

초소형 음향소자의 기술 및 산업 동향

Technology and Industry Trends of Micro Acoustic Devices

IT 융합 · 부품 기술 특집

양우석 (W.S. Yang)	나노융합센서연구팀 팀장
김혜진 (H.J. Kim)	나노융합센서연구팀 선임연구원
이재우 (J.W. Lee)	전력제어소자연구팀 선임연구원
김종대 (J. Kim)	NT융합부품연구부 부장

목 차

-
- I . 서론
 - II . 기술 동향
 - III . 산업 동향
 - IV . 결론

스마트폰, 태블릿 PC의 등장과 더불어 모바일 IT 제품들은 빠르게 소형화, 슬림화, 저전력화 되고 있으며, 이런 시스템의 요구에 대응하기 위하여 음향부품은 기술 전환기를 맞이하고 있다. 대표적 음향소자로는 소리를 전기적 신호로 변환하는 센서인 마이크로폰과 전기 에너지를 소리 에너지로 변환하는 액추에이터인 스피커가 있는데, 최근 초소형 MEMS 마이크로폰과 초박형 압전 스피커와 같은 새로운 제품이 시장에서 주목받고 있다. 본 고에서는 음향소자의 기술 개요, 새로운 제품의 장단점 및 개발 동향, 그리고 시장 및 산업 동향을 살펴봄으로써 관련 국내 업체가 기술 전환기를 대비하는 데 필요한 기초 정보를 제공하고자 한다.

I. 서론

대표적인 음향소자에는 마이크로폰과 스피커가 있는데, 전자는 물리적인 소리를 전기적인 신호로 변환하는 센서인 반면, 후자는 전기 에너지를 소리 에너지로 변환하는 액추에이터다. 소리는 공기의 밀도 또는 압력의 변화, 즉 공기 입자의 소밀한 파로세기(음압), 고저(주파수) 및 음색(파형)에 의해 특성이 결정된다. 우수한 음향소자란 20~20,000Hz의 가청 주파수 대역에서 다양한 세기의 소리를 잡음 없이 감지하고, 출력하는 소자라고 할 수 있다.

휴대폰, 노트북 등의 모바일 IT 제품들은 빠르게 소형화, 슬림화, 저전력화 되고 있으며, 최근에는 스마트폰, 태블릿 PC가 등장하고 있다. 슬림화 경향은 LCD/LED TV 등의 소비가전 제품에서도 뚜렷이 나타나고 있다. 이런 시스템의 요구에 따라 음향부품도 기본적인 음향 감지/출력 성능 이외에 크기 및 소모전력이 중요한 기능요소로 크게 부각되고 있다. 이런 제품 추세에 기존 기술로 대응하는 것은 한계가 있으며, 현재 새로운 기술로 전환되는 시점에 도달해 있다.

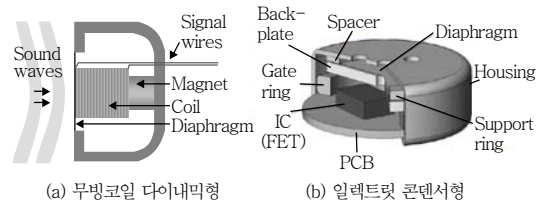
본 고에서는 먼저 음향소자, 즉 마이크로폰과 스피커에 대한 기술 개요 및 동향을 살펴보고자 한다. 특히, 한국전자통신연구원의 관련 연구성과를 소개하도록 한다. 또한, 음향소자의 시장 및 산업 동향을 살펴보고자 한다.

II. 기술 동향

1. 기술 개요

가. 마이크로폰

마이크로폰은 동작원리에 따라 크게 다이내믹형과 콘덴서형으로 구분된다. 전자는 다시 무빙코일형



(그림 1) 마이크로폰의 구조

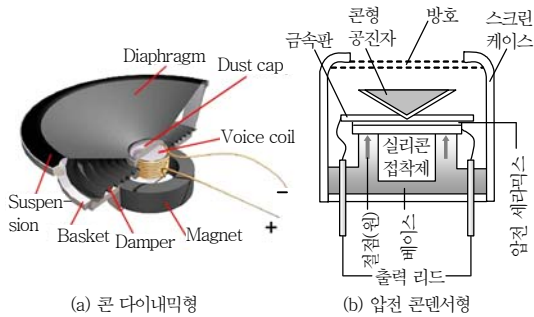
과 리본형으로, 후자는 일렉트릿(electret)형과 정전형으로 세분된다. (그림 1)은 무빙코일 다이내믹형과 일렉트릿 콘덴서형의 구조를 보여준다.

