

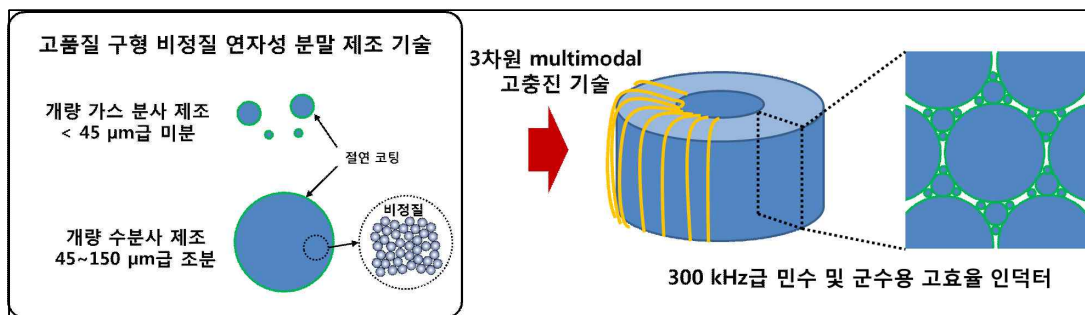
연구개발계획요구서(RFP)

과제명 : 구형 비정질 연자성 분말을 이용한 300 kHz급 인덕터 개발

1. 개요

가. 기술의 개념 및 정의

- IC산업, 전자산업은 물론 전기자동차 및 신재생에너지 산업에 필수적으로 사용되고 있는 전력변환장치인 인버터, 컨버터 (핵심부품: 인덕터) 등의 요구 동작 주파수가 200kHz 이상 고주파 영역으로 올라가면서, 전기에너지 효율 극대화를 위해 해당 주파수 영역에서도 고효율/고자속밀도/저철손 특성을 동시에 충족시킬 수 있는 연자성 소재에 대한 요구가 급격히 증가하고 있음
- 본 연구는 1.7 T이상의 높은 자속밀도 및 투자율을 갖는 구형 비정질 연자성 분말 소재를 이용하여 100 - 300 kHz에서 사용이 가능한 군수 및 민수용 고효율 인덕터를 제조하기 위한 소재, 부품 및 신뢰성 평가기술을 개발하는데 있음.(아래 그림 참조)



- 이를 위하여 본 연구에서는 가스분사 및 수분사 분말제조를 위한 실용화 합금개발, 개량 가스분사를 이용한 비정질 연자성 분말 제조기술, 수분사를 이용한 비정질 연자성 분말제조 기술, 적용 주파수 확대를 위한 열처리 및 하이브리드 공정기술, 미분/조분 Multimodal 분말의 배합비 최적화를 통한 인덕터 고충진 성형기술 및 고충진 자성코어를 이용한 300 kHz급 인덕터 제조기술등의 개발 및 연구분야를 포함함

나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

○ 기술의 중요성/필요성

- 향후 대전류 대응을 위하여 금속계 연자성소재를 필히 활용하여야 하나 MPP, permalloy, Sendust, Supermendur, Fe-Si steel 등 기존 금속계 결정질 연자성 소재의 경우, 동작 가능한 최대 주파수가 150 kHz를 넘지 못하는 실정임. 따라서 향후 고주파 환경의 대응에 명확한 한계를 나타내고 있어 발전하는 EMC부품 개발추세에 맞춰 200 kHz 이상 고주파 영역에서도 낮은 철손과 높은 투자율을 가지면서 대전류 영역 대응이 가능하고 온도의존성이 낮은 차세대 고성능/고효율 인덕터용 소재개발이 필요함
- 비정질 또는 나노결정질(Nano-Crystalline) 연자성소재는 기존의 페라이트 및 결정질 금속소재와는 달리 고주파에서도 높은 투자율 및 자속 밀도, 낮은 보자력 및 코어 손실을 갖는 새로운 개념의 연자성 소재로서 전자기기의 고주파화, 대전류화 및 고효율화에 부응할 수 있는 최적의 연자성 특성을 갖고 있어 차세대 소재로 연구개발 및 제품화에 적절하나 국내 비정질 연자성 분말소재 생산능력이 매우 취약한 실정임. 특히 철계 비정질합금조성의 경우 대부분의 특허권은 일본이 대부분 소유하고 있어, 고유의 독자적인 합금조성 개발이 요구되며 이에 대한 대응 및 연구가 절실함

