법이다. 이는 기계 구조물의 질량, 강성, 점성을 진동 응답 측정으로부터 구하는 System Identification 기술 또는 Speech Recognition에서 화자의 음성으로 신원을 확인하는 기술을 적절히 퓨전 하여 인체 진동 응답 신호에 적용한 방식이다. 즉 인체로부터 유의한 진동 신호를 생성하기 위해 인체 시스템의 역학적 이해를 바탕으로 진동 입력과 센싱, 그리고 데이터 처리 방법을 신규 적용하는 것이다.

예를 들어 손가락의 진동은 뼈마디, 근육, 관절, 피부 등 신체 내부의 공간에 배치된 각 생체 요소의 크기, 형태, 배열, 물성치, 연결 상태 등의 조합으로 결정된다. 이때 지배적인 운동인 공진 특성을 파악하여 인체의 구조적인 매개변수를 규명한다. 진동 입력 대 출력의 비를 나타내는 주파수 응답 함수를 사용하거나 Spectrogram을 구성하고 공진 주파수와 감쇠 계수, 진동 모드 형상, 외부 변수와의 상관관계, 인증의 유의성 등을 파악하여 생체 인식에 유의하고 환경 변수에 강건한 진동 입력 프로 파일을 추출한다. 이를 통해 손가락의 해부학적 구조를 반영한 유한요소 모델을 수립하고 massive한 매개변수적 연산 수행, 위 변조 시뮬레이션을 수행하여 생체 정보 DB를 구축한다면 생체 시스템의 높은 비선형성과 복잡성으로 인한 오류를 줄일 수 있으며 AI 기계 학습 및 딥 러닝 기반 classification 알고리즘 도입으로 정확도를 95% 수준까지 끌어올릴 수 있다.

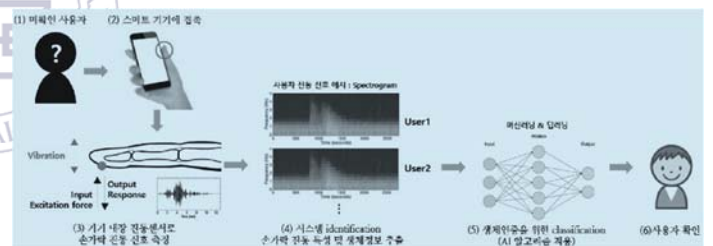


그림 1. 인체 진동 신호 기반 생체 인증 개념도

해당 기술은 생체 인증 기술이 기본적으로 충족해야 할 조건을 모두 만족할 뿐만 아니라 스마트 기기의 발전 트렌드에도 대응 가능하다. 초소형, 내장형 센서를 통한 제품 구현의 용이성으로 작은 부피를 차지하며 플렉서블 기판에도 장착이 가능하다. 이로 인해 센서 위치, 사용자의 방향이나 자세에 구애받지 않고 기기 터치만으로 인증이 가능하여 사용자의 편의성을 극대화할 수 있고 원가도 저렴하다. 또한, 손가락 진동 신호는 신체 내부 공간에 배치된 각 생체 요소들의 특징으로 결정되는 3차원 복합 시스템의 독특성을 기반으로 하고 있고 본인 이외에는 재생이 어렵기 때문에 타 생체 정보에 비해 높은 보안성을 지닌다.

끝으로 현재로써는 기초 개념 검증 단계의 기술이나, 성공 시 그 활용성과 산업 파급 효과 측면에서 유망한 기술로 보이며 빠르게 발전하는 스마트 기기들의 트렌드에 맞춰 보안의 핵심 '키'로서 제 역할을 다할 것이라 생각한다.

참고: 박용화, 유혜원 (2019). 진동 신호를 이용한 생체 인식 기술. 기계저널, 59(9), 33-37

충전 가능한 세상을 만든 세 과학자

이재원(15학번)

매년 10월이면 과학과 문학 등 각 분야에서의 최고의 상인, 노벨상 수상자가 발표된다. 올해도 어김없이 노벨상 수상자가 발표되었다. 그중 올해의 노벨 화학상은 텍사스대학교 교수인 John B. Goodenough, 빙햄턴 뉴욕주립대학교 교수인 M. Stanley Whittingham, 일본 메이조대학교 교수인 Akira Yoshino가 공동 수상하게 되었다. 이 세 과학자는 리튬이온 2차 전지의 개발 및 발전에 큰 공헌을 하여 그 공로를 인정받아 올해 말 노벨상을 수상받게 된다.

2차 전지란, 축전지라고도 불리며 외부의 전기 에너지를 화학 에너지 형태로 저장해 두었다가 필요할 때 전기를 발생시키는 장치를 말한다. 2차 전지라는 이름은 2차 전지를 개발할 당시에는 소재만 연결시키면 바로 전지가 되는 물체인 1차 전지가 반드시 있어야 그것을 이용하여 충전시켜 2차 전지를 만들 수 있었기 때문에 이러한 이름이 붙었다. 1차 전지와 2차 전지의 가장 큰 차이점은, 재사용이 가능한지의 여부이다. 1차 전지인 건전지는 한번 사용하면 폐기되지만, 충전이 가능한 배터리의 개발은 우리 생활과 과학에 굉장한 영향을 미쳤다. 이러한 2차 전지 중에서도 현재 가장 많이 사용되는 전지가 리튬이온 배터리이다.

리튬은 원자번호 3번으로, 가볍고 전기 효율이 높다는 배터리 소재로서의 가장 중요한 장점을 갖고 있다. 1970년대 Whittingham 박사는 이 사실을 발견하고, 리튬을 음극으로 사용하고, 양극으로 타이타늄황산화물을 이용하여 리튬 배터리의 개발에 성공하였다. 이 배터리는 납-산 배터리의 10배, 니켈-카드뮴 전지의 5배에 달하는 에너지를 저장할 수 있고, 가벼웠고, 관리가 간단하였다. 하지만 이렇게 개발된 배터리는 반복적으로 오래 사용하게 되면, 음극의 리튬이 흘러나와 양극에 도달하여 회로가 단락되거나, 최악의 경우 폭발이 일어날 수 있는 문제가 있었다.

