

# 초소형 MEMS 마이크로폰 기술의 연구 및 특허 동향

정영도, 이영화, 허신 | 한국기계연구원

## [ 요약문 ]

마이크로폰은 소리를 전기적 신호로 바꾸어주는 청각소자이며, 초소형 마이크로폰의 경우 보청기에서 사용되어 왔을 뿐 아니라, 최근 들어 개인용 휴대전자가기가 널리 보급되면서 그 수요가 크게 증가하고 있다. 초소형 청각소자 시장에서 MEMS 마이크로폰은 반도체 공정 생산기술의 장점과 더불어 CMOS 신호변환기를 MEMS 마이크로폰의 진동막 구조물과 동일 칩에 통합할 수 있다는 점에서 크게 주목을 받아 왔다. 이 글에서는 초소형 MEMS 마이크로폰의 국내의 기술동향과 특허 동향에 대해 소개하고자 한다.

## 1. 서론

청각은 인간을 포함한 척추/비척추 동물들이 가지는 오감 중 하나로써 소리를 인지하는 감각을 의미한다. 청각소자는 소리를 감지하는 기관인 청각 기관의 기능을 보완 혹은 대체하는 소자로써, 대표적인 청각 소자로는 마이크로폰을 들 수 있다. 마이크로폰은 소리를 전기적 신호로 바꾸어주는 변환기(transducer)를 지칭하며, 1870년대 전화기의 음성 신호를 전달해 주는 장치로 처음 개발된 이래 전화기, 녹음기, 방송용 장비 등의 음향분야를 비롯한 다양한 영역에서 사용되어 왔다. 초소형 청각소자의 경우 청각장애를 보완하기 위한 보청기 등에 사용되어 왔을 뿐 아니라, 최근 들어 개인용 휴대전자가기가 널리 보급되면서 그 수요가 크게 증가하고 있다.

마이크로폰의 구동방식은 크게 전자기유도를 이용한 동전기방식, 압전 물질의 압전특성을 박막으로 사용하는 압전 혹은 압저항방식, 전기용량변화에 따라 전기신호를 발생시키는 정전용량방식 등으로 크게 구분할 수 있으며, 이외에 진동막에 광섬유를 통해 빛을 쬐여주고, 떨림에 따른 빛의 세기변화를 측정하는 방식, 그리고 레이저를 사용해서 주변 물체의 떨림을 확인하여, 소리를 측정하는 방식 등이 있다. 이 중 정전용량방식을 사용한 마이크로폰, 특히 반영구적인 전하를 지닌 재료를 전극으로 사용하여, 정전용량을 유지시켜주기 위한 콘덴서 양단의 바이어스 전압이 필요 없는, 일렉트릿 콘덴서 마이크로폰 (electret condenser microphone) 방식이 널리 사용되고 있다. 그러나 일렉트릿 콘덴서 마이크로폰의 경우 열과 습도에 비교적 약하다는 단점을 가지며, 이로 인해 소형가전기기에 사용되기 위해 다른 전자소자들과의 결합하는 과정에 있어서, 추가의 공정 및 비용을 필요로 한다.

지난 30여 년간 MEMS (microelectromechanical system) 공정기술을 사용한 마이크로폰에 대한 연구가 이루어져 왔으며, 초소형 청각소자 시장에서 MEMS 마이크로폰은 일괄 처리 공정을 통한 대량생산과 우수한 신뢰성 및 재현성, 그리고 CMOS 회로의 집적 가능성 등의 장점으로 일렉트릿 콘덴서 마이크로폰의 대체품으로 주목을 받고 있다.

이 글에서는 초소형 청각소자에 대한 기술동향, 세부적으로는 MEMS 마이크로폰의 기술에 대해 알아보고, MEMS 마이크로폰의 특허동향에 대해서도 소개하고자 한다.



## 2. 초소형 청각소자의 연구 동향 분석

### 2.1 MEMS 마이크로폰의 기술 동향

MEMS 마이크로폰은 반도체 공정 생산기술의 장점, 즉 대량생산을 통한 비용절감, 우수한 신뢰성과 재현성 등과 더불어 CMOS 신호변환기를 MEMS 마이크로폰의 진동막 구조물과 동일 칩에 통합할 수 있다는 점에서 크게 주목을 받아 왔다. 기존의 일렉트릭 콘덴서 마이크로폰이 열과 습도에 따른 감도 변화로 인해서, 다른 전자부품과의 조립 공정에서 표면실장에 제약이 있다는 점에 반해 MEMS 마이크로폰의 경우 표면실장이 가능해 기관 설계의 단순화 및 조립공정의 비용 절감을 유도하는 등 다양한 장점이 있다는 점에서 초소형, 저전력, 고효율 특성을 바탕으로 휴대폰, 디지털카메라, 랩톱, 헤드셋, 개인용 오디오/비디오, 보청기 등에 널리 사용되고 있으며 시장 점유율 또한 증가하는 추세이다.

MEMS 마이크로폰은 동작원리에 따라 크게 정전용량방식, 압전 혹은 압저항방식, 광방식 등으로 분류할 수 있으며, 본고에서는 정전용량방식, 압전방식 MEMS 마이크로폰에 관해 고찰하고자 한다.

