

해외 군사용 섬유제품 개발동향

이정인, 최은경

한국생산기술연구원

1. 서 언

우리가 생각하고 있는 미래형 첨단 군사용 섬유 제품 개발 분야는 디지털 기술 활용 섬유제품 제조 기술 개발 분야로서 기본적으로 GPS 수신 기능을 이용하여 여러 가지 정보를 각 병사들에게서 수집·전달하는 의류제품을 생각하기 쉽다. 그러나 이러한 기술은 섬유산업 단독으로 이루어지는 것이 아니라 정보통신, 센서, 전자 등 여러 산업이 공동으로 개발해야 하는 것이다. 또한 개발 되었다 하더라도 그 유지비 또한 적지 않다. 예를 들면 한국 군 1개 사단을 미군수준으로 향상시키기 위하여서는 현재 1개 사단 유지비의 10배 정도가 소요되는 것으로 군 관계자들이 설명하고 있다. 이와 같이 우리나라의 군 체계가 아직도 디지털화 되어 있지 못한 상태에서 사병 1인까지 디지털화 시킨다는 것은 우리나라 경제규모나 예산상의 이유로 제품화가 되어도 군에 보급하기는 어려운 일일 것이다.

실제로 군 당국에서도 그러한 첨단제품을 요구하고 있지 않으며 현실적으로 현재 사용하고 있는 군사용 섬유제품의 품질을 향상시키기를 원하고 있다. 군에서 요구하는 개발 분야는 아래와 같으며, 우리나라의 현재 기술로서 충분히 개발할 수 있는 분야이다.

- 경량화 군용 섬유제품 활용기술 개발
- 멀티 기능(투습/방수/보온/방염)형 경량화 텐트
- 멀티 기능(투습/방수/보온/방염)형 경량화 판초우의

- 환경 반응형 군사용 섬유제품 활용기술 개발
- 독소 탐지 기능형 군사용 의류/텐트/판초우의
- 카멜레온형(위장/전자파차폐) 군사용 의류/텐트/판초우의/위장막

이러한 군의 요구에도 불구하고 우리나라 군사용 섬유제품이 현재까지 특별한 기능을 갖고 있지 못한 이유 중의 하나는 개발체계에 있기도 하다. 군 내부에서 무기 체계와는 달리 비무기 체계에는 전문가 집단이 구성되어 있지 못하여 섬유에 대한 기본적인 지식이 결여 되어 있으며, 특히 섬유제품(의류)은 비무기 체계 중에서도 기타 물자류에 속하여 개발을 등한시 해온 것이 사실이다. 최근에서야 군에서도 사병의 전투력이 섬유제품의 영향(경량화, 내구성, 흡수속건성 등)을 받는다는 것을 인지하여 군 외부에서 전문가 집단을 구성하여 섬유제품의 질을 향상시키고자하는 것은 다행이라 할 수 있다.

본문에서는 비무기 체계에서의 해외 섬유제품개발 동향을 기술개발 분야 보다 제품중심으로 다루었다.

2. 무기체계용 군사용 섬유

2.1. 방탄복, 방탄모

무기체계에서 사용 되는 섬유제품은 이미 기존에 알려진 바와 같이 고강력을 요구하고 있으며, 이에 따라 아라미드, 나일론 6,6, 탄소섬유 등이 방탄복, 방탄모 등에 사용되고 있다. 아래에 국내에서 개발

Table 1. 방탄 전투복 소재

항 목		현 미군	현 국군	미래형 국군
기본 (soft)	원사/denier	Aramid Kevlar®29/1,500	UHMWPE Dyneema®Fraglight Titan®1,200	UHMWPE Dyneema®SK76/1,580
	조 직	UD, Fabric	Felt	UD/Fabric + Stitching
	적외선 위장	~860	~860	~1,100
	방호성능	1.1 g FSP	1,550 이상	1,550 이상
9 mm FMJ .44 Magnum JSP		-	-	1,400 이상
옵션 (hard)	원사/denier	○	UHMWPE Dyneema®SK76/1,580	UHMWPE Dyneema®SK76/1,580 Titan®1,200
	조 직	○	UD	UD/Polycarbonate Sheet
	방호성능 (V ₅₀ , ft/s)	7.62 mm FMJ NIJ-Level-III 총족	2,365 이상	2,750 이상
무게(kg)		3.2~4.9	3.3~3.5	3.5 이하
후면 변형 깊이(mm)		44	51~55	40~43
구성 소재 설계		위장, 투습/방수	위장, 방수	위장, 투습/방수

