



# 윈도우 일체형 대면적 터치스크린패널



정우석 책임연구원 (한국전자통신연구원 융합부품소재연구부 차세대디스플레이연구단)



## 1. 서론

최근 정보 입출력 기기 분야에서 디스플레이 이 패널의 직접 입력장치인 터치스크린패널 (Touch screen panel, TSP)은 가장 뜨겁게 성장하고 있는 산업 분야일 것이다. 특히, 중/소형 모바일 기기의 스마트화 열풍에 터치패널 기술이 기여한 부분이 적지 않을 것이다. 터치 기술 분야는 그림 1과 같이 투명전극의 사용 여부에 따라 크게 두 분야로 나뉠 수 있다. 투명전극을 사용하는 경우, 전극 패턴화가 필요 없는 기술과 필요한 기술로 나뉠 수 있는데, 아날로그 저항막방식 터치기술과 표면정전용량방식 기술은 전극 패턴화가 필요 없으나, 정

전용량방식 터치기술 (Pro-cap 방식, On-cell / In-cell 방식)과 아날로그 멀티터치 저항막 터치기술은 전극 패턴화가 필요하다. 반면, 투명전극을 사용하지 않는 터치기술 중에 대표적인 것은 적외선 방식과 표면탄성과 방식이 있으나, 상대적으로 시장에서 차지하는 비중이 낮은 편이다.

2007년 애플의 아이폰 출시 이후 정전용량 방식 TSP는 스마트폰, 태블릿 PC를 바탕으로 전체 터치시장을 주도하게 되었다. 그 결정적 이유는 정전용량방식 터치기술이 경쟁기술인 저항막방식에 비해 높은 투과도, 빠른 반응속도, 멀티 터치 구현 가능 등으로 사용자의 감성을 효과적으로 반영할 수 있었기 때문이었다. 그림 2는 2010도에 전체 터치시장 규모를

분석한 자료로써, 2009년도 이후, 정전용량 방식의 터치기술은 전체시장의 과반수를 넘기 시작하였음을 알 수 있다. 전체시장규모는 2016년까지 매년 10% 이상 지속적인 성장이 예상된다. On-cell/In-cell type 정전용량 방식 터치패널까지 포함시킨다면, 향후 정전용량방식 TSP는 전체

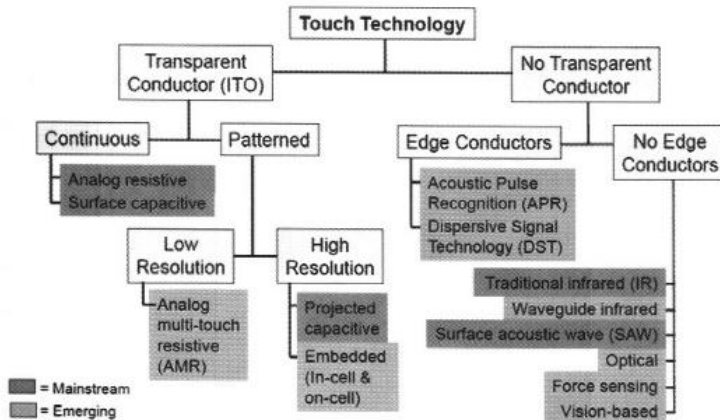


그림 1. 터치기술 분야 [1].

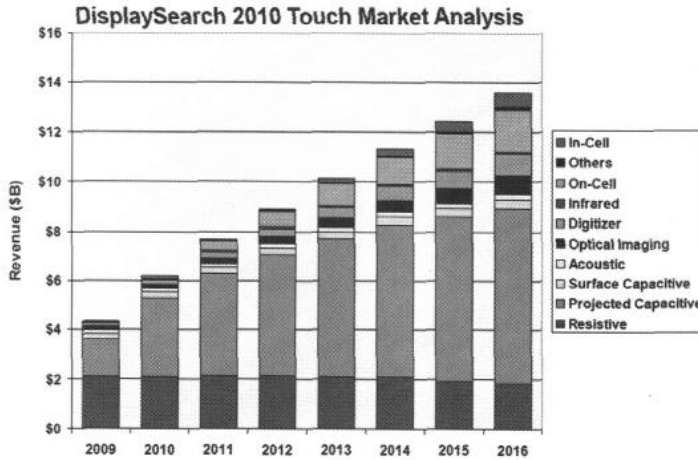


그림 2. 터치시장 규모 [2].