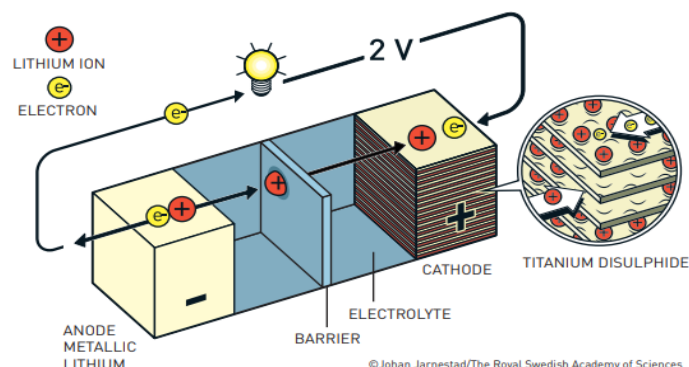


그림 1. Whittingham 박사가 개발한 배터리

이 문제를 해결하기 위하여 Goodenough 박사는 타이타늄 황산화물을 대신하여 다른 물질을 사용하면 효율과 안전성을 높일 수 있을 것이라 생각하고, 대체 물질을 찾고 있었다. 그러던 중, 코발트 산화물이 타이타늄황산화물과 분자 구조가

비슷하여 양극의 소재로 사용해 보았더니, 리튬이 더 이상 새어 나오지 않고, 기존 배터리보다 2배 높은 4V의 전압 생성이 가능했다. 그 후로도 양극 물질을 개발하여 망간으로 이루어진 스피넬을 양극 물질로 개발하여 리튬이온전지를 더욱 발전시켰다. 망간 스피넬로 만든 리튬이온전지는 현재도 상업적 리튬이온전지에 사용되고 있다.

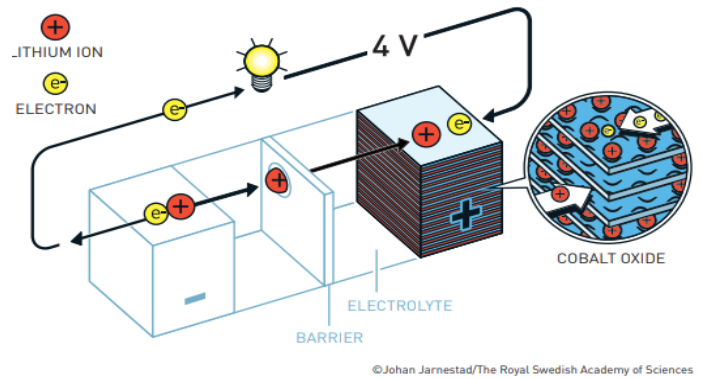


그림 2. Goodenough 박사가 개발한 배터리

Akira Yoshino 박사는 이러한 Goodenough박사의 전지를 기반으로 하여 음극을 금속 리튬 대신에 석유 코크스를 사용하여 배터리를 만들었다. 이 배터리는 전극에서 화학반응이 일어나는 대신에, 양극과 음극 사이에서 리튬 이온이 흐른다. 이 배터리는 수백 번 충전하여도 성능이 저하되지 않고, 더 가볍고 내구성이 좋았고, Akira Yoshino 박사는 이를 상용화하는 데 성공하였다.

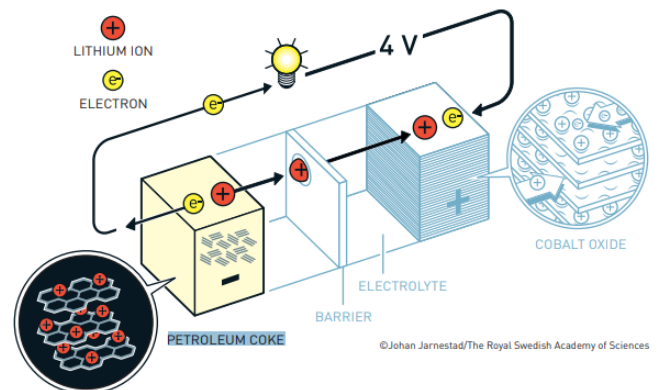


그림 3. Akira 박사가 개발한 배터리

일반적으로 노벨상 수상은 대부분이 일반인이 접근하기 힘든 전문 분야에서 수여되었다. 하지만 이번 노벨 화학상은 일상과 관련이 깊으면서, 인류의 생활을 바꾼 위대한 업적으로 평가된다.

노벨 위원회는 “리튬이온 배터리는 인류의 삶에 혁명적 변화를 일으켰으며, 휴대전화부터 노트북, 전기자동차에 이르기까지 일상생활 전반에 걸쳐 사용되고 있다”, “올해 화학상 수상자들은 무선사회를 구현하고 인류를 화석연료로부터 해방하는 기틀을 마련하였다”고 밝혔다.

참고: The Royal Swedish Academy of Sciences

나노 캡슐화를 통해 발전하는 화장품

박하민(18학번)

“나노 캡슐이 피부에 빠르게 흡수되어 수분과 영양을 공급하며 촉촉한 피부로 만들어줍니다.” 단순히 화장품의 홍보를 위해 지어낸 것 같은 문구를, 실제 한국콜마라는 기업에서는 현실로 만들어내고 있다. 실제 한국콜마에서 이용한 나노 캡슐은 ‘리포솜’이라는 것인데 리포솜은 구조가 안정적이지 못하고 투과도(permeability)가 낮다는 단점 때문에 그 응용 분야가 제한적이라고 한다. 이에 따라 속이 빈 캡슐이 안정적으로 운반 물질을 표적 대상까지 운반하고, 표적 대상에 도달하기까지의 경로에 대한 높은 투과도를 가질 수 있도록 하기 위해 분자로 만든 나노 캡슐이 탄생하게 되었다. 지금부터 몇 가지 고분자 나노 캡슐의 합성 방법과 그 특징에 대해 알아보도록 하자.