○ 기술개발의 시급성

- 국내의 경우, 삼성OO, 용인OO, 아모OOO 社 등 EMC 부품 전문제조업체에서 철계 비정질 소재를 이용한 고품성 인덕터를 개발·제작하여 판매하고 있으나, 비정질 연자성 분말제조 능력이 전무하여 전량 해외(일본 등)로부터 수입하고 있는 실정으로 기술적 해외의존도 탈피 및 기술자립이 시급히 요구됨
- 최근 민군겸용기술개발사업의 기초연구로(과제명 : 고성능 고효율 연자성 재료용 50 μ m급 구형의 비정질 분말제조 연구, 2014.12~2016.12)로 50 μ m이하 급 비정질 연자성 분말제조 기술개발 연구를 수행한 결과, 세계 최초로 Hf원소를 포함하는 새로운 비정질 연자성 합금개발에 성공하여, 분말 상태에서 포화자화 1.61 T, 투자율 3300, 철손 117 mW/cc (@0.1T, 10 kHz), 직률중첩특성 85% 수준의 높은 자성특성을 구현하였음. 따라서 확보된 연구역량을 선택과 집중된 분야에 재투자하여 연구를 계속한다면 이 분야에서는 세계를 선도할 수 있는 연구결과 도출도 가능할 것으로 기대

다. 연구개발 최종 목표

○ 군수용/민수용

단계 구분	연구개발 항목		선진국 수준	국내 수준	목표성능
응용 연구	비정질 분말 특성	포화자화 (Ms)	< 1.6 T	< 1.5 T	> 1.7 T
		분말 평균 입도 (μm)	가스분사	-	< 25 μm
			수분사	-	> 95 μm
		분말 구상화도	-	-	< 1.2
		비정질상 분율	100 %	-	100 %
	인덕터 코어 특성	투자율 (μ_r)	> 60	> 60	> 60
		철손 (Core loss (@ 0.1 T, 100 kHz))	600 mW/cc	750 mW/cc	< 600 mW/cc
		직류중첩특성 (@ 100 Oe)	75%	70%	> 75%
		자기 공명 주파수 (SRF)	< 200 kHz	< 150 kHz	> 300 kHz
시험 개발	인덕터 코어 특성	코어 포화자화 (Ms)	< 1.1 T	< 1.0 T	> 1.20 T
		투자율 (μ_r)	> 60	> 60	> 65
		철손 (Core loss (@ 0.1 T, 100 kHz))	600 mW/cc	750 mW/cc	< 570 mW/cc
		직류중첩특성 (@ 100 Oe)	75%	70%	> 78%
		자기 공명 주파수 (SRF)	< 200 kHz	< 150 kHz	> 300 kHz
		耐 진동충격 특성	-	> 3 G	> 5 G

2. 국내외 기술현황 및 전망

가. 국내 기술동향 및 전망

- 국내 비정질 연자성 소재관련 연구동향은, 2002년부터 연구기관 및 대학을 중심으로 벌크 비정질(Bulk Metallic Glass)합금의 새로운 조성설계 및 고화성형에 대한 연구를 수행하고 있으나, 자성재료 기술개발이 전자, 전기산업의 발전에 중요한 기반산업임에도 불구하고 국내에서는 몇 가지 품목을 제외하고는 거의 발전하지 못하고 있는 실정임. 그 주된 원인은 타 산업에 비해서 자성재료 관련 연구인력이 부족하여 자성재료 관련연구의 저변이 확대되지 않았으며, 아울러 고도의 기술이 요구되고 연구개발 및 기술습득에 많은 시간이 필요하며 막대한 시설과 연구장치, 연구개발비의 투입이 요구될 뿐만 아니라 기술혁신 및 기술순환이 빨라 연구 및 설비투자에 위험요소를 포함하고 있기 때문임

- 국내의 경우, 삼성전기, 용인전자, 아모그린텍 社 등 EMC부품 전문 제조업체에서 철계 비정질소재를 이용한 고특성 인덕터를 개발·제작하여 판매하고 있으나, 비정질 연자성 분말 제조능력은 전무하여 전량 해외(일본 등)로부터 수입하고 있는 실정임.

