

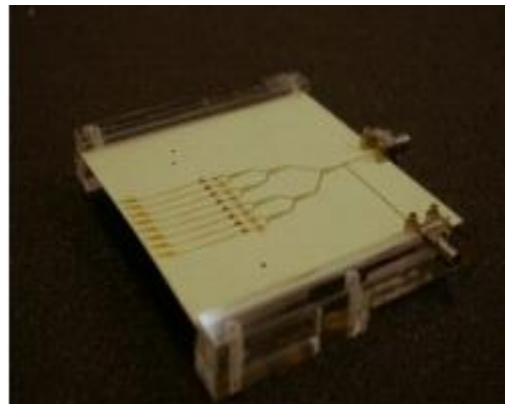
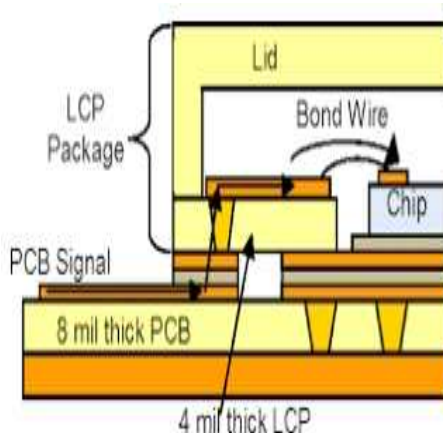
연구개발계획요구서(RFP)

과제명 : 초소형 레이더용 TRM을 위한 다층 액정폴리머 회로 기술 개발

1. 개요

가. 기술의 개념 및 정의

고기능 유기물질로서 초고주파에서 전기적 특성이 뛰어나 뿐 아니라 내흡습성/내열성 및 내진동 특성이 우수하여 고주파 부품 고성능화에 광범위하게 적용되고 있는 다층 액정폴리머(LCP/Liquid Crystal Polymer) 회로 기술을 개발하고, 초소형 경량화 된 레이더용 송수신모듈(TRM/Transmitter Receiver Module)을 구현하여 개발된 기술을 검증함.



나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

○ 기술의 중요성/필요성

- 탑재용 고성능 레이더 TRM은 소형경량화 및 내흡습성/내열성 등의 고신뢰성이 요구되므로 초고주파 레이더를 위한 새로운 기판 기술 개발이 필요함.
- LCP 기술은 공정온도가 LTCC에 비해 매우 낮아 수동소자 뿐 아니라 능동소자의 임베딩이 동시에 가능하여 TRM 적용시 높은 양산성 확보가 가능하며, LCP의 낮은 유전율 특성은 초고주파 고효율 안테나 설계에 강점을 가지고 있어 TRM 소형화에 기여할 수 있음.

- 본 개발은 군용뿐만 아니라 차세대 이동통신(5G)의 Picocell 기지국에도 제안된 TRM 모듈을 적용할 수 있어 차세대 민간 통신네트워크 기술력 확보에 중요성을 지님.

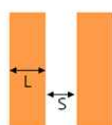
○ 기술개발의 시급성

- 초고주파 레이더 TRM 개발에 사용가능한 고가의 실리콘 소자가 늘어가고 있어서 이를 고성능 기판과 고집적화 한 모듈 부품의 국산화가 가장 시급함.
- 특히 초고주파 TRM 모듈은 송수신 증폭기, 이득가변 증폭기, 변위기, 전력 분배 및 합성기, 주파수 합성기, 구동 증폭기, 디지털 빔 형성기 등 다양한 부품 기술로 이루어져 있으며, 특히 전력증폭기를 포함하는 송신부는 열소산에 대한 내열 및 내흡습성이 강한 LCP 기판기술의 개발이 시급함.

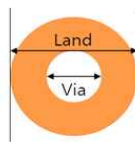
다. 연구개발 최종 목표

○ 민·군수용

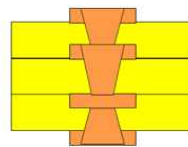
항 목	목 표 성 능
LCP 기판 적층 기술	4층 이상 LCP 기판 적층
최대 기판 두께(μm)	≤ 200
최소 Pattern L/S(μm)	$\leq 30/40$
최소 Via/Land(μm)	$\leq 80/200$
초고주파 TRM 동작 주파수	초소형 레이더용 주파수 대역
다층 LCP 기판 단일 안테나 이득(dBi)	≥ 5
4채널 TRM 출력 파워 (W)	≥ 4
동작온도 범위	$-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$



(a)



(b)



(c)

※ 목표성능의 지표 설명: (a) LCP Pattern Line Width와 Space, (b) LCP 적층 Via/Land (c) LCP Via의 형태

2. 국내외 기술현황 및 전망

가. 국내 기술동향 및 전망

- 삼성전기에서 LCP 다층기판 제작을 위한 연구를 진행하여 L, S band 대역의 다층 기판연구를 수행한 실적이 있음
- TRM 능동부품 기술을 적용한 초고주파 전력증폭기 분야는 전자부품연구원(KETI) 등 연구소와 일부 대학에서 주로 모듈개발로 진행되고 있는 실정이며, LCP기판의 TRM 모듈에 집적화하기 위한 연구개발은 미미한 실정임.

