

요약문

I. 차세대 나노-마이크로 신축형 소자 원천기술 확보 기획연구

- 나노-마이크로 공정 기술에서 대한민국이 “First Mover” 로서의 세계적 지위를 확보하기 위하여, 새로운 방향으로 예측되는 “신축 제조” 방식의 나노-마이크로 제조원천 기술을 발굴하고, 이를 체계적으로 실현하기 위한 방향성 제시를 위한 기획 연구임

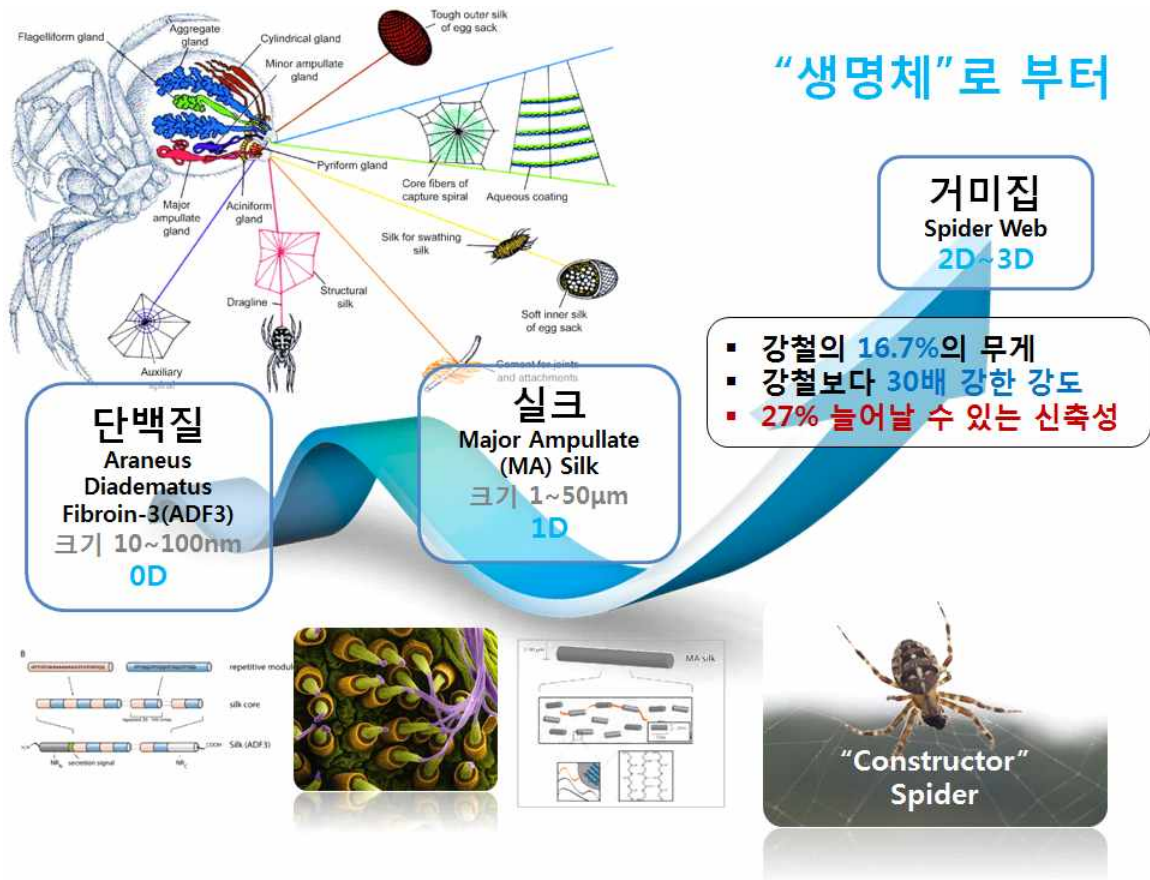
II. 기획연구의 목적 및 필요성

- 최근 새롭게 주목 받고 있는 웨어러블 기술은 성능 및 기능의 관점에서 인터넷, 스마트폰, 사물 인터넷 등에 적용되는 수준까지 발전되고 있음
- 웨어러블 기술의 태동으로부터, 현재에 이르기까지의 발전 방향을 살펴보면 플랫폼 및 제조기술의 발전이 성능 및 기능과 시너지를 이루어 다음세대의 혁신을 주도해 왔음을 살펴 볼 수 있음
- 단일 트랜지스터를 만드는 기술로부터, 휘어질 수 있는 디스플레이인 AMOLED에 이르기 까지 플랫폼 및 제조 기술을 선도한 것은 나노 및 마이크로(이하 나노-마이크로) 공정 기술이라고 평가됨
- 한국의 나노-마이크로 공정 기술은 세계 4위권* 수준으로 평가되고 있으나, 현재까지의 위상은 “Fast Follower” 수준에 머물러 있음
 1. * 나노-마이크로 기술 세계 순위: 미국, 독일, 일본, 한국 순
 2. ○ 나노-마이크로 공정 기술에서 “First Mover” 로서의 세계적 지위를 확보하기 위하여, 기존의 1세대(이하 1G, 기관 공정 기반의 정밀제조), 2세대(이하 2G, 프린팅 공정 기반의 연속제조), 3세대(이하 3G, 롤 공정 기반의 유연제조)에 이은 새로운 Break through를 이룰 4세대(이하 4G) 나노-마이크로 제조 원천기술을 세계 최초로 개발할 필요성이 대두됨
