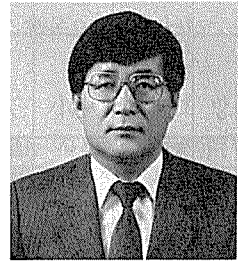


세라믹 재료분야의 현황 및 전망



김 호 기 박사
한국과학기술원 전자세라믹재료 연구센터

1. 서론

세라믹스 소재의 중요성은 다음과 같은 첨단제품의 예로부터 알 수 있다. 즉 TV의 총부품의 60% 이상이 세라믹스 소재로 이루어져 있고, HDTV 역시 비슷한 수준이다.

전자제품의 모든 전기, 전자 회로의 기본적인 LCR 회로, 반도체 산업의 IC패키지 즉 실리콘 칩을 보호하고 배선을 하는 기본 소재가 세라믹스로 이루어져 있다.

최근 고효율에서 위용을 과시한 스텔스기의 동체 역시 세라믹스 유전체 위에 전파흡수 페라이트를 도포한 세라믹스의 또 다른 분야이다.

에너지 분야에서도 태양전지를 비롯하여 최근들어 연구개발이 활발한 연료전지 역시 세라믹스 재료가 매트릭스를 이루고 있으며, 최근 로보트 및 각종 전자제품에 이용되는 압축, 광, 습도, 온도, 가속도 센서 역시 세라믹스로 만

들어진다.

그러나 세라믹스 소재 및 부품의 제조에 관련된 고도의 산업기술은 선진국이 독점하여 본격적인 기술이전을 기피하고 있다.

특히 수입에 의존하는 세라믹스의 핵심 소재, 부품의 높은 가격으로 인해 우리나라 상품의 국제 경쟁력 약화는 심화되어 가고 있으며, 차세대 첨단 산업에의 진입이 가로 막혀있다.

세라믹스 소재 산업도 국내 기술수준이 낙후되어 생산원가가 높을 뿐 아니라 품질이 떨어지고 또한 그 수요 시장이 성숙되지 않아 기업의 참여가 미흡하다.

세라믹스 산업은 대표적인 장치 산업으로서 초기투자가 많이 들고 보수, 유지에 어려움이 따르며 그 소재의 연구 개발에도 값비싼 연구 기자재들이 필요하다.

그러나 세라믹스 첨단 소재는 재료자체로서 높은 부가가치를 갖는 상품적 특성, 첨단 제품 부문에 응용확대가 전망되는 수요특

성, 다품종 소량이고 기술 집약적인 생산 기술 특성, 새로운 산업 수요를 유발하는 수요 창출 특성을 갖고 있다.

이러한 기능특성을 갖는 세라믹스의 개발은 전자, 정보, 에너지 등 첨단 산업의 발전에 불가결의 요소이며 차세대 기술 혁신의 관건이 된다.

2. 전자 세라믹스의 수요·생산 그리고 시장 동향

전자세라믹스의 세계시장은 1993년 약 370억불에서 2005년에 770억불 정도로 평균 7%의 성장에상되며, 일본, 미국이 세계시장의 약 80%를 점유(일본 48%, 미국 32%)하고 있다. 또한 우리나라는 세계시장의 약 3~4% 정도를 점유하고 있다.

국내시장을 살펴보면 '95년도 국내 수요 약 16억불에서 이중 국내 생산이 약 6억불, 수입이 약 10억불로서 약 60% 정도를 수입

에 의존하고 있으나 2005년에는 60억불 규모(세계 770억불)로 연평균 약 15%씩 성장, 수입의 증가는 40% 수준으로 낮아지리라 전망된다.이들을 요약하면 표1과 같다.

전자세라믹스의 수요산업현황을 살펴보면, 전자세라믹스의 수요산업은 약 60%~70%가 전기전자,

량화가 이루어지고 있다.

성장제품으로는 전자기기중 TV, VTR, FAX 등 통신기기중 무선 전화기, 휴대폰, 무선호출기 등이 있으며, 이들 제품들의 고급화 및 지속적인 경쟁력 유지를 위해서는 제품 추세에 부응한 핵심소재 부품개발이 병행되어야 하나, 이 부분의 취약성이 대일 격차로 남아

트 등은 전자부품의 대일 의존 탈피 및 대외 경쟁력 확보에 있어 선도적인 역할을 하고 있다.