#### 2.1.1 MEMS 마이크로폰의 기술

현재 MEMS 마이크로폰 시장을 주도하고 있는 정전용량방식 MEMS 마이크로폰은 음압에 따른 진동막의 변위를 진동막의 전극과 후기관 전극간 정전용량의 변화를 통해 측정하는 원리이다. 즉, 그림 2.1에서와 같이 진동막의 전극과 후기관의 전극에 직류전압을 통해 고정된 값의 전하가 분포되도록 만들어 준 뒤, 진동막이 음향신호에 의해서 떨리게 되면 정전용량이 변하게 되고, 이는 다시 진동막/후기관 전극 양단의 교류전압 변화로 나타나게 된다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$Q_{bias} = C_0 V_{DC} \quad (C_0 = \epsilon \frac{A}{d_0}) \tag{1}$$

$$\Delta V = V - V_{DC} = \frac{Q_{bias}}{C} - \frac{Q_{bias}}{C_0} = Q_{bias} \frac{d - d_0}{\epsilon A} = V_{DC} \frac{\Delta d}{d_0} \quad (\Delta d = d - d_0) \tag{2}$$

$V_{DC}$ : 전극 양단에 걸어주는 직류전압.  
 $C_0$ : 균형상태에서의 정전용량.  
 $A$ : 전극의 면적.

$Q_{bias}$ : 직류전압에 의해 양단에 존재하게 되는 전하량.  
 $\epsilon$ : 양 전극사이 물질의 유전율.  
 $d$ : 전극 사이의 거리.

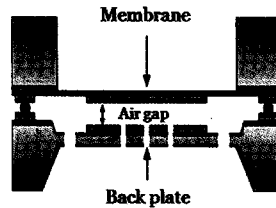


그림 2.1. 정전용량방식 MEMS 마이크로폰의 개략도

정전용량방식 MEMS 마이크로폰은 공통적으로 동일한 자극에 대하여 진동막의 변위를 증가시키고자 하였으며, 그러한 방법으로 진동막의 강성을 감소시키거나 직류전압을 이용하여 전기적으로 마이크로폰의 감도를 증가시켰다. 또한 공통적으로 음향홀을 사용하여 음파영역에서 마이크로폰의 감도를 증가시키고자 하였다. 정전용량방식 MEMS 마이크로폰의 핵심 기술은, 최적의 음향홀, 최적의 진동막과 후면전극간의 거리, 최적의 직류전압 등으로 정리된다.

초기의 정전용량방식 MEMS 마이크로폰은 Dietmar Hohm과 Gerhard Sessler이 1983년에 제출한 독일 특허 "Silicon-based capacitive transducers incorporating silicon dioxide electret"<sup>[1]</sup>에서 찾을 수 있다[그림 2.2].

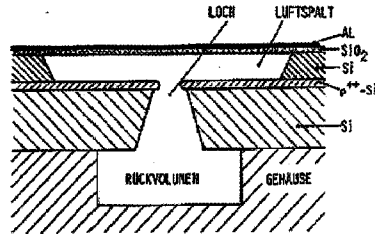


그림 2.2. Hohm과 Sessler 1983년 특허에 제시된 MEMS 마이크로폰 단면<sup>[1]</sup>

이후 Scheeper et al.은 그림 2.3과 같이 실리콘 웨이퍼 한 장으로 구성된 MEMS 마이크로폰을 제시했다<sup>[2]</sup>. 그 구조에서 Scheeper는 진동막과 후면기판을 실리콘 질화막으로 만들고 양 전극간의 간격을 만들어 주기 위해 알루미늄을 희생층으로 사용하였다[그림 2.3].

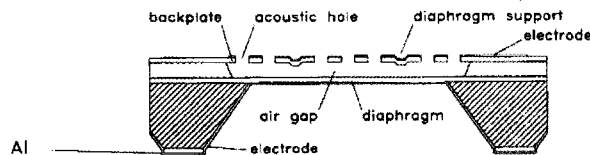


그림 2.3. 단일칩 실리콘 콘덴서 마이크로폰 단면도<sup>[2]</sup>

최초로 상용화된 MEMS 마이크로폰은 Knowles 사에서 1990년 초기부터 개발을 진행해 온 결과 2003년에 출시한 SiSonic® MEMS 마이크로폰이다[그림 2.4]. Knowles에서는 초기에 MEMS 마이크로폰을 보청기 시장을 목표로 출시하였으나, 이후 휴대폰 시장에서도 또한 그 영역을 크게 넓힐 수가 있었다<sup>[3]</sup>.

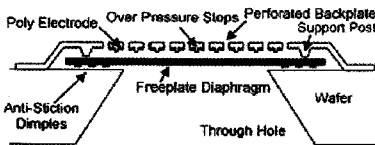


그림 2.4. Knowles SiSonic™ MEMS 마이크로폰 단면도<sup>[3]</sup>

Neumann과 Gabriel은 2003년 차후 Akustica에서 2006년에 상용화한 MEMS 마이크로폰의 기본이 되는 CMOS 회로와 통합된 형태의 MEMS 마이크로폰을 제시하였다<sup>[4]</sup>. MEMS 마이크로폰의 진동막은 CMOS 회로가 제작 완료된 이후에 최상층에서 만들어졌다. 그리고 걸려있는 형태의 진동막을 만들기 위해서 구불구불한 금속 및 실리콘 산화막 패턴을 만들어 주었다[그림 2.5].

Infineon사의 Dehé 그룹에서는 BiCMOS 실리콘 공정을 이용하여, 폴리실리콘을 진동막으로 하는 MEMS 마이크로폰을 개발하였다<sup>[6]</sup>. 후면전극은 5 $\mu$ m 두께의 폴리실리콘으로 만들어졌으며, bulk micromachining 공정을 이용하여, back chamber 및 음향홀을 갖도록 하였다. 후면전극에 대응되는 진동막/전극 또한 400nm의 폴리실리콘 막으로



만들어졌으며, surface micromachining을 통해서 후면전극과 진동막/전극의 간격이  $2\mu\text{m}$  가 되도록 하였다.