 3. * 4세대(4G) 나노-마이크로 공정기술: 신축성을 갖는 소자 제조를 위한 직물형 제조 공정. 참고로, 1세대(1G) 나노-마이크로 공정 기술은 실리콘 등을 이용한 기관 위에 나노-마이크로 급 크기를 구현하는 정밀 제조 공정, 2세대(2G) 공정기술은 연속형 제조를 가능하게 하는 프린팅 기술 기반의 나노-마이크로 공정, 3세대(3G) 공정기술은 유연 소자 제조를 위한 롤 및 전사 기반 공정으로 정의됨
 4. ○ 4G 나노-마이크로 제조 기술은 시장 성장 가능성이 높은 웨어러블 기술 분야에 인간 중심(신축성이 주는 편리한 착용감), 고 신뢰성(신축성이 주는 소자 강성)의 설계 철학을 반영하게 하는 기술로 평가됨

III. 기획연구의 내용 및 범위

□ 정의

5. ○ 4G 나노-마이크로 공정 기술의 방향으로 예측되는 “신축제조” 방식을 달성하고 안전하고 행복한 삶을 위한 “인체 친화적” 기술을 개발하기 위하여, 나노-마이크로 직물 기반의 “신축성”, “직물형” 나노-마이크로 제조 원천 기술 및 그 응용 기술을 개발함
 - 섬유처럼 신축성 높고, 부드럽고, 미적 감각이 높으며, 섬유가 가지지 못하는 기능을 지닌 차세대 나노-마이크로 부품을 생산하는 소재, 공정, 시스템 원천기술임
6. ○ 단백질의 조합으로 구성된 저차원적 구조의 조합으로, 패턴이 있는 고차원 구조물을 생성하는 생명체의 구조물 제조 방식을 나노-마이크로 소자 제작에 적용하는 방식임. 현재 기술의 주된 관점을 탈피하여 새로운 접근 방법을 시도하는 독자적 기술로 선진국의 주도로 진행되었던 1~3G 기존 나노-마이크로 소자 제조 방식과의 차별성이 매우 높음
- 7.



8.

