

# 전자섬유 소개 및 기술 개발 동향

## Electronic and Smart Textiles

박성규<sup>1</sup> · 김원근<sup>2</sup> | Sung Kyu Park · Won Keun Kim

<sup>1</sup>School of Electronics and Electrical Engineering, Chung-Ang University  
221, Heukseok-dong, Dongjak-gu, Seoul 156-756, Korea

<sup>2</sup>Flexible Display Research Center, Korea Electronics Technology Institute  
Yatop-dong, Seoungnam-Si, Gyeonggi 463-816, Korea  
E-mail: skpark@cau.ac.kr

### 1. 서론

정부의 섬유패션산업 발전목표에 따르면 2000년에 섬유패션산업을 국가 핵심 기간산업으로 정하였고 2015년까지 섬유수출 169억 불을 달성하여 세계 4위의 수출 강국으로 부상하고 2020년에는 패션문화 강국으로 발돋움한다는 목표를 세웠다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 무엇보다 차별화된 제품개발을 위한 R&D 투자가 중요하며 국제적인 기술개발 동향에 맞추어, 연구개발 강화에 노력을 해야 한다. 섬유는 가장 일반적인 휴먼 인터페이스이며, 하루 종일 옷, 침대, 벽, 실내 장식 그리고 바닥재 등과 같이 매일 인체와 접촉하는 표면의 70% 이상이 섬유 혹은 섬유소재를 이용한 기타 제품군으로 이루어져 있다. 섬유 제품은 유연하고, 편안하면서 소비자 지향의 특징을 가지며 신축성이 있고 편안하며 넓은 표면에 적용할 수 있는 장점이 있다. 따라서 이러한 섬유기반의 소재 및 구조체에 향후 도래 할 수 있는 능동형 전자 섬유 소재 및 소자/시스템 기술을 접목시킬 수 있다면 보다 효율적이며 친환경/친인간적인 전자섬유(e-Textile)를 선보일 수 있을 뿐 아니라 현재 flexible electronics/displays 분야에서 가장 문제점으로 지적되어온 휨 등의 발생 시 야기되는 기계적인 특성 향상에 획기적인 기술적 전환점을 가져 올 수 있어 flexible electronics/displays 및 전자섬유 분야에서의 기술적인 전환점을 이끌어 낼 수 있으리라 생각 되어져 왔다.

특히, 근래 들어 독립적으로 존재하는 기술들을 결합하여 새로운 형태의 기술을 창조하는 융합기술(fusion technology)이 주목받고 있다. 섬유 산업에서도 2000년대 들어 기존의 방직, 방직 산업을 전자 산업이나 광 산업과 연계하여 새로운 기술 분야를 창출하려는 시도가 계속 이어지고 있다. 특히 바이오센서(biosensor)를 의복에 내재화 시키거나 LED(light emitting diode), EL(electroluminescence) 등의 광원 또는 디스플레이 소자를 섬유 기술과 접목시켜 의류와 일체화하는 smart textile 관련 기술들이 많이 보고되고 있다. 센서나 광원이 내재된 smart textile은 특수산업용(고위험군 직종) 의류나 군사용 의류, 패션 제품, 그리고 스포츠 용품 등에 적용이 가능하며, 특히 빛을 발광하거나 전달하는 기능을 갖는 lighting textile 또는 photonic textile은 조명

Author



**박성규**

1995 경희대학교 전자공학과 (학사)  
2007 Penn State Univ. 전기공학과 (박사)  
1997-2003 전자부품연구원  
플렉서블디스플레이연구센터  
선임연구원  
2007-2008 Eastman Kodak, Device  
Research Center 선임연구원  
2009-2011 전북대학교  
유기소재파이버공학과 조교수  
2011-현재 중앙대학교 전자전기공학부  
부교수



**김원근**

1986 고려대학교 금속공학과 (학사)  
1989-1994 삼성전자 LCD 사업부 근무  
1996-현재 전자부품연구원  
플렉서블디스플레이연구센터  
수석연구원

표 1. 전자 섬유 및 의류 기술의 분류

기술영역	기 술	
전기전도성 소재	섬유	금속과 섬유를 결합시킨 혼합용융방사, 전도성/비전도성 물질의 심초구조 복합섬유, 전도성 물질로 섬유피막형성
	원사	금, 은, 알미늄 등 금속으로 피복사 제작, 고분자 용액에 전자칩 결합 후 필름사 제조
	원단	일반사와 금속사 이용한 제직/제편, 엠브로이더리, 금속사 자수, 전도성 잉크 프린팅
광섬유소재	제직, 제편, 광섬유 클래드 에칭 기법에 의한 빛의 창출, 광섬유 제직으로 형성된 클래딩 굴곡부를 통한 빛의 방출	
IT디바이스	연성 PCB, MEMS 센서, NEMS 센서, 나노 발광형 디스플레이, 나노배터리	
인터커넥션	솔더링, 웰딩, 본딩, 와이어 본딩, 스냅, 엠브로이더링, 프린팅, 몰딩, 플랫케이블	

출처: 한국섬유개발연구원, 스마트 의류 및 최근 국내외 스마트 소재.

