

## 적층형 세라믹 전자부품



송재성

한국전기연구원

- 전기소자연구그룹 그룹장
- 관심분야 : 적층형 압전체 및 응용기술
- E-mail : jssong@keri.re.kr

박재관

한국과학기술연구원

- 재료연구부 복합기능세라믹연구센터 센터장
- 관심분야 : 유전체 세라믹스, 나노 세라믹스
- E-mail : jgpark@kist.re.kr

### 1. 서론

최근 MLCC(Multi-Layer Ceramic Capacitor), MLA(Multi-Layer Ceramic Actuator) 등의 적층형 세라믹 전자부품에 대한 산업적 요구가 증대되면서, 이의 설계 및 제조공정, 조성 개발, 신뢰도향상 및 평가기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. MLCC의 발전 방향은 크게 초고적층 초고용량의 실현이 될 것이다. 이를 위한 선진 각국의 경쟁이 치열히 전개되고 있다. 그리고 그 다음 세대는 이와 같은 수동부품들이 복합적으로 구성된 one-chip이 될 것이다. 이것은 지금까지 진행되어 오던 PCB(Printed Circuit Board)를 이용하던 방식을 벗어나 하나의 세라믹스 chip 내에서 구현하는 것이다. 이 기술은 LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) 기술을 기반으로 한다. 전자세라믹스의 경우 전기적 특성을 최대화 할 수 있는 조성의 개발이 가장 기본이 되면서도 중요한 기술이 된다. 즉 초고용량의 MLCC를 만들기 위해서는 높은 유전율을 가지는 세라믹스 조성계를 개발해야 하고 이를 산업재산권으로 연결시켜야 한다. 그리고 이들 원료를 만드는 기술 즉, 초미분을 제조하는 공정기술과, 이를 평가할 수 있는 기술이 필요하다. 더불어 새로운 특성이 요구되는 분야는 또한 그에 합당한 세라믹스 조성계를 개발해야 하는 것이다. 예를 들면 LTCC 분야의 경우 저온 동시 소성을 진행하기 위해서는 다양한 이중 재료와 반

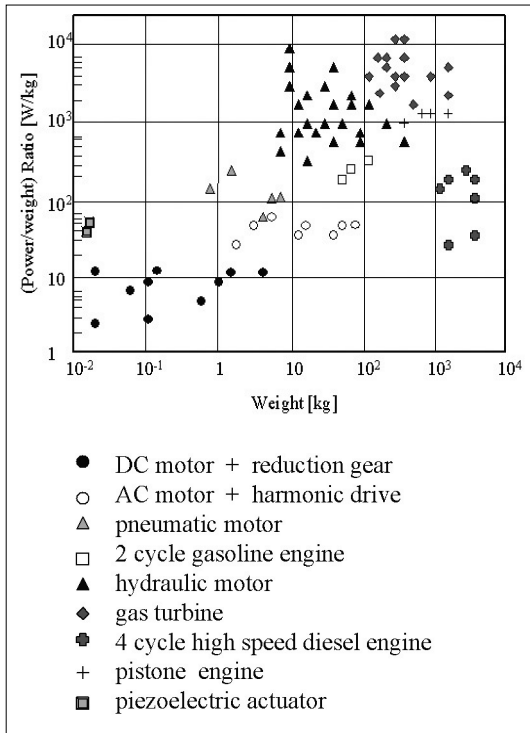


그림 1. 액추에이터 종류에 따른 하중당 전력 밀도 비교

응성을 고려한 특수 glass 재질이 필요할 것으로 예상된다. 그러나 이러한 원천기술의 분야에서 우리나라는 선진국에 비하여 열악한 상태에 있다. 대부분의 원료 조성은 일본이나 미국에서 이미 개발하고 지적재산권을 행사하고 있다. 그리고 현재 사용되는 용량에서 요구되는 원료 특성보다 한 차원 진보되지 않으면 우리가 목표로 하는 초고용량 제품을 생산할 수 없다. 원료기술은 그 기반도 미약할 뿐만 아니라 새로운 원료의 개발이 단시간 내에 이루어질 수 있는 사안이 아니라는 것이 또한 문제이다. 그리고 세라믹스 원료의 조성과 더불어 초미분의 생산을 위한 기술이 확보되어야 하는데, 이 또한 일본 업체에 전적으로 의존하는 상태에 있다. 이와 같은 기반 기술에 대한 대폭적인 지원이 없이는 전자 세라믹스 부품 산업의 경쟁력은 생길 수 없다고 할 것이다.