<본 연구개발 사업의 아이디어>

9. ※ 4세대(4G) 나노-마이크로 공정기술: 신축성을 갖는 소자 제조를 위한 직물형 제조 공정. 참고로, 1세대(1G) 나노-마이크로 공정 기술은 실리콘 등을 이용한 기판 위에 나노-마이크로 급 크기를 구현하는 정밀 제조 공정, 2세대(2G) 공정기술은 연속형 제조를 가능하게 하는 프린팅 기술 기반의 나노-마이크로 공정, 3세대(3G)

공정기술은 유연 소자 제조를 위한 롤 및 전사 기반 공정으로 정의됨

□ 범위

10. ○ “단백질” 과 같은 역할을 하는 “0D” 나노 기능성 입자 및 코팅 기술, “실크” 의 역할을 하는 “1D” 기능성 실 제작 기술, “거미집” 에 해당하는 “2D~3D” 식물형 나노-마이크로 구조물을 제조 하는 공정 및 시스템 핵심 기술을 인체 친화적 응용 기술 분야를 목표로 통합적으로 개발함
11. ○ 각 차원별로 생명체의 구조 및 제작 방식의 공학적 장점을 활용하여, 10~100nm급 나노 기능성 입자 및 코팅, 1~50 μ m급 기능성 실, 신축율 30% 수준 및 크기 50 μ m 이상을 갖는 구조물의 제작을 목표로 설정