- 고분자 나노 캡슐 제조법 1: 주형을 이용하는 방법

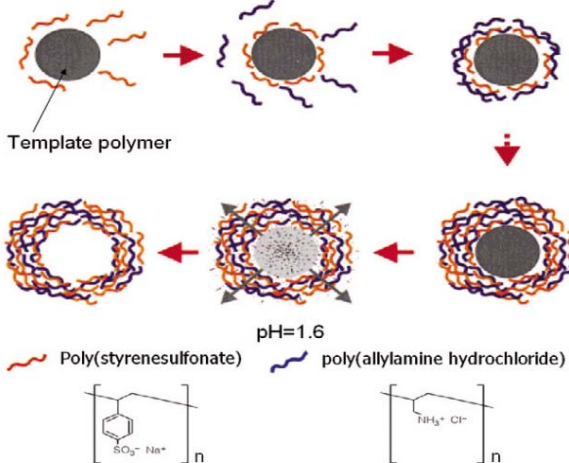


그림 1. 주형을 이용한 고분자 나노 캡슐

초콜렛이나 쿠키를 만들 때 다양한 모양의 틀에 초콜렛이나 밀가루를 넣고 구운 뒤 틀을 제거하면 되는 것처럼, 고분자 나노캡슐 역시 구형의 주형을 이용하여 제조할 수 있다. 예를 들어 Caruso 그룹은 전하를 띠고 있는 구형의 주형에 서로 다른 전하를 띠는 여러 가지 전해질 이온(polyelectrolyte)을 번갈아 흡착시켜 다분자층의 캡슐을 제조하였다.

위 그림 1 처럼 양전하를 띠고 있는 구형의 콜로이드에 음전하를 띠는 고분자인 poly(styrenesulfonate)를 넣어주면 전하 상호작용(charge interaction)에 의해 콜로이드 표면에 고분자가 흡착된다 그 후 다시 양전하를 띠는 고분자인 poly(allylaminehydrochloride)를 넣어주면 역시 전하 상호작용에 의해 먼저 흡착되어있던 음전하를 띠는 고분자 위에 흡착되고 이와 같은 과정을 반복하면 콜로이드 입자를 두꺼운 막이 코팅하고 있는 상태가 된다. 그 후 산 조건에서 내부의 콜로이드를 가수분해시켜 제거하면 속이 비어있는 고분자 나노캡슐을 얻을 수 있다. 이러한 방법을 이용한 캡슐들은 주형 분자에 따라 캡슐 내부의 크기와 모양이 결정되며 좋은 투과성을 나타낸다. 또한 흡착 과정의 반복 정도를 조절하여 캡슐의 두께를 조절할 수 있다.

- 고분자 나노 캡슐 제조법 2: 에멀전을 이용하는 방법

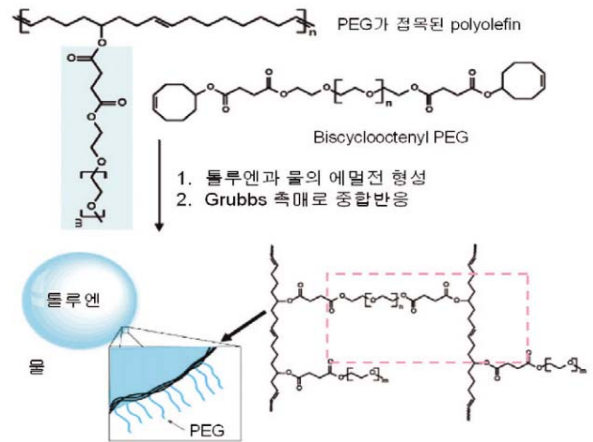


그림 2. 에멀전을 이용한 고분자 나노 캡슐

물과 기름처럼 서로 용해하지 않는 두 액체를 흔들어서 섞으면 한쪽 액체가 미세한 입자로 되어 다른 액체 속에 분산해 있는 상태가 되는데 이를 에멀전(emulsion)이라 한다 이와 같은 에멀전의 형성을 통해 생긴 미세한 입자를 주형처럼 이용해 고분자 나노캡슐을 제조하기도 한다. Emrick 그룹에서는 이러한 유기 용매로 구성된 미세한 입자의 표면과 물 사이의 계면 상에서 중합반응을 일으켜 고분자 나노캡슐을 합성할 수 있음을 보여주었다 친수성을 띠는 PEG(poly ethylene glycol)라는 작용기가 접목되어 있는 polyolefin 고분자와 biscyclooctenyl PEG 분자를 톨루엔(toluene)에 녹인 뒤 물과 섞고 흔들어 주게 되면, 물과 섞이지 않는 톨루엔은 수용액 상에서 에멀전을 형성하게 된다. 이때, PEG 가 접목되어 있는 polyolefin 분자는 PEG 가 친수성을 띠기 때문에 polyolefin 부분은 톨루엔과, PEG 부분은 물과 섞이려 하면서 결과적으로 이 분자는 톨루엔과 물 사이의 계면에 존재하게 된다. 이처럼 계면 상에 존재하는 고분자를 Grubbs 촉매를 이용하여 중합반응을 하게 되면 polyolefin 의 이중결합과 biscyclooctenyl PEG 분자의 고리 부분이 반응하여 연결되면서, 결과적으로 톨루엔 입자를 고분자가 둘러싸고 있는 형태의 고분자 나노캡슐을 형성하게 된다.

이 두 가지 방법 외에도 주형이 필요 없는 판형 분자의 중합을 이용하는 방법, 자기조립을 이용하는 방법이 있다. 나노 캡슐을 이용하여 화장품을 개발하면 특정 성분을 피부 속에 전달하는 역할을 하는 나노구조체의 크기가 피부를 구성하는 세포보다 작기 때문에 나노캡슐 안에 들어있는 기능성 화장품의 성분이 피부 깊숙이 잘 스며 들 수 있다. 이처럼 나노 캡슐은 나노기술의 특성을 발현할 수 있는 기술이므로 화장품 외에도 더욱 다양한 분야에서 사용될 수 있다.