현재 일본이 조립제품의 불경기임에도 불구하고 세라믹 전자부품은 호황을 유지하고 있음은 전자세라믹스 제품의 기술력을 보유하고 있기 때문이다.

또한 우리나라도 향후 5~10년 후 조립제품은 동남아 제품에 추월당하더라도 전자세라믹스 제품을 중심으로 한 핵심부품의 기술력을 보유하고 있어야 살아남을 수 있을 것으로 예상된다.

보다 세부적으로 각 부품에 대해 살펴보면 콘덴서의 경우, 단층 콘덴서의 경우는 대기업 위주에서 중소기업에 의한 수입대체가 진행되고 있으며 적층 콘덴서의 경우는 급격한 수요(20%) 및 생산(35%) 증가가 전망되고 있다. 국내 업체의 수출 향상 등의 기술력 증가로 인하여 수입의존도가 70%에서 50%로 낮아졌으나 수요량의 절반에 미치는 생산능력 때문에 시설확충과 소형화하는 문제를 고려해 볼 시점이다.

Hard Ferrite 소결 자석은 회토류 자석보다 산업용으로 개발된지는 오래되었지만 값싼 산화철을 원료로써 이용하며 내구성 등 경제적으로 싼 가격에 공급할 수 있으므로 아직도 널리 이용되고 있다.

국내 전자제품의 수출 호조에 따른 생산량 증가 그리고 해외로의 수출이 이루어지고 있으며, 음

(표 1) 전자세라믹스 세계 주요 전망 (단위 : 백만불)

국 별	분 야	1993	1995	2000	2005	성장율
		세 계	계	36,500	41,300	
	전 자	23,700	26,800	33,800	46,000	
	구 조	12,800	14,500	22,500	30,700	
일 본	계	17,530	19,530	25,580	34,510	5.8%
	전 자	10,630	11,900	15,600	20,850	
	구 조	6,900	7,630	9,980	13,660	
한 국	계	1,201*	1,590	3,100	6,100	14.4%
	전 자	750*	990	1,860	3,660	
	구 조	460*	600	1,240	2,440	

- 근거 : 1. '93년 일본의 세계시장 점유율 48%로 부터 2005년 45% 점유가정
 2. 일본시장은 "2005년 Fine Ceramics의 시장규모 장기전망 '95.5"기준
 3. 국내 2005년, 세계시장 점유율 8%로 추정('95년 3.3%)
 4. * "산업연구원, 2005년대 첨단기술산업의 비전과 발전과제, 1994. 7"기준

정보통신 산업으로, 국내 전자-정보통신 산업은 국가 중점육성산업분야로서 현재 가전제품을 비롯, PC, 통신분야도 국제적인 경쟁력을 갖추어 가고 있다.

제품동향으로는 소형경량화를 위한 표면실장화, 적층칩화, 고해상도, 고속화를 위한 디지털화, 평단화, 대면적화, 노이즈 제거화, 종합 정보통신화를 위한 개인화, 이동통신화, 고주파화, 고속대용

있는 가장 큰 문제이다.

전기회로의 기본 3요소인 LCR (코일, 콘덴서, 저항)중 세라믹 콘덴서, 세라믹저항을 비롯 코일과 밀접한 관계인 인덕터 및 자성 재료 페라이트가 모두 전자세라믹스 제품이며, 전자정보 재료중 전자 세라믹스 제품이 약 50%를 차지하고 있다.

국내 전자 부품중 저자 세라믹스 제품인 세라믹 콘덴서, 페라이트

향기의 speaker 및 정밀 소형모터로써 사용이 확대될 것으로 전망된다.

반도성 세라믹스의 경우, PTC는 가전, 자동차, OA기기, 의료분야의 수요가 증가하면서 '92년 약 100억원(생산: 15억원)에서 2000년 약 300억원 수요를 전망하고 있다. 용도별로 Degaussing 용 소자, 모터 기동 및 히터용 소자, 회로 보호용 소자로 구분되며 국내에서는 '91년부터 양산에 참여하고 있다.