지금까지 전기기계산업에 사용되고 있는 액추에이터에는 전동기를 사용하여 간접적으로 구동되는 공기압(air pressure)이나 유압(oil pressure) 방식이 있으나, 이들 방식의 특징은 변위의 범위는 크지만 응답속도가 느리고, 변위에 대한 정밀도도 낮다. 그림 1에 액추에이터 종류별 하중당 전력밀도를 보여주고 있는데, 액추에이터가 소형화 될수록 점차 전력밀도가 줄어들어 들기 때문에 각종 기기의 소형화시(g단위)에 액추에이팅 시스템에 막대한 문제점들이 나타나고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 고체형 액추에이터인 압전 액추에이터가 기존의 유공압 및 기계식 액추에이터를 대체해 나가고 있는 실정이며, 이러한 경향은 각종 전기 기계 부품의 밀리미터 정도의 소형화와 맞물려 가속화되어 나가고 있다. 또한 이러한 기계식 액추에이터의 경우는 원천적으로 액추에이터를 구동하기 위한 구동전동기가 있어야 하므로 전기공급장치를 고려하지 않는다 하더라도 액추에이터를 소형화하기가 곤란하여 최근에는 전자세라믹의 압전성, 전왜성을 이용한 전자식 액추에이터에 관하여 활발히 연구가 진행되고 있다.

압전세라믹 액추에이터는 다른 기계식, 전기식에 비하여 소형이고, 정밀도가 높으며, 응답속도 또한 빠른 것으로 알려져 있다. 현재 압전 액추에이터는 아래 그림에서 보듯이 기기의 소형화와 발 맞추어 빠른 응답속도 (~10 $\mu$ s), 고정밀도 (0.1nm), 고발생력 (~kN), 고전력밀도의 특성이 요구되고 있다. 이러한 특성들을 기반으로 하여 소형 펌프, 밸브 및 positioner 등에 응용 개발되어 가고 있는 실정이다. 압전 액추에이터는 초기에 단일체(unimorph)형에서 진화하여 고변위 바이모오프(bimorph)형 그리고 고출력 적층형으로 확대 개발 및 연구가 진행되어 왔으며 향후 바이모오프형이 지닌 장점인 고변위와, 적층형이 가진 고강도를 동시에 만족시키는 고전력밀도 하이브리드형 적층 액추에이터

를 개발하여야 한다. 적층형 액추에이터(MLA) 소자는 세라믹 압전체와 내부 전극이 층상, 다층으로 구성되어 있다. 이와 같은 적층 구조는 tape casting법에 의해 제조되며, 주요 공정요소로는 분말원료 합성기술, 슬러리 분산기술, sheet 성형기술, 적층기술 및 소성기술 등이 있다. 정밀기계가공 등에 사용되는 액추에이터는 단층 구조의 것보다 복잡한 적층형이 요구되며, 이를 실현하기 위해서는 소재물성, 소재형상설계와 소재성형기술 등이 중요한 인자이다. 이때 세라믹 소성 시에 Pb 휘발제어에 의한 신뢰성 확보, 저이력특성, 큐리온도의 고온이동에 의한 압전효과 내열특성, 강도개선을 위한 소재의 미세구조 제어, 소재의 저가화, 전극 및 압전체의 층간 계면강도향상, 구동전압(<100V)을 낮추기 위한 소재 개발 등이 중요하다. 그리고, 높은 상전이 온도를 갖는 세라믹재료의 개발, 고변위 특성을 위한 높은 전기기계 결합계수(기계적 품질계수보다 우선 확보), 저손실 소재, 기계적 강도가 우수한 압전/전왜 재료, 동작 중 열 발생을 최소화하기 위해서 필요한 저유전손실을 갖는 경질(hard) 압전체의 개발이 필요하다. 그림 2에 연도별 압전 액추에이터의 최대 전력밀도 예측도를 나타내었는데, 현재 최대 0.3 watt/cm<sup>2</sup> 정도의 전력밀도를 가진 액추에이터가 개발되어 있으며, 향후 지속적인 연구개발을 통

하여 0.5~0.8 watt/cm<sup>2</sup> 까지 개발될 것으로 예측되고 있다.

적층형 chip을 제조하기 위해서는 성형 적층에 관한 공정기술이 중요한 부분이다. 이 과정에서 핵심기술은 슬러리의 분산기술과 성형장비 및 적층장비 기술이 될 것이다. 그리고 성형에 사용되는 고분자와 전극재료의 개발이 포함된다. 초고적층으로 발전하는 단계에서 원료 분체는 초미분화로 갈 것이고, 이를 균일하게 액상에 분산하여 안정된 슬러리를 얻는 것이 성형의 균일성을 확보하는데 가장 중요한 기술이 된다. 전극 또한 1000층 이상의 적층을 위해서는 그 두께가 submicron으로 인쇄되어야 가능하다는 것이다. 이들은 분산과 유동특성(rheology)이라는 분야로 세계적으로도 학문적인 성과가 미약하고 가장 노하우가 많이 포함되는 부분에 속한다. 이 부분은 어떤 문헌을 통하여 접근할 수 있는 기술이 아니고 축적된 data를 기반으로 최적화하는 과정인 것이다. 그리고 1 $\mu$ m이하의 후막을 성형하고 적층하기 위해 필수적인 기술이 장비 기술이다. 이것은 정밀도를 제어하는 것은 물론이며, 정전기 방지, 새로운 방법 개발 등이 계속적으로 진행되어야 한다. 지금 현재는 첨단 장비의 경우 일본의 장비 업체에 전적으로 의존하고 있으며, 일부 장비의 국산화가 진행되었다. LTCC에 적용될 것으로 예상되는 이들 공정기술은 다종 재료의 균일한 분산과 적층 기술은 물론이고 chip의 각 부분이 이종의 재료로 구성되게 하는 새로운 성형기술의 도입이 요구된다.