무빙코일 다이내믹 마이크로폰은 소리에 의해 진동하는 다이어프램에 부착된 도체 코일이 자석에 의해 형성된 자기장 안에서 이동할 때 전자 유도에 의해 도체 코일에 발생하는 기전력을 측정함으로써 소리를 감지한다. 일렉트릿 콘덴서 마이크로폰은 강한 전기장을 인가하여 잔류 영구 전하를 갖는 고분자 박막(일렉트릿)이 부착된 다이어프램이 소리에 의해 진동할 때 고정된 back-plate와의 간격 변화에 따른 정전용량의 변화량을 측정함으로써 소리를 감지한다.

다이내믹 마이크로폰은 저가격, 취급 용이성, 적은 잡음의 장점이 있지만, 큰 크기와 더불어 고주파 대역의 작고 섬세한 음을 감지하는 특성이 떨어지는 단점이 있다. 콘덴서 마이크로폰은 소형이면서 고역에서 저역까지의 모든 주파수 대역의 작고 섬세한 음을 감지할 수 있지만, 상대적으로 고가격이며, 습기와 충격에 약하다.

나. 스피커

스피커도 마이크로폰과 마찬가지로 동작원리에 따라 크게 다이내믹형과 콘덴서형으로 구분된다. 전자는 주로 형상에 따라 콘형, 돔형, 혼형, 리본형으로, 후자는 동작방식에 따라 압전형과 정전형으로 세분된다. (그림 2)는 일반적으로 많이 사용되는 콘형 다이내믹 스피커와 최근 상용화되고 있는 압전 콘덴서형 스피커의 구조를 보여준다.



(그림 2) 스피커의 구조

다이내믹 스피커는 다이어프램이 부착된 코일에 전류를 인가하면 자석에 의해 형성된 자기장 안에서 힘을 받아서 움직임으로써 소리를 생성한다. 압전 콘덴서 스피커는 다이어프램이 부착된 압전 세라믹 박막의 상하부 전극에 전압을 인가하면 기계적 움직임이 발생하여 소리를 형성한다.

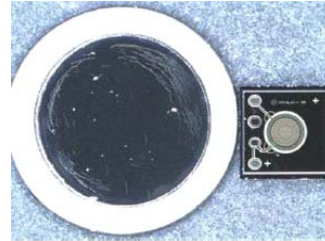
다이내믹 스피커는 저가격, 넓은 음역, 높은 음압의 장점이 있지만, 큰 크기, 높은 소모전력, 넓은 제조 오차의 단점이 있다. 콘덴서 스피커는 소형 크기, 저전력, 좁은 제조 허용 오차의 장점이 있는 반면, 제한된 저음역 특성, 높은 구동전압, 높은 가격의 단점도 있다.

2. 기술 동향

가. MEMS 마이크로폰

현재 마이크로폰으로는 ECM형이 주로 사용되고 있으나, 휴대폰 등의 모바일 IT 제품에서 빠르게 MEMS형으로 대체되고 있다.

MEMS형은 ECM형에 비해 다음과 같은 몇 가지 장점이 있다. 먼저 마이크로폰의 핵심부분인 다이어프램의 크기가(그림 3)과 같이 10배 정도 작아서 소형화의 장점이 있다. 또한 내열성이 약한 폴리머 재질의 다이어프램을 사용하는 ECM형과 달리 MEMS형은 리플로 솔더링(reflow soldering) 온도(약 260℃)



