



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년06월28일
 (11) 등록번호 10-1994583
 (24) 등록일자 2019년06월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H04R 17/02 (2006.01) H04R 7/02 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 H04R 17/025 (2013.01)
 H04R 7/02 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2018-0032321
 (22) 출원일자 2018년03월20일
 심사청구일자 2018년03월20일
 (30) 우선권주장
 1020180011444 2018년01월30일 대한민국(KR)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2008532370 A*
 KR101550636 B1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
김경원
 대전광역시 유성구 엑스포로 448, 402동 102호 (전민동, 엑스포아파트)
 (72) 발명자
김경원
 대전광역시 유성구 엑스포로 448, 402동 102호 (전민동, 엑스포아파트)
이태준
 경기도 고양시 덕양구 토당로104번길 19-24, 202호(토당동, 백제3차빌라)
 (74) 대리인
한성근

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 송근배

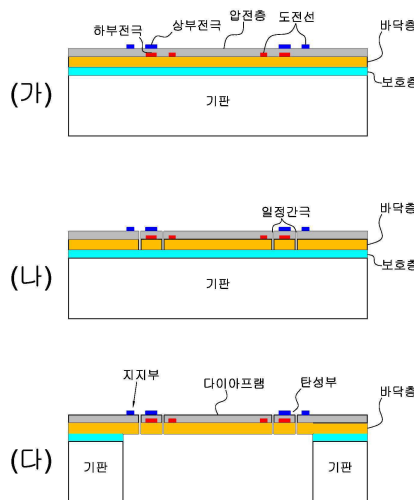
(54) 발명의 명칭 **MEMS 압전형 마이크로폰**

(57) 요약

본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰은 기관으로부터 분리된 다이어프램이 압전층으로 이루어진 다수의 탄성부를 포함하고, 상기 탄성부에 의해 기관에 지지되고 있다.

기관에 고정된 지점을 제외하고는 기관으로부터 완전히 분리되어 있는 상기 다이어프램과 탄성부는 잔류응력이 제거되므로, 음파에 의한 압력에 대하여 다이어프램은 큰 변위로 이동을 하게 된다. 면적이 넓은 다이어프램에 발생된 변위는 면적이 작은 탄성부에 더욱 집중되어 탄성부에는 큰 변형이 발생된다. 따라서, 탄성부에 형성된 캐패시터에는 큰 전압이 발생되어 감도가 높은 마이크로폰을 구현할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류
H04R 2201/003 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

실리콘기판에서 실리콘과 보호층이 제거된 다이아프램, 다수의 탄성부 및 지지부가 형성되되,

상기 탄성부는,

평면적으로 다이아프램에 평행하게 배치된 빔으로 구성되되, 다이아프램과 인접한 단부가 다이아프램에 연결되고, 지지부와 인접한 단부가 지지부에 연결되어 탄성부를 통해 다이아프램이 지지부에 의해 지지되며,

상기 탄성부는 다이아프램과 탄성부 사이, 탄성부와 지지부 사이에 형성된 일정간극에 의해 빔으로 형성되며,

상기 빔은 실리콘기판 상부에 형성된 바닥층 및 바닥층 상에 증착되는 압전층으로 이루어져 있고,

각 빔에 증착되어 있는 압전층 양단의 상부 및 하부에는 서로 마주하는 상부전극과 하부전극 및 도전선이 형성되어 각각 2개의 캐패시터를 이루고 있으며,

상기 탄성부가 지지부에 고정된 지점을 제외하고는 다이아프램과 탄성부는 기판으로부터 완전히 분리되어 있고,

상기 빔에 형성된 캐패시터는 상부전극 또는 하부전극을 연결하여 출력전압이 더해지도록 직렬연결되거나 각 캐패시터 사이에 2개씩 형성되는 비아홀을 통하여 전압극성이 같도록 병렬연결되는 것을 특징으로 하는, MEMS 압전형 마이크로폰.

청구항 2

실리콘기판에서 실리콘과 보호층이 제거된 다이아프램, 다수의 탄성부 및 지지부가 형성되되,

상기 탄성부는,

평면적으로 다이아프램에 평행하게 배치되고 상호 결합된 한쌍의 빔으로 구성되되, 다이아프램과 인접한 단부가 다이아프램에 연결되고, 지지부와 인접한 단부가 지지부에 연결되어 탄성부를 통해 다이아프램이 지지부에 의해 지지되며,

상기 탄성부는 다이아프램과 탄성부 사이, 한쌍의 빔 사이, 탄성부와 지지부 사이에 형성된 일정간극에 의해 상호 결합된 한쌍의 빔으로 구성되며,

상기 빔은 실리콘기판 상부에 형성된 바닥층 및 바닥층 상에 증착되는 압전층으로 이루어져 있고,

상기 각 빔에 증착되어 있는 압전층 양단의 상부 및 하부에는 서로 마주하는 상부전극과 하부전극 및 도전선이 형성되어 각각 2개의 캐패시터를 이루고 있으며,

상기 탄성부가 지지부에 고정된 지점을 제외하고는 다이아프램과 탄성부는 실리콘기판으로부터 완전히 분리되어 있고,

상기 빔에 형성된 캐패시터는 직렬연결 또는 병렬연결되어 있으며, 각 탄성부 양단의 캐패시터는 출력전압이 더해지도록 도전선에 지지부와 다이아프램 상에서 직렬연결되거나, 또는 각 탄성부의 양단의 캐패시터의 출력전압의 극성이 동일하게 지지부와 다이아프램 상에서 병렬연결되는 것을 특징으로 하는, MEMS 압전형 마이크로폰.

청구항 3

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 다이아프램과 탄성부 사이, 탄성부와 지지부 사이에는 10 μ m 이하의 일정간극이 압전층에서 바닥층까지 형성되는 것을 특징으로 하는, MEMS 압전형 마이크로폰.

청구항 4

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 압전층은,

0.3~2 μ m 두께를 갖고, PZT, AlN 및 ZnO 중 어느 하나의 압전물질로 이루어진 것을 특징으로 하는, MEMS 압전형 마이크로폰.

청구항 5

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 바닥층은,

0.5~2 μ m 두께의 산화실리콘 또는 질화실리콘 중 어느 하나 이상으로 이루어진 것을 특징으로 하는, MEMS 압전형 마이크로폰.

청구항 6

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 지지부 및 다이어프램은 1~3 μ m 두께를 갖고, (a) 바닥층 또는 (b) 바닥층과 압전층 중 어느 하나로 이루어진 것을 특징으로 하는, MEMS 압전형 마이크로폰.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 지지부 및 다이어프램은 1~3 μ m 두께를 갖고, 산화실리콘, 질화실리콘 및 폴리실리콘 중 어느 하나 이상이 더 추가되는 것을 특징으로 하는, MEMS 압전형 마이크로폰.

청구항 8

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 다이어프램은 원형 또는 사각형의 형태를 갖되,

원형인 경우, 지름 500~2000 μ m을 갖도록 구성되고,

사각형인 경우, 한변의 길이가 200~2000 μ m을 갖는 직사각형 또는 정사각형으로 구성되는 것을 특징으로 하는, MEMS 압전형 마이크로폰.

청구항 9

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 도전선, 상부전극 및 하부전극은, 0.02~0.2 μ m 두께를 갖고, Mo, Pt/Ti, Au/Cr 및 Al 중 어느 하나로 이루어진 것을 특징으로 하는, MEMS 압전형 마이크로폰.

청구항 10

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 보호층은 0.2~1 μ m 두께의 산화실리콘 또는 질화실리콘 중 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하는, MEMS 압전형 마이크로폰.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰은 기관으로부터 분리된 다이어프램이 압전층과 바닥층으로 이루어진 다수의 탄성부에 의하여 기관에 지지되고 있다.

[0002] 기관에 고정된 지점을 제외하고는 기관으로부터 완전히 분리되어 있는 상기 다이어프램과 탄성부는 잔류응력이 제거되므로, 음파에 의한 압력에 의하여 다이어프램은 큰 변위로 이동을 하게 된다. 면적이 넓은 다이어프램에 발생된 변위는 면적이 작은 탄성부에 더욱 집중되어 탄성부에는 큰 변형이 발생된다. 따라서, 탄성부의 압전층에 형성된 캐패시터에는 큰 전압이 발생되어 감도가 높은 마이크로폰을 구현할 수 있다.