기능과 더불어 패션, 광고 분야에서도 응용이 가능한 기술이다. 또한 플렉서블 디스플레이는 LCD, OLED 등에 사용되는 유리 기판을 플라스틱 필름으로 대체하여 접고 펼 수 있는 유연성을 부여한 것으로 얇고 가벼울 뿐만 아니라 충격에도 강하며 휘거나 굽힐 수 있고 손쉽게 다양한 형태로 디스플레이를 만들 수 있다는 장점을 갖고 있다. 이러한 특성으로 휴대 기기에 먼저 적용이 예상되며 향후 대면적화 기술이 확보되면 노트북 컴퓨터, 모니터, TV 등 대부분의 디스플레이에 대체 적용이 가능해 IT산업 전반에 걸쳐 크게 확산 될 것으로 보인다. 특히 기존 유리 기판 기반의 디스플레이로는 적용이 제한적이거나 불가능했던 새로운 영역의 창출이 가능할 것으로 기대되고 있다.

디스플레이 기술의 패러다임 변화와 마찬가지로 좀 더 가볍고 유연하며 이동성이 강조되는 기술로 '입을 수 있는 컴퓨터'(wearable computer) 기술이 있다. 처음엔 공상과학 영화 속의 이야기 같았지만 최근 관련 기술이 많이 발전하면서 미래 유망기술로까지 부각되고 있다. 그렇지만 아직까지 컴퓨터 비슷한 기기를 소형화하여 몸에 걸치는 수준으로 진정한 의미의 wearable computer가 구현하려면 섬유에 각종 전자회로를 내장할 수 있는 단계로 기술이 발전되어야 한다. 그런데 최근 섬유와 IT기술의 융합이 가속화되면서 전기 신호를 전달할 수 있는 전도성이 매우 뛰어난 섬유 소재들이 개발되고, 이러한 섬유로 트랜지스터와 전자회로까지 구성할 수 있게 되었기 때문에 'wearable computer'의 가능성은 더 이상 꿈이 아닌 현실로 다가오고 있다. 이에 따라 본 원고에서는 인체 내장형 입는 컴퓨터이외에, bio 센서, 디스플레이의 미래와도 밀접한 관련이 있는 전자섬유의 기술개발 동향에 대하여 살펴보고자 한다.

전자 섬유는 1980년대, 초기 연구에서는 PC 제품의 분산 시스템의 일종인 웨어러블 컴퓨터의 개념에서부터 출발하여 1990년대 후반에 들어서 착용자 감성을 고려한 의복과 유사한 외관 및 착용감을 가지는 진일보한 방식으로 개발하려는 노력이 전개되었다. 이러한 초기의 노력은 기 완성된 전자제품 혹은 전자회로 및 센서를 의복에 내장하는 방식이 주를 이루었으나, 최근 미국 및 유럽등지에서 전선을 fiber에 프린팅하는 기술을 기반으로 하는 진일보한 방식의 전자 섬유 혹은 패브릭 전자제품에 관한 연구가 활발히 수행되어

지고 있다. 이러한 능동형 전자섬유는 전선을 fiber에 프린트하는 것으로 이 분야에는 유럽과 미국을 중심으로 전 세계적으로 150여 개 이상의 업체들이 있으며 많은 대학, 연구소 등이 국가적인 지원 하에 지속적인 연구를 수행하고 있다. 이러한 전자섬유 제품은 현재의 수준에서는 야외 활동에서 체온을 유지하고 동시에 건강을 모니터링하기 위해 신체 변화를 센싱하는데 주로 사용되어지고 있으며, 그 외에도 빛을 발광하는 티셔츠, 파티 패션의 조명과 디스플레이 그리고 휴대기거나 두루마리 키보드로도 활용하면서 재킷으로의 컨트롤도 가능한 수동형 전자섬유분야에 사용되어질 예정이다. 특히, RFID를 활용한 물류에 주목할 수 있는데, 실시간으로 위치를 파악하는 태그 배터리, 메쉬 네트워크 등에 액티브 RFID가 포함되어 있으며 플렉서블한 배터리를 통해 지속적인 에너지를 공급할 수 있는 다양한 종류의 전자섬유에 관한 연구가 수행 중이다.

2009년 11월 덴버에서 개최된 IDTechEx Energy Harvesting 회의에서 Dr. Stacy Burr의 발표에서 알 수 있듯이, 이러한 개념을 아디다스에서 이미 수행하고 있다고 발표했는데, 여기서 이전의 시장에 선보인 전자섬유 제품보다 훨씬 개선된 전자섬유 제품이 등장할 것이고 시장 규모 또한 코스트 다운에 힘입어 더욱 증가할 것이라고 예상하고 있다. 따라서 주요 브랜드 업체 및 유통 업체의 참여로 인해 매력적인 투자 분야이고 기술적으로도 도전할만한 분야라는 인식이 팽배해지고 있다. 특히 2008년 아디다스는 듀폰에서 분사한 전자섬유 전문 회사인 Textronics를 인수함으로써 전자 섬유 제품에 관한 시장장악력과 더불어 착용형 생체 모니터링 시스템 연구개발에 중점적인 미래 계획을 하고 있는 것으로 알려져 있다. 최근 아디다스의 뉴매트릭스라는 제품은 심장 박동을 점검하는 개념의 제품이고, 이러한 기술의 시장은 군사용에서부터 노인 보호용 그리고 스포츠까지 매우 다양할 것으로 전망하고 있으며 이는 신체를 건강하게 관리하면서 신체 정보를 간편하게 측정할 수 있도록 하는 것이 목표인 것으로 알려져 있다.