소성기술은 세라믹스 chip의 특성을 구현하는 공정으로, 앞에서 이루어진 기술적 축적이 현상적으로 나타나는 것이다. 이 공정에서는 base metal을 전극재료로 사용하므로 환원 분위기의 균일한 제어와 로 내의 균일한 온도 분포 등에 대한 양산 기술의 진보가 매우 중요하다. 그리고 소성 이전에 이루어지는 탈 바인더 공정 및

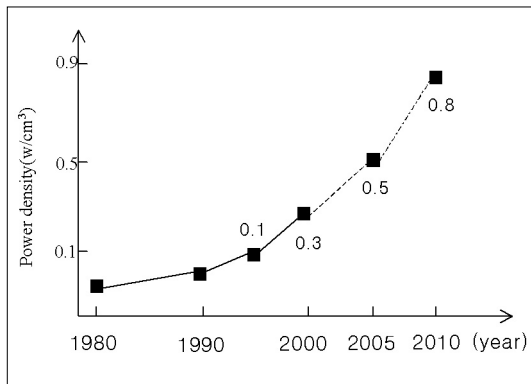


그림 2. 연도별 압전 액추에이터의 최대 전력밀도 예측도

외부전극의 소성 등의 공정도 중요한 양산화 기술에 속한다. 이 과정에서 발생할 수 있는 온도 구배, 산소 농도 구배와 각 물질간에 발생하는 소성 조건의 차이를 최적화하여 chip으로 완성하는 것이 주된 과제이다. 특히 LTCC의 경우 다종 물질을 저온에서 동시소성 하여야 하는데, 이들 물질의 조성 개발이 기본이 되지만 소성 공정의 최적화 또한 매우 중요하다. 그리고 다기능 모듈의 경우 chip의 크기에 따라 탈 바인더 또한 쉽지 않을 것으로 생각되고 외부전극의 디자인이 더 복잡하게 될 것으로 예상된다. 하지만 국내에서도 MLCC의 양산이 대규모로 이루어지고 있어 축적된 노하우를 확보하고 있는 부분이기도 하다.

설계기술은 전자 부품 산업을 선도하는 핵심 기술이 될 것으로 예상된다. 부품의 복합화 과정에서 복합된 모듈을 창조하는 작업은 set 업체의 요구와 동향을 파악하고 선도해야 하며, 회로를 설계하는 회로설계기술과, 이를 구현하는 재료 및 공정기술, 그리고 이들을 연결하는 simulation 및 평가기술이 복합적으로 연계되어야 가능한 것으로 이 분야는 미국, 일본 등의 극소수 선진 업체들이 가능한 것으로 알려져 있다. 그러나 이 부분은 우리 업계가 지속적인 성장을 하기 위해 필수적으로 요구되는 분야 중에 하나이다. 그래서 다양한 선진 설계 tool

을 도입하고, set업체와 연계된 연구 기획을 진행하고, 재료 및 공정기술과 회로설계 기술을 연결할 수 있는 전문 인력을 양성하고, 적극적인 과제 발굴 및 지원이 필요한 분야이다.

## 2. 적층형 세라믹 전자부품의 연구 현황

세라믹계의 여러 분야 중 산업사회의 발전과 맞물려 급속도로 발전되고 있는 분야가 바로 전자세라믹스라고 볼 수 있다. 이 분야는 정보화와 디지털화가 급격히 진행되는 발전 정도를 예측하는 것이 불가능할 정도의 변화가 거듭되고 있다. 그 발전의 소용돌이 속에서 set 업체의 기술적, 부품의 가격 측면 요구를 수용하고 이를 고객의 차원에서 앞서 개발해 나아가는 것이 전자 세라믹스 업계가 향후 지속적인 발전을 이루는 데 풀어야만 하는 과제로 대두되고 있는 현실이다.

산업의 발전과 민감하게 연계되어 있다는 것은 사회적 변화, 즉 경기의 활성화나 국제경제 흐름 등에 의해서 민감하게 변화될 수 있다는 특성을 함께 가지고 있다. 2000년을 마감하고 새해를 여는 지금, 약 10년 간의 호황을 누려오던 미국 경제가 연착륙을 시도하고 있으며, IMF 경제 체제를 막 벗어난 우리 경제가 다시 불황으로 접어들고 있는 시점에서 모든 부분의