배경 기술

[0004] MEMS 압전형 마이크로폰(Piezoelectric Microphone)은 압전층(Piezoelectric Layer)으로 이루어진 다이어프램(Diaphragm)의 상부 및 하부에 마주보는 전극(Electrode)을 형성함으로써 이루어진 캐패시터(Capacitor)를 포함하고 있다.

[0005] 압전층에 음파(Sound)에 의한 압력이 가해지면 다이어프램에는 변형(Strain)이 발생되고, 캐패시터 양단 전극에는 변형에 비례하는 전압이 발생된다.

[0006] 가청주파수 범위인 20Hz~20KHz의 음파가 인가되면, 캐패시터에는 음파의 세기에 비례하는 교류전압이 발생하며, 이 전압을 증폭하여 스피커에 전달하면 음파가 재현되는 것이다.

[0008] MEMS 압전형 마이크로폰은 다이어프램과 백플레이트(Backplate)간의 정전용량(Capacitance)의 변화를 감지하는 MEMS 콘덴서 마이크로폰(Condenser Microphone)에 비해서 선형성(Linearity)이 우수하고 동적범위(Dynamic Range)가 크며, 다이어프램에 구동전압(Operating Voltage)을 인가할 필요가 없다는 장점이 있다.

[0009] 또한, 콘덴서 마이크로폰은 다이어프램과 백플레이트가 인접하여 마주보고 있으므로 구조가 복잡하고, 습기나 큰 압력에 의하여 다이어프램과 백플레이트가 붙어버리는 스틱킹(Sticking) 문제가 발생하는 반면, MEMS 압전형 마이크로폰은 백플레이트가 없으므로 구조가 단순하고 스틱킹 문제가 없다는 장점이 있다.

[0010] 반면, MEMS 압전형 마이크로폰은 콘덴서 마이크로폰에 비해서 감도(Sensitivity)가 작고 잡음(Noise)이 크다는 단점이 있다. 그러나, MEMS 압전형 마이크로폰의 다이어프램 구조와 캐패시터를 형성하는 전극의 구조를 최적화하면 감도의 개선이 가능하다.

[0012] 도 1의 (가)는 문헌(C.C. Chang, J.H. Chang, "A study on fabrication of zinc oxide thin film acoustic sensors", Journal of marine science and technology, Vol. 4, No. 1, pp. 49~53, 1996)에서 예시한 MEMS 압전형 마이크로폰의 단면구조이다.

[0013] 이는 압전층과 바닥층으로 이루어진 다이어프램의 압전층 상하에 상부전극 및 하부전극을 형성하여 1개의 캐패시터를 형성하고 있다. 음파가 가해지면 다이어프램에 변형이 발생되어 캐패시터의 전극 양단에는 전압이 발생된다. 그러나, 다이어프램의 가장자리영역과 중앙영역은 변형이 반대로 발생되므로, 결국 1개의 캐패시터로 이루어진 이 구조에서는 출력전압이 상쇄되어 감도가 낮아진다는 단점이 있다.

[0016] 도 1의 (나)는 문헌(R. Schellin et al., "Optimization of the electrode shapes of micromachined piezoelectric microphones to minimize the influence of in-plane stress on the S/N ratio," Transactions on the Built Environment, Vol 12, 1995)에서 예시한 MEMS 압전형 마이크로폰의 단면구조이다.

[0017] 이는 압전층과 바닥층으로 이루어진 다이어프램의 가장자리영역과 중앙영역의 압전층 상부에 2개의 상부전극을 형성하고 압전층 하부에 공통된 하부전극을 형성하여 직렬로 연결된 2개의 캐패시터를 형성하였다. 음파가 가해지면 다이어프램의 가장자리영역과 중앙영역은 변형이 반대로 발생되므로 2개의 캐패시터에는 각각 반대의 전압이 발생된다. 따라서, 출력되는 전압은 2개의 캐패시터에서 발생된 전압이 더해지게 되어 감도가 도 1의 (가)에 비하여 향상된다.

- [0019] 도 1의 (다)는 미국 등록특허공보 제4,783,821호에서 예시한 MEMS 압전형 마이크로폰의 단면구조로서, 압전층과 바닥층으로 이루어진 다이아프램의 압전층에 다수 쌍의 상부전극 및 하부전극을 형성함으로써 다수개의 독립적인 캐패시터를 형성하였다. 다수개의 캐패시터를 각 캐패시터의 출력전압의 극성이 같도록 병렬연결하거나, 각 캐패시터의 출력전압이 더해지도록 직렬연결함으로써 감도를 더욱 증가하고자 하였다. 특히 미국 등록특허공보 제8,121,317호에서도 다수개의 전극을 직렬로 연결하여 감도를 증가하고자 하였다.
- [0021] 그러나, 도 1의 (가), (나), (다)에서 예시된 MEMS 압전형 마이크로폰은 다이아프램의 모든 가장자리(Edge)가 기관에 기계적으로 구속(Clamped)되어 있으므로, 다이아프램에 잔류응력(Residual Stress)이 존재하면 음파에 의한 압력이 가해질 때 변형이 매우 작아진다는 단점이 있다. 결국, 이러한 작은 변형은 작은 감도를 야기하게 된다.
- [0023] 도 1의 (라)에 단면도로 예시한 바와 같이 미국 등록특허공보 제5,633,552호에서는 기관에 고정된 한 변을 제외하고는 다이아프램의 모든 가장자리가 일정간극에 의하여 기관으로부터 기계적으로 분리(Release)된 캔틸레버(Cantilever) 형태의 MEMS 압전형 마이크로폰을 제시하였다.
- [0024] 이는 다이아프램이 기관으로부터 분리되어 있으므로, 다이아프램의 잔류응력은 작아지게 되어 다이아프램은 인가된 음파에 의한 큰 변형이 발생하게 된다. 또한, 다이아프램이 기관에 지지된 영역 근처에서 대부분의 변형이 발생하므로 캐패시터를 상기 영역에 배치하여 감도를 더욱 개선하였다.
- [0025] 미국 등록특허공보 제8,531,088호에서는 다수의 캔틸레버 형태의 다이아프램이 배열된 MEMS 압전형 마이크로폰을 제시하여 감도를 개선하였다.
- [0027] 그러나, 캔틸레버 형태의 MEMS 압전형 마이크로폰에서도 다이아프램이 기관에 지지된 부근에 인가되는 음파 에너지는 다이아프램의 변형에 크게 기여하지 못하므로 감도가 최대화되지 않는다는 단점이 있다. 또한, 압전층과 바닥층의 잔류응력이 다르면 다이아프램이 휘어져 간극이 넓어지게 되고, 결국 넓어진 간극으로 음파가 새어나가 감도가 낮아진다는 단점이 있다.
- [0028] 더군다나, 도 1의 (가)에서 (라)까지 예시된 MEMS 압전형 마이크로폰은 음파에너지가 다이아프램의 넓은 면적에서 변형에너지로 전환되므로, 단위면적당 변형률이 작아 감도 및 신호대 잡음비를 더욱 향상시키기에는 한계가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0030] (특허문헌 0001) 미국 등록특허공보 제4,783,821호(1988.11.08. 등록)
- (특허문헌 0002) 미국 등록특허공보 제8,121,317호(2012.02.21. 등록)
- (특허문헌 0003) 미국 등록특허공보 제5,633,552호(1997.05.27. 등록)
- (특허문헌 0004) 미국 등록특허공보 제8,531,088호(2013.09.10. 등록)

비특허문헌

- [0031] (비특허문헌 0001) 비특허문헌 1 : C.C. Chang, J.H. Chang, "A study on fabrication of zinc oxide thin film acoustic sensors", Journal of marine science and technology, Vol. 4, No. 1, pp. 49~53, 1996
- (비특허문헌 0002) 비특허문헌 2 : R. Schellin et al., "Optimization of the electrode shapes of micromachined piezoelectric microphones to minimize the influence of in-plane stress on the S/N ratio," Transactions on the Built Environment, Vol 12, 1995

발명의 내용

해결하려는 과제

[0032] 본 발명의 목적은 감도와 신호 대 잡음비가 우수한 MEMS 압전형 마이크로폰의 제공에 있다.