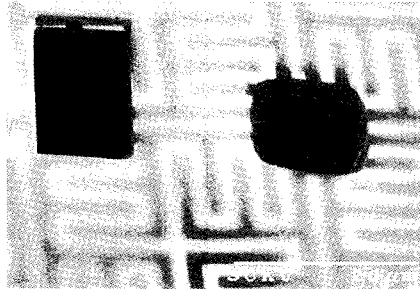


그림 2.5. 굽은 그물 형태의 SEM 이미지<sup>[5]</sup>

MEMS 마이크로폰이 높은 감도와 낮은 노이즈를 가지려면, 진동막이 유연해야 될 뿐만 아니라, 진동막이 움직이는데 있어서 감쇠 또한 적어야 한다. 이를 위해서 Dehé 그룹에서는 유한요소해석과 집중소자모델을 통해 감쇠의 최적화가 이루어지도록 하였다<sup>[7], [8]</sup>. 특히 진동막에 물결 주름의 유무, 혹은 진동막과 기판 연결부위의 모양 [그림 2.6(a)]에 따라서 감도의 변화에 대한 연구도 진행하였다. 그 결과 그림 2.6(b) 그래프에서와 같이 평평한 형태의 지닌 진동막의 경우에 비해, 스프링 연결형식은 2배, 8개의 주름고리가 있는 형태의 경우 약 6배의 감도차이가 발생함을 알 수 있었다<sup>[6]</sup>.

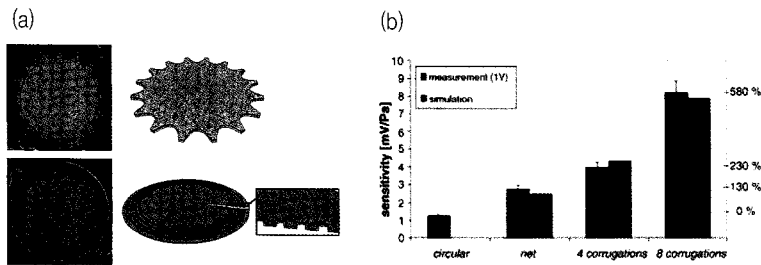


그림 2.6. 스프링형태와 주름형태의 진동막(a)과 이에 따른 감도의 변화(b)<sup>[6]</sup>

일본 NHK의 Yoshinori Iguchi 팀에서는 단결정 실리콘을 진동막으로 하는 마이크로폰을 간단한 실리콘 웨이퍼 결합 MEMS 공정을 이용하여 만들었다[그림 2.7~2.8]<sup>[9]</sup>.

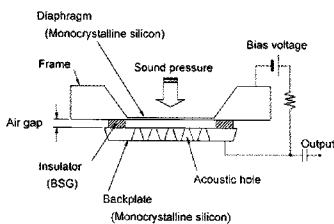


그림 2.7. 단결정 실리콘을 진동막으로 가지는 MEMS 마이크로폰 개략도 단면<sup>[9]</sup>.

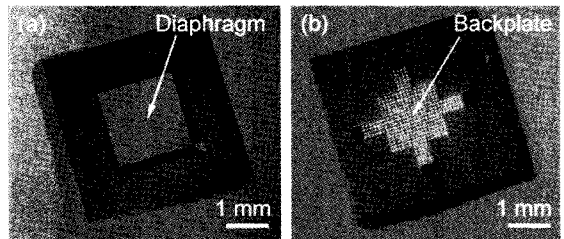


그림 2.8. MEMS 마이크로폰의 전면(a)과 후면(b) 사진<sup>[9]</sup>.

제작된 MEMS 마이크로폰은 30Hz에서 20kHz 범위에서 균일한 주파수 특성을 보여주며, 1kHz에서의 감도는 -52dBV/Pa, 노이즈 레벨은 47dBA, 공진주파수는 27kHz로 측정되었다[그림 2.9].

국내의 경우, MEMS 마이크로폰 부문에 있어서 비교적 적은 연구그룹들이 연구개발을 시도하고 있다. 전자부품연구원(KETI)에서는 도금판을 진동막으로 사용한 MEMS 마이크로폰을 개발하여 진동막의 응력을 비교적 용이하게 조절하였고, 바이어스 전압 20V에서 약 -51dB의 감도(@ 1kHz)를 보고하였다[그림 2.10].

한국표준연구원에서는 기관접합기술을 이용하여 2×2 mm<sup>2</sup>크기의 진동막과 150μm의 두께의 백플레이트를 갖는 MEMS 마이크로폰을 제작하였다. 제작된 MEMS 마이크로폰은 바이어스 전압 28V에서 약 -88dB의 감도(@ 1 kHz)를 가지며, 20Hz에서 5kHz 영역에서 균일한 성능을 보여줌을 확인할 수 있다[그림 2.11]<sup>[11]</sup>.

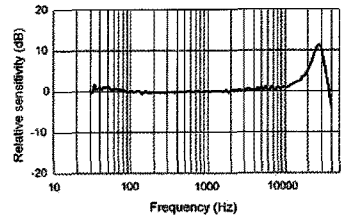


그림 2.9. MEMS 마이크로폰의 주파수 특성<sup>[9]</sup>.

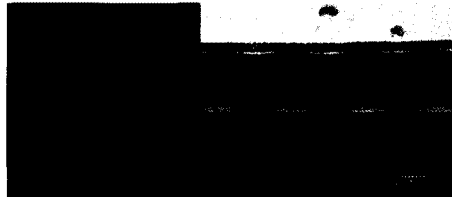


그림 2.10. 도금 진동판을 이용한 MEMS 마이크로폰<sup>[10]</sup>

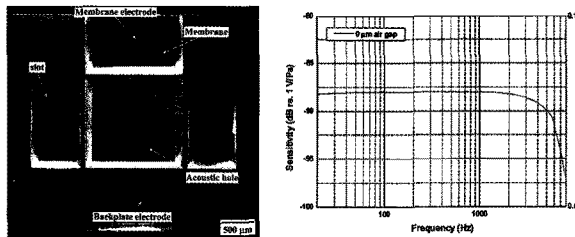


그림 2.11. 기관접합 기술을 적용한 MEMS 마이크로폰과 감도 측정결과<sup>[11]</sup>

또한, 한국전자통신연구원(ETRI)에서는 표면가공 MEMS 기술을 이용한 MEMS 마이크로폰을 개발하였으며, 양산성 및 수율 향상과 저가격화를 추구하였다. 또한 신호처리부가 일체화된 마이크로폰도 개발하고 있다<sup>[12]</sup>.