터치시장의 70~80%에 육박할 것으로 예측된다. 이와 같은 시장의 확대와 사용자의 요구에 따른 터치 패널의 대면적화는 향후 정전용량방식 TSP 기술개발에서 중요한 부분을 차지할 것으로 예측된다.

본고에서는 스마트폰과 태블릿 PC 이후에 대면적 디스플레이에 적용될 수 있는 정전용량방식 TSP 기술 중에, 한국전자통신연구원 주도적으로 개발하고 있는 윈도우 일체형 대면적 TSP 기술에 대해 개략적으로 소개하고자 한다.

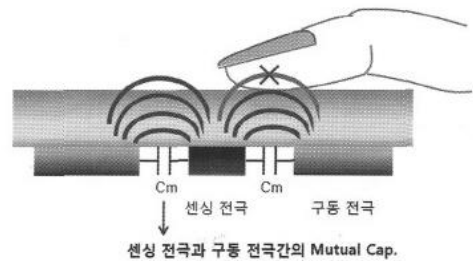
## 2. 정전용량방식 TSP 기술

정전용량방식 TSP는 멀티 터치 구현을 위해 일반적으로 2개의 투명전극을 사용한다. 최근, 일부 스마트폰용 소형 TSP에 One-layer 멀티터치 기술이 개발되고 있으나, 대부분의 중/소형 TSP는 그림 3과 같은 2개의 전극을 사용하고, 전극 사이에서 발생하는 Mutual capacitance의 Cap 변화에 따른 Voltage 변화로 센싱전극 신호의 변화를 Digital값으로 변환하고 이를 이용하여 접촉된 곳의 입력 좌표를 결정하는 방식을 채택

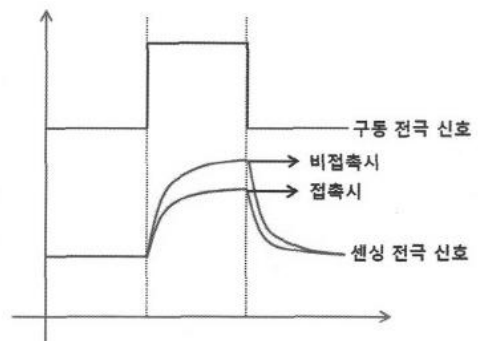
하고 있다.

On-cell / In-cell type 이외의 정전용량 방식 TSP 구조는 그림 4에서 나타나 있듯이, 초기에는 윈도우 글라스 (강화유리) 와 2장의 ITO (Indium tin oxide) 전극 필름을 사용하는 GFF 형태가 대부분이었는데, 장점으로 제조방법이 간단하고 높은 수율을 확보할 수 있었다. G1F는 윈도우 위에 투

명전극 패턴을 형성하고, 이후 1장의 투명전극 필름을 사용하는 것이고, G2 방식은 윈도우 글라스 위에 투명전극 패터닝 후에 절연막을 올리고, 다시 투명전극 형성과 패터닝



(a)



(b)

그림 3. 정전용량방식 TSP의 센싱 전극 신호 추출.

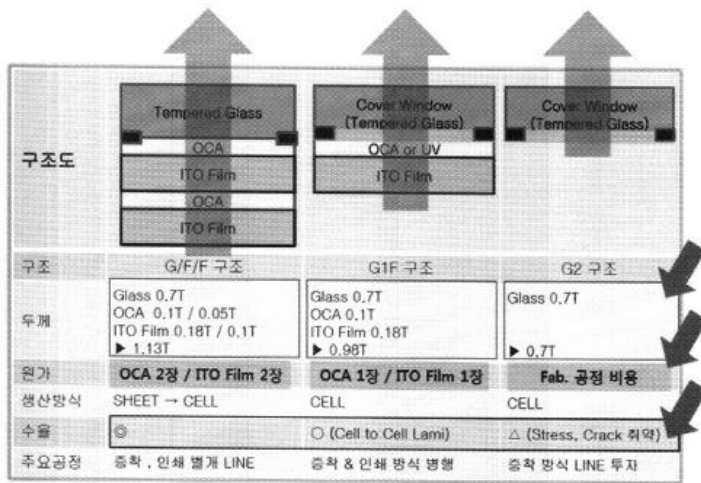


그림 4. 정전용량방식 TSP 구조 (Add-on type) [3].