하지만 나노 캡슐이 인체에 들어갔을 때 완전히 무해한지에 대해서는 미지수이다. 따라서 고기능성의 나노 캡슐이 개발되는데 발맞추어 인체에 무해한지에 대한 심도 깊은 연구도 함께 이루어져야 할 것이다.

참고: 남윤성, et al. 다기능 나노 캡슐 및 이의 제조 방법. 2014.

1000배 민감해진 다용도 나노센서 개발

김희연 (19학번)

한국연구재단은 강태욱 서강대 교수와 장지한, 이재경 연구원, 허동은 미국 펜실베이니아대 교수팀이 다양한 제품 표면에 금속으로 된 나노 센서를 붙이는 방법으로 다양한 화학 성분을 개발했다고 2019 년 3 월 13 일 밝혔다. 머리카락보다 도 훨씬 작은 크기이지만, 검출 속도와 정확도를 기존 기술보 다 최대 1000 배 높였다.



그림 1. 금속 나노센서

나노센서란 나노미터 크기의 금속 센서를 이용해 유해가스를 검출하거나 분자 수준의 상호작용을 하는 0.1m~0.2m 수준의 소형 센서이다. 제작 장법이 너무 복잡하여 상용화가 되지 못한 기존의 나노센서에 비해 연구팀이 개발한 나노센서는 가늘고 긴 관 내부에서 금속 나노입자들이 중력에 의해 자유롭게 이동하는 현상을 이용해보다 쉽게 금속 나노입자를 반복해 제작하는 기술을 개발하였다. 그림 1 은 금속 나노센서이다.

시료 표면의 매끄러운 정도와 화학적 성질에 따라 복잡한 공정이 필요하다. 제작 비용도 비싸 실험실 문턱을 넘지 못한 채 실용화하기 힘들었다. 연구팀은 한계를 극복하기 위해 기존 제작, 설비, 공정에 의존하지 않기로 했다. 대신 금속 나노입자가 중력 영향으로 모세관 안에서 이동하는 현상을 연구에 도입해 보기로 했다.

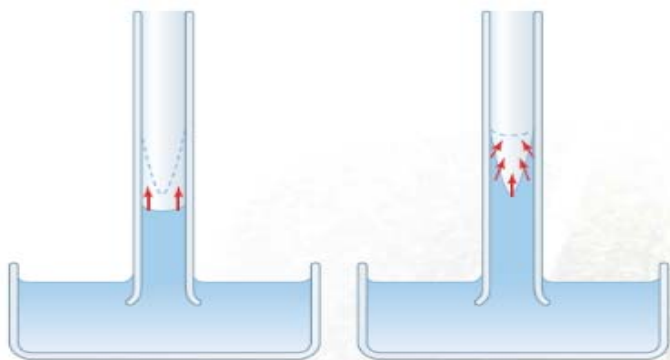


그림 2. 모세관 현상

제작방법을 설명하기 전에 모세관현상에 대해 알아보기로 한다. 모세관 현상이란 액체 속에 폭이 좁고 긴 관을 넣었을 때, 관 내부의 액체 표면이 외부의 표면보다 높거나 낮아지는 현상을 말한다. 액체의 응집력과 관과 액체 사이의 부착력에 의해 나타난다. 그림 2는 유리관으로 물이 끌려 들어가고 있는 모세관 현상을 보여준다.

이 나노센서의 제작방법은 간단하다. 물 위에 나노입자를 뿌려 모세관현상을 이용해 유리관으로 물을 빨아들이면 입자 평면이 분리된다. 이후 원하는 위치에 유리관을 뒤집으면 금속 나노센서가 부착된다.

이 기술은 기존의 복잡한 제작방법을 보완할 수 있고, 조작이 간편하여 센서 크기도 자유롭게 조절할 수 있다. 이 센서를 표면에 부착시킬 때, 그 표면의 화학적 성질이 제한 되지 않는다. 또, 유리관을 이용하므로 제작 비용이 크게 낮아졌다.

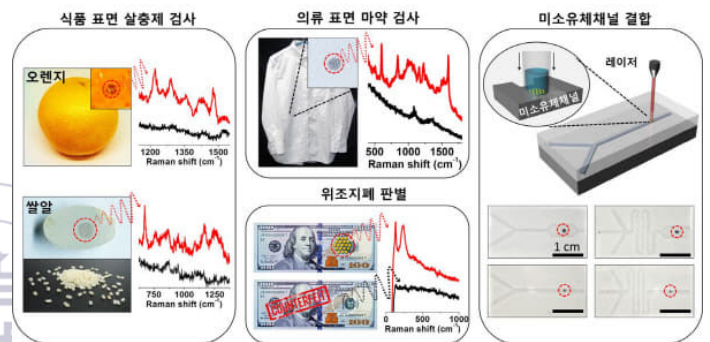


그림 3. 나노센서의 활용

그림 3 은 나노센서의 활용을 나타내었다. 이 센서의 개발로 인해 다양한 화학적 성분을 보다 정밀하게 측정할 수 있기 때문에 머리카락의 마약 성분을 검출하거나 폭발물을 탐지하고 위조지폐를 식별 등 범죄예방에 도움을 줄 수 있다. 검출 속도는 수 초 이내로 빨랐다. 특히 이 기술을 가늘고 작은 미세유체채널과 연동해 사용하면 기존의 검출기보다 약 1000 배 더 민감하게 화학 물질을 탐지할 수 있었다. 또한, 웨어러블장치에 적용하여 웨어러블장치가 가져올 삶의 질의 향상을 한 발짝 앞으로 끌어당길 수 있을 것이라고 본다.

강태욱 교수는 “고도의 실험실 조건에서 제한적으로 제작하던 고감도 금속 나노 센서를 더 쉽게 만들 수 있게 된 것”이라며 “식품 안전성 평가 같은 현장에서 빠르게 유해물질을 검사할 수 있을 것으로 기대한다”고 말했다.