Table 2. 방탄모 소재의 개발방향

항 목	현 미군	현 국군	미래형 국군(1)	미래형 국군(2)
원사/denier	Kevlar®29/1,500	Nylon®/1,050	UHMWPE (Dyneema®/1,580),(Titan®1,200)	
조직 (울수/inch)	2×2 basket (35×35)	2×2 basket (46×24)	plain, 8H-Satin (21×21) (21×21)	
matrix	고인성 페놀 수지	페놀수지	고인성 비닐에스터(개질)	
pregreg	-	국내	wet type 수입소재 → 국산화	dry film type → 국산화
UD	×	×	(UD/폴리우레탄 → Fabric/비닐에스터 국산화)	UD/비닐에스터 (국산화)
성형기법	압축성형	압축성형	2중 압축성형→ 고압 일체 성형(Wet Net Shape)	
Cal.22 FSP, V ₅₀ (ft/s)	2,000 이상	900 이상	2,000 이상	2,000 이상
무게(g, 대형기준)	1,616 이하	950 이하	1,150 이하	
구성 소재 설계	단일구성소재	단일구성소재	이중 복합소재/단일화	단일 구성 국산소재

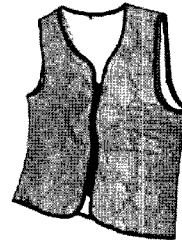
중인 방탄복 및 방탄모의 특징을 정리하였다.

2.2. 탄소섬유 탄두미사일

직접적으로 무기체계에 적용되는 사례로는 탄소 섬유(carbon fiber) 탄두미사일이라는 것이 있다. 이 탄소섬유 탄두는 이미 실전에 적용되고 있으며, 걸프전시 토마호크 순항미사일에 부착, 홍해와 페르시아만의 함정에서 이라크를 향해 발사하여 기대이

상의 전과를 올렸다. 이 토마호크는 바그다드 주변 7개소의 발전소와 변전 및 송전시설에 집중적으로 쏟아졌다. 토마호크는 목표 상공에 도달하면 폭발하여 아주 작은 탄소섬유 실체 수천 개를 방출하며 공중에서 비산, 낙하하여 시설 옥외의 고압선을 미세한 탄소섬유로 거미줄처럼 뒤덮는다. 이 탄소섬유는 전도체(傳導體)로 전기시설에 닿게 되면 단락 현상이 유발된다. 물론 보호회로가 작동되면 전기

계통에 대한 치명적인 손해는 피하게 되지만 이 탄소섬유를 남김없이 제거하지 않는 한 복구할 수 없게 된다. 전후에 이라크측 관계자의 말에 의하면 탄소섬유를 종일 치우더라도 바람이 불어와 다시 단락현상이 발생되었다고 한다. 미국이 이와 같은 신행무기를 사용한 것은 통상 폭격에 따른 시설이나 인명의 부수적인 피해를 가능한 한 적게 하고 전후 복구를 원활히 하기 위해서였다. 개전 초 며칠만이라도 송전을 멈추어 야기된 상대의 혼란을 이용해도 큰 전과를 올릴 수 있을 것이다. 부수적 피해의 제한은 인도주의적 견지 이외에도 이라크측에 비난의 구실을 주지 않기 위해서 필요하였다. 실제로 이라크는 전시 및 전후에 미국의 <전쟁범죄>를 국제여론에 격렬하게 비난해왔던 것이다. 그러나 이라크측도 탄소섬유 탄두의 실전적용이 성공적이었다는 견해를 갖고 있었다. 전기는 민수 또는 군사 면에서도 필수적이므로 이와 같이 전기시설을 일시적으로 사용정지토록 하는 무기는 이후에도 크게 사용될 전망이다.