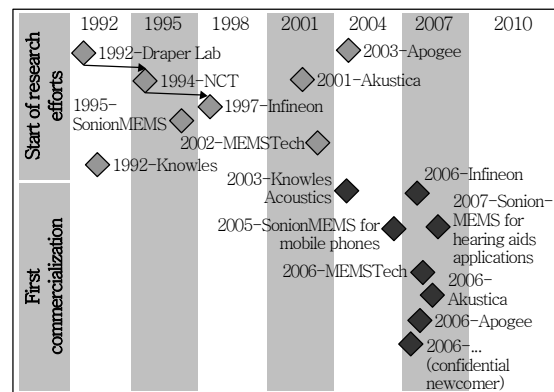
(좌) ECM형: 직경 4mm, (우) MEMS형: 직경 1mm

<자료>: Yole Développement

(그림 3) 마이크로폰의 다이어프램 크기 비교

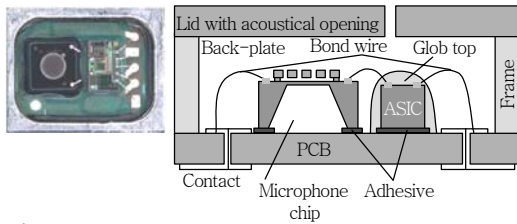
에 견딜 수 있는 세라믹과 금속으로 구성된 강건한 다이어프램을 사용하기 때문에 표면실장기술(SMT) 기반의 패키징 적용이 가능하여 대량생산에 유리하다. 작고, 가벼우며, 강건한 다이어프램을 사용하는 MEMS형은 PCB 동체 잡음에 대한 진동 결합 정도가 ECM형 보다 훨씬 낮기 때문에 특수 스프링 탑재 하우징 비용이 절감된다. 뿐만 아니라 MEMS형은 온도, 습도 및 진동에 따른 감도 열화가 거의 나타나지 않으므로 제조시 오디오 튜닝 비용을 절감할 수 있다. 그리고, 수작업이 필요한 어셈블리 공정으로 제조되는 ECM형과 달리 MEMS형은 반도체 공정을 이용하므로 대량생산 및 품질 관리에 유리하다.

MEMS 마이크로폰의 연구개발은(그림 4)와 같이 Knowles가 1992년부터 시작한 후, 2000년대 초반까지 SonionMEMS, Infineon, Akustica, MEMSTech

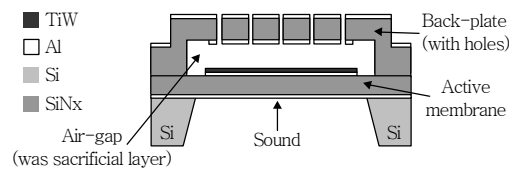


<자료>: Yole Développement(2005)

(그림 4) MEMS 마이크로폰의 연구개발 및 상용화 동향



<자료>: Knowles Acoustics
(그림 5) 2 칩으로 구성된 MEMS 마이크로폰



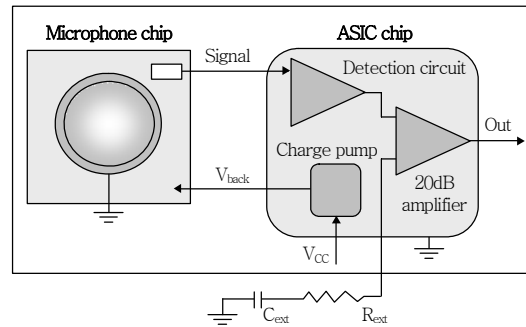
<자료>: QinetiQ
(그림 6) MEMS 마이크로폰 칩의 구조

등도 참여하였다[1]. 상용화는 2002년에 Knowles가, 2005년에는 Sonion이 성공하였다. 다른 MEMS 제품과 마찬가지로 기술난이도가 높기 때문에 연구 개발에서 초기 상용화까지 5~10년의 장기간이 소요되었다.

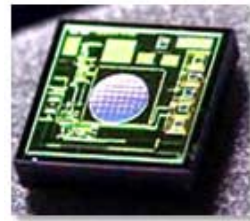
일반적으로 MEMS 마이크로폰은 (그림 5)와 같이 센서인 MEMS 마이크로폰 칩과 신호처리회로인 ASIC 칩의 2개 칩으로 구성된다.

MEMS 마이크로폰 칩은 (그림 6)과 같이 소리에 의해 진동하는 active membrane과 이로부터 일정한 공간(air-gap)을 두고 형성된 back-plate로 구성된다. 소리, 즉 공기 압력의 변화는 둘 사이의 공간 두께 변화를 유도하고, 이는 둘 사이의 정전용량(capacitance) 변화로 나타난다.

ASIC 칩은 (그림 7)과 같이 마이크로폰 칩에 바이어스를 인가하기 위한 charge pump와 마이크로폰 칩의 출력신호, 즉 정전용량 변화를 검출하기 위한 detection circuit, 그리고 검출된 신호를 증폭하는 amplifier의 3종류 회로로 구성된다. MEMS 마이크로폰은 ECM형과 달리 ASIC 칩에 의한 능동 바이어싱을 사용하는데, 이는 전체 동작온도 범위에 걸쳐 매



<자료>: Knowles Acoustics
(그림 7) ASIC 칩의 구조

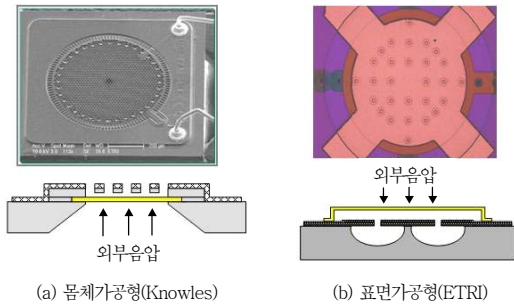


(그림 8) iMEMS 마이크로폰(Akustica)

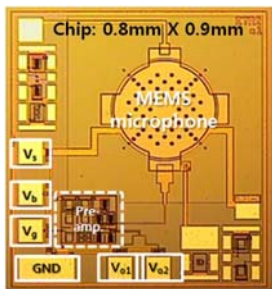
우 안정적인 음향 특성을 제공하는 데 유리하다. ASIC 칩에는 여러 회로를 추가함으로써 다양한 응용 기능을 제공할 수 있다. 예를 들면, 외부 공급 전압에 리플(ripple)이 있을 경우 이를 오디오 출력에서 효율적으로 억제할 수 있다.