을 하는 구조이다. 그런데, 현재 정전용량방식 TSP 기술은 GFF 구조에서 G1F나 G2 방식으로 빠르게 전환되고 있는 추세이다. ITO 전극 필름 가격이 높은 부분도 있지만, 전극 필름을 사용함에 따른 TSP 투과율 저하 때문이다. 그렇지만, 현재 일부 TSP 모듈 제조업체들은 G2 방식의 Fab 공정에 초기 투자비용 부담을 안고 있거나, 터치패널의 수율 확보에 문제가 있어, 양산화에 어려움을 겪고 있다.

### 3. 윈도우 일체형 대면적 TSP 개발

G2 방식은 윈도우 일체형 TSP를 의미한다. G2 방식 대면적 TSP 개발을 위해서는 투명전극 기술, 절연막 제조기술, 시인성 확보 기술, 금속 전극 제조 기술 등이 필요하나, 여기에서 가장 중요한 부분은 고투과 저저항 투명전극 기술 개발이

다. 그림 5는 대면적화에 따른 투명전극의 면저항 수준을 설명하고 있다. 즉, 센싱전극에 존재하는 기생갭(Parasitic cap.) Cp와 저항(R)에 의해 결정되는 시정수(Time Constant)가 구동전극에 입력되는 Pulse의 주파수를 제한하고, Cp와 R은 전극의 길이에 비례하는 관계가 있으므로, 만약 동일 주파수(감도)를

사용할 경우 30인치 TSP는 10인치 TSP에 비해 1/9의 면저항이 필요하다. 저저항 투명전극의 다른 장점은 전극의 시정수가 작아지므로 구동신호의 주파수를 높일 수 있어, 구동 신호의 주파수가 Noise 신호보다 충분히 높을 경우 샘플링하는 시점의 Data는 소신호 모델로 처리되어 Noise를 제거할 수 있는 것이다.

G2방식은 화학적 강화유리인 Cover glass (Window) 위에 직접 제작되는 TSP이다. 그런데, 강화유리 위에 형성된 ITO 전극은 공정(열처리) 온도에 제약을 받는다. 그림 6에서처럼, 열처리에 따라 ITO 박막은 결정성이 좋아지므로 저항이 감소해야 하나, 강화유리 위에 형성된 ITO 것은 온도가 150도

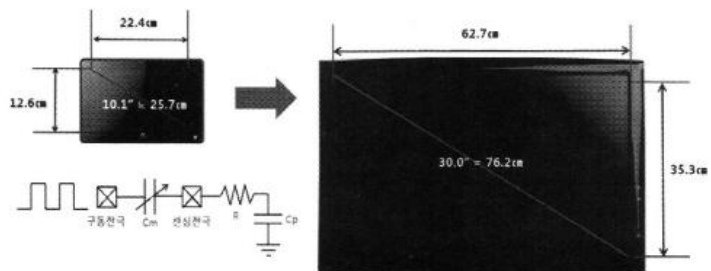


그림 5. TSP 크기 변화에 따른 투명전극 면저항 감소 (면적 증가와 반비례 관계를 보임).



이상에서 오히려 면저항이 높아진다. 이것은 화학적 강화로 Na 이온과 치환된 K이온이 용출되어 ITO 박막 특성을 열화시켰기 때문이다.

강화유리를 200도 이상의 고온에 장시간 노출시킬 경우는 ITO 박막의 저항 특성 열화뿐만 아니라, 화학강화유리의 강도도 함께 떨어지게 된다. 그림 7에 나타난 것처럼 기판온도 상승, 후열처리 진행이 제한되는 경우 고품위 ITO 전극을 확보할 수 있는 방법은 고결정성 소재, 플라즈마 표면처리, Buffer층 도입, 새로운 증착법 등이 있다. 초박막 ITO를 결정화시킬 경우, 동일한 ITO 박막 두께에서 비저항을 낮출 수 있어 G2 형태의 대면적 TSP 적용에 유리할 수 있다.

한국전자통신연구원에서는 200도 이하의 저온에서 고투과 저저항 ITO 박막을 확보할 수 있는 새로운 개념의 저온 ITO 공정용 IPVD (Ionized physical vapor deposition) 장치를 개발하였다. IPVD는 기존의 PVD (Sputter) 증착에서 기상의 플라즈마 밀도를 높여주어 증착되는 입자를 활성화시켜주는 방법을 적용시킨 증착기다. 높은 플라즈마 밀도로 인해, 이온, 전자, 열 효과 등으로 증착 입자가 활성화되어 결정성이 좋은 박막을 얻을 수 있고, 박막의 이동도 증가로 인한 저저항 박막의 구현이 가능하고, 입자의 높은 반응성으로 치밀한 성막이 가능하다. 그림 8에 보인 대면적 다층 IPVD 증착기는 2012년에 개발된 박막 증착 장비로 ITO 성막, 절연막 공정, 전극 공정 및 Hybrid 전극 공정도 가능하게 설계되었으며, 30인치급 윈도우 일체형 TSP까지 제조할 수 있다.