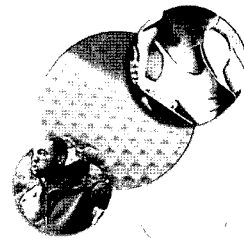


- 개발기관: 미 아쿠아텍스(Aquatex)사
- 개발배경: 기존 냉방 조끼 등 냉방용 장치는 얼음/냉매 및 기계를 이용한 방식으로 무게가 많이 나가고 효율적이지 못함
- 개념/원리: 1)물의 증발을 응용한 냉방 섬유로 물에 담가놓아 2~3분 후에 꺼내 착용하여 체온을 조절함 2)가볍고 착용이 편안하며 체온조절을 하여 작업능률을 16%정도 상승시키며 다양한 의류(모자, 목도리 등)에 사용 가능
- 현황/전망: 2004년 현재 미국내 소방서 등 여러 분야에 사용 중

② 몸에 달라붙지 않는 섬유

3. 비무기 체계에서의 군사용 섬유제품

비무기 체계에서 개발되고 있는 섬유제품(의류용, 비의류용)은 대부분 지금까지 없었던 새로운 기술을 개발하여 응용한 제품이 아니라 현재 사용되고 있는 기술을 접목시킨 것이 대부분이다. 대부분의 제품화 기술이 이미 국내 학교나 연구소에서 상당부분 연구되었거나 진행하고 있는 것을 확인할 수 있을 것이며, 몇몇 제품만이 6T기술(나노 기술 중심)을 사용하여 개발된 제품이라는 것을 알 수 있을 것이다. 물론 미국 MIT를 중심으로 하는 군사용 섬유소재 개발은 90%이상 나노기술을 적용하고 있으나 군사용 섬유소재 개발동향에서 설명하고 있기 때문에 제품에 사용된 기술은 생략하였다.



- 개발: 미 나이키 스포츠 연구소(Nike Sports Research Lab)
- 개발배경: 마라톤 선수를 위한 편하고 냉각이 잘 되는 운동복
- 개념/원리: 섬유 안쪽에 미세한 굴곡을 만들어 피부에 닿는 면적을 최소화하여 천이 몸에 달라붙지 않고 땀을 배출/공기소통이 원활해짐
- 특징: 1)별도의 특수소재를 이용하지 않고 섬유조직(직물구조)을 변경 2)기존 폴리에스터, 나일론을 적용하여 제조방법이 간단하고 비용이 저렴
- 현황/전망: 현재 다양한 종류의 운동복 판매 중

3.1. 의류용 섬유제품

① 물의 증발을 이용한 냉방용 섬유 ‘하이드로워브’

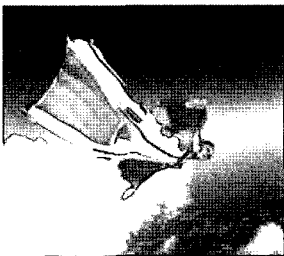
· 군 적용: 내의, 전투복 등의 다양한 피복에 적용가능

③ 에어백이 내장된 보호용 조끼



- 개발기관: 이탈리아 다이네제(Dainese)사
- 개발배경: 오토바이 탑승자의 보호를 위해 센서와 에어백이 내장된 보호장구 필요
- 개념/원리: 1)보호조끼에 내장되어 있는 센서가 사고를 감지하여 에어백을 터트려 운전자를 보호 2)0.3초 내에 완전 팽창하며 20초 동안 유지 가능하며 가슴, 목, 척추 보호
- 군 적용: 군 작전시 다양한 용도로 적용가능
- 현황/전망: 2003년 현재 유럽 시판 준비중

④ 낙하용 날개옷

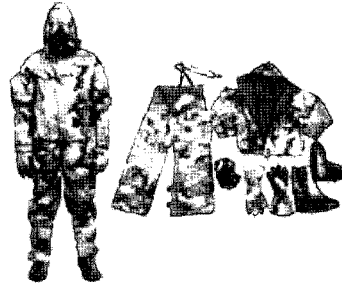


- 개발기관: 미 버드맨(Birdman)사
- 개발배경: 일반 스카이다이빙은 목표지점을 향해 멀리 가지 못하고 낙하산은 속도가 느려 침투작전시 발각될 우려가 있음
- 개념/원리: 옷에 날다람쥐 형태의 날개를 부착해 자유스러운 비행이 가능하게 함
- 특징: 1)몸에 부착되는 형태로 착용이 편하고 추가장비가 없음 2)팔과 다리를 이용해 날개를 접고 펴 자유로운 비행 가능 3)4 km 상공에서 점프할 때 5 km이상 비행이 가능함
- 현황/전망: 현재 날개옷만으로 지상 착지가 가능