MEMS 마이크로폰은 초소형화, 디지털 출력 및 ANC와 같은 지능형 신호처리를 위하여 MEMS 센서와 CMOS 기반 ASIC이 동일 칩 상에서 일체화된 iMEMS형으로 발전하고 있다. 현재 미국 Akustica에서는 (그림 8)과 같이 amplifier와 ADC가 일체화된 제품을 이미 출시하고 있다.

한국전자통신연구원(ETRI)에서는 외국 선도사의 선행특허 회피는 물론 원천특허 확보가 가능한 독자적인 표면가공(surface-micromachining)형 MEMS 마이크로폰을 개발하고 있다(그림 9) 참조). 실리콘 웨이퍼의 양면을 가공하는 기존 몸체가공형과 달리 상부 표면만을 가공하는 표면가공형은 음향 특성 향상에는 다소 불리하나, 양산성이 우수하여 수율 향상



(그림 9) MEMS 마이크로폰 구조

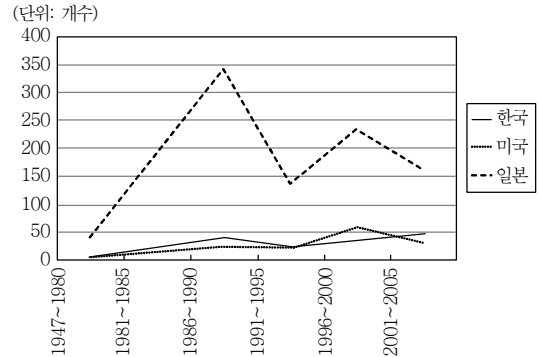


(그림 10) iMEMS 마이크로폰(ETRI)

과 그에 따른 저가격화에 유리한 장점이 있다. 또한, ETRI에서는 MEMS 센서와 임피던스 변환기 및 amplifier의 CMOS ASIC이 일체화된 iMEMS 마이크로폰도 개발하고 있다(그림 10) 참조).

나. 압전 스피커

압전 스피커는 최근 상용화되기 시작하였으며, 초박형 및 저전력의 장점을 바탕으로 향후 다이내믹 스피커를 서서히 대체해 나아갈 것으로 전망된다.



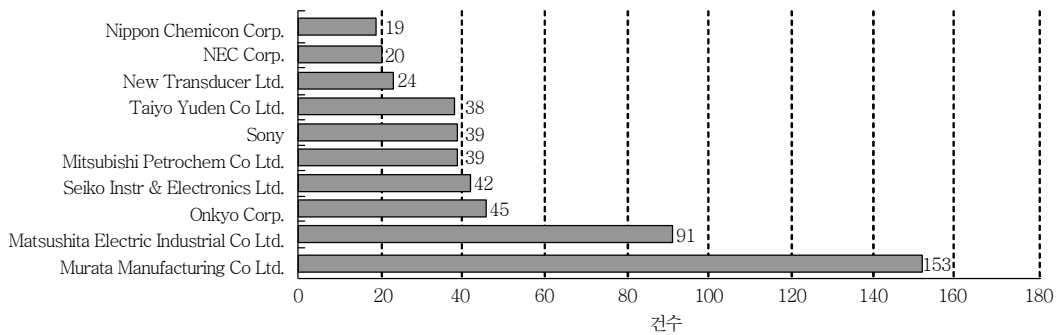
<자료>: 한국특허정보원(2005)

(그림 11) 압전 스피커 3개국 특허의 연도별 출원 동향

(그림 11)은 한국, 미국, 일본의 3개국에서의 특허 출원 동향을 보여준다. 일본에서의 특허 출원이 한국 및 미국에서 보다 압도적으로 많은 것은 일본이 압전 스피커에서 선도국임을 보여준다[2].