나노센서가 여러 분야에서 활용되고 응용될 수 있음을 느꼈고, 동시에 이 나노센서의 활용의 한계는 어디까지인가 라는 생각도 들었다. 금속 나노센서가 작기 때문에 이를 다룰 때 정확한 위치에 있는지, 실수로 센서를 더 이용한 건 아닌지 등 다양한 문제점을 생각하며 생활에 활용해야 할 것이다. 이를 활용한 방안은 무궁무진하며 센서분야의 새로운 패러다임을 제시했다고 본다.

참고: 박준식, et al. 나노 재료를 이용한 최신 센서 기술 동향-리뷰. 센서학회지, 2009, 18.5: 327~336.

다층 구조의 신경망, 딥 러닝

기계 학습에서 딥 러닝의 시대로

정지현(17학번)

빅데이터 기술과 IoT 기술의 발전으로 다양하고 질 좋은 데이터를 손쉽게 수집할 수 있게 되면서 인공지능 기술이 주목받고 있다. 인공지능 기술의 일종인 딥 러닝은 데이터 속에 있는 원리를 추론함으로써 이전에는 풀기 어려웠던 문제들을 풀 수 있게 만들었다. 대표적으로 이미지 분류, 자연어 처리, 영상처리 등의 분야에서 기존의 알고리즘보다 훨씬 뛰어난 성능을 보이고 있을 뿐만 아니라 “Deeper is better”라는 표현이 있을 정도로 이런 경향성은 일관되게 보도되고 있다.

- 기계 학습과 딥 러닝은 무엇인가?

인공지능은 컴퓨터에게 데이터를 학습시켜 마치 사람처럼 스스로 의사결정을 할 수 있게 한다. 예를 들어 사진을 보고 무슨 사진인지 구분하도록 분류하는 모델을 만들기 위해서는 컴퓨터에게 계속 사진을 보여주면서 이 사진이 어떤 사진인지에 대한 정답을 학습시켜 주어야 한다. 이런 방식을 ‘지도 기계 학습’이라 한다. 딥 러닝 역시 기계학습과 유사한 방법이다. 딥 러닝은 데이터를 이용하여 모델을 학습한다는 점에서 기계학습과 공통점을 가지지만 데이터를 학습하는 과정에서는 큰 차이가 있다.

기계학습으로 이미지를 인식하기 위해서는 사진을 그대로 사용하는 것이 아니라 사진 속에 객체를 가장 잘 구분할 수 있는 특성 인자(feature)를 찾아내야 한다. 즉 기계학습에서 모델의 성능을 결정하는 것은 ‘이 특성인자가 얼마나 데이터를 잘 대표하는가’이다. 반면 딥 러닝의 경우에는 사람이 특성인자를 결정하는 것이 아니라 데이터에서 모델을 학습하는 과정에서 목표를 잘 달성할 수 있는 특성인자를 스스로 찾는다. 따라서 딥 러닝은 특성인자를 자동으로 찾아내기 때문에 기계 분야에서 딥 러닝을 활용하려는 시도가 늘어가고 있다.

- 딥 러닝, 기존의 기계학습, 인공지능과 무엇이 다른가?

딥 러닝은 규모가 큰 신경망을 사용했다는 점과 방대한 양의 데이터로 학습한다는 특징을 가지고 있는 기계학습 알고리즘이기 때문에 데이터의 양에 비례하여 성능이 향상되는 경향성을 보인다. 전통적인 기계학습 알고리즘은 데이터로부터 특징(feature vector)을 설계하고 이를 활용하여 비교적 단순한 기계학습을 수행하였다. 이는 적은 수의 데이터에도 불구하고 동작하는 알고리즘의 개발을 가능하게 하지만 데이터의 양이 증가하더라도 성능이 정체되는 경향을 보이게 된다. 반면 딥 러닝 기반의 접근법은 데이터가 공급됨에 따라 성능이 꾸준히 향상되는 특성을 보인다. 이는 데이터가 풍부한 현실점에 기존 방법과 비교하여 매우 중요하고 현실적인 방법이다.

딥 러닝의 또 다른 특징은 end-to-end 학습이 가능하다는 점이다. 전통적인 접근법은 특징 벡터의 설계를 비롯하여 시스템 설계 과정에서 엔지니어가 개입하여 경험이나 직관에 의존해 설계를 해야 하는 많은 요소를 가지고 있었다. 이와 다르게 딥 러닝은 이러한 요소를 줄이고 입력과 출력의 예시만으로 전체 시스템의 학습을 가능하게 하고 있다. 글자 인식

시스템, 음성인식, 번역, 이미지/비디오 캡처링 등이 이에 해당한다. 음성 인식의 경우 음성 신호를 입력, 인식된 결과물(예, 텍스트)을 출력물로 하여 학습할 수 있으며, 번역의 경우는 A언어로 작성된 문장과 그 문장에 대응되는 내용을 B언어로 작성된 예시로 학습할 수 있다. 또한, 이미지, 비디오와 그 내용에 대응되는 기술(description)이 적힌 데이터로부터 전체 캡처링 시스템의 학습도 가능해지고 있다.

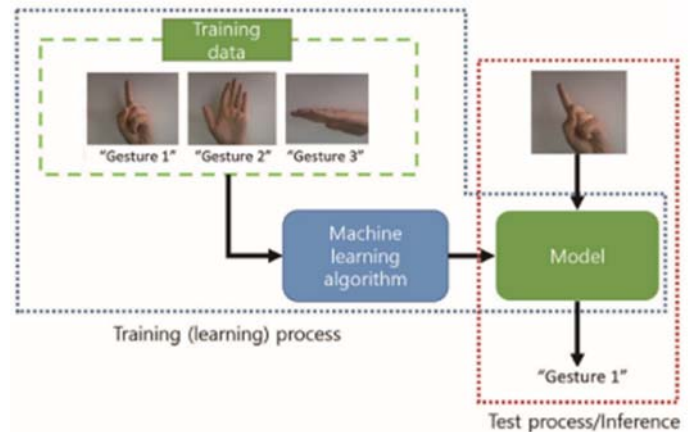


그림 1. 지도 기계학습

- 딥 러닝의 한계



딥 러닝 기술은 현재 활발한 연구 개발이 진행되고 있는 분야이기에 기술 자체의 한계를 언급하는 것은 현시점에서 성급한 이야기일 수 있으나, 이 기술이 실제 문제에 적용될 때 예상되는 어려움은 다음과 같이 정리된다.