이에 따라 스마트 섬유는 미국과 유럽에서는 웨어러블 컴퓨터보다는 스마트 의류(smart clothing), 디지털 가먼트(digital garment), 디지털 의류(digital clothing), SFIT(smart fabrics and interactive textiles), 인텔리전트 웨어(intelligent

wear), 일렉트로 텍스타일(electronic textile, e-Textile) 등의 용어가 더 많이 사용되고 있고, 우리나라의 경우도 정부 차원에서 스마트 섬유가 미래 유망산업이 될 것으로 판단하고 국가 신성장 동력으로 육성하고 있다. 산업원천기술로드맵 섬유의류 분야를 보면 섬유 물질 자체에 관심을 갖고 생각하는 섬유(intelligent 섬유), 건강복지 섬유(LOHAS 섬유), 극한환경 섬유(super 섬유), 융합기능 섬유(6T 융합섬유) 등을 포함하여 스마트 섬유란 용어를 사용하고 있으며 의류패션소재, 생활용 섬유, 산업용 섬유 등 3대 분야 속에서 다양한 스마트 섬유를 개발하고 있다(그림 1).

스마트 섬유의 진화를 살펴보면 1980년대 초기엔 소형 컴

퓨팅 기기를 분리하여 옷에 넣거나 직접 착용하던 보조적인 수단에 지나지 않았지만 2000년대에 들어서면서 가젯(gadget) 형태의 디지털 기기를 옷에 장착(on-cloth)하는 단계를 거쳐 2030년경에는 디지털 기능을 완전히 내장(in-cloth)하는 단계까지 발전할 것으로 예상되고 있다(그림 2). 여기서는 이러한 스마트 섬유 중에서도 전기·전자 및 통신 등 IT 기술과 섬유 기술이 융합되어 차세대 첨단 섬유로 거듭나기 시작한 전자섬유 기술을 중심으로 lighting textile과 능동 전자소재들의 내장을 통한 차세대 전자기기 및 바이오센서 등의 응용에 대해 살펴보고자 한다.