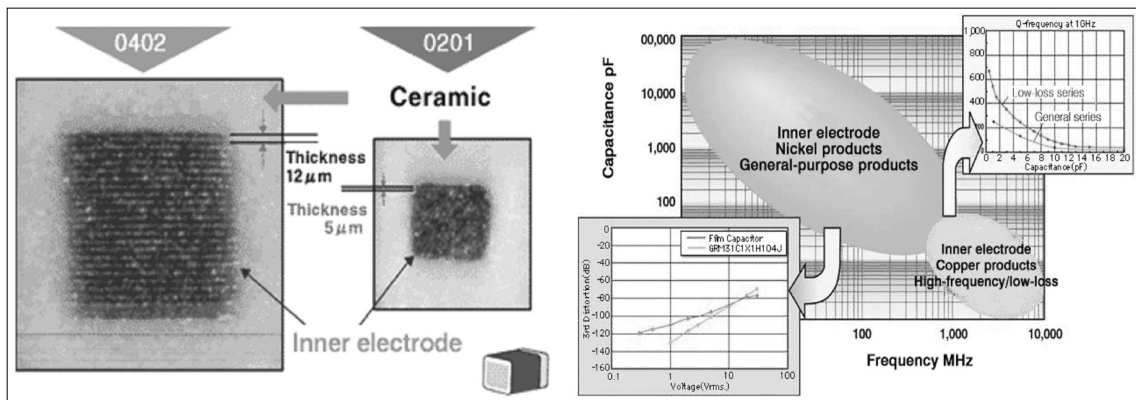


그림 3. MLCC의 소형화 추세와 고주파 특성평가 예

경기가 위축되고 있는 것이 사실이다. 이에 따라 전자세라믹스 분야도 많은 영향을 받을 것으로 보여진다. 그러나 IT 산업을 기반으로 하는 전자산업은 그 특성상 성장률의 둔화는 있을지라도 꾸준한 성장이 예상되고 있으며, 이들 전자산업을 뒷받침하는 전자세라믹스 부품 또한 발전을 계속할 것으로 기대된다. 2001년도 우리 나라 전자부품 수출은 2000년도에 비하여 약 40% 증가세가 예상되고 있다.

전자세라믹스는 전자부품의 재료로 사용되는 경우가 대부분이다. 부품은 set의 기본이 되며, set의 발전과 needs를 선도해 가야 할 뿐만 아니라 세계적으로 통일된 규격 내에서 경쟁을 하는 것이다. 즉 부품 산업은 하나의 규격을 두고 세계 부품 업체가 기술 및 생산성에서 무한 경쟁을 해야 한다는 것을 의미한다. 그 경쟁의 초점은 결국 품질과 가격으로 좁혀지는데, 이제 한국의 전자세라믹스 부품은 세계시장에 진입하는 단계에 있다고 할 수 있다. 그 동안 기술적 모방과 노동력 우위에서 기술과 품질 향상을 통한 시장공략의 시대로 전환해야 할 시점에 있는 것이다.

전자 세라믹스의 현재까지 발전 방향은 chip화였다. chip화란 것은 PCB 위에 자동으로 삽입하여 회로를 구성하는 것을 목적으로 하는 것이다. 그러나 mobile 시대의 도래로 인하여 보다 작은 부피의 전자 부품을 지향하고, 보다 신뢰성 있고 간단한 공정을 통한 원가 절감이 이 시대의 화두로 등장하였다. 시계에 장착된 화상 이동 통신의 시대를 눈앞에 두고 컴퓨터에 필요한 만큼의 부품을 사용할 수는 없는 것이다. 따라서 개개의 수동 부품을 이용하여 회로를 구성하는 것이 아니라 여러 개의 부품을 원칩(one-chip)화하는 복합 모듈의 시대로 급격한 진전이 요구되고 있다.

복합 모듈화 시대에 대안으로 대두되는 것이 LTCC이다. 이것은 낮은 온도에서 동시 소결을

통하여 세라믹스 부품을 제조한다는 것을 의미하는데, 그 과정에서 glass와 전극 등을 이용하여 이종 재료를 복합적으로 집적시켜 회로를 구성할 수 있는 가능성을 보여준다. 이것은 세라믹스이므로 높은 신뢰성을 확보할 수 있을 뿐 아니라 지금까지 발전되어 온 세라믹스 후막 기술을 기반으로 한다는 점에서 그 가능성이 매우 높은 미래 예측이다. 즉 휴대 단말기의 수많은 부품들을 대신하여 복합화 된 모듈 칩 몇 개가 화상 휴대폰을 동작시키면서도 신뢰성과 내구성은 물론 에너지 소비까지 현격히 줄일 수 있는 시대, 그것이 우리가 예측하는 미래이다.