과제의 해결 수단

[0034] 본 발명에서는 기판으로부터 기계적으로 완전히 분리된 다이아프램을 압전층과 바닥층(Bottom Layer)으로 이루어진 다수의 탄성부(Spring)만이 다이아프램을 기판에 지지하고 있는 MEMS 압전형 마이크로폰을 제공한다.

[0035] 이때, 기판에 지지된 지점을 제외하고는 다이아프램과 탄성부가 기판으로부터 완전히 분리(Release)되어 있으므로, 다이아프램과 탄성부의 잔류응력은 대부분 제거되며, 따라서 음파가 인가되면 다이아프램은 큰 변위(Displacement)로 이동할 수 있게 된다. 또한, 압전층과 바닥층의 잔류응력이 다르더라도 간극이 넓어지지 않아 음파가 새어나가지 않으므로 감도가 낮아지지 않는다는 특징이 있다.

[0036] 이에 더하여, 면적이 큰 다이아프램에 발생된 변위는 상대적으로 면적이 작은 탄성부에 집중되므로, 탄성부에는 큰 변형(Strain)이 발생하게 된다. 따라서, 탄성부의 압전층에 형성된 캐패시터에는 높은 전압이 발생되어 감도가 큰 마이크로폰을 구현할 수 있게 된다.

[0038] 이를 위하여, 본 발명에 따른 MEMS 압전형 마이크로폰은,

[0039] 실리콘기판에서 실리콘과 보호층이 제거된 다이아프램, 다수의 탄성부 및 지지부가 형성되되,

[0040] 상기 탄성부는,

[0041] 평면적으로 다이아프램에 평행하게 배치된 다수의 빔으로 구성되되, 다이아프램과 인접한 단부가 다이아프램에 연결되고, 지지부와 인접한 단부가 지지부에 연결되어 탄성부를 통해 다이아프램이 지지부에 의해 지지되며,

[0042] 상기 탄성부는 다이아프램과 탄성부 사이, 탄성부와 지지부 사이에 형성된 일정간극에 의해 빔으로 형성되며, 상기 빔은 실리콘기판 상부에 형성된 바닥층 및 바닥층 상에 증착되는 압전층으로 이루어져 있고, 각 빔에 증착되어 있는 압전층 양단의 상부 및 하부에는 서로 마주하는 상부전극과 하부전극 및 도전선이 형성되어 각각 2개의 캐패시터를 이루고 있으며, 상기 탄성부가 지지부에 고정된 지점을 제외하고는 다이아프램과 탄성부는 기판으로부터 완전히 분리되어 있고, 상기 빔에 형성된 캐패시터는 상부전극 또는 하부전극을 연결하여 출력전압이 더해지도록 직렬연결되거나 각 캐패시터 사이에 2개씩 형성되는 비아홀을 통하여 전압극성이 같도록 병렬연결되는 것을 특징으로 한다.

[0044] 다른 한편, 실리콘기판에서 실리콘과 보호층이 제거된 다이아프램, 다수의 탄성부 및 지지부가 형성되되,

[0045] 상기 탄성부는,

[0046] 평면적으로 다이아프램에 평행하게 배치되고 상호 결합된 한쌍의 빔이 다수개가 구성되되, 다이아프램과 인접한 단부가 다이아프램에 연결되고, 지지부와 인접한 단부가 지지부에 연결되어 탄성부를 통해 다이아프램이 지지부에 의해 지지되며,

[0047] 상기 탄성부는 다이아프램과 탄성부 사이, 탄성부와 탄성부 사이, 탄성부와 지지부 사이에 형성된 일정간극에 의해 상호 결합된 한쌍의 빔이 다수개가 구성되며, 상기 빔은 실리콘기판 상부에 형성된 바닥층 및 바닥층 상에 증착되는 압전층으로 이루어져 있고, 상기 각 빔에 증착되어 있는 압전층 양단의 상부 및 하부에는 서로 마주하는 상부전극과 하부전극 및 도전선이 형성되어 각각 2개의 캐패시터를 이루고 있으며, 상기 탄성부가 지지부에 고정된 지점을 제외하고는 다이아프램과 탄성부는 실리콘기판으로부터 완전히 분리되어 있고, 상기 빔에 형성된 캐패시터는 직렬연결 또는 병렬연결되어 있으며, 각 탄성부 양단의 캐패시터는 출력전압이 더해지도록 도전선에 지지부와 다이아프램 상에서 직렬연결되거나, 또는 각 탄성부의 양단의 캐패시터의 출력전압의 극성이 동일하게 지지부와 다이아프램 상에서 병렬연결되는 것을 특징으로 한다.

[0049] 이때, 상기 다이아프램, 지지부 및 탄성부 각각의 사이에는 10 μ m 이하의 일정간극이 압전층에서 바닥층까지 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0051] 또한, 상기 압전층은 0.3~2 μ m 두께를 갖고, PZT, AlN 및 ZnO 중 어느 하나의 압전물질로 이루어진 것을 특징으로 한다.

[0053] 또한, 상기 바닥층은 0.5~2 μ m 두께의 산화실리콘 또는 질화실리콘 중 어느 하나 이상으로 이루어진 것을 특징으로 한다.

[0055] 또한, 상기 지지부 및 다이아프램은 1~3 μ m 두께를 갖고, 상기 압전층과 바닥층으로 이루어진 것을 특징으로 한

다.

- [0057] 또한, 상기 지지부 및 다이아프램은 1-3 μ m 두께를 갖고, 산화실리콘 또는 질화실리콘 중 어느 하나 이상이 더 추가되는 것을 특징으로 한다.
- [0059] 또한, 상기 다이아프램은 원형 또는 사각형의 형태를 갖되, 원형인 경우, 지름 500~2000 μ m을 갖도록 구성되고, 사각형인 경우, 한변의 길이가 200~2000 μ m을 갖는 직사각형 또는 정사각형으로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0061] 또한, 상기 도전선, 상부전극 및 하부전극은, 0.02~0.2 μ m 두께를 갖고, Mo, Pt/Ti, Au/Cr 및 Al 중 어느 하나로 이루어진 것을 특징으로 한다.
- [0063] 또한, 상기 보호층은 0.2~1 μ m 두께의 산화실리콘 또는 질화실리콘 중 어느 하나 이상인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0065] 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰은 감도가 높은 마이크로폰을 제공한다.
- [0066] 또한, MEMS 콘덴서 마이크로폰에 비해서 선형성이 우수하고 동적범위가 크며, 구동전압이 필요 없으며 구조가 단순하고 스티킹 문제가 없는 우수한 마이크로폰을 제공한다.
- [0067] 따라서, 성능이 우수하면서도 가격이 낮은 마이크로폰의 제작이 가능해 진다.

도면의 간단한 설명

- [0069] 도 1은 종래의 MEMS 압전형 마이크로폰의 단면구조를 나타낸 것이다.
- 도 2는 본 발명에서 제공하는 MEMS 압전형 마이크로폰의 제작공정을 보여주고 있다.
- 도 3은 본 발명에서 제공하는 MEMS 압전형 마이크로폰의 평면도를 개념적으로 보여주고 있다.
- 도 4는 도 3의 MEMS 압전형 마이크로폰에서 다이아프램으로부터 지지부 쪽으로 바라본 형태를 보여주고 있으며, 다이아프램의 수직방향으로 음파에 의한 압력이 가해지는 경우의 탄성부의 변형 상태를 보여주고 있다.
- 도 5는 도 3의 MEMS 압전형 마이크로폰의 각 탄성부 양단의 캐패시터를 서로 연결하는 방법을 설명하기 위하여, 다이아프램에 양압이 가해지는 경우의 다이아프램으로부터 지지부 쪽으로 바라본 형태를 보여주고 있다. 개념적 설명을 위해 4개의 탄성부는 수평방향으로 파노라마식으로 펼쳐 놓았다.
- 도 6은 본 발명에서 제공하는 2개의 빔이 지그재그로 연결되어 탄성부를 이루고 있는 MEMS 압전형 마이크로폰의 평면도를 개념적으로 보여주고 있다.
- 도 7은 도 6의 MEMS 압전형 마이크로폰에서 다이아프램으로부터 지지부 쪽으로 바라본 형태를 보여주고 있으며, 다이아프램의 수직방향으로 음파에 의한 압력이 가해지는 경우의 탄성부의 변형 상태를 보여주고 있다.
- 도 8은 도 6의 MEMS 압전형 마이크로폰의 각 탄성부 양단의 캐패시터를 서로 연결하는 방법을 설명하기 위하여, 다이아프램에 양압이 가해지는 경우의 다이아프램으로부터 지지부 쪽으로 바라본 형태를 보여주고 있다.
- 도 9는 본 발명에서 제공하는 MEMS 압전형 마이크로폰의 한 실시예의 평면도를 보여주고 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0070] 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 안되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0072] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시 예와 도면에 도시된 사항은 본 발명의 가장 바람직한 실시 예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0074] 이하, 도면을 참조하여 설명하기에 앞서, 본 발명의 요지를 드러내기 위해서 필요하지 않은 사항 즉 통상의 지식을 가진 당업자가 자명하게 부가할 수 있는 공지 구성에 대해서는 도시하지 않거나, 구체적으로 기술하지 않았음을 밝혀둔다.
- [0076] 도 2는 본 발명에서 제공하는 MEMS 압전형 마이크로폰의 제작공정을 보여주고 있다.