대면적 다층 IPVD 증착기를 이용하여 투과도 90% 면저항 80 ohm/sq의 ITO 박막을 성막하였고, 그림 9와 같은 15인치 TSP 제작하였다. 그런데 ITO 전극 특성 및 강화유리 임계온도를 감안하고, 투과도 89~90%를 유지시키는 조건에서 윈도우 일체형 TSP 개발에

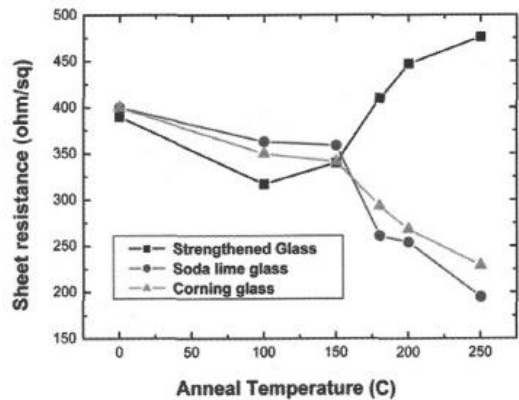


그림 6. 열처리 온도에 따른 ITO 면저항 변화.

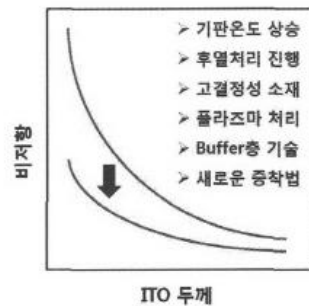


그림 7. 고품위 ITO 전극 형성 방법.

서 ITO 전극을 적용할 경우 얻을 수 있는 최대 TSP Size는 15 ~ 20인치 정도일 것으로 예측된다.

30인치급 이상 대면적 정전용량방식 TSP를 개발하기 위해서는 계산상으로 면저항이 10 ohm/sq 내외로 낮춰야 할 것이다. 표 1에서와 같은 ITO 대체 전극들은 ITO 보다 투과도나 저항 측면에서 뛰어나지 않다. 최근 관심 받고 있는 CNT나 Graphene 같은 소재는 저저항 특성 보다는 플렉시블한 특성으로 인해 소형 플렉시블 TSP나 저가형 TSP에 응용이 예상된다.

고투과 저저항 투명전극을 형성시킬 수 있는 방법은 크게 3가지가 있을 것이다. 첫째는 메탈 메쉬 (Metal mesh) 방법이 있다. 메탈 메쉬 패턴은 Embedded 형태 또는 실버

페이스트를 이용한 형태가 가능할 것이다. 그러나 단조로운 패턴 형상에서 나오는 모アレ 현상을 해결해야 하는 문제가 있다. 둘째는 실버나노와이어 (Silver nanowire)를 활용한 투명전극 형성 방법이고, 세 번째는 하

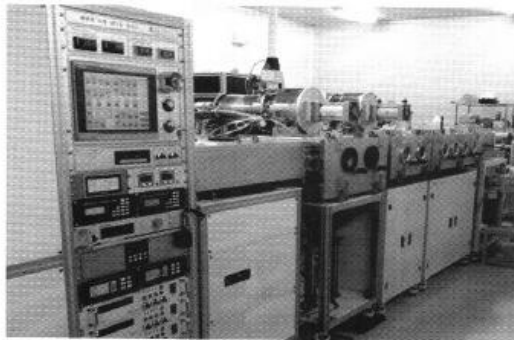


그림 8. 대면적 다층 IPVD 증착기 (한국전자통신연구원 개발).



그림 9. 15인치급 윈도우 일체형 TSP (한국전자통신연구원 개발).

표 1. ITO 대체 전극들.