한 비행옷 제작시험 중

· 군 적용: 침투작전시 빠르고 탁월한 작전 가능

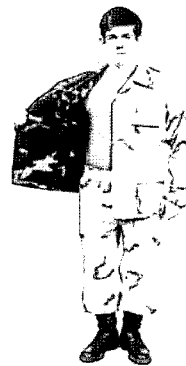
⑤ 신형 경량 화생방 보호의



- 개발기관: 미 육군 병사체계 연구소
- 개념/원리: 보다 가볍고 활동이 편하며 세탁 가능한 화생방 보호의
- 특징: 1)현재 화생방 보호의(4 kg)에 비해 가볍고(2.6 kg) 열의 축적을 최소화하여 24시간 이상 활동성을 보장 2)합성수지의 특수처리로 기존 화생방복보다 탁월한 보호 효과/ 방수능력 3)안감의 목탄성분이 보호되어 6번까지 세탁 가능
- 현황/전망: 2002.8. 미군 신형 화생방 보호의로 보급시작

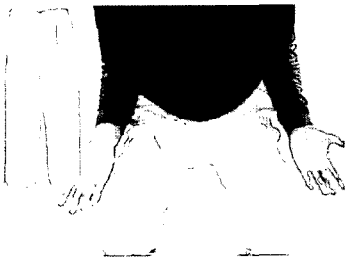
⑥ 양면 전투복

- 개발: 미 병사체계 연구소
- 개발배경: 현 미군의 전투복은 사막용과 정글용으로 구분해서 지급됨
- 개념/원리: 사막지역과 숲에서 동시에 착용 가능한 실용적인 양면 전투복



- 특징: 1)하나의 천 양면에 서로 다른 위장무늬를 인쇄한 방식 2)임무나 주위 환경에 따라 쉽게 위장이 가능함 3)기존 전투복보다 가볍고 착용감이 우수함 4)두벌의 전투복을 하나로 줄임으로서 생산시간과 비용 절감
- 현황/전망: 현 미 특수부대 전투복과 헬멧 커버에 사용

⑦ 나노기술 섬유(Nano-Tex)



- 개발: 미 버링턴사
- 개념: 생화학 독소를 막을 수 있는 신소재 섬유
- 개발배경: 나노크기의 고분자입자를 섬유에 부착하여 바이러스 등이 침투하는 것을 방지
- 현황/전망: 화생방 오염물질로부터 보호 가능한 군복 개발 중(미육군)

⑧ 빛을 반사하는 특수 거울 섬유



- 개발: 미 MIT 군인나노기술연구소(Institute for Soldier Nanotechnologies)
- 개념: 나노기술을 적용하여 플라스틱과 유리를 이용 극히 가는 섬유 제작
- 적용: 피아 식별용 전투복(미 육군과 협력 2년 이내 제작 계획)
- 특수섬유가 광학적 바코드 작용을 하므로 특수

- 안경을 이용하여 식별 가능
- 야간정찰 등에서 피아 식별이 가능
 - 주위 환경에 따라 색깔이 변하는 카멜레온 전투복
- 배터리와 스위치를 연결하여 원하는 색깔을 전기적으로 변화
- 전자파와 방사능 등을 반사하거나 열 폭풍으로부터 몸을 보호
- 현황/전망: 1)5년 이내 카멜레온 전투복 실용화 예상 2) 색깔이 변하는 패션 의류분야 적용 예정

⑨ 병을 치료하는 지능형 섬유



- 개발: 독일 노르트베스트 섬유센터
- 개념: 약리작용물질이 저장된 섬유를 이용 병을 예방하거나 치료
- 원리: 1)약리작용 물질을 저장한 사이클로텍스트린을 섬유에 고착 2)고분자 물질이 땀을 흡수하고 약리작용 물질을 배출
- 적용: 병원에서 사용하는 살균물질을 함유한 환자복, 피부질환 치료용 속옷 등에 적용가능