- [0077] 먼저, (가)와 같이 실리콘 기판(Silicon Substrate) 상부에 보호층(Protection Layer)과 바닥층(Bottom Layer)을 형성한 다음, 바닥층 상에 하부전극(Bottom Electrode) 및 도전선(Conduction Line)을 형성한다. 그 다음 압전층(Piezoelectric Layer)을 증착하고, 상기 압전층 상에 하부전극과 마주보는 상부전극(Top Electrode) 및 도전선을 형성한다.
- [0078] 그 다음, (나)와 같이 압전층과 바닥층을 일정간극(Gap)으로 식각하여 다이아프램 패턴과 탄성부(Spring) 패턴을 형성하며, 이때 상부전극 및 하부전극은 탄성부 패턴에 위치하게 된다. 필요에 따라서는 압전층 식각시에 비아홀(미도시)(Via Hole)을 함께 형성하여 압전층 상부 및 하부에 형성되어 있는 전극 및 도전선 간을 전기적으로 연결할 수도 있다.
- [0079] 마지막으로, (다)와 같이 기판하부로부터 기판의 중앙영역의 실리콘과 보호층을 순차적으로 식각하여 제거하면, 압전층과 바닥층으로 이루어진 다이아프램과 탄성부가 부동(Floating)된 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰이 완성된다.
- [0081] 한편, 실리콘 및 보호층이 제거된 영역은 다이아프램 및 탄성부를 포함한 면적보다 넓도록 함으로써 압전층과 바닥층으로 이루어지면서 기판으로부터 옆으로 돌출되는 지지부(Supporting Region)도 동시에 형성한다.
- [0083] 도 3은 본 발명에서 제공하는 MEMS 압전형 마이크로폰의 평면도를 개념적으로 보여주고 있다.
- [0084] 다이아프램은 일정간극을 통해 지지부로부터 완전히 분리되어 있으며, 단지 4개의 단일 빔(Single Beam)으로 이루어진 탄성부에만 연결되어 지지부에 지지되고 있다.
- [0085] 탄성부와 지지부 그리고 탄성부와 다이아프램 사이도 일정간극으로 분리되어 있어 다이아프램 및 탄성부가 자유롭게 움직일 수 있도록 하였다.
- [0086] 탄성부가 지지부에 고정된 지점을 제외하고는 다이아프램과 탄성부는 기판으로부터 완전히 분리되어 있으므로, 제조공정 동안 압전층에 존재하던 잔류응력은 다이아프램과 탄성부에서 대부분 사라지게 된다.
- [0087] 따라서, 다이아프램에 가해지는 음파의 압력(Sound Pressure)에 의해 다이아프램은 수직방향으로 큰 변위로 움직일 수 있게 된다.
- [0088] 또한, 압전층과 바닥층의 잔류응력이 다르더라도 다이아프램이 탄성부에 의해서 기판에 지지되므로 간극이 넓어 지지 않아 감도가 낮아지지 않는다.
- [0089] 또한, 면적이 넓은 다이아프램에 발생된 변위는 상대적으로 면적이 작은 탄성부에 집중(Concentration)되므로 탄성부에는 큰 변형이 발생하게 된다.
- [0091] 각 탄성부를 이루고 있는 각각의 빔은 평면적으로 다이아프램과 평행한 방향으로 형성하는데, 그 이유는 다이아프램과 탄성부의 잔류응력을 제거하는 데에는 다이아프램과 평행한 빔이 유리하기 때문이다.
- [0093] 지지부와 다이아프램과 탄성부 사이의 일정간극에 의해, 일정 크기 이상의 주파수를 갖는 음파는 다이아프램 하부로 빠져나가지 못하게 하는 반면, 일정 크기 이하의 주파수를 갖는 음파는 다이아프램 하부로 빠져나가게 하는 역할을 한다.
- [0094] 따라서, 일정 크기 이상의 주파수를 갖는 음파가 인가될 시 다이아프램에는 음파의 크기에 상응하는 변위가 발생하는 반면, 저주파의 음파가 인가되는 상황에서는 다이아프램에 변위가 발생하지 않으므로 큰 압력이 발생하더라도 다이아프램과 탄성부가 파손되지 않게 된다.
- [0096] 한편, 탄성부를 이루고 있는 빔의 지지부 쪽과 다이아프램 쪽의 압전층에는 서로 마주보는 하부전극(미도시)과 상부전극이 2쌍이 형성됨으로써 2개의 캐패시터가 형성되어 있는데, 각 캐패시터의 연결방법에 대해서는 도 4 및 도 5와 관계하여 설명한다.
- [0098] 도 4는 도 3의 MEMS 압전형 마이크로폰에서 다이아프램으로부터 지지부 쪽으로 바라본 형태를 보여주고 있으며, 다이아프램의 수직방향으로 음파에 의한 압력이 가해지는 경우의 탄성부의 변형 상태를 보여주고 있다. 단, 도면의 간결성을 위하여 압전층 아래의 바닥층은 도시하지 않았다.
- [0100] 도 4의 (가)는 음파에 의한 압력이 양압(Positive Pressure)인 경우, 즉 다이아프램의 하측에 비해 상측의 압력이 높은 경우를 보여준다.
- [0101] 이 경우에는 양압에 의해 다이아프램은 도 4의 (가)에 지지된 화살표 방향과 같이 기판에 고정되어 있는 지지부

를 기준으로 하측으로 변위가 발생하게 되며, 이러한 다이아프램의 변위는 탄성부에 집중되어 각 탄성부를 S자 형태로 변형시키게 된다.