원부소재의 대일의존이 높고, 세계시장의 90%를 점유하고 있는 일본업체의 덤핌공세 때문에 개발, 생산이 어려운 실정이다. 압전체 시장에서 최대 시장을 형성하고 있는 압전필터는 1992년 수요가 330억원, 2000년에는 321억 9,000만원으로 동기간 동안 12.0%의 안정적 성장이 기대되는데 이는 무선통신산업의 발달이 크게 기대되기 때문이다. 한편 압전부재의 국내 수요는 1992년 45억원, 2000년 119억 8,000만원으로 동기간 동안 13.0%로 공진자와 더불어 지속적 성장이 예상되고 있다.

압전 필터류의 경우, 유전체 필터와 SAW필터가 주종을 이루며 현재 연구단계에 있다. 현재 압전 세라믹 분야에서 가장 큰 시장을 형성하고 있으며, 거의 전량을 수입에 의존하고 있다.

세라믹 센서의 경우, 연평균 증가는 10~15%로 예상되고 국

내외에 큰 시장이 형성되어 있다. 대부분의 업체들은 선진국의 핵심 부품을 수입하여 조립하는 단계에 있다.

센서의 종류에는 여러가지가 있으나 광센서, 자기센서, 위치센서, 온도센서가 전체의 70%를 점유하고 있다.

3. 연구 및 개발 동향

기능성 세라믹스는 종래의 재료에는 없는 우수한 특성 뿐만 아니

라 환경친화적 재료로서 주목해야 할 소재이다.

세계 기능성 세라믹스 수요는 1993년 370억달러, 1995년에는 410억달러, 2005년에는 770억달러 정도로 추정되고 있다. 세계 기능성 세라믹스 수요의 일부는 일본과 미국이 양분하고 있으며 일본이 거의 50%를 공급하고 있고 향후에도 큰 변화가 없을 것으로 보인다.

우리나라는 일본의 약 10분의 1규모이고 전세계시장의 4%미만

(표 2) 전자세라믹스 부품별 국내 수요전망

(단위: 백만원)

부품별	수요/생산 전망		1992	1995	2000
	연	도			
세라믹 콘덴서	단 층	수요	65,400	71,470	82,850
		생산	49,200	53,760	58,800
	적 층 (MLCC)	수요	38,250	71,200	170,000
		생산	16,000	39,400	136,000
페라이트	Hard Ferrite	수요	50,000	88,000	187,700
		생산	28,000	-	-
	Soft Ferrite	수요	120,000	200,000	350,000
		생산	80,000	-	-
반도성 세라믹스	PTC	수요	10,500	15,970	32,120
		생산	1,500	-	-
	NTC	수요	17,000	25,850	52,000
		생산	5,800	-	-
세라믹 Package	Cer-dip	수요	12,500	15,000	15,000
		생산	12,500	15,000	15,000
	M.L.P	수요	1,500	5,200	20,900
		생산	-	-	-
압전필터	Filter	수요	33,000	52,850	115,880
		생산	(-)	-	-
압전소자	Igniter	수요	3,200	4,140	6,370
		생산	960	-	-
	압전 Actuator/motor	수요	-	(182,000)	(944,000)
		생산	-	-	-
세라믹센서	수요	수요	17,400	24,500	43,000
	생산	생산	1,480	-	-

인데 이중 절반이상을 수입중에 있다.

먼저 적층 세라믹콘덴서의 경우 현재 주류의 칩사이즈는 2.0×2.5 mm로 부터 1.6×0.8 mm사이크로의 대체가 급속히 이루어지고 있으며, 특히 휴대전화, 캠코더 등의 소형 휴대기기에 있어서는 1.0×0.5 mm 사이즈의 채용이 확대되고 있다.

범용시장은 반도체소자의 고집적화에 따라 대용량이 필요함으로 대용량화와 소형화를 함께 만족하는 재료가 요구됨에 따라 세라믹 유전체의 박막화에 의한 다층적층 개발이 활발히 이루어지고 있다.

현재 실용화되고 있는 최소유전체 두께는 $8 \mu\text{m}$ 두께의 유전체의 생산경제성관련 검토작업 중에 있으며 또한 이를 위해, 내부전극으로서 코스트절감을 위한 비금속재료사용 관련 기술개발도 활발히 진행되고 있다.