Philips사의 fabric rug 아이디어는 앞으로 섬유와 IT 기



그림 1. 우리나라의 스마트 섬유.<sup>1</sup>

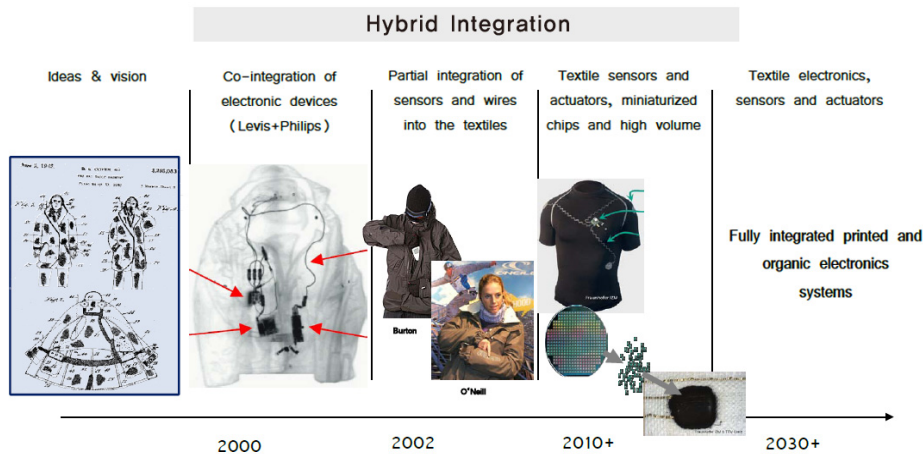


그림 2. Textile System의 진화.<sup>2</sup>

표 2. 국내 기업들의 특허출원

기술영역	출원업체	특허출원 명칭 및 내용	공개년도	
스포츠·레저	흡한속건	(구)선경인더스트리	이형단면사 제조용 방사 구급: 흡습속건 기능에 표면광택 및 표면 드라이 효과 부가	1994
		(구)새한	흡한속건성 폴리에스테르 제조방법	1998
		코오롱	흡한속건성 부분 융착 가연사 및 제조방법	2001
		코오롱	흡한속건성 복합섬유	2001
		벤틱스	자외선 차단과 항균방취 기능을 갖는 흡한속건성 원사의 제조 방법	2003
	보온속건	제일모직	축열보온성 세라믹을 흡착시킨 양모 섬유의 제조 방법	1993
		(구)동양나이론	보온축열성 섬유의 제조 방법	1996
		데크물산	다층 구조를 갖는 축열 보온성 도포직물의 제조 방법	2002
		벤틱스	흡한속건성을 갖는 보온 축열 원단	2003
		벤틱스	다기능(보온, 축열, 흡한, 속건) 보온 원단	2003
의료·건강	항균방취	(구)새한	항균방취성이 우수한 탄성섬유의 제조방법	1995
		(구)새한	항균방취성이 우수한 합성섬유의 제조방법	1996
		(구)새한	항균방취성이 우수한 폴리우레탄 탄성섬유의 제조방법	1997
		(구)새한	내열성과 항균 방취성이 우수한 폴리우레탄계 탄성 섬유의 제조방법	1997
		(구)새한	섬유직물의 항균방취성 위생 가공제 및 이를 이용한 가공 방법	1999
		(구)일신 텍스타일	항균성과 방취성을 가지는 합포용 내피 직물 및 그 제조 방법	2001

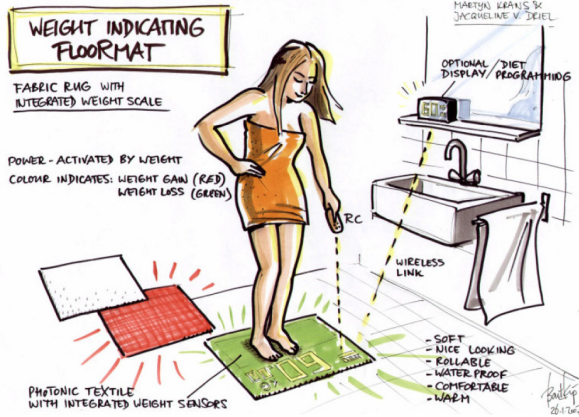


그림 3. 체중을 알려주는 fabric rug 개념도.<sup>5)</sup>

술이 어떻게 만나게 될 지 잘 보여주고 있다. 이 섬유 매트 는 사람 몸의 무게로 동작되며 체중을 측정하여 체중이 늘면 빨간색, 감량에 성공하면 녹색으로 매트가 변하면서 직관적으로 체중 변화를 알려주고 간편하게 다이어트 관리를 할 수 있도록 되어 있다(그림 3).

그렇지만 아직까지 이런 개념의 체중계를 전자제품 매장 에서 볼 수 없는 이유는 섬유의 특성과 전기적인 특성을 동 시에 구현하는 것이 쉽지 않기 때문이다. 먼저 전자 체중계 로서 기능에 충실하려면 자체 발전하는 발전기와 체중을 모 니터링 하는 센서, 체중 변화를 알려주는 녹색 및 적색 조명, 간단한 표시 디스플레이, 그리고 외부 다이어트 프로그래밍 기기와 연결이 가능한 무선통신기술 등이 섬유로 만들어 지고, 전기적으로 연결되어 디지털 체중계로서 적합한 기능을 발휘해야 한다.

전기적 기능을 섬유제품에 내장하여 사용하므로 가혹한 환경 조건에서도 견딜 수 있는 내구성을 가져야 하는데 일반 적인 섬유제품 사용 시 다양하게 발생될 수 있는 굽힘, 접힘,

오염 등 물리적·화학적인 반응에 견딜 수 있는 내구성은 기본이고, 반복적으로 사용 가능한 전원의 개발과 세탁도 가 능해야 할 것이다. 또한 섬유제품은 인체와 매우 근접하여 사 용하게 되므로 섬유의 유연함과 편안함을 방해해서도 안 되 고, 건강을 위협하는 전자파 발생 등의 유해한 환경을 제공 해서도 안 된다.

섬유는 유연하고 신축성이 있어 편안하기 때문에 옷은 물론 침대, 벽, 실내 장식, 그리고 바닥재 등 사람이 하루 종일 접촉하는 표면의 70%에 이미 섬유가 적용되어 있다고 한다. 따라서 이러한 섬유 제품 안으로 각종 전자 디바이스와 센서 등을 통합하려는 시도가 지속적으로 이뤄질 전망이다. 이미 환경신호와 운동량 등을 측정하고 빛을 발하는 섬유는 개발 이 진행되고 있으며 정보처리가 가능하고 데이터를 전송하 는 단계로 섬유는 계속 진화하고 있다.

이처럼 섬유 자체의 고유 특성을 유지하면서 이러한 전기 적인 특성을 갖는 섬유를 우리말로로는 '전자섬유'라 하며, 이 기술은 wearable computer 기술의 기반이자 향후 각종 전자 디바이스를 대체하거나 IT 기기 간의 인터페이스 역할을 하게 될 것이다. 전자섬유 또한 일렉트로 텍스타일(electronic textile, e-Textile), 인텔리전트 텍스타일(intelligent textile, i-Textile), 디지털 텍스타일(digital textile), 스마트 텍스타일(smart textile) 등으로 다양한 용어가 사용되고 있다.