현재에 기초하여 다가올 10년의 기술 동향을 바라보면 너무나 막연할지 모른다. 그러나 그 막연함 속에도 발전의 방향은 명확하다고 할 수 있다. 그것은 바로 초소형화, 대용량화, 복합화, 다기능화로 요약된다. 이 방향을 모두 충족하는 것이 바로 LTCC모듈이 될 것이다. 세부적으로 다가올 미래를 살펴보면 초기에는 MLCC를 기본으로 단품 chip을 중심으로 소형화 고용량화가 급격히 진행될 것이다. 이 과정에서는 공정 기술이 가장 중요한 요소가 될 것으로 예상된다. 그러나 수동 소자 단품의 소형화는 곧 한계에 부딪치게 될 것이고 복합 모듈에 대한 요구가 증가될 것으로 예상된다. 복합 모듈은 초기 단계로 LC filter와 같이 단품의 기능성 chip 시장이 지금 형성되어 있고 좀더 복잡한 기능성 모듈인 MCM(Multi Chip Module)을 거쳐 MFCC(Multi Functional Ceramic Module)으로 발전될 것으로 보인다. 이것은 몇 개의 회로단이 통합된 형태를 의미한다. 이와 같은 요구는 먼 미래가 아닌 불과 4, 5년대에 불어닥칠 산업 변화인 것이다. 이런 요구를 수용하기 위하여 LTCC에 필요한 재료 연구가 곧 진행되어야 하고 회로의 설계와 회로를 모듈로 연결하는 3차원 설계 기술이 요구될 것이다.

10년 후 우리의 미래를 개척하기 위하여 우리는 다가오는 사회를 단지 바라보기만 해서는 안 된다. 미래를 예측하였다면 이를 미리 준비하는 자만이 성취할 수 있는 것이다. 전자 부품 산업의 발전 방향은 명약관화하다. 그렇다면 이제는 그 기본을 중요시하고 기본을 바탕으로 차근차근 미래를 준비해야 할 것이다. 이것을 준비하는 우리는 세계 set 업체를 선도해 가는 전자 부품 산업의 메카로 설 수 있을 것이다.

1980년대 중반부터 국내에서도 대학, 연구소 기업체를 중심으로 세라믹 압전체를 이용한 액츄에이터에 관한 연구개발이 기초적 단계에서 진행되어 기본재료기술, 구조설계기술, 접합기술, 측정기술, 시험기술에 대한 연구가 일부 미미하게 진행되는 상황이다.

적층기술을 이용한 트랜스듀서나 센서는 자동차 부품업체 및 의료업체의 상품을 중심으로 그 동안 외국에서 센서의 형태로 구매하여 상품화하는 정도이다. 그래서, 이 분야의 핵심 기술인 박막 형태의 micromachining 기술이 G7 사업을 중심으로 부분적으로 MEMS(Micro Electro Mechanical System)라는 영역에서 일부 진행 중이다. 그러나 반도체 제조장비와 측정장비, 기계정밀가공분야에 사용되는 적층형 트랜스듀서, 액츄에이터의 생산은 이루어지지 않고 일부 한정된 분야에 세라믹 액츄에이터 component를 수입하여 반도체장비(wafer 이송용)와 SPM(scanning probe electron microscope)의 nanopositioner에 적용하고 있다.

현재까지 적층형 압전 액츄에이터용 적층형 세라믹 component의 소재개발, 공정개발에 관한 연구는 거의 없는 실정이나, 이와 유사한 연구로서 한국전기연구원서 적층형 트랜스듀서를 이용한 전력용 변압기(에너지센터), 울산대학교에서 적층형 세라믹 전자부품을 일부 연구중(기업수탁, 정부연구비)이고, 연세대학교에서는 액츄에이터를 오래 전부터 연구하고 있으나

벌크형이며 지금은 중단된 상태이다. 또한 세명대학을 중심으로 일부 고압용 변압기를 연구하고 있으며, 창원대학교에서는 압전 리니어모터, 포항공대 및 산업과학 기술연구소에서는 압전 액츄에이터에 대한 기초연구가 진행되고 있고, 한국과학기술연구원은 벌크형 압전체를 이용해 초음파 모터를 개발하여 벤처 기업화한 단계이다. 더불어 광주과학기술원은 정밀 positioner, 정밀 기계가공용 actuator 적용 연구가 진행되고 있다. 일부기업(경원 페라이트 : 발전체, 세라믹 압전체를 시판하나 벌크형임, 삼화콘덴서 : 고압용 피에조 변압기를 연구 개발중임, 피에조 테크놀로지 : 초음파모터 개발 완료 시판고려)에서도 연구개발이 진행되고 있다. 그러나 딱히 후막 성형과 고정밀, 대발생력을 요구하는 적층형 세라믹 성형기술 등을 비롯한 응용기술은 국내기술이 상당히 낙후되어 있어 고강도의 압전물성을 충족하는 고강도의 적층형 세라믹의 개발 제품화가 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

Torque Motor나 Force Motor를 대체하기 위한 압전세라믹을 이용한 액츄에이터에 대한 연구는 15년 전에 연구를 시작하였는데, 독일 Hoerbiger사 등 극소수 회사에서만 고속 on-off valve로써 50~500(lpm) 성능 정도의 valve를 상용화하여 시판 중이다.