나. 국외 기술동향 및 전망

- 미국의 CETS (Commission on Engineering and Technical Systems)프로그램을 통해 1980년대 후반부터 LCP 물질에 대한 연구를 진행하였으며, 90년대 후반 이후 전기적 특성에 대해 연구를 진행하며 요소 기술을 개발/성숙시키고 있음
- 미국의 Rogers사에서는 표준 공정을 제시하며 LCP 다층기판 제작용 원판을 시판 중이고, 2006년도부터 Georgia 공대에서는 NASA의 지원으로 Flexible LCP 안테나와 우주선에 탑재하기 좋은 경량의 송수신체 개발을 위한 회로 설계 연구를 진행 중이며, 이 밖의 UC Davis, University of Colorado 등에서도 DARPA와 NASA 등의 지원으로 LCP를 이용한 RF MEMS의 임베딩 기술 개발 등을 위한 연구가 현재까지 진행 중.
- 영국은 국방부의 기획으로 2003년부터 EMRS (Electro-Magnetic Remote Sensing) DTC (Defence Technology Centres) 프로그램을 시작하며 이 과제 중의 하나로 소형 고성능 패키징 기술을 연구하며 Filtronics사와 BAE사의 주도로 LCP를 이용한 패키징 기법 연구를 발표함.
- 스위스의 Dyconex사는 2004년도부터 LCP를 이용한 다층기판 제작을 시작하였으며 현재는 세계적으로 주문제작 서비스를 하고 있음.

3. 연구개발계획

가. 단계별 연구개발 목표

- 민·군수용

구분		연구개발 목표	연구개발 내용	주요결과물	예산 (억)
응용 연구	1년차	- 단층/다층 LCP 적층 공정 요소 기술 연구	- 고해상도 LCP 기판 Pattern Line Width/Space 해상도 구현 - LCP 공정을 활용한 정합회로 능동, 수동 소자 설계기술 - 컴바이너 및 안테나 기술 연구 - 4층 이상 LCP 적층 기술 개발 - 다층 LCP 기판 회로/Via 기술 및 적층 기판 제작 기술 개발	① LCP 공정 기술 보고서 ② LCP 능/수동 회로설계 보고서	
	2년차	- LCP 적층 공정 기술 개발 - 1채널 1W급 TRM 유닛 모듈 구현	- 능동/수동회로 집적화된 다층 LCP 공정기술 구현 - 초소형 레이더용 TRM 능동/수동 회로 구현 및 - LCP 광대역 안테나 구현 - 1채널 TRM 동작 검증	① 1채널 TRM 시제품 ② 배열안테나 적용 1채널 TRM 시제품	
	3년차	- 4채널 4W급 LCP 기반 TRM 모듈 구현	- 4채널 전력증폭기 컴바이너/디바이더 LCP 기판 구현 - 4채널용 배열안테나 구현 - 4채널 초소형 레이더용 4W TRM 구현 - 모듈 성능 평가	① 컴바이너/디바이더 기반 TRM 시제품 ② 배열 안테나 적용 TRM 시제품 ③ 시험성적서	

* 단계별 목표의 달성을 위한 연차별 목표를 연구개발계획서에서 제시하고, 연차별 목표에 대한 평가항목 및 달성목표치를 정량적으로 제시

* 연차 구분은 회계연도를 기준으로 설정 및 예산 배분

예시) 응용연구 3년인 과제의 경우

연구단계	응용연구			
연차	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
연차별 기간	7개월 (‘18.6~12)	12개월 (‘19.1~12)	12개월 (‘20.1~12)	5개월 (‘21.1~5)
평가	▲	▲	▲	▲
	진도평가	진도평가	진도평가	최종평가
예산 지급	▲	▲	▲	▲

* 재료비, 장비비 등은 사업 초기에 집행하여 활용도 제고

나. 사업기간 및 연구개발비

- 사업기간 : 3년 (응용 3년)
- 연구개발비 중 정부출연금 : 24억원 이내

4. 적용 및 파급효과

가. 적용분야

- 민수 :
 - 5G Picocell 기지국 시스템
 - 차량용 레이더 센서 및 공항 감지 센서
 - 인공위성 지상용 안테나 시스템
- 군수 :
 - 초고주파 대역 탐색기 레이더 시스템
 - 무인항공기 능동위상배열 레이더 시스템
 - 고속 통신용 능동위상배열 안테나 시스템
 - 무인 무기 체계

나. 파급효과

- 기술적 측면 :
 - LCP 기술을 이용한 군 환경에 최적인 고신뢰성 초고주파 대역 다층 기판기술 확보
 - LCP를 이용한 SiP로 초고주파 패키징을 개발하여 기술 양산성 확보 및 TRM 성능 개선
 - 초고주파 주파수 활용 활성화에 따른 민/군 사업 활성화
- 경제·산업적 측면 :
 - 2020년 위상배열을 이용한 소형셀 세계 시장 및 5G 기술 전망에 따른 2022년 국내 기지국 빔포밍 시장 등에서 경쟁력 확보 가능
 - 민수용 소형기지국 시장 개척으로 수입 대체효과 발생
 - 위성 VSAT 기술의 국산화 및 수출확대가 가능하며, 관련 제조업체의 활성화로 수출확대 및 신규 고용창출이 가능함.