⑩ 방사능 방호섬유 Demron



- 개발: 미 방사능 보호공업(Radiation Shield Technology)사

- 개념: 납과 같은 중금속대신 신소재섬유를 사용, 방사선 차단
- 원리: 폴리에틸렌 및 PVC중합체로 만든 방사능 방호 신소재를 일반 섬유사이에 끼워서 방사능과 X선 차단
- 특징: 1)금속을 사용하지 않아서 기존 보호의보다 얇고 가볍다. 2)기존 보호의보다 방사선 차단율이 뛰어나 3)중금속을 사용하지 않아 무독성
- 적용: 1)방사능 오염지역 사용 가능한 방호텐트 등 방호 물자 2)항공기 및 우주선 내벽소재 3)핵 산업현장 / 방사선 관련 의료진 보호의



발휘 2)사막지대용과 산림지대용으로 구분 사용
· 현황/전망: 2002. 1. 미 해병 일부 부대에 부분적으로 사용 주변의 빛이나 색깔에 따라 옷의 색깔이 바뀌는 카멜레온 위장복 연구

※ MCCUU: Marine Corps Combat Utility Uniform

⑪ 수륙양용 전천후 잠수복



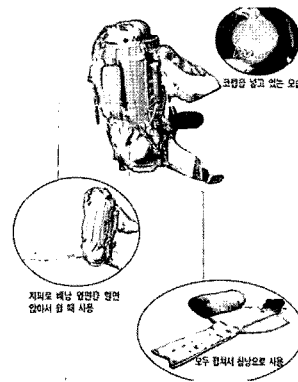
- 개발: 미 육군 병사체계연구소
- 개념: 수중에서는 방수, 육지에서는 공기가 통하는 전천후 잠수복
- 재질: 폴리우레탄 형상기억섬유(polyurethane shape-memory polymer 사용)
- 원리: 물속(저온)에서는 구조가 조밀해져 방수기능, 대기중(고온)에서는 구조가 느슨해져 통풍기능
- 기대효과: 특수부대원의 작전수행능력 배가
- 현황/전망: 1)형상기억섬유적용 사계절 착용 가능한 피복 연구개발 2)군사목적외 수중활동가/양식업 종사자 적용 가능

⑫ 미 해병대 위장 전투복(MCCUU ※)

- 개발: 미 해병대 사령부, 미 육군 화생방 사령부
- 개념: 컴퓨터 도안을 응용 위장효과 최대화
- 원리: 컴퓨터의 정밀한 계산에 의한 위장무늬를 섬유에 적용한 위장복
- 특징: 1)현재 개발된 전투복중 최대의 위장효과

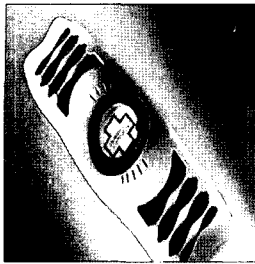
3.2. 비의류용 섬유제품

① 침낭 겸용 배낭



- 개발: 개인 발명가
- 개념/원리: 배낭 형태에서 지퍼를 펼치면 침낭으로 사용 가능
- 특징: 1)배낭외피가 매트역할을 하여 별도의 매트가 불필요 2)앞쪽 지퍼를 열어 방석으로도 활용가능 (유출혈 예방) 3)배낭 결속품이 별도 주머니에 저장된 상태로 침낭으로 펼쳐 사용
- 현황/전망: 현재 상용품으로 출시 준비중
- 군 적용: 결속 시간이 단축, 부피/무게가 감소하여 군용 배낭으로 적합

② 상처 감염 인식 밴드



- 개발기관: 미 로체스터(Rochester) 대학
- 개발배경: 상처 발생에 따른 세균 감염여부 판단 시 전문인력/별도장비 필요
- 개념/원리: 밴드 내부에 세균(박테리아) 감지센서를 부착, 바로 감염 여부 판별
- 특징: 1)박테리아 종류를 파악 인체에 치명적인지 여부를 판단 2)물의 오염여부를 판별하는 컵 등 다양한 분야에 응용 가능
- 현황/전망: 2003년 초 기술개발 완료
- 군 적 용: 의료용