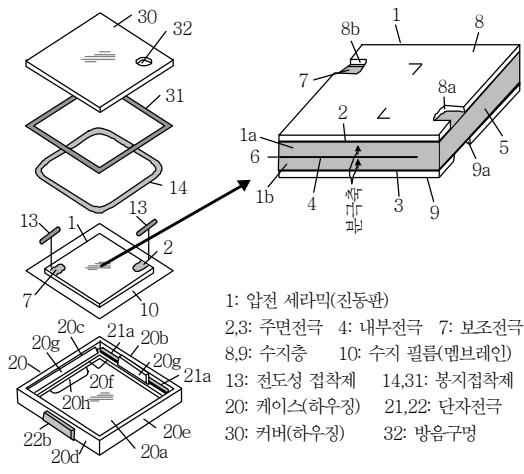
(그림 12)는 일본의 출원인별 특허 동향을 보여주는데, Murata가 153건으로 독보적인 1위, Masushita가 91건으로 2위이다. 1, 2위 출원인에 의한 특허 출원이 전체의 48%를 차지한다[2].

압전 스피커는 (그림 13)과 같이 크게 압전 세라믹 진동판, 멤브레인 및 하우징으로 구성된다. 압전 세라믹 진동판은 인가된 전압을 기계적 진동으로 변환하는 역할을 한다. 압전 세라믹은 단층형과 적층형으로 구분되는데, 후자가 전자보다 저전압 구동이 가능한 장점이 있다. 단층형인 경우는 양면에만, 적층형인 경



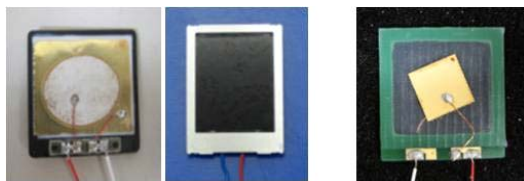
<자료>: 한국특허정보원(2005)

(그림 12) 압전 스피커 일본 특허의 주요 출원인별 동향



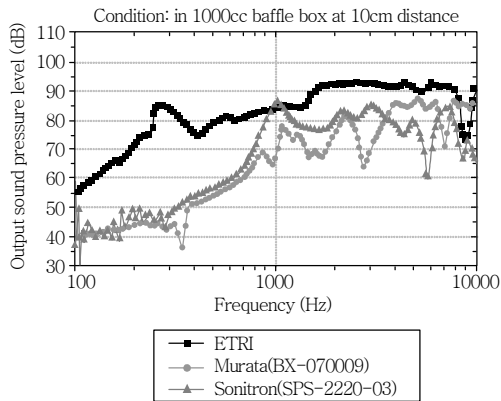
<자료>: Murata 한국특허(출원번호: 10-2003-0026364)

(그림 13) 압전 스피커의 구성도



(a) 대형 구조(Sonitron, Murata) (b) 기울임 구조(ETRI)

(그림 14) 압전 스피커 구조



(그림 15) 압전 스피커의 주파수에 따른 음압 특성 비교

우는 양면, 내부, 옆면 모두에 전극이 형성된다. 멤브레인은 압전 진동판의 진동에 따라 굴곡되어 진동을 감폭(damping)시켜 소리를 형성하는 역할을 한다. 멤브레인은 폴리머(수지 필름 등) 또는 폴리머와 금속의 복합층으로 제조된다.

현재 압전 스피커는 벨기에 Sonitron, 일본 Murata 등에서 상용품을 출시하고 있는데, 아직 다이내믹 스피커에 비해 취약한 저음 특성, 낮은 출력음압 및 높은 구동전압의 단점이 개선되어야 한다.

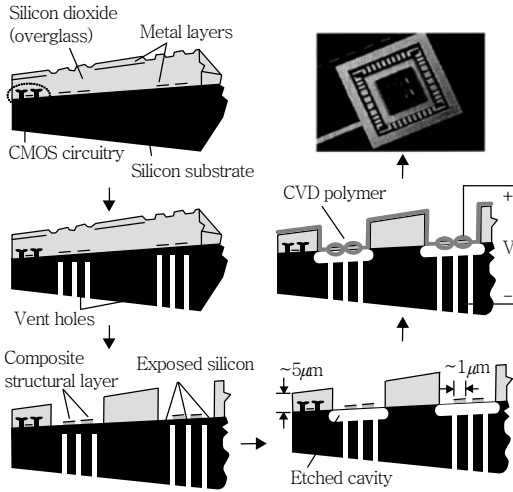
ETRI는 (그림 14)와 같이 압전 세라믹 진동판이 멤브레인에 대하여 기울여져서 비대칭적으로 부착된 독자적인 구조의 압전 스피커를 개발하였다. 이런 독특한 구조는 기존 출시된 상용품보다 저음 특성을 크게 향상시킬 수 있는 장점이 있다(그림 15) 참조.