빅데이터가 필요하다. 깊은 신경망의 학습을 위해서는 많은 양의 데이터, 그리고 많은 경우에 전문가에 의해서 분류된 양질의 데이터가 필요하다. 이 과정에서 많은 비용이 들며, 관련 데이터가 충분히 존재하지 않을 경우 기술 적용 자체가 어려워질 수 있다.

경험적으로 결정해야 할 요소가 여전히 많다. 딥 러닝이 데이터로부터 패턴을 학습하는 방법이기기는 하지만 아직은 개발자가 경험이나 직관을 바탕으로 결정해야 할 변수가 많으며 이 변수들을 변경해가며 학습하는 과정 역시 많은 시간과 비용이 필요하다.

이렇듯 대용량의 학습 데이터를 얼마나 빠른 시간 안에 학습할 수 있는지가 딥 러닝의 경쟁력을 좌우한다. 가까운 미래에는 scalable한 딥 러닝 학습 플랫폼을 갖추어 기존의 기계 학습 방법으로 어려웠던 다양한 기계 및 제조 산업의 문제들을 딥 러닝을 통해 극복하는 ‘Deep Manufacturing’의 시대가 오기를 기대해 본다.

참고: 구형일(2018), 인공지능 및 딥 러닝 동향, 전기의 세계, 67(6), 7-12
: 이승철, 정해동, 박승태, 김수현(2017), 딥 러닝, 소음 진동, 27(3), 19-25

Upgrade를 위한 downsize

이재원(15학번)

무어의 법칙이란 말이 있다. 무어의 법칙이란 마이크로칩의 밀도가 24개월마다 2배로 늘어난다는 법칙이다. 이 법칙은 1965년에 처음 나왔음에도 비교적 최근까지 비교적 정확하게 맞아들어가게 되었고, 이는 반도체 산업의 폭발적인 규모와 기술성장을 뜻한다. 하지만 최근에는 무어의 법칙이 더 이상 성립하기 힘든 상황이 되었다. 그 이유는 반도체 공정에서 주로 사용하는 photolithography 방법이 더 이상은 기술적 발전으로는 극복하기 힘든 한계에 부딪혔기 때문이다. lithography 기술이 어떻게 발전되었는지 간단하게 알아보도록 하자. Photolithography가 어떤 것인지에 대한 설명은 News letter 5월호에 나와 있다.

Photolithography는 빛을 이용하여 패턴을 만드는 기술이다. 이때 이 패턴의 정밀도는 레일리 방정식에 따라 $R=k_1\lambda/NA$ 이다. 여기서 NA는 numerical aperture의 약자로, 사용되는 렌즈를 투과하여 나온 광선이 대상에 입사하는 각도를 θ 라 할 때, $\sin \theta$ 를 뜻한다. k_1 은 NA와 빛의 파장이외의 변수들을 뜻하고 유의미한 수준의 개선이 힘들다. 위 식에서 R이 작을수록 정밀한 패턴을 할 수 있다는 의미가 되는데, 이를 위해서는 NA값을 키우거나, 빛의 파장을 줄여야 한다. NA값을 키우기 위해서는 렌즈의 크기를 키우는 것이 거의 유일한 방법이라 볼 수 있는데 이 방법은 렌즈의 크기를 키우는 것이 쉽지 않고 렌즈의 크기가 커질수록 패턴의 초점심도가 줄어들기 때문에 많은 효과를 기대하기 힘들다. 따라서 사용되는 빛의 파장을 줄이는 것이 초점심도를 덜 낮추면서 해상도를 높일 수 있는 가장 좋은 방법이라 할 수 있다.

이와는 별개로, 격자나 빛의 입사각을 조절하여 회절에 변화를 주거나 위상변화를 이용하여 해상도를 높이는 방법도 개발되었다. 위상변화의 방법은 여러가지가 있지만 기본적인 원리는 빛의 파장을 지연시키거나 앞당겨 기존 빛과 180° 다른 위상을 가지게 하여 회절된 빛들을 상쇄시키거나 기판에 식각되지 않도록 만드는 방법이다.

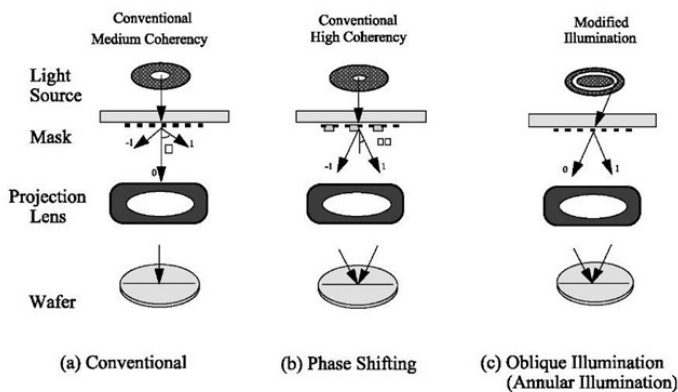


그림 1. Photolithography의 해상도를 높이는 방법

빛을 이용한 방법에는 빛의 회절현상과 파장 크기 때문에 한계가 있어 다른 방법도 개발이 되었는데, 또 다른 방법으로

는 electron beam lithography가 있다. 이 방법은 빛 대신에 전자빔을 이용한 lithography 기술이기 때문에 광자의 특성에 해당하는 회절이나 파장과 같은 한계에서 더 나은 수치를 보일 수 있어 패턴에서 보다 높은 정확도를 보여준다. 하지만 이 방법은 패턴링 속도가 느려 대량생산에 적합하지 못하다는 단점이 존재한다. 현재는 이러한 단점을 보완하기 위하여 병렬식 생산방법들이 개발되고 있다.