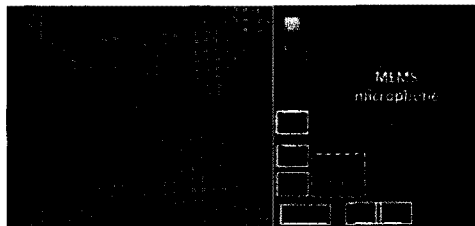


그림 2.12. 표면가공형 MEMS 마이크로폰과 신호처리부 일체형 MEMS 마이크로폰<sup>[12]</sup>

한국기계연구원(KIMM)에서는 음압에 의한 영향을 받지 않도록 설계된 단단한 백플레이트와 원형 저응력 질화



진동막을 갖는 2칩 접합형 마이크로폰을 제작하고 이에 최적화된 신호처리부를 적용함으로써 고감도 및 저전력을 추구하는 마이크로폰을 개발하고 있다.

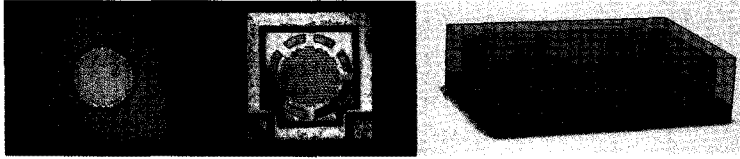


그림 2.13. 고감도 저전력 2칩 접합형 MEMS 마이크로폰

이외, 알에프세미 등의 업체에서도 현재 실용화를 위한 연구를 수행하고 있다.

압전방식 MEMS 마이크로폰은 압전물질을 진동막으로 사용하거나, 진동막에 결합시켜, 음압에 따라 진동막이 움직이면서 발생하는 변형력에 의해 압전물질이 전위차를 발생시키고 이를 측정하는 방식으로, 음압을 전기신호로 변환시켜준다. 압전방식 MEMS 마이크로폰의 경우 정전용량방식 MEMS 마이크로폰과 비교해서, 상대적으로 단순한 제조공정, 넓은 주파수 대역 및 bias 전압원이 필요 없다는 장점 등에 주목해서 많은 연구가 이루어져 왔다. 그러나 비교적 낮은 감도 및 높은 잡음도 등의 단점으로 인해, 음향소자로서의 적합한 감도를 얻기 위해서는 진동막으로 사용되는 재료의 응력을 낮추는 방법, 압전박막의 특성 향상 등의 기반 기술 개발이 요구된다.

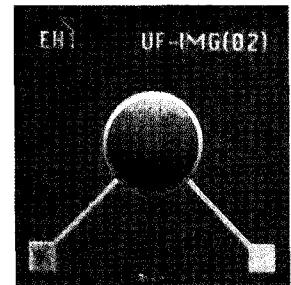


그림 2.14. 압전 마이크로폰 소자<sup>[13]</sup>

국외의 경우, 플로리다 대학의 Sheplak교수는 MEMS 공정을 이용하여 다이아프램의 가장자리에 압전소재의 환상 링을 적층하여 감도  $0.75\mu\text{V}/\text{Pa}$ , 동적 범위 47.8~169dB의 성능을 갖는 압전 마이크로폰을 제작하였다[그림 2.14].

이승섭 교수팀은 둥근 형태와 사각형 형태의  $1\mu\text{m}$  두께의 저응력 질화막 진동판 위에  $0.3\mu\text{m}$ 의 ZnO 박막을 결합시킨 압전방식 MEMS 마이크로폰을 제작하였다<sup>[14]</sup>. 제작된 MEMS 마이크로폰의 감도는 400Hz와 10kHz의 범위에서 둥근 형태의 진동판을 가지는 경우는 약  $40\mu\text{V}/\text{Pa}$ , 사각형태의 진동판을 가지는 경우는  $20\mu\text{V}/\text{Pa}$ 로 측정되었다.

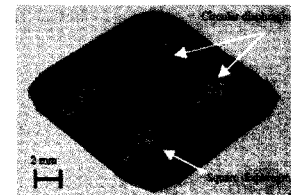


그림 2.15. ZnO 압전 MEMS 마이크로폰 소자<sup>[14]</sup>

고상춘 박사팀은 ZnO 박막을 이용한 압전 MEMS 마이크로폰을 제작하였다. 개발된 마이크로폰은 그림 2.13과 같은 형태로,  $1.5\mu\text{m}$ 두께의 저응력 질화막 위에  $0.5\mu\text{m}$ 의 ZnO 층을 형성시켰으며, 약  $0.51\text{mV}/\text{Pa}$  (at 7.3kHz)의 감도를 갖는다<sup>[15]</sup>.

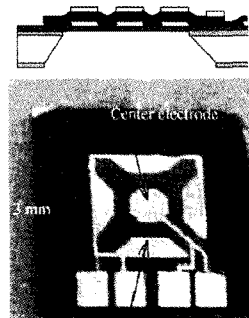


그림 2.16. ZnO 압전 MEMS 마이크로폰의 단면 개략도 및 소자<sup>[15]</sup>.