현재의 연구 상황으로 보면 착용할 수 있는 전자장치는 실현가능하며 전자장치를 섬유 기질 속에 삽입하거나 전자 장치나 시스템이 궁극적으로 직물 그 자체가 되는 방법이 연 구 중이다. 전자섬유는 센서와 전자 장치 기능을 가지고 차 세대 의복을 디자인하거나 생산할 수 있다. 이러한 전자섬유 는 기존의 저렴한 직물 제조 산업 시설을 사용할 수 있고 생 체의로 모니터링 기능이나 새로운 인공 기계 인터페이스 (man-made interface)를 감지, 행동, 저장, 방출 및 움직임이



기 위한 혁신적인 능력을 가질 것이다.

표 2의 특허 출원 현황 및 내용에서 알 수 있듯이 국내의 Smart 섬유 개발 현황은 주로 스포츠 레저의 기능성 섬유와 의료 건강용 기능성 섬유 개발을 주를 이루고 있다. 최근 수동형 전자소자 및 키패드, 발광체의 삽입등에 의존한 수동형 전자섬유개발이 주로 학계 및 연구계에서 진행되고 있는데 전기전도성 향상을 위한 소재 개발에 머무르고 있어 전자섬유용 섬유를 직접적으로 이용한 능동형 구동소자(active field effect transistors) 개발용 반도체 특성을 가진 fiber의 개발이 절실히 요구되어지고 있다. 이러한 반도체 fiber 기반의 field effect transistors(fiber-embedded FETs)의 개발은 향후 이를 기반으로 한 제직화된 능동형 전자 섬유의 탄생에 가져 올 수 있을 것이며 보다 착용감을 향상 시킬 수 있는 새로운 종류의 전자 의류의 탄생을 가져 올 수 있을 것이다. 미국에서는 최근 MIT, University of California at Berkeley, Georgia Tech., Virginia Tech. 등을 중심으로 섬유기반의 field effect transistors(fiber-embedded FETs) 및 이의 집적화 개발이 시도되어지고 있으나 현재로서는 기초적인 연구 단계에 머무르고 있는 실정이다(그림 4).

또한 이러한 fiber-embedded FETs(F-FET)의 개발은 최근 전기전자분야에서 각광을 받고 있는 flexible electronics /displays의 핵심적인 난제로 떠오르고 있는 휨 발생시 나타나는 기계적인 특성 저하 문제를 해결 할 수 있어 전기전자분야에 있어서도 신개념의 새로운 전자디바이스의 도래를 가져 올 수 있다. 즉, 이러한 F-FET는 기존의 FET나 thin

film transistors(TFTs)와 달리 일차원적인(1-D) 구조를 제작하여 이차원적인 평면(2-D) 구조를 만듦으로써 모듈의 휨에 의한 발생하는 stress를 획기적으로 줄일 수 있으며 기판을 사용하지 않음으로써(free-standing structure) 기판과 전자소자간의 stress 및 delamination 현상을 없앨 수 있어 기술적으로 신개념의 새로운 전자 디바이스를 개발 할 수 있을 것이다.

이러한 신개념의 전자소자의 개발을 위해서는 F-FET의 원천 소재 개발과 더불어 이를 활용할 수 있는 디바이스 제작기술이 동시에 개발돼야 한다. 예를 들어 현재 F-FET의 개발은 주로 유기반도체소재만을 이용한 방법으로 개발되어지고 있는 반면 이들 유기소재의 특성상 전자디바이스의 효율은 한계에 다다르고 있으며, 이러한 한계는 이들의 능동형 전자섬유 적용에 심각한 문제점을 나타내고 있다. 따라서 유기고분자소재를 탈피한 섬유 fiber에 직접적인 코팅을 할 수 있는 고성능 무기 및 탄소기반 반도체 소재 및 절연체 소재의 개발과 더불어 이를 적용 할 수 있는 기술개발이 우선 선행되어야 하고, 또한 이러한 신개념의 능동형 fiber 개발이후 이들을 바탕으로 하는 신구조의 fiber 기반 디바이스의 제작과 효율적인 제작 방법 및 시스템의 개발이 이루어져야 비로소 완벽한 융복합 전자섬유의 개발이 완성되어질 수 있을 것이다.

국외 기술개발 현황을 살펴보면 유럽의 경우는 유럽연합(EU)에서 공동 출자하여 SFIT(smart fabrics interactive textile) cluster를 만들고 그 안에 myHeart, BIOTEX, ProeTEX, STELLA, OFSETH, CONTEXT, MERMOTH, SYSTEX 등의 단위 프로젝트중심으로 스마트 섬유 기술개발을 진행하였다. BIOTEX(bio-sensing textiles, 2006~2008) 프로젝트를 통해서 생체 신호 모니터링 직물 센서를 이용한 의복을 개발하였고, myHeart 프로젝트(2003~2007)를 통해서 운동선수나 환자들의 심박을 모니터링 할 수 있는 생체 신호 모니터링 의복을 개발한 바 있으며, 최근까지 STELLA(stretchable electronics for large area, 2006~2010) 프로젝트를 통해서 신축성 있는 전자 디바이스 개발을 위한 플렉서블 기판과 전도성 회로를 개발하고, ProeTEX(protection e-textiles, 2006~2010) 프로젝트를 통해서 위험 환경에 노출되어 있는 작업자를 위한 안전 보호복을 개발하였다. 기업의 경우 필립스에서는 음성인식 이동전화와 MP3 플레이어 PAN(personal area network)으로 연결한 의류를 개발 중이며, 인피니온은 전도성 섬유를 이용한 MP3 플레이어, 이어폰이 내장된 세탁이 가능한 의류, RFID 모듈을 위한 직물 안테나, 사람의 동선을 감지하는 스마트 카펫 등을 개발하고 있다. Fraunhofer IZM은 Berlin Technical University와 공동으로 전기전도성 섬유와 웨어러블 컴퓨터 분야의 연구를 진행하고 있는데, textile pad를 사용하여 심장박동, 체온 등의 생체신호를 모니터링 할 수