또 다른 패턴링 방식으로는 X선을 이용한 Proximity X-ray lithography이 있다. 이 방법은 mask를 기판 가까이 배치하고, X-ray를 노출시켜 패턴링을 하는 방법이다. 이때, 사용하는 X-ray는 약 17nm를 파장을 가져 photolithography나 e-beam lithography보다 높은 정확도를 가질 수 있지만, 패턴링에 사용되는 mask가 e-beam을 이용하여 만들기 때문에 최종 패턴은 e-beam의 해상도를 따르게 된다.

최근에는 X-ray보다 파장이 작은 EUV를 이용하여 lithography를 하는 방법도 사용되고 있다. EUV는 Extreme ultraviolet의 약자로, 11~13nm의 파장을 가진다. 파장이 매우 작아 정밀한 패턴링이 가능하지만, EUV는 빛의 흡수가 심해 렌즈 기반의 광학적 방법은 사용할 수 없다. 따라서 거울을 사용한 반사 광학만을 이용해야 하는데, 일반적인 거울 표면은 사용할 수 없고 multilayer structure(다층구조)로 된 거울을 이용해야 한다. 현재 기술로는 13nm 파장에서 반사율이 6~70% 정도이다. 이 방법은 앞으로 EUV광원에 대한 연구도 더 진행되어야 하고, 거울의 정밀도를 높이는 기술 또한 향상되어야 더 높은 정밀도를 가진 패턴을 만들 수 있을 것이다.

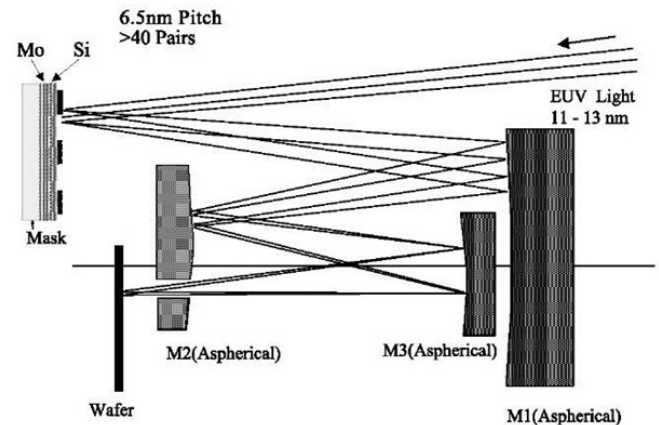


그림 2. EUV를 사용한 lithography 모식도

이 외에도 다른 lithography 방법으로 이온 빔을 사용하는 IPL 방식, 스탬프를 만들어 찍어내는 nanoimprint lithography, 소실광을 사용하여 프린팅하는 near-field optical lithography 등 패턴 정밀도와 경제성을 높이기 위한 연구는 현재 진행형이다. Nanosize는 미시세계와 거시세계의 사이에 있는 size인 만큼 nanosize의 물질들을 만들고 제어하는 기술은 더욱 중요해질 것이다. 앞으로의 디지털 기기들의 발전은 패턴링 기술에 달려있다고 봐도 무방할 만큼 중요한 기술이고 다양한 방법을 고려하여 최대한 경제적으로 공정화하는 것이 발전의 열쇠라고 할 수 있겠다.

참고: Takashi Ho, Nanolithography: Length-Scale Limitations. 2004

플라즈마를 이용하여 만든 display 세상

박하민(18 학번)

PDP 란 ‘플라즈마 디스플레이 패널’의 약어로서 두 장의 유리 기판 사이에 플라즈마를 형성시켜서 빛으로 변환시키는 디지털 디스플레이 장치이다. PDP 가 대면적 디스플레이에 유리한 특성을 가지는 이유는 첫째, 발광원리 측면에서 PDP 는 각각의 셀 내부에서 미소 플라즈마 방전을 일으키는 방식으로 셀의 개수가 늘어나더라도 체인 특성의 균일도가 확보된다는 점을 들 수 있다. 둘째, PDP 는 플라즈마 방에 필요한 공간을 확보하기 하여 셀 내부의 단면을 크게 형성해야 하므로 이와 관련된 셀 구성요소의 두께도 마이크로미터 이상의 두께로 구성되므로 대면적에서 균일도를 확보하기에 유리하다. 디스플레이에 사용되는 플라즈마는 어떠한 공정기술을 거쳐 만들게 된 것일까?



그림 1. PDP 제조 공정

그림은 PDP 제조공정의 전체 프로세스를 나타낸 것이다. 상판과 하판을 각각 제작한 후에는 이를 조립하여 모듈화하는 공정으로 진행된다. 각각에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

상판 공정 상판은 가시광선이 투과되어 우리 눈에 전달되는 쪽이므로 상판을 구성하는 구성요소들은 투과율이 높은 재료로 구성되어야 한다. PDP 에 사용되는 유리는 고온에서 열변형이 적은 고왜점 유리(high strain point glass)를 사용하며 일본 아사히사의 제품인 PD-200 을 사용하는 회사가 대부분이다. 상판 유리 위에는 스퍼터링법으로 투명 전도층인 ITO(인듐, 주석 산화물)를 코팅하는 것이 일반적이다. 일반적으로 전기전도도가 좋은 물질은 불투명한 특성을 가지고 있는데 비하여 ITO 는 투명한 특성을 가지고 있으면서도 전기 전도 특성이 양호하므로 대부분의 전자 디스플레이는 ITO 전극을 사용하고 있다. ITO 코팅막을 식각하여 필요한 형태의 전극으로 만드는 방법은 일반적인 포토리소그래피 공정을 이용한다. 포토리소그래피란 빛을 받으면 구조가 변하는 감광성 물질을 이용하여 미세한 패턴을 형성하는 방법으로서 PDP 의 경우에는 DFR 이라는 필름 형태의 감광성 물질을 마스크로 사용하여 산으로 화학적 식각하는 방법을 사용한다.