## 2.2 초소형 마이크로폰의 응용기술 및 분야

초소형 MEMS 마이크로폰은 최근 NT, BT, IT 분야의 신기술 융합과 개인용 휴대전자 제품들의 보급률 증가 추세에 따라 초소형 마이크로폰 시장에서 기존의 일렉트릭 콘덴서 마이크로폰을 점차로 대체하고 있다. 이에 기타 센서 기술 및 신호처리기술의 발전으로 단순한 음향소자로서의 기능뿐만 아니라 각종 음장가시화 기술을 접목한 산업용 및 의료용 기기, 군사용 음향감지 기기, 바이오소자 등의 다양한 분야에서 응용 가능성을 높여가고 있다.

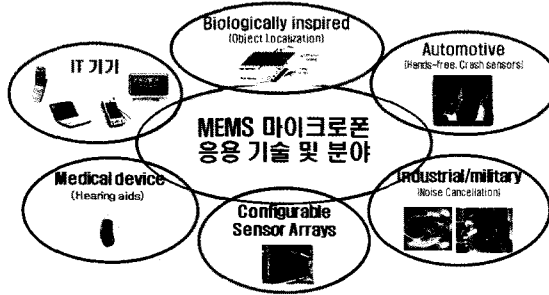


그림 2.17. MEMS 마이크로폰 응용 기술 및 분야

## 2.3 초소형 MEMS 마이크로폰의 시장규모 및 전망

현재 국내 초소형 MEMS 마이크로폰 시장은 대부분 해외 수입에 의존하고 있으며, 소수의 연구기관 및 벤처기업에서 연구개발 및 실용화를 수행하고 있다. 세계 시장의 경우, 미국의 Knowles사가 전체의 약 70% 이상을 점유하고 있으며, 기타 Akustica사, Analog Devices사, Sonion사, Infineon사 등이 나머지를 차지하고 있다. 그림 2. 에서와 같이 2011년 세계 MEMS 마이크로폰 시장의 규모는 약 88억 달러에 달할 것으로 보이며, 특히, PC, DMB, PMP, 휴대전화 등의 소형휴대 기기를 포함하는 모바일 IT기기 시장의 규모는 약 58억 달러 이상으로 추정된다<sup>[16]</sup>.

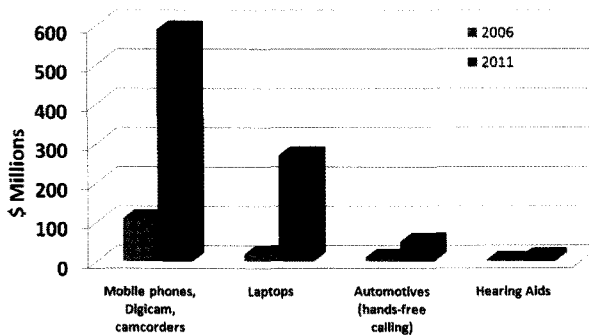


그림 2.18. 초소형 MEMS 마이크로폰 시장동향<sup>[16]</sup>

## 3. MEMS 마이크로폰의 특허 동향 분석

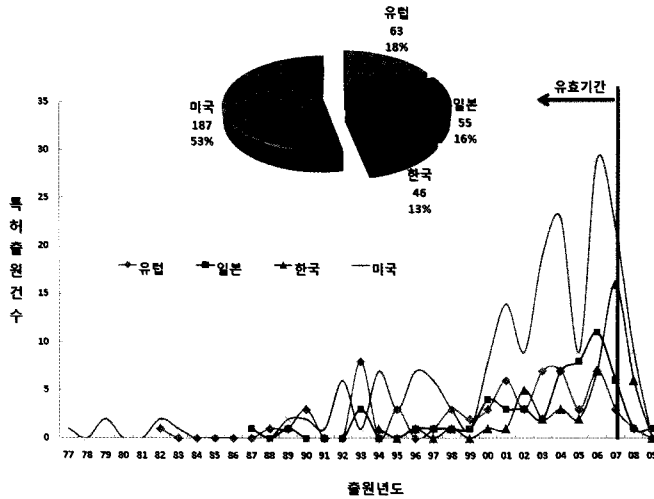
### 3.1 정량 특허 동향 분석

MEMS 마이크로폰의 특허 동향 분석을 위해서, 출원 공개된 한국, 일본, 미국 및 유럽의 공개 및 등록특허에 대해서 분석이 이루어졌으며 MEMS CMOS 마이크로폰, MEMS 마이크로폰용 CMOS 소자, MEMS 마이크로폰 기반 응



용제품, MEMS 압전방식 마이크로폰 등으로 기술 소분류가 행해졌다.

MEMS Microphone 기술 분야의 첫 출원은 '77년에 출원된 미국특허이며, 그 이후 출원된 미국 특허 건수가 187건으로 전체의 53%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타내며, 유럽특허 18%(64건), 일본특허 16%(55건), 한국특허 13%(46건)으로 확인되었다[그림 3.1]

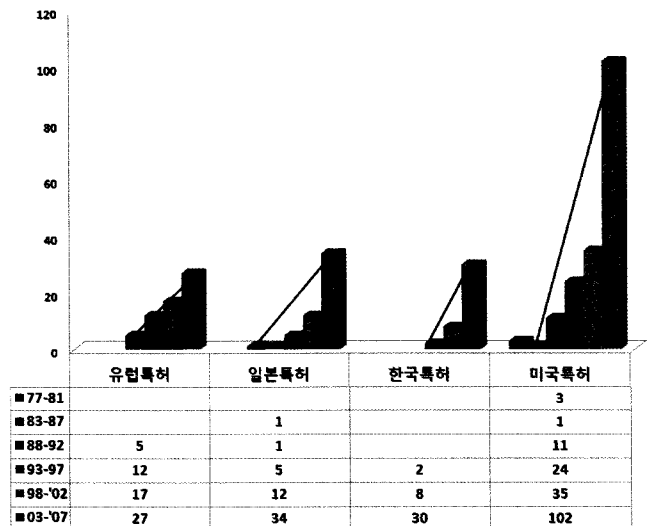


※ 분석구간 : 출원연도 1977~2009년  
 ※ 유효기간 : 통상적으로 특허출원일로부터 1년 6개월 후 공개되고 간행물화 되는데다 또 추가적인 기간이 소요되는 점을 고려하여야 함.