정밀가공기, 정밀연료분사기, 초정밀 화학분석, 인체 내 약품 이송용 펌프 등에 이용할 목적으로 현재 bimorph 형으로 시판중인 압전 펌프는 주로 의료, 화학, 공작기계용으로 사용되고 있으며, 토출유량 30l/min, 사용압력 4kg·f/cm<sup>2</sup>, 크기 36×36×21mm (PI사)정도이다. 일본 통상산업성 공지원 기계기술연에서는 동전크기 정도의 check-valve free 초소형 펌프를 개발하였고(1998), 미국의 버클리대, 일본의 도쿠시바대학, 쓰쿠바대학 등에서 소형 세라믹구동 펌프를 연구개발중이다. 이와 더불어, PMN

(PbMnNbO<sub>3</sub>)을 이용한 전기변형기[Lockheed-Martin, AVX-kyocera(미국), Nikki(일본)]를 의료기기, 화학분석장치, 최적연료 분사장치, 윤활장치 등에 적용할 목적으로 개발 중에 있다. 그밖에 OWIS(독일), Physics Institute, Burleigh Institute, Control Technics(미국), NTK-NGK(일본) 등에서 소형화, 신뢰성 증대에 관한 연구가 진행중이다.

PZT 액츄에이터를 사용한 정밀 직진안내 기구(precision linear guide mechanism)의 경우 직진이동 정밀도는  $\pm 0.06\mu\text{m}/200\text{mm}$ , 2~5nm/10 $\mu\text{m}$  정도를 갖는 액츄에이터 component가 현재 생산 시판되고 있다. 그리고, 초정밀 X-Y 스테이지는 VLSI 반도체 칩의 포토 리소그래피(photolithography) 공정에 있어 positioner 용으로 고속 이동이 요구되는데, 현재 120mm×120mm의 이동 범위에서 위치 정밀도는  $\pm 0.05\mu\text{m}$ , yawing 1 $\mu\text{rad}$  이하의 정밀도를 갖는 것이 개발되어 있다. 또한 10mm 이동에 필요한 시간이 200msec 이하인 액츄에이터 component가 개발되어 PI(독일) 등에서 수출을 하고 있는 실정이다. 더불어 1N 이하의 발생력이면 충분하지만 정밀도가 극히 중요한 SPM용 positioner도 현재 개발되어 bio-technology 및 표면기술 관련부분에 널리 이용될 전망이다.

그러나 큰 발생력이 요구되는 기계가공 분야 또는 펌프, 밸브 분야 역시 소형화 및 정밀도 향상에 대한 요구가 증대되고 있으며, 그 잠재 시장이 엄청나게 클 것으로 예상되는 반면 이

에 대한 연구는 불과 몇 해 전부터 활기를 띠기 시작하였다.

이러한 현재 상황에서 초정밀가공 분야중 선진국을 능가하는 정밀전기기계 가공기 (출력압 : 1~4kN), 초소형 펌프 (수백 milli-liter/min 이상) 등을 개발하기 위해서는 세계적인 추세인 적층형 세라믹 액츄에이터 개발이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 이와 아울러 관련된 기전장비, 제품에 상당한 파급효과가 있을 것으로 예상된다.

### 3. 관련기술의 시장 규모 및 적용 가능 분야

#### 3.1 MLCC 및 LTCC

표 1. MLCC의 시장규모 및 적용분야 (단위 : 억개)

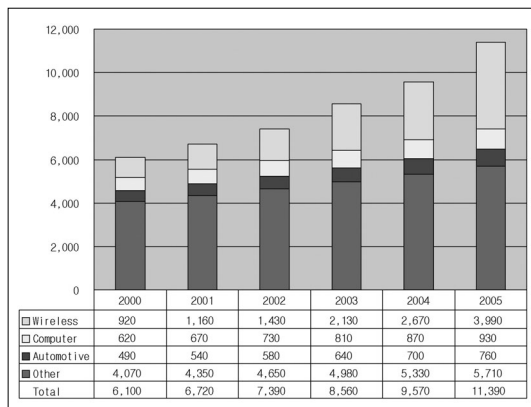


표 2. LTCC의 시장규모 및 적용분야

(단위 : 천 개)

제 품	1999	2000	2001	2002	2003	비 고
LC filter	120,000	151,000	220,000	220,000	240,000	GSM/DCS, PCS TDMA/AMPS
chip antenna	-	20,000	160,000	330,000	400,000	Blue tooth
Front end module	-	252,000	382,000	470,000	568,000	GSM/DCS, PCS TDMA/AMPS
Bluetooth module	-	2,100	31,200	102,000	230,000	
PA module	290,000	382,000	510,000	650,000	800,000	All system
VCO	720,000	801,000	950,000	1,050,000	1,150,000	All system

적층형 세라믹 전자부품 제조에 관련된 기술은 크게 제품의 물성을 좌우하는 원료기술, 슬러리 및 paste의 분산기술, 박층, 고적층, 복합화 하는 성형기술, 이종재료의 접합 제어기술(소성기술), module화된 3차원적 설계기술 등이 필수적인 것으로 조사되었다. 표 1과 표 2에 적층형 세라믹 전자부품의 대표적 제품인 MLCC와 LTCC의 시장규모와 적용분야를 나타내었다.