Type	Existing ITO film	Coated ITO	CNT	Graphene	Conductive Polymer (PEDOT-PSS)	Ag wire ink	
Product							
Manufacturer	MITI DENKO	TDK	Unidym	R&D	AGFA HC Starck	CAMBRIDGE	
Sheet resistance	360 Ω/□	700 Ω/□	200 Ω/□	R&D	460 Ω/□	260 Ω/□	
Optical Properties	Transmittance (no reflection or absorption film)	88%	88%	88%	R&D	92%	80%
	Color	Slightly yellow or brown	Almost colorless	Slightly gray	Slightly gray	Slightly blue	Almost colorless
Durability	Bending	Inferior	Superior	Superior	Superior	Superior	Superior
	Environmental	Superior	Superior	Superior	Superior	Superior	Superior
Freedom of base material selection (compared to ITO)	-	Superior	Superior	Superior	Superior	Superior	
Manufacturing process	High-temperature Vacuum (sputtering)	Coating and transfer	Coating, Printing, etc	Coating, Printing, etc	Coating, Printing, etc	Coating, Printing, etc (Roll-to-Roll)	
Commercialization date	In volume production	Commercial, in use by touch Panel Manufacturers	Sample-making	Sample-making	Sample-making	Commercial, to be used by touch Panel Manufacturers	

\* Source : Transparent Electrode Materials Replacing ITO, Nikkel Electronics Asia

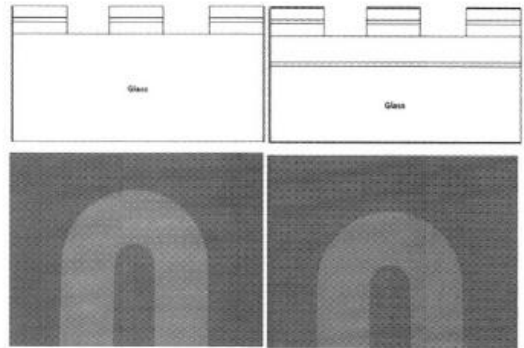


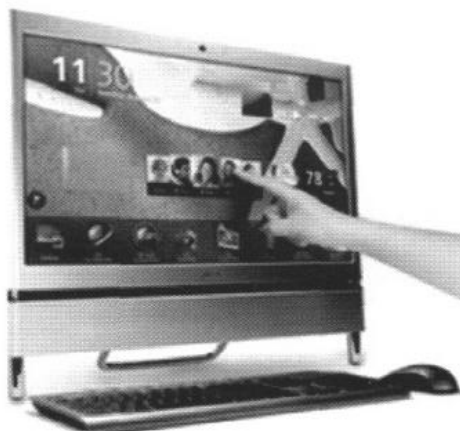
그림 10. 패턴링된 하이브리드 전극 형태 (오른쪽은 Buffer 층이 있는 경우).

이브리드 전극 형태이다. 한국전자통신연구원에서는 하이브리드 전극 개발을 OMO (Oxide/metal/oxide) 구조를 적용하여 개발하고 있는데, 중간 Metal 층은 Ag를 적용하였다. 하이브리드 전극 개발에서는 두께가 균일한 박막이 기본이고, 투과도를 최적화시킬 수 있는 구조 및 안정적인 패턴링 기술 확보가 중요하다. 그림 10에서는 Buffer 층 유무에 따른 하이브리드 전극의 패턴링 결과를 보여주고 있다.

#### 4. 윈도우 일체형 대면적 TSP 기술 응용

윈도우 일체형으로 대면적 (30인치 이상) TSP 기술이 개발되면, 크게 3가지로 제품 개발에 응용될 수 있을 것이다. 첫째는 멀티터치 대면적 디스플레이 제품으로 그림 11에 나타난 All-in-One PC, Table PC, DID (Digital information display), 교육용 칩





(a)



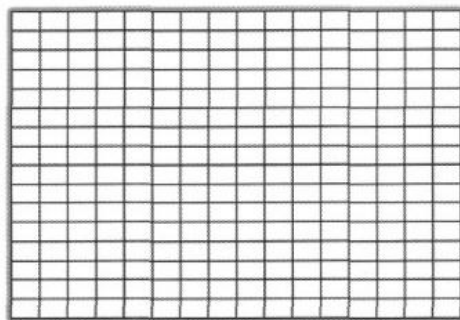
(b)

그림 11. 윈도우 일체형 대면적 TSP 제품 응용 (All-in-One PC 및 Table PC).

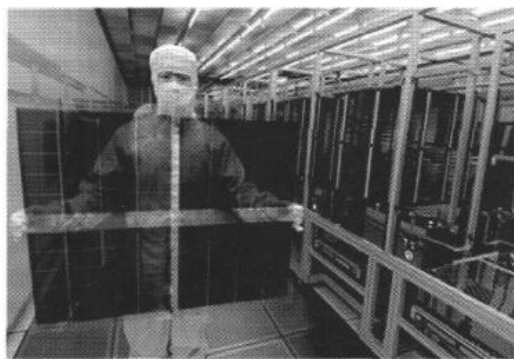
판 등에 적용될 수 있고, 이를 위해 일체형 TSP 저온공정기술, 고투과 저저항 전극기술, 고감도 대면적 터치칩기술 등이 개발되어야 한다.