“나노 및 마이크로 공정”으로

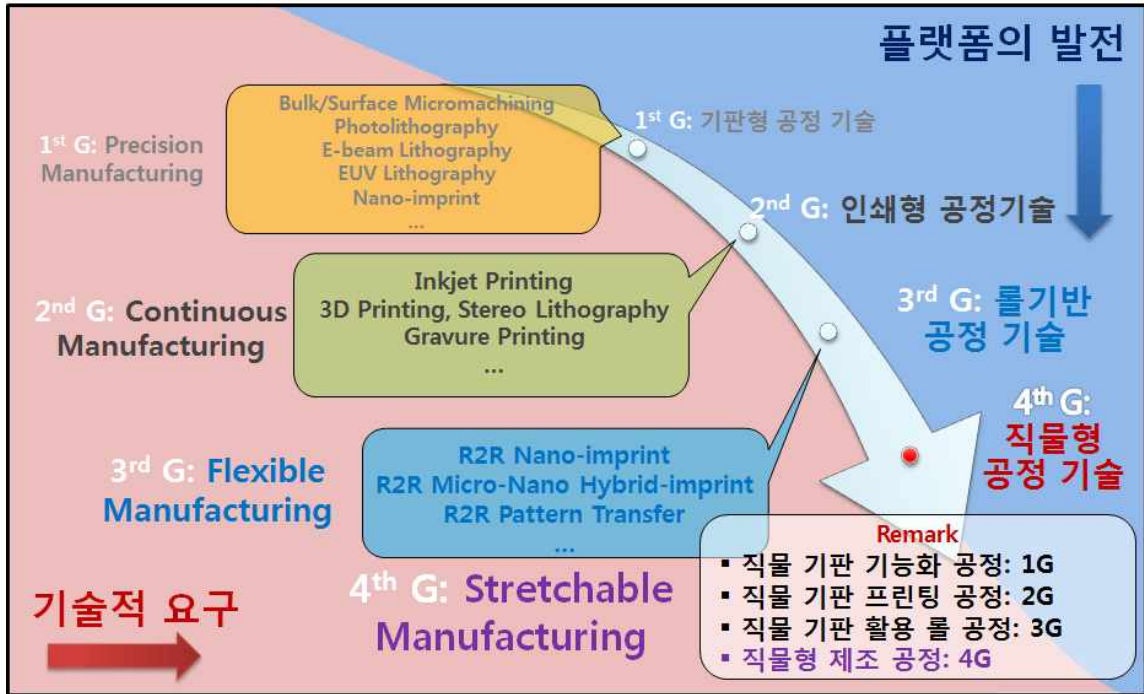


<본 연구 개발 사업의 기술적 도달 목표 및 범위>

IV. 기획연구결과

○ 관련 선행 연구 동향 및 분석


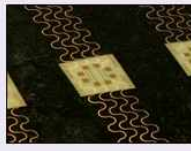

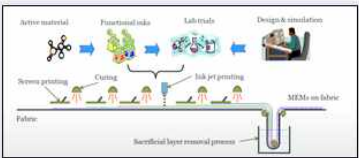

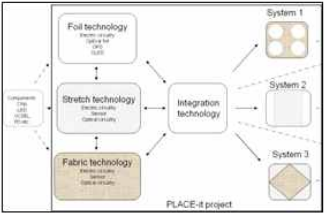


- 현재, 세계적인 나노-마이크로 제조기술의 연구 수준은 유연 소자, 부품 등을 생산하는 방식에 집중되어 있으며, 기판 기반 제조(1G, 1세대), 연속 제조(2G, 2세대) 수준에 이은 유연 제조(3G, 3세대)에 머물고 있음을 확인할 수 있음
- 4G(4세대) 나노-마이크로 제조 기술이 어떤 기술적 형태(format)로 나타날 것인지, 예측할 수 없으나, 기술적 이슈의 진보를 볼 때, 유연 제품 제조에 이은 신축형 제품의 제조 방식으로 나타날 가능성이 매우 높음
- 그러나, 동 기획연구에서 수립하고자 하는 4G(4세대) 나노-마이크로 제조기술은 세계적으로도 개념이 정립이 되지 않은 기술영역임
- 동 기획 연구에서는 신축형 제품의 생산 방식을 위한 4G 나노-마이크로 제조기술의 방향을 직물형 구조를 가지는 제조방법으로 시나리오를 가정하고, 이를 위한 신 원천 기술을 발굴하고, 이를 전략적으로 육성하는 방법을 제시하고자 함
- 또한, 기존 세대 기술의 단순 적용을 통해 구현이 가능할 것으로 예측되는, 연구 방법론인, 다음의 3가지 공정들은 각각 1세대(1G), 2세대(2G), 3세대(3G) 기술로 기술을 한정하여 기존 기술 개발과 신규 개발되는 4G 기술의 차별화 전략을 모색함
 - 기 존재하는 직물 기판을 기능화 하는 공정 기술: 1G 기판 기능화 공정
 - 기 존재하는 직물 기판에 프린트를 하는 공정 기술: 2G 기판 프린팅 공정
 - 기 존재하는 직물 기판을 활용하여 롤 공정을 하는 기술: 3G 기판 활용 롤 공정



<나노-마이크로 공정의 트렌드: 제4세대(4G) 나노-마이크로 공정으로>

- 현재까지, 프로젝트 단위 수준에서 4G 기술을 구현하기 위해 시도된 연구는 없고, 주로 1~3G 기술을 혼용하여, 신축형 나노-마이크로 소자를 만들고, 이것을 웨어러블 기술과 접목하는 시도 들이 활발한 것으로 으로 파악되고 있음
- 1G~3G 기술은 존재하나, 4G 기술은 미 존재하므로, 4G 기술을 축으로 1~4G 기술을 활용하는 신축성 나노-마이크로 공정 기술 개발이 시급할 것으로 파악됨
- 동 기획 연구에서는 기 수행되었거나, 현재 수행중인 신축형 나노-마이크로 공정 기술을 조사 분석하고, 경쟁관계에 있는 기술을 파악하고, 4G 기술의 가능성 및 전략을 제시할 예정임