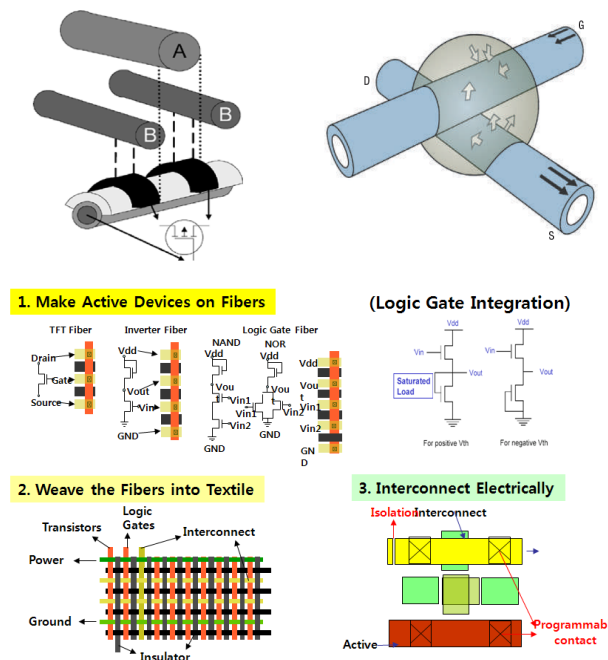


그림 4. 능동형 전자 섬유 기반의 F-FET 및 집적화 방법, 회로 설계 및 제작 방법 예상도.

표 3. 능동형 전자섬유 소재, 소자 및 집적화 개발 동향

	연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
고전도성 섬유 분야	Univ. of Texas at Dallas(미국)	CNT forest로부터 건식법에 의한 CNT 연속섬유화 기술 및 yarn 제조기술 세계 최초 개발	CNT yarn을 이용한 textile super-capacitor, 인공근육 기술에 활용
	KERI (대한민국)	CNT 고분산 및 고차정렬기술과 이를 이용한 core/shell형 CNT 섬유 제조에 관한 역량 보유	IT-Cloth 소자 적용이 가능한 다기능성 멀티 코어형 섬유 제조에 활용
섬유트랜지스터 / 압전 · 온도센서	Columbia Univ. (미국)	유연기판위에 고분자 압전 소재와 유기트랜지스터를 이용하여 유연 압전 센서 구현	유연 압전센서의 속도를 향상시켜 인체 신호 감지용 센서로 활용
	Univ. of Tokyo (일본)	유연 & stretchable 기판위에 유기트랜지스터 기반의 압전 센서 개발	개발된 유연 & Stretchable 압전센서를 이용하여 전자 피부(e-skin)에 활용
	Georgia Institute of Tech.(미국)	광섬유와 전기전도성 섬유를 이용하여 생체신호 모니터링용 스마트셔츠 개발	심전도, 체온 등을 외부에서 모니터링할 수 있는 의료용, 군사용 의복으로 활용
	ETRI (대한민국)	직물형 회로보드기술과 직물형 수동소자 기술, 직물기반 통신기술 및 사용자 인터페이스 기술을 포함한 의류형 플랫폼 개발	유비쿼터스 환경 및 실시간 컴퓨팅환경 구현을 위한 디지털 의류 제작
섬유디스플레이	Philips사 (네덜란드)	LED를 결합한 발광의류인 루마니센트 캔버스 및 Lumalive 발표	마케팅/안전용 발광의류에 활용
	G.E. Sanorff사 (미국)	In-cloth 가능한 발광용 OLED 섬유화 기술 개발	OLED를 섬유상에 구현한 발광의류를 제품화하고자 연구 검토중
섬유에너지소자	Univ. of Southampton (영국)	의복에 내장된 압전소자를 이용하여 움직임으로부터 에너지를 생성하는 기술 연구	2015년까지 능동형 인쇄 잉크와 섬유화 공정을 통해 에너지 수확 직물 개발 목표
	Wake Forest Univ. (미국)	섬유 직물에 따른 빛의 투과도 및 에너지 변환효율 분석	용액 섬유화 공정과 진공증착을 이용하여 의복적용가능 섬유형 태양전지 제작
	Univ. of Michigan (미국)	섬유형 태양전지로는 현재 최고 효율인 0.5%를 보고	100% 진공증착법을 이용한 섬유형 태양전지 제작
	Univ. of Linz (오스트리아)	투명전극을 적용한 섬유형 태양전지의 효율 향상에 대한 연구	스마트 직물을 위한 고효율 섬유형 태양전지에 활용
	삼성 SDI (대한민국)	섬유상 태양 전지 및 이의 제조 방법에 관한 특허 출원 101001547(2010.12.09)	하나 이상의 투명 고분자로 이루어진 투명 보호층을 포함하는, 섬유상 태양 전지, 이의 제조 및 사용 방법 개발