- 광대역 초고주파 레이더 및 통신 시스템 분야의 산업경쟁력을 향상으로 국내 통신 기간산업 글로벌 경쟁력 확보.

○ 군사적 측면 :

- 군용 레이더 등의 고열 및 흡습성의 문제를 LCP기판 적용으로 신뢰성 및 내구성 향상 기대.
- LCP기판의 플렉서블 특성을 이용한 컨포멀 형태의 군용 안테나 및 모듈 적용으로 무기체계 및 군용 기기의 성능향상
- 새로운 패키징 솔루션 개발을 통해 소형 고신뢰 레이더 센서 및 군용 통신기기의 기판 적용으로 확대

5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

가. 연구개발 결과 최종 제시물

- 다층 LCP 기반 고성능 고집적 4W 급 TRM 유닛 시제품
- LCP 공정설계 보고서
- TRM Array 설계보고서
- 시험평가 보고서
- 국방규격서(안)

나. 연구개발 결과 평가항목

- 민·군수용

항 목	평가내용(목표치)	환경조건
LCP 기판 적층 기술	4층 이상 LCP 기판 적층	
최대 기판 두께(μm)	≤ 200	
최소 Pattern L/S(μm)	≤ 30/40	
최소 Via/Land(μm)	≤ 80/200	
초고주파 TRM 동작 주파수	초소형 레이더용 주파수 대역	
다층 LCP 기판 단일 안테나 이득(dBi)	≥ 5	
4채널 TRM 출력 파워 (W)	≥ 4	
동작온도 범위	-40℃ ~ 125℃	

※ 각 평가항목별로 해당 환경조건 조성방안 제시 필요

6. 참여 요건

가. 추진 체계 요건

- 주관연구기관 및 참여기관 : 민군기술협력사업 촉진법 제7조 2항 및 동법 시행령 제14조 2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체
 - * 응용연구 및 시험개발의 경우에는 주관연구기관 또는 참여기관에 1개 이상의 기업 참여 필수(민·군기술협력사업 공동시행규정 제27조 4항)
- 기업분담율 : 민·군기술협력사업 공동시행규정 제27조(별표4)

나. 연구책임자의 자격 및 과제 신청요건

- 연구책임자의 자격
관련분야의 연구 경험이 풍부한 중견 연구자를 책임자로 선임하여 연구의 최종 목표를 달성할 수 있도록 계획, 업무프로세스 정립, 원활한 추진 및 조정과 과제 관리를 수행할 수 있어야 한다.
- 과제 신청요건
주관연구기관은 제안한 연구개발 목표를 충분히 달성할 수 있는 연구팀을 구성하여야 하며, 필요시 컨소시엄을 구성할 수 있다.

다. 기타

- 연구개발계획서는 민·군기술협력사업 공동시행규정 별지 서식 제4-1C호(연구개발계획서)를 준용하여 작성
- 그림, 표 등 인용자료는 반드시 인용처 표기
- 필요시설 및 장비는 자체보유 또는 타 기관 시설 활용계획 명시 요망

7. 참고문헌

- [1] www.rogers.com:ULTRALAM 3000
- [2] Manos M. Tentzeris, "3-D-Integrated RF and Millimeter-Wave Functions and Modules Using Liquid Crystal Polymer(LCP) System-on-Package Technology," IEEE Transactions on Advanced Packaging 2004.
- [3] Nickolas Kingsley, "Liquid Crystal Polymer: Enabling Next-Generation Conformal and Multilayer Electronics," Microwave Journal 2008.
- [4] Teledyne Technical Report, "High frequency Single & Multi-chip Modules based on LCP Substrates," 2008.

- [5] W.H.A. Tang, "MMIC Module for a Ku-Band Miniature Airborne Active Array Radar," Teledyne Technical Report 2008.
- [6] Carlos A, "A Lightweight, 64-element, Organic Phased Array with Integrated Transmit-Receive SiGe Circuitry in the X Band," Nasa Technical Report 2011.
- [7] Nidhi Khandelwal, "An X-band System-in-Package Active Antenna Module," IEEE MTT-S 2005.
- [8] Nickolas Kingsley, "Reconfigurable RF MEMS Phased Array Antenna Integrated Within a Liquid Crystal Polymer (LCP) System-on-Package," IEEE Transaction on Antenna and Propagation 2008.

8. 과제 문의사항 연락처

소속	성명	연락처
민군협력진흥원	남상우	042-607-6041