- [0102] 즉, 도 4의 (가)에 지시된 캐패시터 C11이 형성되어 있는 지지부에 지지된 쪽은 아래로 휘어져 바닥층은 압축(Compression)된 변형이 발생되고 압전층은 팽창(Extension)된 변형이 발생된다. 반면, 캐패시터 C12가 형성되어 있는 다이아프램에 지지된 쪽은 위로 휘어져 바닥층은 팽창된 변형이 발생되고 압전층은 압축된 변형이 발생된다.
- [0104] 도 4의 (나)는 음파에 의한 압력이 음압(Negative Pressure)인 경우, 즉 다이아프램의 하측에 비해 상측의 압력이 낮은 경우를 보여준다.
- [0105] 이 경우에는 음압에 의해 다이아프램은 도 4의 (나)에 지시된 화살표 방향과 같이 기관에 고정되어 있는 지지부를 기준으로 상측으로 변위가 발생하게 되며, 이러한 다이아프램의 변위는 탄성부에 집중되어 각 탄성부를 도 4의 (가)와 반대되는 S자 형태로 변형시키게 된다.
- [0106] 즉, 도 4의 (나)에 지시된 탄성부 1의 캐패시터 C11이 형성되어 있는 지지부에 지지된 쪽은 위로 휘어져 바닥층은 팽창된 변형이 발생되고 압전층은 압축된 변형이 발생된다. 반면, 캐패시터 C12가 형성되어 있는 다이아프램에 지지된 쪽은 아래로 휘어져 바닥층은 압축된 변형이 발생되고 압전층은 팽창된 변형이 발생된다.
- [0107] 따라서 탄성부의 캐패시터 C11과 C12에는 음파가 인가될 시 항상 반대방향의 변형이 발생하게 되어 항상 반대방향의 전압이 발생된다.
- [0108] 그러므로, C11과 C12는 전압이 더해지도록 직렬연결(Serial Connection)하거나 전압극성이 같도록 병렬연결(Parallel Connection)하여야 한다.
- [0110] C11과 C12를 직렬연결하기 위해서는 C11과 C12의 상부전극 또는 하부전극을 일체로 형성하면 된다.
- [0111] C11과 C12의 정전용량(Capacitance)은 동일하도록 제작되므로 C11과 C12가 직렬연결되면 탄성부 1의 양단의 캐패시터의 정전용량은 C11의 1/2배가 된다. 또한, C11과 C12에 발생하는 변형은 거의 동일하여 발생하는 전압이 거의 동일하므로 탄성부 1의 양단의 캐패시터의 전압은 C11에서 발생된 크기의 약 2배로 된다.
- [0112] C11과 C12를 병렬연결하기 위해서는 C11과 C12 사이의 압전층에 2개의 비아홀을 형성한 후, 한 개의 비아홀을 통하여 C11의 상부전극과 C12의 하부전극을 연결하고 다른 한 개의 비아홀을 통하여 C11의 하부전극과 C12의 상부전극을 연결하면 된다. C11과 C12가 병렬연결되면 탄성부 1의 양단의 캐패시터의 정전용량은 C11의 2배가 되고 전압은 C11에서 발생된 크기와 동일하다.
- [0113] 도 5는 도 3의 MEMS 압전형 마이크로폰의 각 탄성부 양단의 캐패시터를 서로 연결하는 방법을 설명하기 위하여, 다이아프램에 양압이 가해지는 경우의 다이아프램으로부터 지지부 쪽으로 바라본 형태를 보여주고 있다. 개념적 설명을 위해 4개의 탄성부는 수평방향으로 파노라마식으로 펼쳐 놓았으며, 도면의 간결성을 위하여 압전층 아래의 바닥층은 도시하지 않았다. 또한, 각 탄성부상의 2개의 캐패시터는 직렬연결된 것을 예로 하였다.
- [0114] 도 5의 (가)는 각 탄성부의 양단의 캐패시터를 직렬연결함으로써 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰의 최종적인 캐패시터를 구현하는 개념을 보여주고 있다.
- [0115] 탄성부 1의 캐패시터 C11과 C12는 하부전극이 연결되어 직렬연결되고, 탄성부2의 캐패시터 C21과 C22는 상부전극이 연결되어 직렬연결된다.
- [0116] 그리고 탄성부 3의 캐패시터 C31과 C32는 하부전극이 연결되어 직렬연결되고, 탄성부 4의 캐패시터 C41과 C42는 상부전극이 연결되어 직렬연결된다.
- [0117] 탄성부 1의 C12의 상부전극은 다이아프램에서 비아홀을 통하여 연결되는 도전선을 통하여 탄성부 2의 C22의 하부전극에 연결되고, 탄성부 2의 C21의 하부전극은 지지부에서 비아홀을 통하여 연결되는 도전선을 통하여 탄성부 3의 C31의 상부전극에 연결된다.
- [0118] 그리고 탄성부 3의 C32의 상부전극은 다이아프램에서 비아홀을 통하여 연결되는 도전선을 통하여 탄성부 4의 C42의 하부전극에 연결된다. 따라서, 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰의 최종적인 캐패시터의 정전용량은 탄성부 1의 C11의 상부전극과 탄성부 4의 C41의 하부전극간의 정전용량으로 결정되며, 모든 캐패시터의 정전용량은 동일하게 제작되므로 그 값은 C11, C12, C21, C22, C31, C32, C41, C42이 직렬연결된 C11의 1/8배가 된다.
- [0119] 또한, 출력전압은 C11, C12, C21, C22, C31, C32, C41, C42에서 발생된 전압이 모두 더해져 C11에서 발생하는

크기의 약 8배가 된다.

- [0121] 도 5의 (나)는 각 탄성부의 양단의 캐패시터를 병렬연결함으로써 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰의 최종적인 캐패시터를 구현하는 개념을 보여주고 있다.
- [0122] 탄성부 1의 캐패시터 C11과 C12, 탄성부 2의 캐패시터 C21과 C22, 그리고 탄성부 3의 캐패시터 C31과 C32는 하부전극이 연결되어 직렬연결된다. 탄성부 1의 C12의 상부전극, 탄성부 2의 C22의 상부전극, 그리고 탄성부 3의 C32의 상부전극은 다이아프램 상부에서 도전선으로 연결되어 탄성부 4를 통하여 지지부로 인출된다. 또한, 탄성부 1의 C11의 상부전극, 탄성부 2의 C21의 상부전극, 그리고 탄성부 3의 C31의 상부전극은 지지부 상부에서 도전선으로 연결된다.
- [0123] 따라서, 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰의 최종적인 캐패시터의 정전용량은 탄성부 4를 통하여 지지부로 인출된 다이아프램 상부의 도전선과 지지부 상부의 도전선간의 정전용량으로 결정되며, 모든 캐패시터의 정전용량은 동일하게 제작되므로 그 값은 C11의 1.5배($1/2 \times 3$ 배)가 된다. 또한, 출력전압은 C11에서 발생하는 크기의 약 2배가 된다.
- [0124] 만약, 각 탄성부 상의 2개의 캐패시터가 병렬연결되는 동시에 4개의 탄성부가 직렬연결되면, 총 정전용량은 C11의 0.5배($2 \times 1/4$ 배)가 되고 출력전압은 C11에서 발생하는 크기의 약 4배가 된다. 또, 각 탄성부 상의 2개의 캐패시터가 병렬연결되는 동시에 탄성부 4를 제외한 3개의 탄성부가 병렬연결되면, 총 정전용량은 C11의 6배(2×3 배)가 되고 출력전압은 C11에서 발생하는 크기와 동일하게 된다.
- [0125] 도 6은 본 발명에서 제공하는 상호 결합된 한쌍의 빔이 다수개가 구성되어 탄성부를 이루고 있는 MEMS 압전형 마이크로폰의 평면도를 개념적으로 보여주고 있다.
- [0126] 다이아프램은 일정간극으로 지지부로부터 완전히 분리되어 있으며, 단지 4개의 탄성부에만 연결되어 지지부에 지지되고 있다. 탄성부와 지지부, 탄성부와 탄성부 그리고 탄성부와 다이아프램 사이도 일정간극으로 분리되어 있어 다이아프램 및 탄성부가 자유롭게 움직일 수 있도록 하였다.
- [0127] 탄성부가 지지부에 고정된 지점을 제외하고는 다이아프램과 탄성부는 기관으로부터 완전히 분리되어 있으므로, 제조공정 동안 압전층에 존재하던 잔류응력은 다이아프램과 탄성부에서 대부분 사라지게 된다.
- [0128] 따라서, 다이아프램에 가해지는 음파의 압력에 의해 다이아프램은 수직방향으로 큰 변위로 움직일 수 있게 된다. 또한, 압전층과 바닥층의 잔류응력이 다르더라도 다이아프램이 탄성부에 의해서 기관에 지지되므로 간극이 넓어지지 않아 감도가 낮아지지 않는다. 또한, 면적이 넓은 다이아프램에 발생된 변위는 상대적으로 면적이 작은 탄성부에 집중되므로 탄성부에는 큰 변형이 발생하게 된다. 각 탄성부를 이루고 있는 각각의 빔은 평면적으로 다이아프램과 평행한 방향으로 형성하는데, 그 이유는 다이아프램과 탄성부의 잔류응력을 제거하는 데에는 다이아프램과 평행한 빔이 유리하기 때문이다.
- [0130] 지지부와 다이아프램과 탄성부사이의 일정간극은, 일정 크기 이상의 주파수를 갖는 음파는 다이아프램 하부로 빠져나가지 못하게 하는 반면, 일정 크기 이하의 주파수를 갖는 음파는 다이아프램 하부로 빠져나가게 하는 역할을 한다. 따라서, 일정 크기 이상의 주파수를 갖는 음파가 인가될 시 다이아프램에는 음파의 크기에 상응하는 변위가 발생하는 반면, 저주파의 음파가 인가되는 상황에서는 다이아프램에 변위가 발생하지 않으므로 큰 압력이 발생하더라도 다이아프램과 탄성부가 파손되지 않게 된다.
- [0132] 한편, 탄성부를 이루고 있는 2개의 빔의 압전층의 각각 양쪽에는 서로 마주보는 하부전극(미도시)과 상부전극이 2쌍이 형성됨으로써 탄성부에는 4개의 캐패시터가 형성되어 있는데, 각 캐패시터의 연결방법에 대해서는 도 7 및 도 8과 관계하여 설명한다.
- [0134] 도 7은 도 6의 MEMS 압전형 마이크로폰에서 다이아프램으로부터 지지부 쪽으로 바라본 형태를 보여주고 있으며, 다이아프램의 수직방향으로 음파에 의한 압력이 가해지는 경우의 탄성부의 변형 상태를 보여주고 있다. 단, 도면의 간결성을 위하여 압전층 아래의 바닥층은 도시하지 않았다.
- [0135] 도 7의 (가)는 음파에 의한 압력이 양압인 경우, 즉 다이아프램의 하측에 비해 상측의 압력이 높은 경우를 보여준다.
- [0136] 이 경우에는 양압에 의해 다이아프램은 도 7의 (가)에 지시된 화살표 방향과 같이 기관에 고정되어 있는 지지부를 기준으로 하측으로 변위가 발생하게 되며, 이러한 다이아프램의 변위는 탄성부에 집중되어 각 탄성부를 구성하는 각각의 빔을 S자 형태로 변형시키게 된다.