있는 EKG T-shirt를 개발하였다. 그리고 스위스 취리히 공대(ETHZ)의 Wearable Computing Lab.에서는 90년대부터 전도성 섬유에 대한 연구를 진행하여 전도성 섬유를 이용한 직물형 안테나, 트랜지스터, 압력 센서 등을 개발, health assistant 응용으로 사용자의 자세를 감지하여 이를 교정해주는 motion aware clothing, back manager를 개발, 전도성 섬유와 칩의 연결을 더욱 간편하고 저렴하게 구현하기 위한 연구를 진행하고 있다. 독일의 스포츠 웨어 전문회사인 Adidas는 2008년 DuPont과 Invista로부터 spin-out한 textronics를 인수하여 Adidas wearable sports electronics를 설립하였는데 특히 착용형 생체 모니터링 시스템에 중점을 두고 wearable sports electronics 기술을 개발하고 있다. 최근 Adidas의 뉴메트릭스라는 제품은 심장 박동을 점검하는 개념의 제품으로 이러한 기술의 시장은 군사용에서부터 노인 보호용 그리고 스포츠까지 매우 다양할 것으로 전망된다. Adidas는 wearable electronics 시장을 크게 sense & monitor, warm, illuminate, communicate 분야로 보고 있으며 우선 스포츠 분야에 적용 가능한 wearable technology에 집중하고 textile system 기술 진보에 따라 energy harvesting 분야로도 도전할 계획이다. 미국의 경우는 일상적인 용도보

다는 군사, 의료, 특수 용도를 중심으로 개발이 진행되고 있는데 정부주도의 방위산업 관련 연구를 통해서 얻어진 결과들을 기업과 공유하며 협력하고 있다. 미국은 산업용 소재에 중점을 두고 있기 때문에 전자섬유 개발도 의복뿐만 아니라 헬스케어, 스포츠 및 아웃도어, 방위산업 분야 등 다양한 적용분야를 찾고 있다. MIT에서는 빛, 소리, 열 등을 동시에 감지하고 알려주는 다기능 전자섬유 개발에 관심을 갖고 있고, BodyMedia는 웨어러블 컴퓨터 기반 의료 연구 등 다양한 용도의 하드웨어 및 소프트웨어 솔루션을 개발하고 있는데, 의복이 갖는 고유의 특성을 살리면서 실제 웨어러블 컴퓨터 플랫폼으로서 기능할 수 있는 다양한 센서 및 데이터 처리 프로세서, 데이터 버스채널 등을 사용자의 신체적 특징을 고려하여 의복에 장착시킬 수 있는 스마트 섬유 직조 기술을 개발하고 있다.

우리나라의 경우도 최근 출연연구소, 대학, 산업체를 중심으로 크게 전도성 원천소재에 대한 개발과 융합 및 커넥팅을 위한 기술 개발, 융합형 의류 제품 개발 등을 활발히 진행하고 있다. 제일모직은 보안용 카펫, 낙상방지용 침대, 자동 온열 시트 등의 압력센서로 활용이 가능한 정전용량 변화 센서를 전도사를 이용하여 제작하였으며 유연한 textile circuit

도 구현하고 있다. 코오롱의 경우는 LED system을 의복에 탑재하여 야간산행과 위급상황 시 위치 파악이 용이한 섬유 제품을 개발하였고 IT 기기의 pocketing 기술을 개발하여 i-POD 내장포켓과 i-POD controller를 갖는 smart 시리즈를 판매하고 있으며, 사람의 체온에 따라 자동으로 온도 조절이 가능한 발열 스마트 섬유 Heatex를 개발하여 등산복, 골프복, 스키복 등 아웃도어 기능성 의류에 적용하고 있다. 이러한 원천 소재의 개발, 수동형 소자 집적회로와 더불어 능동형 섬유소자 개발 현황을 표 3에 나타내었다.