다. MEMS 스피커

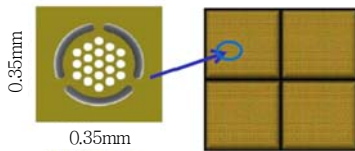
MEMS 스피커는 향후 압전 스피커를 대체할 수 있는 기술로 기대되나, 아직 전세계적으로 연구개발 단계에 머무르고 있다. MEMS 스피커는 소형화/경량화, 일괄공정에 의한 저가격화, 어레이(array)화의 용이성, 다기능 신호처리용 CMOS 회로와의 일체화(iMEMS화)의 명확한 장점이 있으나, 출력음압이 낮은 단점이 있다.

MEMS 스피커는 동작원리에 따라 정전용량형과 압전형으로 구분되는데, 대부분 iMEMS화에 유리한 정전용량형으로 개발되고 있다. 정전용량형 iMEMS 스피커는 (그림 16)과 같은 공정 순서에 따라 제조할 수 있다. 먼저 CMOS 회로가 형성된 실리콘 웨이퍼에 멤브레인 구조체를 형성하고 overglass로 매립한 후, 실리콘 웨이퍼 후면에 vent hole들을 형성하고, overglass를 식각하여 멤브레인 구조체를 노출시키고, 그 하부에 실리콘 웨이퍼를 식각하여 cavity를 형성한 후, 전면에 폴리머를 증착하여 iMEMS 스피커 칩을 완성한다[3].

MEMS 스피커의 단점인 낮은 출력음압을 해결하고, 디지털 사운드 재생 등의 고급 기능을 위하여 (그림 17)과 같이 작은 단일 MEMS 스피커를 다수의 어레이로 제작한 MEMS 어레이 스피커가 개발되고 있다[4].



<자료>: Carnegie Mellon University
(그림 16) iMEMS 스피커 칩 제조 공정 순서



<자료>: Audiopixels
(그림 17) MEMS 어레이 스피커

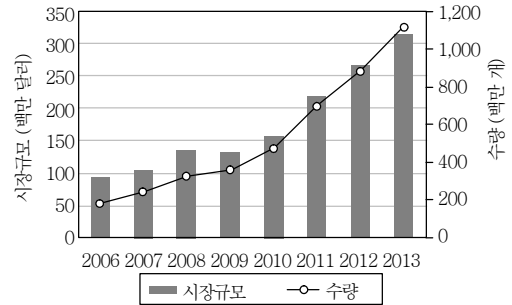
III. 산업 동향

1. MEMS 마이크로폰

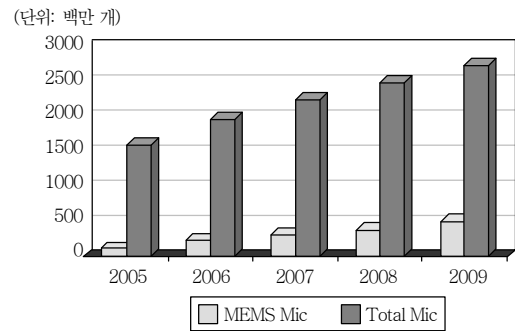
MEMS 마이크로폰 시장은 2008년 1.4억 달러에서 2013년 3.1억 달러로 연평균 18%의 높은 성장세를 보일 것으로 예측된다(그림 18) 참조. 판매수량도 2008년 약 3억 개에서 2013년 11억 개 이상으로 5년 사이에 3배 넘게 폭발적으로 증가할 것이다.

MEMS 마이크로폰이 전체 마이크로폰 판매수량에서 차지하는 비중은 2006년 8% 정도에서 2009년 17% 정도로 빠르게 증가하고 있다(그림 19) 참조. 이는 마이크로폰 시장에서 MEMS형이 ECM형을 빠르게 대체하고 있음을 나타낸다.

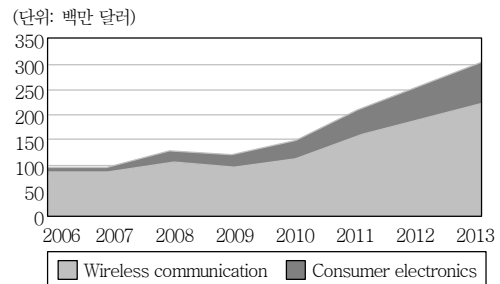
MEMS 마이크로폰은 휴대전화를 포함한 무선통



<자료>: iSuppli, MEMS Market Tracker(2009)
(그림 18) MEMS 마이크로폰 시장 및 수량 규모



<자료>: Venue Information(2007)
(그림 19) 전체 및 MEMS 마이크로폰 판매수량



<자료>: iSuppli, MEMS Market Tracker(2009)
(그림 20) MEMS 마이크로폰 응용분야별 시장 규모

신 분야에 주로 사용되고 있으나, 노트북, 블루투스, 헤드셋, 캠코더 등의 소비가전 분야의 사용이 크게 증가하고 있다. (그림 20)과 같이 무선통신용 시장은 2008년 1.1억 달러에서 2013년 2.3억 달러로 연평균 15%의 성장률을 보이고, 소비가전용 시장은 연평균 31%의 상대적으로 높은 성장률을 보여서 2013년 0.9억 달러에 이를 것으로 예상된다. 2008년 기준으로 전체 마이크로폰 시장에서 무선통신용 시장이 차

지하는 비중은 35% 정도이나, MEMS 마이크로폰의 경우는 무선통신용 시장의 비중이 82%로 훨씬 높다.