주요기술 개발현황으로는 국외의 경우 1005형 양산, 0603형 개발 완료 및 양산검토탄계, 유전체 박막화, Ni, Cu내부전극 MLCC양산개발, 저온소결원료를 이용한 대용량 MLCC개발, Chemical Process에 의한 Fine Ceramic Powder합성 및 양산화 개발 등이 있으며, 국내는 원자재 국산화, 고용량 유전체 재료개발, Ni, Cu내부전극을 이용한 저코스트 MLCC개발 등이 추진되고 있다.

또한 유전체 디바이스로는 휴대전화, 자동차전화의 소형화, 경량화, 저소비전력화, 저코스트화에

따른 주요부품중에 하나인 유전체 필터는 특히 소형화 부문이 중점 추진되고 있다.

일본의 경우 약 10년에 걸쳐 체적이 약 1/100인 1cm^3 로 소형화되었으나, 향후에도 계속 소형화가 추구될 전망이며, 소형화에 따른 특성열화를 회피하기 위한 다층칩화 및 준마이크로특성을 강화하기 위한 저손실 유전체재료의 개발을 활발히 진행되고 있다. 또한 온도가 $900 \sim 1000\text{C}$ 정도인 저온에서 소성가능한 적층형 공진기가 최근 개발되어 양산준비 중에 있다.

국내의 경우, 최근 Duplexer Filter를 시작으로 고주파 신호발생기(VCO, TCO)등이 개발되고 있으나, 기술수준은 아직 선진국과 대비하여 미흡한 편이다.

압전응용부품으로는 일본을 중심으로 압전체를 이용한 부품이 연구개발 되어 중요 용도별로 사용되고 있는 예는 다음과 같다.

- high Voltage generator
- transducer for sound and ultrasound in air
- resonator and filters
- keyboards
- high powder ultrasonic generator
- pick-up and sensor
- delay lines
- 기타

따라서 위와 같은 용도로서 개별 부품이 개발되어 실용화되고 있으며, 현재는 부품이 저진력,

고품위 및 소형화를 위한 연구 개발이 추진되고 있다.

국내의 경우 위의 품목중 사용용도가 빈번하고 산업화가 시급한 일부 품목들이 기업화가 되거나 또는 추진되고 있다.

Micro컴퓨터를 중심으로 하는 microelectronics가 특히 널리 보급되어 많은 분야에서 기기의 자동화, 시스템화, 정보화가 진행되고 있다. 이에 수반하여 정보 input로서 써미스터가 각방면에 사용되고 있다. 고성능화에 대해서는 유리봉입 써미스터, 박막 써미스터, 고온 써미스터 등의 새로운 소자가 실용화되고 있다.

금후의 응용개발 전망으로는 다음과 같은 특성을 갖는 NTC써미스터가 요구된다.

첫째, 고내열화로 가전 및 산업용 기기의 온도검지용으로 가격이 저렴하고 신뢰성이 높은 고온 써미스터가 요구되고 있다.

둘째는 고정도화이다. 즉 조리 기구용, OA 기기용 등에는 고정도화가 요구된다. 세라믹의 fine화에 수반하여 온도검출 정도로써 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 가 가능하고 양산성, 호환성이 있는 것이 개발 되어지고 있다.

셋째, 고응답성으로 OA기기용, 저자체온계 등에는 고응답성이 요구된다. 이것으로는 반도체 등의 미세가공 기술을 응용하여 초소형화(超小型化)가 진행되어 응답성 $\gamma = 1 \sim 3$ 초의 것이 양산화 되고 있다.

마지막으로 산업기기 및 자동차 분야에는 $\Delta R/R \pm 1\%$ 의 장기 고신뢰성 보증이 요구된다. NTC 써미스터 소자의 국내관련기술은 대부분 원료수입업체로부터 제공된 제조 process에 의해 생산되고 있으나, 일부업체에서는 원료분말을 수입하여 자체개발을 행하고 있다. 자체개발은 현재 주로 디스크형의 품질향상이 주류를 이루고 있다. 앞으로 전망은 칩형소자와 고온형 수요가 다른형의 소자보다 계속적으로 증가될 것이며, NTC 써미스터 전체수요는 연 10% 이상 성장할 것으로 예측된다.