나. 국외 기술동향 및 전망

- 가스분무 공정은 분사매체인 가스의 밀도가 낮기 때문에 80 μ m이상의 구형분말제조에 주로 사용되었지만, 분말사출성형 분야, 금속인쇄 및 배선분야, MLCC, 용사분야 등 다양한 산업분야에서 30 μ m이하의 미세분말의 수요가 증가함에 따라, 분사노즐의 기존의 open die 형상에서 close die 형상으로 설계하고 hot gas나 hybrid 분사공정 등을 개발, 적용함으로써 기존의 가스분무 공정에서 제조할 수 없는 미세분말을 제조하는 기술을 확보하는 중에 있음
- 최근 일본의 Atmix 社에서는 비정질 연자성 구형분말을 수분무에 의해 제조할 수 있는 새로운 비정질 연자성 소재의 합금설계 및 제조공정 기술을 개발하여 고주파 대역의 연자성부품에 상용화 범위를 확대하고 있는데, 아직은 초기단계이며 리본형태의 나노결정질 연자성 소재에 비해 포화자속밀도가 1.2~1.3 T 정도로 낮고, 보자력이 높아 철손 또한 높은 실정임
- 특히 영국의 PSI 社는 고온·고압 가스분무를 통하여 스테인리스 스틸 분말의 경우 평균 20 μ m 이하에 대한 제조기술을 보유하고 있으며, 미국의 HJE 社의 경우 고온고압 가스 아토마이저를 통하여 약 20 μ m 크기의 스테인리스스틸 분말을, Ag의 경우 약 15 μ m 크기의 분말의 제조기술을 보유하고 있음. 일본의 ATMIX 社는 가스-워터 혼합 아토마이저 기술로 10 μ m 크기 다양한 금속분말 제조기술을 보유하고 있고 초고압 워터 아토마이저로는 1 μ m 크기의 다양한 분말을 제조할 수 있으나 수분무 공정의 특성상 산화에 의한 환원 등 후처리가 필요

3. 연구개발계획

가. 단계별 연구개발 목표

* 단계별/년도별 구체적 연구목표/연구내용은 제안자가 제시할 사항임

구분	연구목표	연구개발 내용	주요결과물
응용연구	<ul style="list-style-type: none"> □ 가스분사 및 수분사 분말 제조기술개발 □ 인덕터 제조 공정개발 	<ul style="list-style-type: none"> □ 가스분사 및 수분사 분말 제조용 합금 개발 □ 가스분사를 이용한 비정질 연자성 분말제조 기술 개발 □ 미분/조분 Multimodal 분말의 배합비 최적화를 통한 인덕터 고충진 성형기술 개발 □ 비정질 연자성분말 기반 전자파 차폐소재 개발 	<ul style="list-style-type: none"> -보고서 -시제품 : 비정질 분말 및 인덕터
시험개발	<ul style="list-style-type: none"> □ 고성능/고효율 인덕터 제조기술 개발 □ 성능평가 	<ul style="list-style-type: none"> □ 고충진 자성 코어를 이용한 대전류용 고성능/고효율 인덕터 제조기술 개발 □ 목표성능 확보를 위한 성형공정 최적화 □ 최종 제품의 성능평가 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> -보고서 -시제품 : 비정질 분말 및 인덕터

* 민·군기술협력사업 공동시행규정 별지 서식 제4-1C호(연구개발계획서)의 III. 2. 연차별 개발 목표/내용 및 평가에서 구체적으로 제시

* 연차별 목표 설정 및 예산 배분은 회계연도 일치를 고려하여 작성

예시) 응용연구 2년/시험개발 2년 과제

연구단계	응용연구 (2년 / 24개월)			시험개발 (2년 / 24개월)		
연차	1차년도	2차년도	3차년도	1차년도	2차년도	3차년도
연차별 기간	6개월 (18.7~12)	12개월 (19.1~12)	6개월 (20.1~20.6)	6개월 (20.7~20.12)	12개월 (21.1~21.12)	6개월 (22.1~22.6)
평가	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	진도평가	진도평가	단계평가	진도평가	진도평가	최종평가
예산 지급	▲	▲	▲	▲	▲	▲