<국내의 신축형 나노-마이크로 소자 제조 관련 프로젝트>

No.	Project Title	Period / Budget	Principal Agent / Country	Concept	Technical Generation
1	Stella	2006.02 – 2010.01 / 13M€	 EU	<ul style="list-style-type: none"> The development of stretchable electronics for large area application Health care, wellness and functional clothes, and for integrated electronics in stretchable parts and products 	 1G
2	ProeTEX	2006.02 – 2010.01 / 12.8M€	Ghent University, Department of Textiles (B) Smartex S.p.A., Pisa (I) CEA French Atomic Energy Commission, Grenoble (F) UNIP, University of Pisa (I) CNR-INFM, National Institute of physics of Matter – National Research Council, Centre S3, Modena (I) IMEC, a world leading independent research center in nanoelectronics and Nanotechnology Philips Research, department photonic materials and devices, ETC. EU		1G
3	Microflex	2008.05-2012.10 / 7.7M€	13 Partners, 7 Industrial, 9 Countries (EU)		1G~3G Mixed
4	PLACE-it	2010.02 - 2013.06	 EU	Development of a technology platform for lightweight, thin and conformable opto-electronic systems interconnect technology	 1G~3G Mixed
5	E-textile KETI	N/A (2012 reported)	KETI Korea	섬유 기반 미래 기술 분야 탐색 및 관련 전망 예측 및 관련 기술 개발	 1G~3G Mixed
6	디지털 실 KITECH	N/A (기관 자체 사업 진행)	KITECH Korea	디지털 실을 개발하여, 옷에 박음질하여, 통신 케이블로 활용	 1G

○ 핵심 기술에 대한 특허 분석 수행 및 특허 전략 수립

- 핵심기술에 대한 R&D방향성 및 전략을 도출하기 위하여 Tech-tree OS-Matrix 분석을 수행함
- 나노-마이크로 광 부품, 전자 부품, 바이오 응용, 이를 구동하기 위한 에너지 저장 기술에 대한 해결과제별 연구 역량의 집중
- 1차원 구조체인 섬유에 0차원 소재인 첨가제를 삽입하는 방식의 단순한 방법보다는 다양한 기능 또는 물성을 가진 0차원 구조체가 함유된 다양한 1차원 구조체를 꼬거나, 엮는 형태로 복합사를 제조하는 공정을 개발
- 원시적인 2차원 구조체인 부직포 보다는 정렬 및 네트워크가 되어 있는 형태의 직편물 형태의

2차원/3차원 구조 제조 공정을 개발

<Tech-tree OS-Matrix 분석>

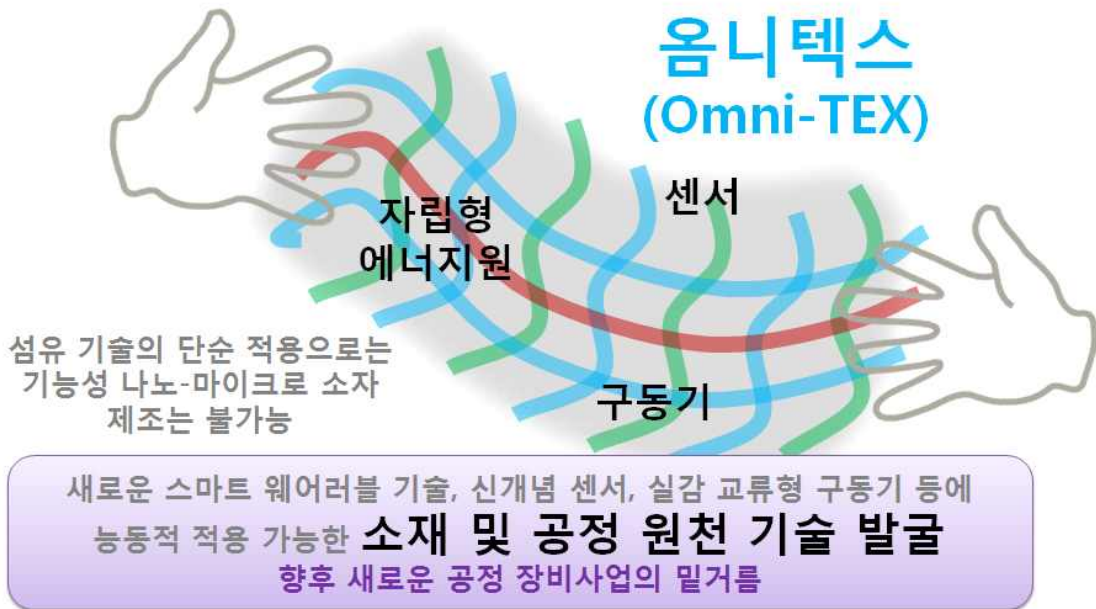
핵심특허 94건		해결과제						
		광부품 (A)	에너지/정보 저장(B)	전자부품 (C)	바이오 (D)	환경 (E)	기타(전도성 섬유)(F)	총합계
해 결 수 단	섬유(첨가제) (A)	AA(4)	BA(0)	CA(1)	DA(1)	EA(3)	FA(5)	14
	복합사 (B)	AB(5)	BB(0)	CB(0)	DB(1)	EB(0)	FB(3)	9
	직편물 (C)	AC(1)	BC(0)	CC(0)	DC(4)	EC(0)	FC(1)	6
	부직포 (D)	AD(0)	BD(4)	CD(0)	DD(11)	ED(3)	FD(1)	19
	복합체 (E)	AE(8)	BE(4)	CE(17)	DE(10)	EE(5)	FE(2)	46
	총합계	18	8	18	27	11	12	94