그림 3.1. MEMS Microphone 기술 분야의 나라별 점유율 및 특허건수 추이

각국의 MEMS 마이크로폰 분야에서 출원된 특허를 5년 단위로 나누어 구간별 출원수를 분석해 보았을 때, 미국 특허의 경우 뚜렷한 증가세와 함께, 2003~2007년 구간에서 급격한 출원의 증가세를, 유럽 특허의 경우 1988~1992년 구간을 시작으로 최근까지 꾸준한 증가세를, 일본과 한국 특허의 경우 2003~2007년 구간에서 특허 출원 건수가 급격히 증가하는 추세를 나타냄을 알 수 있었다 [그림 3.2]. 이를 미루어 볼 때, MEMS microphone 관련 분야가 최근 연구 활동이 활발한 기술 분야임을 알 수가 있다.

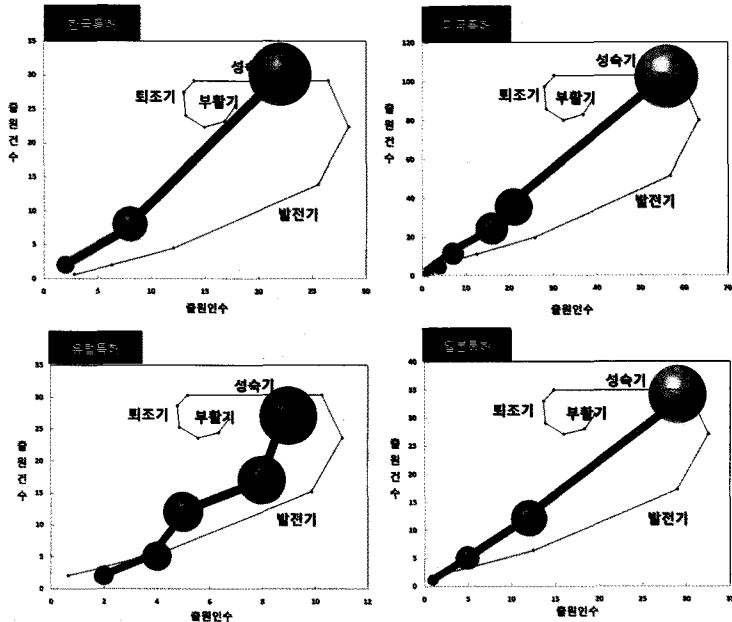
특히 5년 단위의 구간별로 나눠, 출원인수와 출원건수를 비교해 보았을 때, 한국 특허, 미국 특허, 유럽 특허, 일본 특허 모두 출원인수와 출원건수가 지속적인 증가 추세를 나타내는 발전기에 있는 것으로 판단할 수 있다 [그림 3.3].



※ 분석구간 : 출원연도 1977~2007년

그림 3.2. MEMS Microphone 기술 분야의 각국 출원동향





1. 분석기간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - '82, '83, '87, '88-'92, '93-'97, '98-'02, '03-'07(출원년도)  
 2. X축: 출원인수, Y축: 출원건수

그림 3.3. 포트폴리오로 본 각국의 위치

전 세계의 국가별 출원인 건수와 점유율을 확인해 보았을 때, 미국특허의 출원건수가 절대적으로 우위에 있는 것을 알 수 있고, 미국국적 출원인의 타국 출원건수와 출원점유율의 비중이 높은 것을 알 수 있다. 그 중 Knowles Electronics LLC가 모든 국가에서 점유율 1위를 차지하며 MEMS 마이크로폰 관련 기술력이 높은 독보적인 회사로 판단되며, Knowles Electronics Co.는 영국 회사로 미국과 유럽에서 출원인 2위로 다수의 특허를 보유함을 확인할 수 있었다.

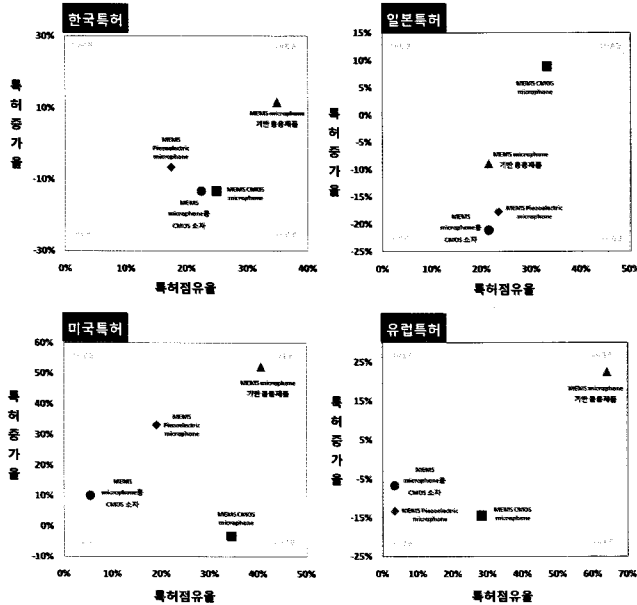
각국의 세부기술별 포트폴리오를 알아보기 위해, 특허점유율과 특허 증가율을 기준으로 4개 분야로 나누어서, 1사분면은 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있는 분야를, 2사분면은 최근 특허 출원이 활발한 분야를, 3사분면은 초창기 기술로 도입기술 분야를, 4사분면은 최근 특허 출원이 감소하는 기술 분야를 표시한 결과는 그림 3.4와 같다.

한국특허는 MEMS 마이크로폰 기반 응용제품 분야가 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있는 분야로 나타났지만, 그 외 나머지 기술 분야는 초창기 기술로 나타났다.