향후 능동형 전자섬유 시장은 더욱 확대되고, 생존경쟁에서 살아남은 업체들은 더욱 핵심기술 개발에 노력할 것임이 자명한 현실에서, 현재 국내 업체들은 스마트 섬유의 4개 영역 중 의류용에 치중하여 스포츠/레저 제품군 관련 소재 개발에 집중하는 현상을 보이고 있으나 해외 선진국들의 기술 동향 조사에서 나타난 것처럼, 시장규모나 확대 전망 면에서 의료/건강용 능동형 전자섬유 소재 분야가 더욱 유망할 것으로 예상된다. 특히 이들 분야는 선진국에 비해 기술 격차가 심하고 국내 기반 기술을 공유하거나 공동으로 개발하는 인프라가 부족한 분야인 만큼 장기적인 안목의 지원과 투자가 필요하다. 우리나라의 섬유 소비구조가 산업용 섬유 비중이 높은 선진국형으로 변해가고 있는 시점에서 환경 및 의료/건강용 첨단 능동형 전자섬유 소재/소자 개발은 더욱 시급한 과제임에 분명하다. 전자섬유 분야는 IT기기를 부착하는 수동형 단계를 벗어나 섬유자체가 신호전달이 가능한 형태로 발전되어야 하며, 더 나아가서는 섬유 스스로 신호의 전달, 생성, 에너지 공급 등이 가능한 능동형 전자 섬유 시스템으로 발전 되어야 한다. 여기에 의료, 안전, 오락 등 용도별로 세분화된 연구체계를 갖추고 목표 완제품에 합당한 기능을 복합적으로 추구하는 방식으로 개발이 진행되어야 할 것이다. 국내 여러 조사결과에도 나왔듯이 전자 섬유 분야에 대해 기술개발을 가장 어렵게 생각하고 있는 것이 국내 업체의 실정임으로 정부 및 학계 주도의 신개념 전자 섬유 소재/소자 연구를 통해 개발환경을 개선할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

우리나라는 반도체, 디스플레이, IT 강국으로서 많은 전자 디바이스 제작 능력 및 설비의 인프라가 이미 확보되어 있는 상황에서 기존의 다른 선진국에 비해 월등한 속도로 이러한 기술 개발을 진행할 수 있는 장점이 있다. 또한 지난 수십 년간의 섬유 산업 기술의 노하우와 제직 기술이 축적되어 있는 상태이다. 따라서 이러한 전기전자 및 섬유 설비 인프라 및 노하우를 바탕으로 신개념의 능동형 전자섬유용 F-FET의 원천 소재 및 디바이스 구조 개발, 제작 능력의 결합을 통하여 새로운 섬유 산업 및 나아가서는 전기전자/디

스플레이에의 응용을 통한 기술 한국으로서의 입지를 굳건히 할 수 있을 것이다. 이러한 신개념의 능동형 전자섬유소자의 소재 및 공정의 개발은 최근 이슈화 되고 있는 친환경/녹색 성장과도 밀접한 연관을 가지고 있다. 즉, 이러한 신개념의 전자 섬유소자는 기존의 오염원을 방출하는 photolithography 방식이 아닌 프린팅 방식과 제직 기술을 이용함으로써 공정 단가의 감소와 더불어 기존의 메탈, 유해성 고분자 물질, 에칭 용액 등을 사용하지 않음으로서 인체에 치명적인 유해 물질을 감소시킬 수 있으며 진공 공정을 획기적으로 줄여 장비 및 공정에서의 전력 소모를 줄여 친환경적이며 녹색공정에 가장 적합한 방식이 될 수 있다. 아직 전 세계적으로 이러한 능동형 전자섬유 소재/소자/시스템의 개발은 극히 초기 단계이므로 현시점에서 학계를 바탕으로 선진 연구를 수행한다면 향후 도래할 능동형 전자섬유 시장에서 원천 소재/소자 기술을 확보하여 전 세계적인 기술 흐름을 주도적으로 이끌 수 있으리라 확신한다.

### 참고문헌

1. 산업원천기술로드맵 섬유외류, 한국산업기술진흥원, Seoul, 2009.
2. Adidas, "State of Smart Fabrics Market and Future Opportunities for Energy Harvesting Devices", Printed electronics Asia 2010.
3. Beijing Huasun Optoelectronic Science, <http://www.huasun-tech.com/>
4. E-ink, <http://www.e-ink.com/>
5. Philips, "From Ambient Intelligence for Sports Monitoring to car compartment demonstrator", *International Workshop on Flexible & Stretchable Electronics*, 2007.
6. Schmied Freudenberg, "Stretchable Substrate Materials on the Basis of Non-Wovens", *International Workshop on Flexible & Stretchable Electronics*, 2007.
7. 박성미, 정경희, *한국정보기술학회지*, 9, 93 (2011)
8. Sauquoit Industries, Inc., <http://sauquoit.com/>
9. Lihong Bao *et al.*, "Toward Textile Energy Storage from Cotton T-Shirts", *Advanced Materials*, 24, 3246 (2012).
10. Olle Inganäs *et al.*, *Nature Materials*, 6 (2007).
11. 박성미 외, "섬유 융합 추진현황 및 전망", 2010 한-독 기술섬유 심포지엄, TIIC 섬유IT혁신센터.
12. 섬유패션산업 동향- 스마트웨어 시장 동향, 한국섬유산업연합회, 2010.
13. 섬유산업의 IT 융합화 기술동향, 한국섬유개발연구원, Deagu, 2009.
14. J. E. Kim, H. T. Jeong, and I. Y. Cho, *Electronics and Telecommunication Trends*, 24, 20 (2009).
15. STELLA, <http://www.stella-project.de/>.
16. proeTex <http://www.proetex.org/>.