○ 상기의 요소기술에 대한 원천기술을 기반으로 아래와 같은 시스템 기술에 대한 원천특허를 확보하는 것이 타당함

- 신축 직물형 태양전지 기술
- 신축 직물형 바이오 센서 기술
- 신축 직물형 기관 기술
- 신축 직물형 배터리 기술

○ 사업 최종 연구 목표 수립

- 지원기간 : 5년 지원(1단계 : 3년, 2단계 : 2년)
- 2014년 지원규모 : 7.5억원 내외
- 최종연구 목표: “나노-마이크로 기반” 의 “직물형 유/무기 신축성 소자” 를 위한 제조 원천기술을 개발함



<연구사업의 최종 목표>

- 동 연구 사업은 새로운 스마트 웨어러블 기술, 신개념 센서, 실감 교류형 구동기 등에 능동적으로 적용이 가능한 소재 및 공정 원천 기술을 발굴하는 것이 최종 목표임
- 자립형 에너지원, 센서 및 구동기 등이 집적된 가칭 “옴니텍스(Omni-TEX)” 를 새로운 스마트 소재로 활용하기 위한 원천 기술을 개발 하는 것임

○ 사업내용 (추진내용)

연구목표	연구내용
<p>기능성 나노-마이크로 1차원 복합 구조체를 이용한 “직물형 신축성 나노-마이크로 소재 및 소자” 제조 단위 공정 및 측정 원천기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기능성 나노-마이크로 1차원 복합 구조체 및 다기능성 소재/공정 기술개발(구조체: 지름 50μm 이하, 기능성 필러 50nm 이하) ○ 직물형 신축성 나노-마이크로 2차원 구조체 제작 단위 공정 개발 (면저항 500 ohm/sq 이하, 면적: 50mm\times50mm 이상, 신축률 50% 이상) ○ 기능성 나노-마이크로 구조체의 기계/전기/광/열 복합물성 평가 ○ 신축형 직물 기반 응용 분야 적용 ▪ 직물형 신축성 차세대 기능성 기판: 면저항 500 ohm/□ 이하, 면적: 50 mm \times 50mm 이상, 방수방오신뢰성 IP55(신축률 30% 이상) ▪ 직물형 신축성 에너지 소자 개발 (신축률 30% 이상에서 에너지 생성 전력밀도 10 μ W/cm², 에너지 저장 전력밀도 1kW/L, 방수방오신뢰성 IP55)
<p>신축형 나노-마이크로 소자 집적화 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기능성 1차원 복합 구조체 집적화 공정 기술개발 ○ 차세대 나노-마이크로 2-3차원 구조체 제조 시스템 모듈 개발 ○ 기능성 나노-마이크로 소자의 작동 환경에 대한 복합 물성 평가 기술 개발 ○ 신축형 직물 기반 응용 분야 적용 ▪ 직물형 신축성 차세대 기능성 기판: 면저항 100 ohm/□ 이하, 면적: 50 mm \times 50 mm 이상, 방수방오신뢰성 IP66(신축률 50% 이상) ▪ 직물형 신축성 에너지 소자 개발 (신축률 30% 이상에서 에너지 생성 전력밀도 20 μ W/cm², 에너지 저장 전력밀도 10 kW/L, 방수방오신뢰성 IP66)