PTC 써미스터 제품으로써는 스위치 체크로서 더욱이 대전력, 대전류 제어로의 전개가 진행되고 있고 또한 저저항 소자의 비저항 감소와 파괴 전압향상을 위해서는 비저항의 감압, 고내전압화 외에 소자 비저항 분포의 제어에 의한 소자 발열분포의 균일화, 대전류 저저항 전극, 단자 접속구조, 소자크기 설계 등의 개선이 필요하다.

특히 저저항 재료에서는 BatiO₃계외에 새로운 PTC 써미스터 재료 또는 유기 PTC 써미스터와의 기능분담이 고려되고 있다. 발열체용으로서의 전기제어형의 특징을 발휘하기 위하여 저열저항 고응답성의 PTC 발열체가 요망되는데 이를 위해서는 열전도율 향상 혹은 등가(等價)인 기능을 발휘시키기 위해 구성면에서의 접근으로 신공법개발, 고열전도 촉매

의 PTC재료의 후막화 등이 연구되고 있다.

국내 업체에서 PTC 써미스터를 양산하는 업체는 자화전자, 원세라, 신도세라믹, 삼화콘덴서 등이 있으며 삼양전자, 신호전자부품, 동양화학 등이 양산준비를 끝낸 상태이다.

이와 관련한 사업현황을 살펴보면 국내업체는 대부분 원료를 일본 등에서 수입하고 있으며 제품설계 기준이 전무하여 단순소자 제작 수준에 머무르고 있으며, 이는 경제성 및 기술수준 미비 때문에 대부분 조성을 일본 등지에서 수입하고 있는 실정이다.

고내전압용은 경쟁 상대국과 생산기술에서 아직 차이가 크고 저저항용 PTC써미스터는 거의 개발되지 않은 상태이며 히터용의 경우, 단순한 용도의 것을 제외한 고기능 제품에 대해서는 소자업체는 물론 set업체에서도 소자설계 능력이 미비한 상태이다.

광유리분야에 있어서는 광통신을 위한 고순도 석영유리의 경우 미국, 일본 등에서는 이미 기술적인 완숙상태에 이르고 있으며 생산하고 있다.

기초 소재인 석영유리의 개발자체는 이미 완료된 상태로서 소재 제조 기술보다는 소재 가공을 이용한 다양한 광섬유 제조기술에 초점을 맞추고 있는 실정이다.

이와 함께 광도파의 coating기 fluoride가 첨가된 광섬유의 접속 기술도 기존의 광섬유 커넥터에

비하여 기술적으로 간편한 기술들이 개발되고 있다.

국내에서는 광통신용 유리의 경우 전량 수입에 의존하고 있다. 물론 기술적으로 고순도 석영유리를 제조하는 어려움이 있으나 기술적인 측면보다는 경제적으로 시장성이 충분치 않다는데 문제가 있다.

최근 센서기술은 소재개발기술, 제조기술, 회로기술, 관련시스템 설계 및 제작기술 등의 발전과 더불어 복잡한 신호처리를 간단하게 하여주는 마이크로 컴퓨터의 발전에 힘입어 고기능성, 지능형 센서를 개발하는 방향으로 연구되고 있다.

센서의 장래 기술개발 전망은 센서소자는 단일소자→복합·어레이화→마이크로 집적화로, 구조는 단일소자→복합구조→3차원 계층구조로, 신호처리는 센서특성의 보완→신호가 통합 및 융합(정보처리)→지식획득 및 이용(지식처리)방향으로, 기능면에서는 고성능화→고기능화(식별, 자기진단)→지능화(학습, 인식, 판단)방향으로 진행될 것으로 전망된다.

국내 센서기술의 경우, 품목별 기술개발 현황은 지금까지는 소자를 수입하여 단순조립·생산하거나, 선진국의 기술을 모방하여 국산화하는 수준이었으며, 가스센서, 이온센서, 적외선센서, 압력센서 등의 분야에는 어느정도 기술축적이 되어 있다고 볼 수 있다.

핵심요소별 기술개발현황에서

센서제조기술은 선진국의 60% 정도의 수준에 이르렀으나 원료, 소재개발 및 설계기술은 최고기술 보유국에 비하여 극히 저조한 실정으로 원천기술 확보가 시급한 실정이다.