일본특허의 경우 MEMS CMOS 마이크로폰 분야가 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있는 분야로 나타났으며, MEMS 마이크로폰 기반 응용제품 분야가 최근 특허 출원이 활발하며, MEMS 마이크로폰용 CMOS 소자 분야와 MEMS 압전방식 마이크로폰 분야는 아직 초창기 도입중인 기술로 나타났다.

미국특허는 MEMS 마이크로폰 기반 응용제품 분야가 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있는 분야로 나타났으며, MEMS 압전방식 마이크로폰 분야가 최근 특허 출원이 활발하며, MEMS 마이크로폰용 CMOS 소자 분야가 초창기 도입기술 분야로 나타났으며, MEMS CMOS 마이크로폰 분야는 최근 특허 출원이 감소하는 기술 분야로 확인되었다.

마지막으로 유럽특허는 MEMS 마이크로폰 기반 응용제품 분야가 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있는 분야로 나타났으며, MEMS 마이크로폰용 CMOS 소자 분야, MEMS 압전방식 마이크로폰 분야가 초창기 도입기술 분야로 나타났으며, MEMS CMOS 마이크로폰 분야는 최근 특허 출원이 감소하는 기술 분야로 나타났다.



1. 분석구간 : '93-'07(발행년도)
2. X축 : 100%/기술분야 개수, Y축 : 분석구간의 연평균 증가율의 기하평균값
3. 분석의미 : 1사분면 - 지속적으로 특허 출원이 활발  
 2사분면 - 최근 특허 출원이 활발  
 3사분면 - 초창기(도입기) 기술  
 4사분면 - 최근 특허 출원이 감소 추세

그림 3.4. 특허점유율 및 증가율에 따른 포트폴리오 분석

그림 3.5는 주요 출원인들의 특허 출원 건수를 기술 소분류별로 분포한 그래프이며, 주요 출원인들이 MEMS 마이크로폰 기반 응용제품 분야와 MEMS CMOS 마이크로폰 분야의 특허를 중점적으로 출원한 것으로 나타나며, 특히 Knowles Electronics LLC가 이 분야에서 특허를 다수 보유하여 높은 기술 장벽을 형성하고 있음을 알 수 있었다.

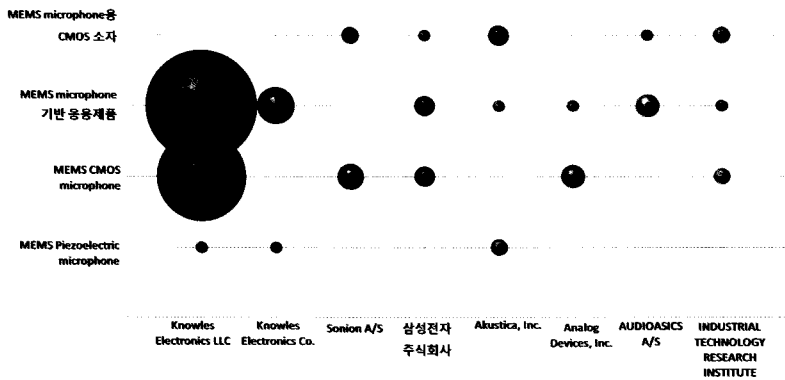


그림 3.5. 세부 기술 분야별 출원인 분포

### 3.2 주요 특허 출원인 특허 동향 분석

앞서 MEMS 마이크로폰 기술 관련 특허의 정략적 분석에서 알 수 있듯이 Knowles electronics LLC의 경우 분석된 기간의 특허 351건 중에 150건을 출원해서, 모든 국가에서 점유율 1위를 차지하고 있으며, MEMS 마이크로폰

관련 기술력이 높은 독보적인 회사로 판단된다. 이에 추가로 MEMS 마이크로폰 기술의 특허 주요 출원인인 Knowles electronics LLC의 중요 특허들을 선정하여 각 기술이 흐름에 따라 어떻게 발전하고 있는지를 분석하였다. Knowles electronic LLC 사는 1993년 소형 콘덴서 마이크로폰에 관련된 특허를 주로 출원하였고 2000년 이후 실리콘을 기반으로 한 마이크로폰에 속한 특허가 많은 것으로 나타났다. 또한 2000년 이후, 소형 광대역 변환기 및 통합된 정전용량방식 변환기 등에 대한 출원을 계속적으로 하고 있음을 확인할 수 있었다.

MEMS 마이크로폰 분야는 전 세계적으로 2000년도 이후에 많은 출원이 이루어졌고, 2005년에서 2007년 사이에 가장 많은 특허들이 출원되었다. 출원된 특허 중 미국의 특허가 우세하였으며, 최근에 이르러서야 증가세가 두드러졌던 한국특허는 총 46건으로 전체의 13%를 차지하여 아직까지는 미국이나, 유럽, 일본에 비해 상대적으로 적은 부분을 차지하는 것으로 확인되었다. MEMS 마이크로폰 분야의 특허에 대한 각 중요도의 발전도를 볼 때, 한국특허, 미국특허, 유럽특허, 일본특허 모두가 계속적인 증가추세를 나타내고 있는 발전기로 판단되며, 전 세계의 국가별 출원인을 건수와 점유율에 따라 볼 때, 미국특허의 출원건수가 우위에 있으며 특히, Knowles Electronics LLC 가 모든 국가에서 점유율 1위를 차지하며 MEMS 마이크로폰 기술 관련하여 주요한 기술을 보유한 회사라고 생각된다. 세부 기술별 분류에서는 가장 많은 특허출원을 나타낸 미국특허의 경우, MEMS 마이크로폰 기반 응용제품이 78건으로 41%를 차지하였으며 MEMS CMOS 마이크로폰이 34%로 그 뒤를 잇고 있으며 이외 다른 분류들은 (MEMS 압전방식 마이크로폰, MEMS 마이크로폰용 CMOS 소자) 상대적으로 적은 출원을 하고 있지만 최근 들어 그 기술의 출원이 활발함에 따라 앞으로 더 많은 특허를 출원할 수 있을 것으로 예상되며 기술에 대한 향후 발전 및 연구개발에 대한 가능성이 높다고 판단된다.