○ 기존 기술과의 차별성 및 원천성

- 13. - 본 사업은 직물형 신축기술을 목표로 이를 위한 제조 공정 및 소자 적용 기술을 발굴하는 것을 목표로 하고 있음
- 14. - 현재 유럽의 기존 프로젝트들은 나노-마이크로 공정 급으로 연구 진행이 이루어지고 있지 않거나, 1G~3G 수준의 공정에 머물러 있음. 또한 미국, 일본 등의 학술연구들은 박막형 유연기술에 기반을 두어 신축성에 대한 결과들을 내포하고 있는 수준임
- 15. - 본 사업은 나노-마이크로 급에서 시도되지 못하고 있는 직물형 공정 및 이를 위한 소재, 소자 원천 기술을 세계 최초로 개발하고, 이를 신축성 있는 환경에서 성능 평가 하여 제작된 구조물, 소자 등의 신뢰성을 평가하는 것을 목표로 함. 현재까지 시도되지 못한 나노-마이크로 공정 기술로 평가되고, 기술 선점 및 원천 기술에 보다 집중된 사업임
- 16. - 기존에 추진되고 있는 비 나노-마이크로 급 수준의 직물형 기술들과 연계하여, 다음 단계로 관련 분야 기술의 수준을 향상 시킬 수 있는 시너지가 예상되며, 특히 전통적인 섬유 기술 분야와 상생 및 융합될 경우, 기술적 파급력이 매우 클 것으로 예측됨

17.



18.

<현재 수준의 웨어러블 기술과의 차별성>

○ 기대성과 및 파급효과

- 과학기술적 기대효과

- 직물에 기존 소자를 연결하는 현재의 웨어러블 기술을 넘어, 직물 자체를 능동 소자로 사용하기 위한 새로운 원천기술 개발
- 직물형 신축성 나노마이크로 제작 공정을 통한 기존 나노공정기술의 획기적인 전환 및

새로운 대량생산 공정 제시

- 생명체의 구조공정 원리를 인공 구조체 제조 영역의 생산 공정으로 활용하는 청색기술의 효시

- 경제/산업적 기대효과

- 새 시대가 요구하는 가볍고 편안한 웨어러블 기술 개발로 창조 경제 이바지
- 2018년 유연 전자 세계시장 20조, 2018년 섬유 IT융합산업 세계시장 2조 이상 예측
- 기능성 의류(등산복, 내의류), 극한 환경용(소방, 군, 우주항공 등) 특수 소재 개발에 원동력이 될 것임

- 사회적 기대효과

- 사람이 피부로 직접 느낄 수 있는 “부드럽고”, 인체친화형 기술
- 개발단계부터 “디자인(미술)” 과 “과학기술”, “심리학” 이 접목될 수 있고, 또 접목되어야 기술적 가치가 들어날 수 있는 융합연구

V. 기획연구결과의 활용 계획

- 기획연구 과정에서 조사 분석된 특허 및 논문에 대한 상세 내용을 지속적으로 참고하고 후속 연구 결과를 모니터링 함
- 본 연구 수행 과정에서 기획과정에서 수립한 추진 전략 및 특허 전략을 참조하여 연구를 수행 하며, 필요에 따라 전략을 보완함
- 기획과정에서 도출된 시장 자료 및 경제성 분석 내용을 연구 수행 과정에서 참조하여 실용적 의미를 가지는 연구 결과가 나올 수 있도록 활용함