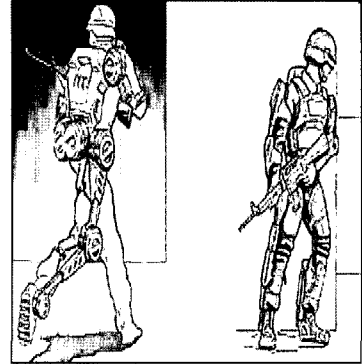
③ 대인지뢰 방호용 군화



- 개발기관: 홍콩 BfR Holdings(Blast and Fragment Resistant)사
- 개발배경: 기존 전투화는 대인지뢰를 밟았을 경우 발목 절단 등 피해를 입어 전투력 손실 및 인명 피해가 있음
- 개념/원리: 전투화 바닥을 특수 섬유와 경량 강화 금속판으로 제작하여 대인지뢰에 의한 피해를 최소화함
- 특징: 1)기존 전투화와 동일한 무게 / 가격으로 제작 2)지뢰 파편 및 열로부터 보호하며 바닥의 방수력과 내구성이 우수

- 군 적용: 영국 과학군사학교에서 실험완료, 미군 및 각국 군에 보급 예정

④ 전투력 향상을 위한 디지털 갑옷



- 개발기관: 미 국방연구소 차기 병사체계 프로젝트
- 개발배경: 체력(힘, 점프력, 지구력 등) 향상을 통한 개인 전투력 향상
- 개념/원리: 로봇 형태의 동력 프레임과 센서를 인체에 부착, 근육의 힘을 보조하여 무거운 물건을 들거나 장시간 런닝과 보행 가능
- 특징: 1)특별한 조작 없이 움직임을 감지하여 자동으로 반응하는 방식 2)장착시 개인이 180 kg 하중 휴대 가능
- 현황/전망: 버클리 대학에서 팔에 부착하는 보조 장치 시험모델 개발
- 군 적 용: 2003년 초기 시험모델 제작, 2005년 제품 개발 완료 예정

4. 비무기 체계에서의 섬유관련 산업

비무기 체계에서 섬유산업과 관련된 산업은 염료 산업이라 할 수 있다. 군에서 필수적으로 여기고 있는 적외선 차단은 염료에 의존하고 있으나 아직까지 확립된 기술은 없다고 보고 있다. 전투복 소재의 다양화와 가공방법, 섬유제품의 용도에 따라 현재까지도 연구개발이 계속되고 있다. 따라서 군사용 섬유제품의 스텔스 기능을 위하여서는 이부분에 대한 연구는 계속되어야 할 것이다. 아래에 색상별

(예) 섬유소재	실리콘	Bulk	단결정
		박막	비정질
	화합물	Bulk	GaAs
		박막	CuInSe ₂
	적층형	박막	a-Si/CIS
	유무기		염료감응형

태양전지의 종류

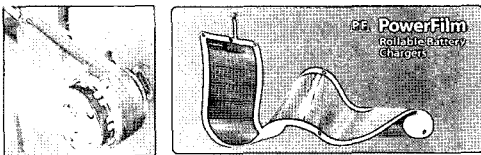


Figure 1. 태양전지의 종류와 형태 다양화.

로 적외선 차단 기능을 나타낼 수 있는 염료의 조합을 나타내었다.

- light green: cibanon golden yellow, indanthrene olive, indanthrene brown, indanthren grey
- dark green: cibanone yellow, indanthrene green, indanthrene brown, indanthrene grey
- brown: cibanone yellow, cibanone brown, cibanone red, indanthrene grey
- black: cibanone yellow, cibanone grey, indanthrene olive, indanthrene grey

또한 전술한 바와 같이 미래형 군사용 섬유제품이 지녀야 할 보온성, 디지털화, 다기능 등의 이유로 필수적으로 휴대가 간편하고 경량화 하기 쉬운

Power Shade

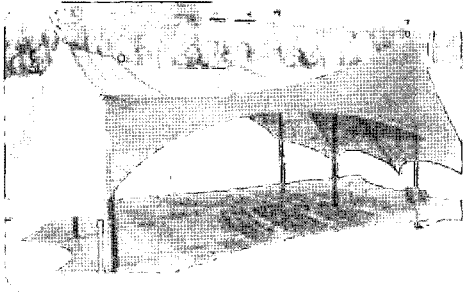


Figure 2. 태양전지를 부착한 텐트.