- [0137] 즉, 도 7의 (가)에 지시된 탄성부 1의 빔11의 캐패시터 C11이 형성되어 있는 지지부에 지지된 쪽은 아래로 휘어져 바닥층은 압축된 변형이 발생되고 압전층은 팽창된 변형이 발생된다. 반면, 캐패시터 C12가 형성되어 있는 빔12와 연결된 쪽은 위로 휘어져 바닥층은 팽창된 변형이 발생되고 압전층은 압축된 변형이 발생된다. 또, 탄성부 1의 빔12의 캐패시터 C13이 형성되어 있는 빔11과의 연결된 쪽은 아래로 휘어져 바닥층은 압축된 변형이 발생되고 압전층은 팽창된 변형이 발생된다. 반면, 캐패시터 C14가 형성되어 있는 다이아프램 쪽은 위로 휘어져 바닥층은 팽창된 변형이 발생되고 압전층은 압축된 변형이 발생한다.
- [0139] 도 7의 (나)는 음파에 의한 압력이 음압인 경우, 즉 다이아프램의 하측에 비해 상측의 압력이 낮은 경우를 보여 준다.
- [0140] 이 경우에는 음압에 의해 다이아프램은 도 7의 (가)에 지시된 화살표 방향과 같이 기관에 고정되어 있는 지지부를 기준으로 상측으로 변위가 발생하게 되며, 이러한 다이아프램의 변위는 탄성부에 집중되어 각 탄성부를 구성하는 각각의 빔을 도 7의 (가)와 반대되는 S자 형태로 변형시키게 된다.
- [0141] 즉, 도 7의 (나)에 지시된 탄성부 1의 빔11의 캐패시터 C11이 형성되어 있는 지지부에 지지된 쪽은 위로 휘어져 바닥층은 팽창된 변형이 발생되고 압전층은 압축된 변형이 발생된다. 반면, 캐패시터 C12가 형성되어 있는 빔12와 연결된 쪽은 아래로 휘어져 바닥층은 압축된 변형이 발생되고 압전층은 팽창된 변형이 발생된다. 또, 탄성부 1의 빔12의 캐패시터 C13이 형성되어 있는 빔11과의 연결된 쪽은 위로 휘어져 바닥층은 팽창된 변형이 발생되고 압전층은 압축된 변형이 발생된다. 반면, 캐패시터 C14가 형성되어 있는 다이아프램 쪽은 아래로 휘어져 바닥층은 압축된 변형이 발생되고 압전층은 팽창된 변형이 발생된다.
- [0143] 따라서 음파가 인가될 시 탄성부1의 캐패시터 C11, C12, C13, C14에는 항상 반대방향의 전압이 교대로 발생된다. 그러므로, C11, C12, C13, C14는 전압이 더해지도록 직렬연결하거나 전압극성이 같도록 병렬연결하여야 한다.
- [0144] C11, C12, C13, C14를 직렬연결하기 위해서는 C11과 C12의 상부전극(또는 하부전극)을 연결하고 C12와 C13의 하부전극(또는 상부전극)을 연결하며, C13와 C14의 상부전극(또는 하부전극)을 연결하면 된다.
- [0145] 즉, C11과 C12의 상부전극(또는 하부전극)을 일체로 형성하고 C12와 C13의 하부전극(또는 상부전극)을 일체로 형성하며, C13과 C14의 상부전극(또는 하부전극)을 일체로 형성하면 C11, C12, C13, C14는 출력전압이 더해지도록 직렬연결되는 것이다. C11, C12, C13, C14의 정전용량은 동일하게 제작되므로 C11, C12, C13, C14가 직렬연결되면 탄성부1의 양단의 캐패시터의 정전용량은 C11의 1/4배가 된다.
- [0146] 또, C11, C12, C13, C14에 발생하는 변형은 거의 동일한 값을 가지므로 탄성부1의 양단의 캐패시터의 전압은 C11에서 발생하는 크기의 약 4배로 된다.
- [0147] C11, C12, C13, C14를 병렬연결하기 위해서는 C11과 C12, C12와 C13, C13와 C14 사이의 압전층에 각각 2개의 비아홀을 형성하고, 각 비아홀을 통하여 C11의 상부전극과 C12의 하부전극과 C13의 상부전극과 C14의 하부전극을 연결하는 동시에 C11의 하부전극과 C12의 상부전극과 C13의 하부전극과 C14의 상부전극을 연결하면 된다.
- [0148] C11, C12, C13, C14가 병렬연결되면 탄성부 1의 양단의 캐패시터의 정전용량은 C11의 4배가 되며 출력전압은 C11에서 발생하는 크기와 동일하게 된다.
- [0150] 도 8은 도 6의 MEMS 압전형 마이크로폰의 각 탄성부 양단의 캐패시터를 서로 연결하는 방법을 설명하기 위하여, 다이아프램에 양압이 가해지는 경우의 다이아프램으로부터 지지부 쪽으로 바라본 형태를 보여주고 있다. 개념적 설명을 위해 4개의 탄성부는 수평방향으로 파노라마식으로 펼쳐 놓았으며, 도면의 간결성을 위하여 압전층 아래의 바닥층은 도시하지 않았다. 또한, 각 탄성부 상의 4개의 캐패시터는 직렬연결된 것을 예로 하였다.
- [0151] 도 8의 (가)는 각 탄성부의 양단의 캐패시터를 직렬연결함으로써 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰의 최종적인 캐패시터를 구현하는 개념을 보여주고 있다.
- [0153] 탄성부 1에서는 C11의 하부전극과 C12의 하부전극을 연결하고, C12의 상부전극과 C13의 상부전극을 연결하며, C13의 하부전극과 C14의 하부전극을 연결함으로써 C11, C12, C13, C14가 직렬연결된다.
- [0154] 탄성부 2에서는 C21의 상부전극과 C22의 상부전극을 연결하고, C22의 하부전극과 C23의 하부전극을 연결하며, C23의 상부전극과 C24의 상부전극을 연결함으로써 C21, C22, C23, C24가 직렬연결된다.
- [0155] 탄성부 3에서는 C31의 하부전극과 C32의 하부전극을 연결하고, C32의 상부전극과 C33의 상부전극을 연결하며,

C33의 하부전극과 C34의 하부전극을 연결함으로써 C31, C32, C33, C34가 직렬연결된다.