### 3.2 MLA

이미 범용적이고 포괄적으로 사용되고 있는 적층형 세라믹 수동회로 소자는 전자, 통신, 컴퓨터, 의료기기 등 다양한 제품에 적용되어 성숙된 시장을 형성하고 있는 반면 MLA가 전자, 기계류 부품에 적용되어 형성될 시장은 현재 기계부품(실린더, 밸브, 포지셔너 등), 전기기기(모터, 변압기 등), 벌크형 전자부품(압력센서, 초음파 진동기 등) 등이 사용되고 있는 부분중 소형, 정밀제어를 필요로 하는 항공, 군사, 정밀기계, hydraulic 시스템 등으로 국한되어 있으며 아직 시장 규모는 크게 형성되어 있지 않고 연구 단계나 일부 시장이 태동중이다. 표 3은 주요 선진국들에 의하여 일부분 상용화되고 향

후 MLA가 적용되어 형성될 시장의 방향과 응용분야 제조회사를 나타낸 것이다.

적층형 세라믹전자재료를 사용하여 만드는 세라믹 액츄에이터는 일본, 미국 및 유럽에서 활발하게 연구가 진행되고 있으며 각국의 개발 목표와 제조회사는 아래 도표와 같다. 미국에서의 개발 목표는 주로 군사관련 정부 연구소에서 지원되고 있으며 액츄에이터의 크기는 30cm 이상의 비교적 대형 액츄에이터를 사용한 active vibration control에 초점이 맞추어져 있다. 일본은 주로 개인기업에서의 압전 액츄에이터와 초음파 진동기를 개발해 오고 있으며 정밀 위치 제어기에 관련된 응용분야와 1cm 이하인 초소형 액츄에이터인 소형모터 등의 응용분야에 목표를 두고 개발하고 있다.

유럽에서 개발하는 것은 미국과 일본의 중간 크기 정도로써 가능한 한 모든 응용분야에 대하여 연구하고 있는데 10cm 이하의 크기를 갖는 액츄에이터이다. 이러한 압전 세라믹 액츄에이터 분야에 대한 연구가 국내에서는 매우 미진한 실정이다.

미국에서는 주로 공간구조체, 군사용 차량에 적용되는 30cm 이상의 비교적 대형 액츄에이터 시장의 특성에 맞추어져 있으며 AVX/Kyocera, Morgan Matroc, Itek Opt. System,

표 3. 주요 선진국들의 MLA 적용 시장과 제조회사

구 분	국 가	USA	Japan	Europe
시장 특성		군사용	대량 소비형	연구실용 장비
제조회사		AVX/Kyocera Morgan Matroc Itek Opt. System Burleigh Allied Signal	Tokin Corp. NEC Hitachi Metal Canon Seiko Instruments	Philips Siemens Hoechst CeramTec Ferroperm Physik Instrumente
액츄에이터 적용		진동 감쇄용	소형 모터용	소형 모터, 진동감쇄용 항공기
응용분야		공간 구조체 군사용 차량	사무실 기기 카메라, 정밀기계, 자동차	자동차 Hydraulic 시스템
크 기		대형(30cm)	소형(1cm)	중형(10cm)



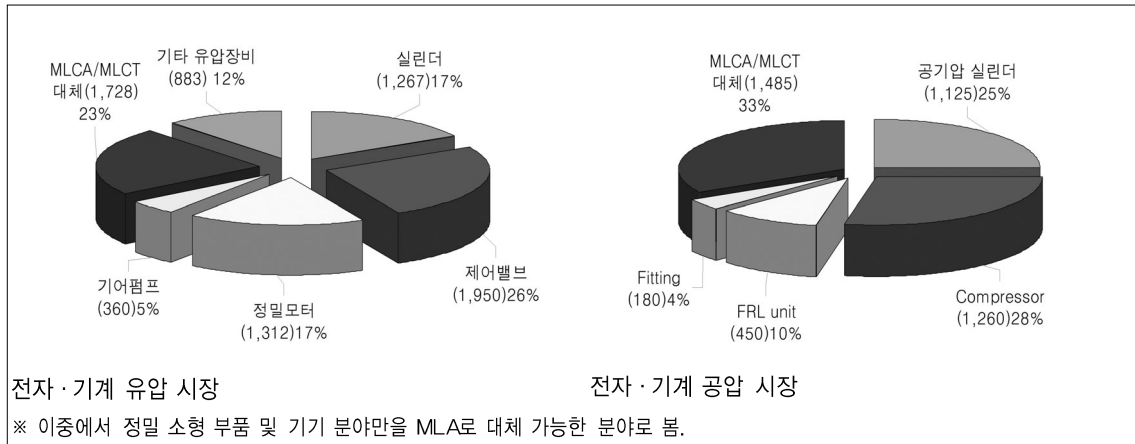


그림 4. 국내 전자·기계분야 유압 및 공압 시장 현황

Burleigh, Allied Signal 등의 제조회사가 단층 벌크형으로 제조하여 상용화하고 있다. 일본은 주로 개인기업에서의 압전 액추에이터와 초음파 진동기를 개발해 세계 각국에 수출하고 있지만 역시 단층 벌크형이고 1cm 이하인 초소형 액추에이터로서 소형모터 등의 시장을 차지하고 있다. 유럽에서는 미국과 일본의 중간크기 정도로써 가능한 소형모터, 진동 감쇄기, 항공기, 자동차, hydraulic 시스템 분야의 제품을 시장에 내놓고 있다.