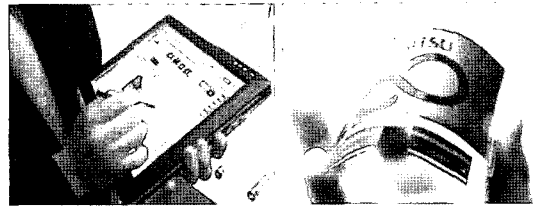


Figure 3. e-paper, Flexible display.

태양전지가 사용될 것이다. 또한 기존의 태양전지는 모듈형태로 되어 있어 평면 형태로만 사용되어 왔지만 최근에는 형태의 변화를 줄 수 있는 형태로 개발되고 있기 때문에 굴곡이 있는 부분뿐만 아니라 동작에 주는 영향을 최소화 할 수 있어 야전에서 사용하기 적합하다. 태양전지에 염료를 사용하는 기술은 이 분야에서도 첨단 분야로서 태양전지 개발의 효율이 가장 우수한 마지막 단계이고 색상의 변화도 줄 수 있어 다양한 상품전개가 가능하다.

또한 전자산업과 더불어 디스플레이 산업이 발전함에 따라 e-paper, OLED, PDP에 사용되는 색소체의 개발이 필수적이기 때문에 염·안료 산업은 지속적으로 발전될 것이며, e-paper, flexible display는 야전에서의 통신기능 및 작전지도 역할을 할 것으로 기대된다.

5. 결 언

앞으로 단시간 내에 군사용 섬유제품을 선진화하기 위해서는 다음과 같은 기능을 부여하여 군 현대화에 기여하여야 할 것이다.

① 의류용 섬유제품

- 우의: 경량화/내구성, 투습방수, 적외선차단
- 방한복: 투습방수, 항균방취, 적외선차단
- 전투화: 경량화/내구성, 투습방수, 화생방, 충격흡수
- 전투복: 흡한속건, 항균방취, 적외선차단, 난연

② 비의류용 섬유제품

- 침낭, 야전침대: 경량화, 보온성, 항균방취
- 위장막: 경량화/고강력, 적외선차단, 난연

- 텐트: 경량화/고강력, 적외선차단, 보온성, 화재 방 보호, 투습방수, 난연
- 또한, 미래형 군사용 섬유소재 및 제품의 개발을 위해서는 다음과 같은 기능부여 방법에 대하여 체계적으로 연구 개발되어야 할 것이다.
- 카멜레온 기능 섬유소재
- 적외선, 전자파 차폐 섬유소재
- 능동적 환경대응 섬유소재: 고온, 극냉, 생화학,

- 방사능 등
- 배터리로 전원이 공급되는 소형 히터나 에어컨디셔너가 장착 온도조절 섬유소재
- 에너지 발생 및 저장기능 섬유소재
- 고성능 방탄/방검 기능 섬유소재
- 정보전달 섬유소재
- 상처 치유 및 감지기능 섬유소재

저자 프로필



이 정 인

1990. 숭실대학교 섬유공학과 졸업
 1993. 숭실대학교 섬유공학과(석사)
 1994-현재. 한국생산기술연구원 섬유소재
 본부 융합섬유팀 수석연구원
 (425-836)경기 안산시 단원구 성곡동 시
 화공단 4마 203호
 전화: 031-496-6716, Fax: 031-496-6720
 e-mail: jungin@kitech.re.kr



최 은 경

1982. 서울대학교 화학교육과 졸업
 1984. 서울대학교 화학교육 전공
 1987. Cornell University 화학과 (M.S.)
 1991. Cornell University Dept. of Textile
 and Apparel (Ph.D.)
 1994-현재 한국생산기술연구원 섬유소재
 본부장