## 4. 결 론

반도체 공정기술을 이용하여, 대량생산이 가능하고 우수한 신뢰성과 재현성을 가지는 초소형 청각소자를 만들고자 하는 연구가 세계각지의 연구소와 기업에서 활발히 이루어져 왔다. 이러한 연구의 결과물로 제작된 MEMS 마이크로폰은 기존의 마이크로폰 특허 일렉트릿 콘덴서 마이크로폰과 비교해서, 열과 습도에 강해서 다른 전자소자들과의 결합 공정과정을 단순화 할 수 있다는 장점과 더불어, 충분히 낮은 동작 전압(5V 내외)에서도 좋은 감도 특성을 보여 주며, 초소형 청각소자를 필요로 하는 휴대폰, 태블릿 PC와 같은 개인용 소형 가전제품에서의 시장 점유율을 점점 넓혀 가고 있다. 그러나 MEMS 마이크로폰과 관련된 주요한 기술 특허의 대부분을 미국, 유럽의 유수 마이크로폰 회사가 보유하고 있으며, MEMS 마이크로폰 시장 또한 이들 회사들이 차지하고 있는 상황이다. 따라서, 이미 기존에 개발된 MEMS 마이크로폰의 성능에 필적하는 혹은 능가하는 초소형 청각소자를 개발하기 위해서는 인적자원과 물적자원이 집중적으로 투입될 필요가 있으며, 개발 방향 또한 대량생산/소비되는 시장보다는 보청기 혹은 청각가시화 장치 등과 같이 특화된 성능을 필요로 하는 마이크로폰 시장을 목표로 하는 것이 바람직하다고 생각된다.

## 후기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2010K001127).

## ❁ 참고 문헌

- [1] D. Hohm, G. Sessler, "Kapazitive Wandler auf Siliziumbasis mit Siliziumdioxid-Elektret," (Silicon-based



capacitive transducer with silicon dioxide electret), German Patent DE 3325961 A1, Application (1983)

[2] P. R. Scheeper, et al., Fabrication of silicon condenser microphones using single wafer technology, *J. of Microelectromechanical System 1* (1992), pp. 147–154.

[3] P. Loeppert and Sung B. Lee, SiSonic™—The first commercialized MEMS microphone, *Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Workshop*, June 4–8 (2006).

[4] J. J. Neumann and K. J. Gabriel, A fully-integrated CMOS–MEMS audio microphone, *12th Intl. Conf. on Solid-State Sensors and Actuators and Microsystems*, June 8–12 (2003), pp. 230–233.

[5] J. J. Neumann and K. J. Gabriel, CMOS–MEMS membrane for audio frequency acoustic actuation, *14th Intl. Conf. on Micro–Electro–Mechanical–Systems*, January 21–25 (2001), pp. 236–239.

[6] A. Dehé, Silicon microphone development and application, *Sensors and Actuators, A* 133 (2007), pp. 283–287.

[7] R. Nadal-Guardia and A. Dehé, Modelling of electrostatic capacitive sensors based on mechanical parameters, *The 13th Micromechanics Europe Workshop MME02 Sinaia, Romania*, 6–8 Oct (2002), pp. 197–200.

[8] M. Brauer, et al., Improved signal-to-noise ratio of Silicon microphones by a high-impedance resistor, *J. Micromech. Microeng.* 14 (2004), pp. 86–89.

[9] Y. Iguchi, et al., Silicon microphone with wide frequency range and high linearity, *Sensors and Actuators, A* 135 (2007), pp. 420–425.

[10] K. I. Lee, et al., A capacitive type miniature acoustic transducer with a diaphragm by electroplating, *The 7th Korean MEMS conference*, 4–9 Apr (2005), pp. 93–96.

[11] H. S. Kwon, H.S. and K. C. Lee, Double-chip condenser microphone for rigid backplate using DRIE and wafer bonding technology, *Sensors and Actuators, A* 138 (2007), pp. 81–86.

[12] “MEMS Microphones—A Global Technology, Industry and Market Analysis,” *Innovative Research and Products, Inc.*, (2007)

[13] S. B. Horowitz et al., Design and Characterization of a Micromachined Piezoelectric Microphone, *11th AIAA/CEAS Aeroacoustics conference*, 23–25 May (2005), AIAA–2005–2998.

[14] W. S. Lee and S. S. Lee, Piezoelectric microphone built on circular diaphragm, *Sensors and Actuators, A* 144 (2007), pp. 367–373.

[15] S. C. Ko, et al., Micromachined piezoelectric membrane acoustic device, *Sensors and Actuators, A* 103 (2003), pp. 130–134.

[16] 양우석 등, 초소형 음향소자의 기술 및 산업동향, 전자통신동향분석, 제25권, 제5호 (2010), pp. 1–10.



정 영 도

· 한국기계연구원 나노융합시스템연구본부  
선임연구원  
· 관심분야 : 마이크로 센서, 자연모사 응용기술  
· E-mail : yjung@kimm.re.kr



이 영 화

· 한국기계연구원 나노융합시스템연구본부  
위촉연구원  
· 관심분야 : 마이크로 센서, 자연모사 응용기술  
· E-mail : yhleel2@kimm.re.kr



허 신

· 한국기계연구원 나노융합시스템연구본부  
책임연구원  
· 관심분야 : 나노/마이크로 소자, 인공감각계,  
자연모사  
· E-mail : shur@kimm.re.kr