4. 당면과제 및 발전방향

전자재료산업의 발전은 국내 전자산업의 구조 고도화와 고부가가치화를 위한 필연적인 과제의 하나이다.

그러나 위험부담이 크고, 요구되는 설비와 기술개발 투자규모가 크며, 장기적인 투자가 필수적이라는 산업 고유의 특성으로 인해 전자재료 산업의 육성, 발전은 자유시장 경쟁에의 전적인 의존은 기대하기 어려워 발전 초기 단계에서부터 성숙단계에 이르기까지 세심하고 적극적인 정책지원을 필요로 한다.

즉, 국내 전자재료산업에 대한 정책은 현재 업계가 당면하고 있는 투자의욕 저하, 수출산업화의 걸림돌은 독과점 형태의 세계시장 진출의 어려움, 유사한 업체간의 과당경쟁, 기존 관련 정책의 비합리성에 기인한 투자재원 배분의 효율성결여, 품목 특성에 적절하지 못한 투자 전략 방향제시 등의 과제들을 해소할 수 있어야 한다.

당면 문제점으로는 첫째 기술수준 낙후를 들 수 있다. 자성재료, 저항기, 세라믹콘덴서 등 일부 품

목은 선진국 수준으로 대외 경쟁력을 확보하고 있으나 대부분의 품목은 기업화를 위한 개발단계 혹은 반제품 형태의 소자를 수입하여 재가공 또는 전극형성 및 조립만을 하는 정도의 기초단계이다.

또한 품목 및 용도가 다양하여 단일 품목당 국내 시장 규모가 작아 수요기반이 취약하다는 것이다. IC Package(140억원), Soft ferrite(1,270억원), Condenser(1,037억원)등 일부를 제외하고는 한 품목당 대부분 20~50억원 미만의 시장규모('92년 기준)이며 원료의 거의 전량을 수입에 의존하므로써 안전공급체계를 확립하는데 문제가 있다.

셋째, 기술개발 및 개발된 신제품의 사업화에 있어서도 곤란을 겪고 있다. 즉 기초연구에서부터 사업화단계에 이르기까지 장기간에 걸쳐 많은 자금과 인력 소요되며 사업화 시점에서 선진국의 가격덤핑공세 및 국내 수요업체의 가격인하 요구 등도 문제점으로 지적될 수 있다. 더불어 통계자료의 미비로 수요예측이 어려워 기술개발 계획수립이 곤란하고 규격제정 및 시험·평가기능 미비로 연구 개발, 제품설계 및 신뢰성 확립, 용도 확대 등의 애로요인을 가지고 있다.

세라믹스 소재 중 국제 경쟁력이 있는 첨단 소재는 기존 세라믹스의 연장 선상에서 그 성능 특성

이 현저히 개선된 재료, 기존 세라믹스 재료에서는 실현 불가능한 새로운 기능특성을 갖는 재료이다.

세라믹스 첨단 소재의 성격은 재료자체로서 높은 부가가치를 갖는 상품적 특성, 첨단 제품 부문에 응용 확대가 전망되는 수요특성, 다품종 소량이고 기술집약적인 생산 기술 특성, 새로운 산업 수요를 유발하는 수요 창출 특성을 가져야 한다.

이러한 기능 특성을 갖는 세라믹스의 개발은 전자, 정보, 에너지 등 첨단 산업의 발전에 불가결의 요소이며 차세대 기술혁신의 관건으로서 선진국 공통의 경쟁적 과제가 되고 있다.

이러한 세라믹스 첨단 소재의 특성으로부터 판단할 때 세라믹스 첨단 소재 개발 방향은 특정 제품에 목적은 둔 소재개발과 소재 자체 개발을 통한 신제품 창출을 기대하는 신소재 개발로 추진하여야 한다.

또한 세라믹스 소재 산업의 건실한 발전을 위해서는 학계에서 기초이론 및 기초연구, 출연 연구소에서 응용 연구 및 개발연구를 수행하고 기업에서 개발연구 및 모방연구를 하는 연구체제를 범국가적으로 구축하고 정부는 지속적인 지원을 통하여 그 결실을 기대하여야 할 것이다.