전자, 의료, 정밀기계 등에 사용되고 있는 단층 벌크형 압전체의 시장은 이미 형성되어 있

으나 MLA가 적용될 시장은 아직 형성되지 않았으며 MLA는 전자기계류 부품과 일부 단층형 벌크 제품을 대체시킬 것으로 예측된다.

그림 4에 유압 및 공압 분야의 국내 시장을 나타내었다. 다양한 유압 및 공압 기기와 부품들 중에서 정밀성과 소형성이 요구되는 정밀 제어 밸브(valve), 펌프(pump), 포지셔너(positioner) 부분들을 MLA로 대체 가능할 것으로 예측하였다. 그림에서 보는 바와 같이 유압 시장 7,500억원의 약 23%에 해당하는 1,728억원과 공기압 시장 4,500억원의 33%에 해당하는 1,485억원 정도가 액추에이터와 트랜

표 4. 유공압 세계 시장 규모(MLA 대체는 약 30% 예상)

(단위 : 억원)

지역	1999	2005	점유율(%)	비고
미국	77,550	100,815	25	
유럽	74,400	96,720	24	독일 제외
일본	62,000	80,600	20	
독일	55,800	72,540	18	
아시아	27,900	36,270	9	한국, 일본 제외 (IMF로 위축된 시장임)
한국	12,000	15,600	3.8	
합계	309,650	402,545		

\* 한국 시장은 세계시장규모 3.8 % 예상(아시아 시장은 IMF 이후 호전됨)

\*\* 1999년 일본 유공압협회(JHPS) 자료 참조

\*\*\* 2005년은 평균 5% 성장률을 적용한 예상치 임

스듀서로 대체 가능한 국내시장 규모로 추산된다. 그러나 현재까지는 유압 대체 시장의 75%와 공기압 대체 시장의 80%가 수입에 의존하고 있는 실정이다.

표 4에 유공압의 세계시장규모를 나타내었는데, MLA의 등장으로 액츄에이터, 트랜스듀서로 대체 가능한 기계류, 전자부품의 세계시장은 약 31조원 정도이며 미국이 25%인 7조 7,550억원으로 시장 규모가 제일 크다. 유럽 24%(독일 제외), 아시아 9%(일본, 한국 제외)으로 조사되었다. 특히 유럽 시장에서 독일은 단독 17% 이상을 차지하며, 아시아에서는 일본이 세계시장의 약 20%를 차지하는 6조 2000억원 규모의 큰 시장을 형성하고 있다.

#### 4. 결 론

정보통신 산업의 급격한 발달과 함께 최근 우리나라에서도 MLCC, MLA 등의 적층형 전자세라믹 소자에 대한 관심이 증대되고 있다. 또한 LTCC기술을 도입한 수동소자 집적화 기술의 진보는 전자부품의 신뢰성 향상 및 경제성 제고에 크게 기여할 것으로 기대된다. 현재 무선통신용 RF부품의 경우, 다양한 기능들을 집적하여 하나의 모듈로 통합되는 경향이 지배적으로 대두되고 있어 설계기술과 RF핵심부품의 3차원 고집적화 기술확보가 무선통신 산업의 경쟁력에 영향을 미치는 결정적인 요인이다. 여러 RF모듈 기술중에서 낮은 가격에 3차원으로 집적화가 용이한 MCM-C (세라믹 적층기술), 특히 LTCC기술을 응용하여 단말기 회로를 3차원으로 집적화하여 하나의 모듈로 구현하는 기술이 각광을 받을 것으로 생각된다. 적층형 전자세라믹 기술은 선진국에서도 아직은 초기 단계인 만큼 연구자들의 노력에 따라서 우리가 도약할 수 있는 또 한번의 기회를 줄 산업으로 평가되고 있는 만큼, 정부, 기업, 연구소가 유기적

인 협력 체제를 구축하여 보다 체계적이고 발전적인 연구가 진행되기를 기대한다.

#### 참 고 문 헌

- [1] M. Kee, U. Mackens, R. Kiewitt, G. Greuel, and C. Metzmaier, "Ferroelectrical Thin Films for Integrated Passive Component, Philips Journal of Research", 51(3)(1998)
- [2] S. Bhattacharya, P. Chahal, R. Tummala, and G. White, "Integration of polymer/ceramic thin film capacitor on PWB", Proceeding of the 3rd International Symposium and Exhibition on Advanced Packing Materials Processes, Properties and Interface, Georgia, March, 68-70 (1997)
- [3] 한국전자산업진흥회, "2001년 세계전자산업 부분별 수요예측 및 시장동향"
- [4] "세계 이동통신 서비스 시장전망", 주간 기술동향, 968호 (2000.10)
- [5] "통신용 세라믹스" 특집, 세라미스트 제4권 제4호 (2001)