* 개발단계(응용연구/시험개발)간 예산 이동 불가

* 재료비, 장비비 등은 사업 초기에 집행하여 활용도 제고

* 응용연구에서 개발된 시제품의 시험개발단계 재활용계획 제출

나. 연구기간 및 연구비

○ 연구기간 : 4년 이내 (응용연구 2년 / 시험개발 2년)

○ 정부출연금 : 41억원 이내 (응용 21억/시험 20억)

4. 적용 및 파급효과

가. 적용분야

- 민수 : 태양전지 등 신재생에너지 산업용 전력변환 장치(DC-DC 컨버터, AC 인버터)
- 군수 : 전력 기반 군수 운송 수단 (UGV, UEV)용 전력변환 장치 및 연막탄/포탄 발사용 전력변환 장치

나. 파급효과

- 기술적 측면
 - 전력 수입에 의존하던 구형 비정질 연자성 분말 국산화 기술 확보하며 300 kHz 이상 급 고주파 대역용 인덕터 제조기술 세계 최초로 확보하여 기술적 우위를 선점
 - 새로운 비정질 연자성 소재/구형 분말제조 공정기술과 고주파/대전류 대응 차세대 인덕터에 대한 지적재산권 확보 및 국내 독자 기술 확보로 선진국과의 기술격차 해소 가능
- 경제·산업적 측면
 - IC산업은 물론 신재생에너지 산업에서 요구하는 전력변환장치용 고주파/대전류 대응 고성능/고효율 인덕터 국산화로 국내산업 발전 토대 구축이 가능하며 해외수출 추진으로 국내산업 발전에 기여 (금속 분말 인덕터 시장 규모: 2023년 12.7 억 달러)
- 군사적 측면
 - 차세대 군의 핵심부품인 고주파 전력변환장치, 스텔스 및 전자기 차폐부품 등에 소요되는 핵심소재의 개발로 군의 고정밀 전자기 부품의 성능향상

5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

가. 연구개발 결과 최종 제시물

- 비정질분말 제조공정에 관한 기술보고서 및 제조된 분말 시제품
- 민수 및 군수용 인덕터를 적용한 부품

나. 연구개발 결과 평가항목

- 1-다 항의 “연구개발 최종 목표”를 충족하는 평가항목, 평가방법과 환경조건 조성 방안 등을 제안자가 제시할 것

6. 참여 요건

가. 추진 체계 요건

- 주관기관 : 민·군기술협력사업 촉진법 제7조 2항 및 동법 시행령 제 14조 제2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체
- 참여기관 : 제한 없음
- 기업 분담율 : 민·군기술협력사업 공동시행규정 제27조(별표 4)
※응용연구 및 시험개발의 경우에는 주관기관 또는 참여기관에 기업은 필수
※실용화 촉진을 위하여 시험개발단계는 기업 주관 장려

나. 연구책임자의 자격 및 과제 신청요건

- 연구책임자의 자격 : 관련분야의 연구 경험이 풍부한 중견 연구자를 책임자로 선임하여 연구의 최종목표를 달성할 수 있도록 계획, 업무프로세스 정립, 원활한 추진 및 조정과 과제관리를 수행할 수 있어야 함
- 과제 신청요건 : 주관기관은 컨소시엄을 구성함에 있어서 제안한 연구개발 목표를 충분히 달성할 수 있는 연구팀을 구성하여야 함. 특히 비정질분말 및 인덕터 제조/시험평가를 위하여 관련 지식과 시험시설을 구비한 전문기관의 참여가 필요함

다. 기타

- 본 과제에서 목표로 하는 연자성 분말제조 및 인덕터 설계/제조와 관련된 전문업체의 참여가 필수적임

7. 참고문헌

- 김휘준 “고에너지효율 연자성 복합분말 소재의 연구개발 동향” 한국자기학회지, 21권 2호, p 77 (2011년)
- Herzer “Modern Soft Magnets : Amorphous & Nanocrystalline Materials.” Acta Materialia 61, p718-734 (2013)

8. 과제 문의사항 연락처

소속	성명	연락처
민군협력진흥원	송홍섭	042-607-6042