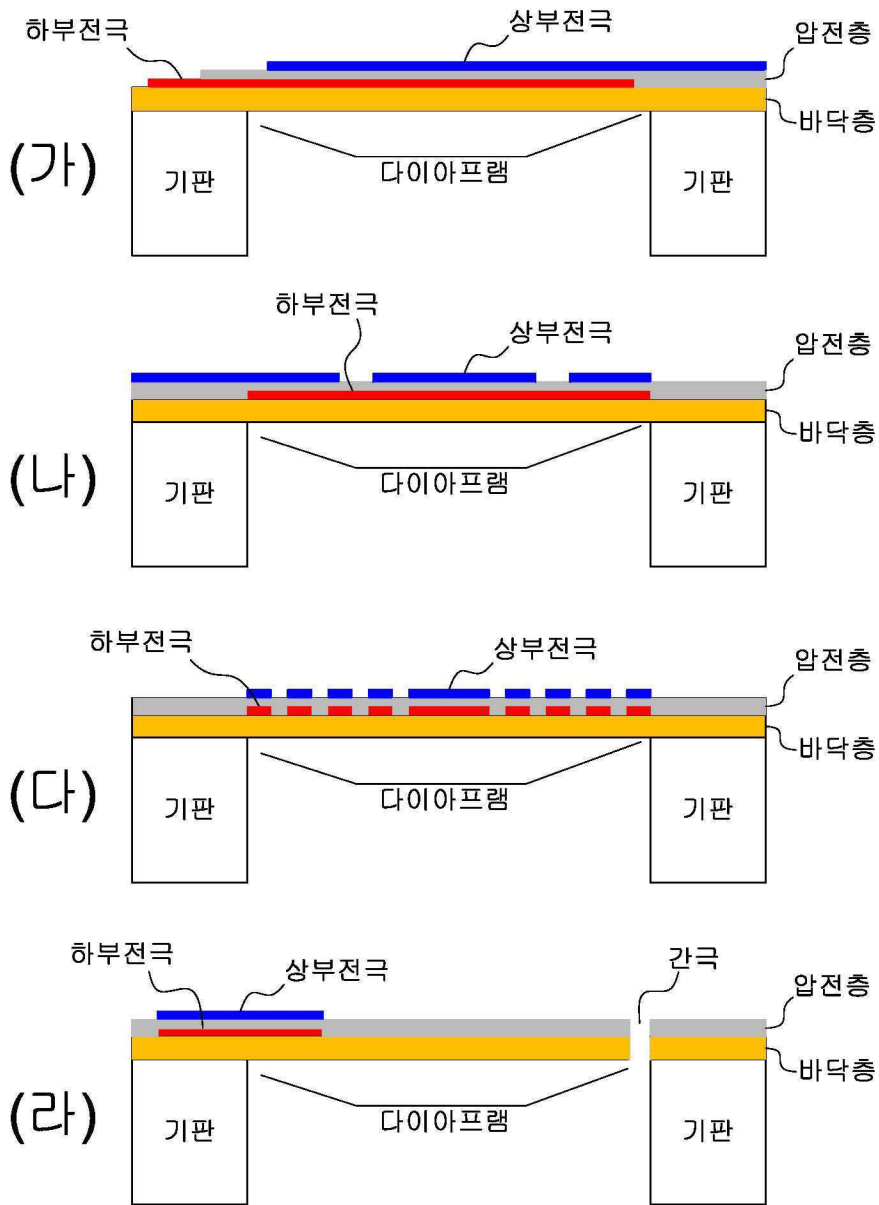
- [0156] 그리고 탄성부 4에서는 C41의 상부전극과 C42의 상부전극을 연결하고, C42의 하부전극과 C43의 하부전극을 연결하며, C43의 상부전극과 C44의 상부전극을 연결함으로써 C41, C42, C43, C44가 직렬연결된다.
- [0157] 탄성부 1의 C14의 상부전극은 다이어프램에서 비아홀을 통하여 연결되는 도전선을 통하여 탄성부2의 C24의 하부전극에 연결되고, 탄성부2의 C21의 하부전극은 지지부에서 비아홀을 통하여 연결되는 도전선을 통하여 탄성부3의 C31의 상부전극에 연결된다.
- [0158] 그리고 탄성부 3의 C34의 상부전극은 다이어프램에서 비아홀을 통하여 연결되는 도전선을 통하여 탄성부4의 C44의 하부전극에 연결된다.
- [0159] 따라서, 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰의 최종적인 캐패시터의 정전용량은 탄성부 1의 C11의 상부전극과 탄성부 C41의 하부전극간의 정전용량으로 결정되며, 모든 캐패시터의 정전용량은 동일하게 제작되므로 그 값은 C11, C12, C13, C14, C21, C22, C23, C24, C31, C32, C33, C34, C41, C42, C43, C44가 직렬연결된 C11의 1/16배가 된다.
- [0161] 또한, 전압은 C11, C12, C13, C14, C21, C22, C23, C24, C31, C32, C33, C34, C41, C42, C43, C44에서 발생한 전압이 모두 더해져 C11에서 발생하는 크기의 16배가 된다.
- [0163] 도 8의 (나)는 각 탄성부의 양단의 캐패시터를 병렬연결함으로써 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰의 최종적인 캐패시터를 구현하는 개념을 보여주고 있다.
- [0164] 탄성부 1에서는 C11의 하부전극과 C12의 하부전극을 연결하고, C12의 상부전극과 C13의 상부전극을 연결하며, C13의 하부전극과 C14의 하부전극을 연결함으로써 C11, C12, C13, C14가 직렬연결된다.
- [0165] 탄성부 2에서는 C21의 하부전극과 C22의 하부전극을 연결하고, C22의 상부전극과 C23의 상부전극을 연결하며, C23의 하부전극과 C24의 하부전극을 연결함으로써 C21, C22, C23, C24가 직렬연결된다.
- [0166] 그리고 탄성부 3에서는 C31의 하부전극과 C32의 하부전극을 연결하고, C32의 상부전극과 C33의 상부전극을 연결하며, C33의 하부전극과 C34의 하부전극을 연결함으로써 C31, C32, C33, C34가 직렬연결된다.
- [0167] 탄성부 1의 C14의 상부전극, 탄성부 2의 C24의 상부전극, 그리고 탄성부 3의 C34의 상부전극은 다이어프램 상부에서 도전선으로 연결되어 탄성부 4를 통하여 지지부로 인출된다.
- [0168] 또한, 탄성부 1의 C11의 상부전극, 탄성부 2의 C21의 상부전극, 그리고 탄성부 3의 C31의 상부전극은 지지부 상부에서 도전선으로 연결된다.
- [0170] 따라서, 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰의 최종적인 캐패시터의 정전용량은 탄성부 4를 통하여 지지부로 인출된 다이어프램 상부의 도전선과 지지부 상부의 도전선간의 정전용량으로 결정되며, 모든 캐패시터의 정전용량은 동일하게 제작되므로 그 값은 C11의 0.75배($1/4 \times 3$ 배)가 되고 출력전압은 C11에서 발생하는 크기의 4배가 된다.
- [0171] 만약, 각 탄성부 상의 4개의 캐패시터가 병렬연결되는 동시에 4개의 탄성부가 직렬연결되면, 총 정전용량은 C11과 동일해지고($4 \times 1/4$) 출력전압은 C11에서 발생하는 크기의 약 4배가 된다.
- [0172] 또, 각 탄성부 상의 4개의 캐패시터가 병렬연결되는 동시에 탄성부 4를 제외한 3개의 탄성부가 병렬연결되면, 총 정전용량은 C11의 12배(4×3)가 되고 출력전압은 C11에서 발생하는 크기와 동일하게 된다.
- [0174] 마찬가지로, m개의 빔이 지그재그로 연결된 탄성부에는 각 빔마다 2개의 캐패시터가 형성되므로 탄성부 상의 모든 캐패시터가 직렬연결 된다면, 각 탄성부의 양단의 캐패시터의 정전용량은 한 개의 캐패시터의 $1/(2m)$ 배가 되고 전압은 한 개의 캐패시터에서 발생하는 크기의 2m배가 된다.
- [0175] 만약, 탄성부 상의 모든 캐패시터가 병렬연결 된다면, 각 탄성부의 양단의 캐패시터의 정전용량은 한 개의 캐패시터의 2m배가 되고 전압은 한 개의 캐패시터에서 발생하는 크기와 동일하게 된다.
- [0177] 또, n개의 탄성부가 모두 직렬연결된다면, 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰의 총 캐패시터의 정전용량은 각 탄성부의 캐패시터의 $1/n$ 배가 되고 전압은 각 탄성부 양단의 전압의 n배가 된다. 단, 최종 캐패시터의 2개의 단자는 지지부로 인출되어야 하므로 n은 짝수인 것이 바람직하다.
- [0178] 만약, 각 탄성부의 양단의 캐패시터를 병렬연결한다면, 1개의 탄성부는 다이어프램의 도전선이 지지부로 인출되

는 목적으로 사용되어야 하므로 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰의 총 캐패시터의 정전용량은 각 탄성부의 캐패시터의 (n-1)배가 되고 전압은 각 탄성부 양단의 전압과 동일하게 된다.