ITO 전극을 형성한 이후에는 BUS 전극을 형성한다. BUS 전극은 전기 신호를 단시간에 전체 전극 라인에 공급하기 위한 목적을 가지므로 전기 전도도가 아주 좋은 은(Ag)을 사용하는 것이 일반적이다. BUS 전극을 제작하는 방법으로는 후막공정을 사용한다. 후막 공정에서 가장 기본이 되는 것은 페이스트 (paste)라고 부르는

재료이다. 페이스트란 우리가 필요로 하는 금속 혹은 세라믹 분말을 용제와 바인더에 혼합하여 치약과 같은 상태로 만든 것으로서 이를 인쇄 등의 방법으로 유리 기판 위에 고르게 도포하게 된다. 도포막은 80~120 °C 에서 건조하여 용제를 증발시키며 건조막 상태에서 포토리소그래피 공정을 이용하여 원하는 전극 형상으로 식각하고 이어서 500~600 °C 로 소성하여 바인더를 태우고 막을 치밀하게 고착시킨다.

BUS 전극을 형성한 이후에는 블랙스트라이프를 형성하는데 이는 PDP 패널의 명암비를 높이기 위하여 BUS 전극 사이의 비발광 영역에 흑화도가 높은 재료를 채워 넣어주는 공정이다. 블랙스트라이프는 선폭이 수백 미크론인 형태의 것으로 원하는 형태의 패턴이 형성되어 있는 인쇄 마스크를 사용하여 인쇄하는 방법을 사용하거나 포토리소그래피 방법을 사용하여 형성한다. 블랙스트라이프 이후에는 투명유전층을 코팅하게 된다. 투명유전층의 역할은 표면에 벽전하를 형성하고 BUS 전극을 보호하는 역할 등을 수행하므로 투명유전층의 내부 구조는 치밀하고 기포, 이물 등이 없어야 하며 두께 가 30~60 μm 인 것을 필요로 한다. 따라서 투명유전층을 형성하는 방법으로는 인쇄를 여러번 반복하거나 슬릿코터를 이용하여 한 번에 코팅하는 방법 등을 사용하는데 기포와 이물이 없는 막을 만들기 위해서는 페이스트의 제조 및 관리에서부터 시작하여 공정의 클린도 유지가 중요하며 또한 열처리 온도 및 시간을 적절하게 설정하여 기포의 크기를 관리하는 것도 중요한 항목이 된다.

마지막으로 MgO 보호막을 코팅하게 되는데 MgO 막을 코팅하는 방법으로는 진공 증착법을 사용한다. 이는 MgO 소스의 표면을 가속 전자로 가열하여 증발시키는 방법으로서 MgO 막두께를 균일하게 형성하고 성분비를 일정하게 유지하기 위해서는 챔버 내부의 구조를 적절하게 설계하는 것이 중요하다. 증착된 MgO 막은 수분을 흡수하는 성질이 있으므로 가능하면 바로 하판과 조립해야 하며 부득이하게 클린룸 내에서 방치해야 하는 경우에는 습기가 제거된 환경에서 보관해야 한다.

다음 하판 공정에서 address 전극과 하판 유전체를 형성하는 공정은 상판에서 BUS 전극과 투명 유전체를 형성하는 공정과 대동소이하다. 이후에는 격벽을 형성하게 되는데 격벽은 PDP 제조 프로세스에 있어서 가장 공정이 복잡하고 오랜 시간을 소요하는 공정으로서 제작 방법에 있어서도 회사마다 서로 다른 방법을 사용하고 있다. 최초로 사용되었던 직접 인쇄를 통해 100~150 μm 두께가 얻어지도록 여러번 반복하여 인쇄하는 방식부터, 고압의 샌드 파우더를 이용하여 물리적으로 식각하는 방식인 샌드 블라스팅 공법, 화학적으로 식각하는 화학적 에칭공법, 감광성 격벽 페이스트를 이용하는 공법 등이 사용되어 왔다. PDP 에서 사용하는 격벽은 높이가 100~150 μm 로 상당히 높지만 미세한 셀피치를 위해서는 폭을 50~100 μm 이내로 제작해야 하므로 난이도가 높은 공정으로 볼 수 있다. 이후에는 R, G, B 형광체를 순서대로 격벽 사이의 공간에 도포하는데 과거에는 인쇄방식을 주로 사용해 왔으나 최근에는 미세한 노즐을 이용하는 디스펜서 방식 등을 생산에 적용하고 있다. 형광체를 형성한 이후에는 상판과 하판을 결합하기 위한 실링 프리트 재료를 노즐을 이용하여 하판의 외곽 부위에 라인 형태로 도포한다.

마지막으로 모듈공정이란 앞에서 제작한 상판과 하판을 결합하여 독립된 패널의 형태로 만드는 공정이다. PDP 는 내부에 방전가스를 채워 넣어서 플라즈마 방전을 일으키는 원리를 사용하므로 상판과 하판을 결합하는 실링 공정은 완벽한 실링을 보장할 수 있도록 400~500°C 의 고온에서 실링 프리트 재료를 소결하는 방식을 사용한다. 이때 배기관도 동일한 실링 프리트 재료를 이용하여 고정시킨다. 이후에는 내부의 불순가스를 용이하게 제거할 수 있도록 고온에서 가열 배기하며 배기가 완료된 이후에는 배기관을 도치로 가열하여 밀봉한다. 이와 같이 제작된 PDP 패널은 에이징을 통하여 전기적인 특성을 안정화하며 점등검사를 통하여 특성검사를 마치고 나서 양품인 패널에 한하여 회로부품과 결합하여 제품화한다.

참고: 물리학과첨단기술 September 2007 PDP 공정기술및최근동향 문철희