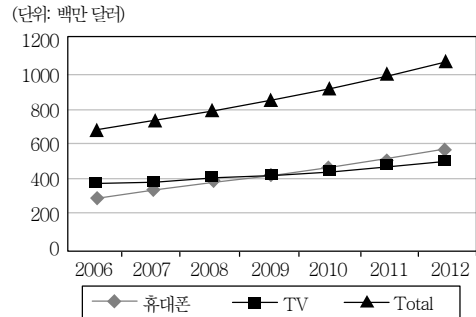
MEMS 마이크로폰을 생산하는 주요 기업들을 살펴보면, 미국의 Knowles가 2008년 기준 전체 시장의 86%를 점유하면서 석권하고 있다. 그러나, 2007년부터 덴마크 SonionMEMS, 중국 AAC, 미국 MEMS-Tech, 독일 Infineon, 미국 Akustica, 영국 Wolfson 등이 시장에 진입하기 시작하였다. 최근에는 MEMS 파운드리 업계의 선두기업인 프랑스와 이탈리아의 합작회사인 STMicroelectronics가 참여하여 시장 경쟁이 점점 가열되고 있다.

국내 MEMS 마이크로폰 시장은 삼성전자, LG전자가 생산하는 휴대폰 물량으로 인하여 압도적으로 세계 2위를 차지하고 있는데, 외국 기업들의 각축장이 되고 있다. 그러나, 최근 ECM 마이크로폰에서 세계시장의 50% 이상을 차지하고 있는 국내 회사인 비에스이(BSE)가 ETRI의 기술을 이전 받아서 MEMS 마이크로폰 개발을 시작하였다. 또한, ECM 마이크로폰용 임피던스 변환 및 신호증폭 IC 칩의 세계시장을 석권(점유율 50% 이상)하고 있는 알에프세미(RF-semi)도 자체 개발을 진행하고 있다.

2. 스피커

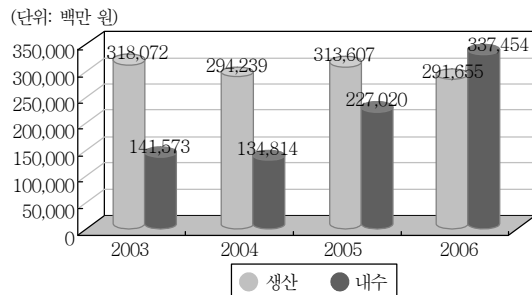
스피커 세계시장은 2008년 8.0억 달러에서 2012년 10.2억 달러로 연평균 6% 정도로 성장할 것으로 예측된다(그림 21) 참조. 휴대폰용 시장은 2009년을 기점으로 TV용 시장을 추월하여 스피커의 가장 큰 응용분야가 될 것으로 전망된다.

스피커의 국내생산은 2003년 약 3,100억 원에서 2006년 2,900억 원으로 연평균 0.7% 감소했으며, 반대로 내수는 2003년 약 1,400억에서 2006년 3,300억 원으로 연평균 33.6% 증가했다(그림 22) 참조.



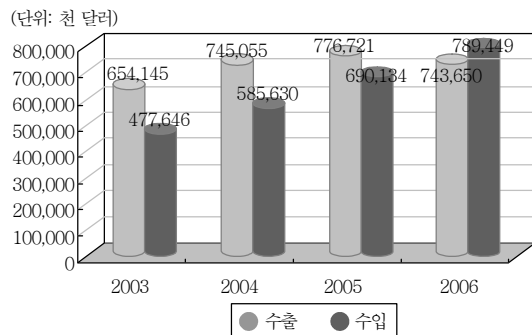
<자료>: Gartner(2008)

(그림 21) 스피커 세계시장 규모



<자료>: 통계청(2005)

(그림 22) 스피커 국내 생산 및 내수 현황

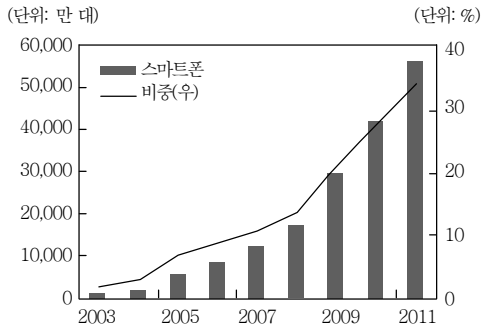


<자료>: 통계청(2005)