두 번째는 그림 12와 같이 중/소형 TSP 양산기술에 응용될 수 있는 것이다. 기존의 LCD 디스플레이 라인을 활용할 경우, 초기 투자비용 및 TSP 패널 생산성을 크게 높일 수 있을 것이다. 여기에는 일체형 TSP 저온공정기술과 대면적 강화유리 제조기술 및 강화유리 가공기술이 필요하다.

세 번째는 그림 13과 같이 윈도우 일체형 플라스틱 TSP 개발에 응용되는 것이다. 온



(a)



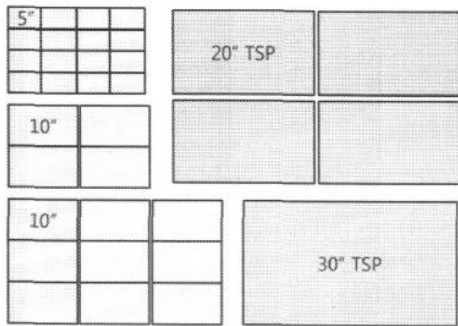
(b)

그림 12. 중/소형 TSP 양산기술 (대면적 강화유리 적용).

도에 의한 변형 가능성이 높으므로 플라스틱 TSP 개발에 있어서는 저온공정기술이 필수적일 것이다. 이와 함께 고경도 커버 플라스틱 제조기술 및 고내구성 소재기술 개발이 요구된다.

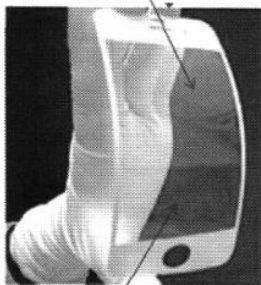
## 5. 결론

윈도우 일체형 TSP 제조기술은 투과도 상승에 따른 전력소비 감소 및 TSP 소재 원가 절감 차원에서 친환경 제조기술이다. 강화유리 및 고경도 플라스틱 윈도우 사용을 위해 투명전극 공정의 저온화와 TSP 대면적화를 위한 저저항 고투과 투명전극기술 개발은 반드시 확보해야 하는 기술이다. TSP처럼 소



(a)

표면경도 >6H, 투과도 90%



면저항 100 Ω/□, ΔR < 1.0%

(b)

그림 13. 윈도우 일체형 플라스틱 TSP 기술.

재기술이 디바이스의 완성도 및 특성 향상에 절대적으로 영향을 미치는 기기는 없을 것이다. 본고에서는 저온 저저항 투명전극 공정을 중심으로 고찰하였지만, 이 밖에 시인성 확보를 위한 TSP 구조 설계기술, 저온 공정용 절연막 소재 기술, 고감도 대면적 멀티터치 IC 칩기술, 대면적 슬립 강화유리 제조기술 등이 함께 개발되어야 할 것이다. 이러한 기술적 토대 위에 윈도우 일체형 대면적 TSP 원천기술 개발은 30인치 이상 대면적 TSP 제품화, 중/소형 TSP 양산화기술, 및 윈도우 일체형 플라스틱 TSP로 응용으로 큰 파급 효과를 보여줄 것이다.

## 참고 문헌

- [1] G. Walker, SID's "Short Course - S4 : Fundamentals of Touch Technologies and Applications" (2010)
- [2] DisplaySearch's "Touch-Panel Market Analysis 2010 Annual Report" (2010)
- [3] 윤호영, TSP 사업 기술개발이슈 및 시장분석 세미나자료 "정전용량 TSP 설계 Process 최적화 방안" (2011)

## 저자약력



성명 : 정우석

◆ 학력

• 1992년

연세대학교 공과대학

금속공학과 공학사

• 1994년

KAIST 재료공학과 공학석사

• 1998년

KAIST 재료공학과 공학박사

◆ 경력

• 1998년 - 2011년

하이닉스반도체 메모리연구소

선임연구원

• 2002년 - 현재

한국전자통신연구원

융합부품소재연구부문

차세대디스플레이연구단

책임연구원

• 2011년 - 현재

과학기술연합대학원대학교

차세대소자공학과 교수