(그림 23) 스피커 수출 및 수입 현황

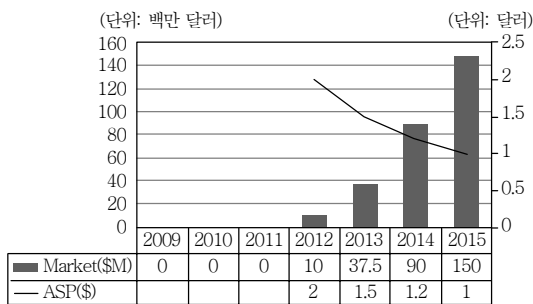
국내 스피커의 수출입 동향을 살펴보면, 수출은 연평균 4.4% 증가하고, 수입은 연평균 18.2%로 증가하여 2006년부터는 수출보다 수입이 더 커지고 있다(그림 23) 참조. 이는 특별한 기술이 요구되지 않는 일반 스피커의 경우 중국의 저가제품이 많이 수입되고 있기 때문으로 분석된다.

현재 사용되는 스피커는 거의 모두 다이내믹형으



<자료>: Gartner(2008)

(그림 24) 스마트폰 시장 및 비중



<자료>: Yole Développement(2010)

(그림 25) MEMS 스피커 시장 및 단가

로 아직 압전형의 시장점유율은 매우 미미하다. 그러나, (그림 24)에서 보는 바와 같이 휴대폰에서 스마트폰의 비중이 2009년부터 급격히 증가함에 따라 초박형 압전 스피커의 수요도 향후 크게 증가할 것으로 예상된다.

외국에서는 일본 Murata, 벨기에 Sonitron, 일본 Taiyo Yuden 등이 압전 스피커 상용품을 출시하고 있다. 그러나, 국내 업체는 압전 스피커 생산은 물론 개발조차 전무한 실정이다. 최근 블루콤에서 ETRI의 기술을 이전 받아서 휴대폰용 압전 스피커 개발을 시작하였다.

MEMS 스피커는 빠르면 2012년에 시장에 진입할 수 있는 것으로 전망된다(그림 25) 참조. 일단 시장 진입에 성공하면 고속 성장하여 2015년에는 1.5억 달러에 이를 것으로 예상된다.

IV. 결론

최근 모바일 IT 제품들이 빠르게 소형화, 슬림화, 저전력화 되고 있으며, 이런 시스템의 요구에 대응하기 위하여 음향부품은 기술 전환기를 맞이하고 있다. 새로운 초소형 MEMS 마이크로폰은 기존 ECM형을 시장에서 빠르게 대체해 나아가고 있고, 초박형 압전 스피커는 기존 다이내믹형이 독점하고 있는 시장에 진입하기 시작하였다. 새로운 음향소자의 상용화는 미국 Knowles와 일본 Murata가 선도하고 있는 가운데, 후발업체들이 참여하면서 점차 경쟁이 가열될 것으로 전망된다. 이런 기술 및 시장 변화에 대한 국내 업계의 대책은 미비한 실정이나, 최근 산·연 기술협력을 통하여 개발을 시작한 것은 고무적인 일로 향후 적극적인 노력을 경주해야 할 것이다.

● 용 어 해 설 ●

센서: 외부 대상으로부터 필요한 물리, 화학 및 바이오 정보를 감지하여 전송 및 처리하기 쉬운 신호(주로 전기적 신호)로 변환하는 소자

액추에이터: 전기 에너지를 전자기, 압전, 정전, 열 등의 구동 방식을 통하여 기계적 움직임으로 변환하는 소자

약어 정리

ADC	Analog-Digital Converter
ANC	Active Noise Cancellation
ASIC	Application Specific Integrated Circuit
CMOS	Complementary Metal-Oxide Semiconductor
ECM	Electret Condenser Microphone
iMEMS	Integrated MEMS
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems
PCB	Printed Circuit Board
SMT	Surface Mounting Technology

참고 문헌

- [1] Yole Développement, "Silicon Microphone Industrial and Market Focus," 2005.
- [2] 이선우, "압전 스피커 분야의 특허동향보고서," 한국특허정보원, 2005.
- [3] B.M. Diamond, "Digital Sound Reconstruction Using Arrays of CMOS-MEMS Microspeakers," Carnegie Mellon Thesis, 2002.
- [4] Yole Développement, "Emerging MEMS," 2010.