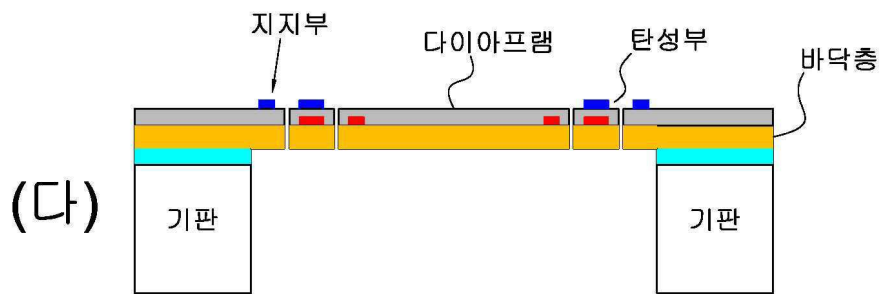
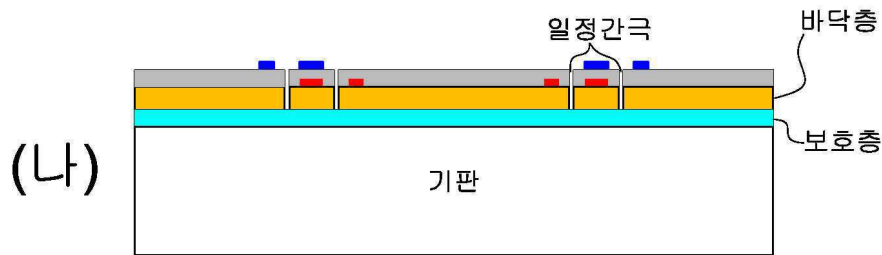
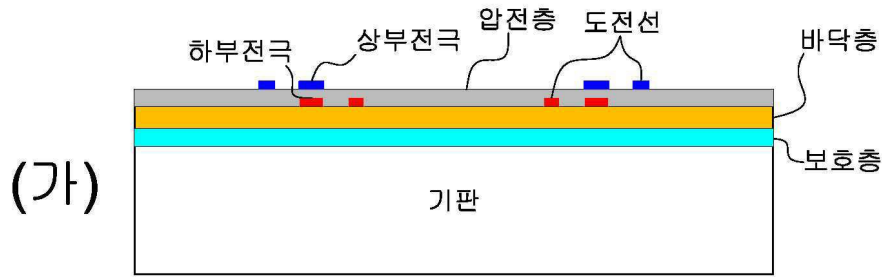
- [0180] 따라서, 탄성부 상의 캐패시터를 직렬연결 또는 병렬연결하는 방법과 각 탄성부를 직렬연결 또는 병렬연결하는 방법을 적절하게 조합함으로써 증폭회로와 정합되도록 정전용량 및 전압을 조정할 수 있다.
- [0182] 본 발명의 MEMS 압전형 마이크로폰의 다이아프램은 원형 또는 직사각형 및 정사각형 형태로 제작할 수 있다. 다이아프램이 원형인 경우는 직경이 500 μm ~ 2000 μm 범위이고, 직사각형 및 정사각형인 경우 한번의 길이가 200 μm ~ 2000 μm 범위로 할 수 있다.
- [0183] 압전층은 0.3~2 μm 두께 범위의 PZT, AlN 및 ZnO 중의 어느 한가지 재질의 압전물질로 이루어지며, 일정간극은 10 μm 이내로 형성하는 것이 바람직하다.
- [0184] 바닥층은 0.5~2 μm 두께 범위의 산화실리콘, 질화실리콘 및 폴리실리콘 중 어느 하나의 것이나 어느 하나 이상의 것을 결합한 것을 사용할 수 있다.
- [0185] 이에 따라, 탄성부, 지지부 및 다이아프램은 상기한 압전층과 바닥층으로 이루어질 수 있다. 다만, 탄성부는 음파에 의한 전압을 발생해야 하므로 반드시 압전층을 포함해야 하나, 지지부 및 다이아프램은 압전층을 반드시 포함하지 않아도 된다. 또한, 지지부 및 다이아프램은 설계조건에 따라 1~3 μm 범위의 두께가 되도록 산화실리콘 또는 질화실리콘 중 어느 하나 이상을 추가할 수 있다.
- [0187] 탄성부를 구성하는 빔의 개수 및 탄성부의 개수 그리고 각 빔의 폭 및 길이는 공진주파수가 가청주파수 상한인 20kHz 이상이 되도록 설계하는 것이 바람직하다.
- [0188] 보호층은 0.2~1 μm 두께 범위의 산화실리콘(Silicon Oxide) 또는 질화실리콘(Silicon Nitride) 중 어느 하나의 것을 사용할 수 있으며, 지지부는 기판으로부터 20~100 μm 범위에서 돌출되도록 하는 것이 바람직하다.
- [0190] 상부전극과 하부전극과 도전선은 0.02 ~ 0.2 μm 두께 범위에서 Mo, Pt/Ti, Au/Cr 및 Al 중 어느 하나를 사용하여 형성할 수 있다.
- [0192] 한편, 바닥층을 압전층 아래에 형성하는 대신 압전층 위에 형성하여도, 음파에 의한 압전층 변형이 동일한 원리로 발생하므로 본 발명의 효과가 동일하게 발생됨은 자명하다.
- [0194] 도 9는 본 발명에서 제공하는 MEMS 압전형 마이크로폰의 한 실시예의 평면도를 보여주고 있다.
- [0195] 본 MEMS 압전형 마이크로폰은 1mm x 1mm 면적을 갖고 두께가 0.5mm인 실리콘 기판상에 제작되었다. 보호층은 0.5 μm 두께의 산화실리콘을 사용하였고, 압전층은 0.5 μm 두께의 AlN을 사용하였으며 바닥층은 1.0 μm 두께의 질화실리콘을 사용하였다. 일정간극은 5 μm 로 형성하였으며, 다이아프램은 직경 700 μm 이고 12개의 단일빔으로 이루어진 탄성부에 의해 기판으로부터 30 μm 돌출된 지지부에 지지되어 있다. 지지부, 탄성부, 다이아프램은 모두 상기한 압전층과 바닥층으로 구성되었다. 탄성부의 폭은 20 μm 이고, 길이는 약 140 μm 이며, 1개의 탄성부를 제외한 11개의 탄성부에는 지지부에 지지된 쪽과 다이아프램에 지지된 쪽의 압전층 양쪽에 0.1 μm 두께의 Mo으로 상부전극 및 하부전극(미도시)을 형성함으로써 2개의 캐패시터를 형성하였으며, 하부전극은 서로 연결되어 각 탄성부의 2개의 캐패시터는 직렬연결되어 있다. 각 탄성부의 2개의 캐패시터의 각 상부전극은 다이아프램 상부와 지지부 상부에서 도전선에 의하여 연결되었고, 다이아프램 상부의 도전선은 나머지 1개의 탄성부를 통하여 지지부로 인출하였다.
- [0196] 지지부로 인출된 다이아프램 상부의 도전선과 지지부 상부의 도전선은 본 MEMS 압전형 마이크로폰에 일체형으로 제작되는 신호처리회로에 연결하거나, 또는 본 MEMS 압전형 마이크로폰에 패드(Pad)를 형성하여 이에 연결함으로써 본 마이크로폰과 독립적으로 제작된 신호처리회로에 신호를 전달할 수 있게 된다.
- [0198] 이와 같이 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 살펴보았으며, 앞서 설명된 실시예 이외에도 본 발명이 그 취지나 범주에서 벗어남이 없이 다른 특정 형태로 구체화될 수 있다는 사실은 해당 기술분야에 있어 통상의 지식을 가진 자에게는 자명한 것이다.
- [0199] 그러므로 상술된 실시예는 제한적인 것이 아니라 예시적인 것으로 여겨져야 하며, 이에 따라 본 발명은 상술한 설명에 한정되지 않고 첨부된 청구항의 범주 및 그 동등 범위 내에서 변경될 수 있다.

도면

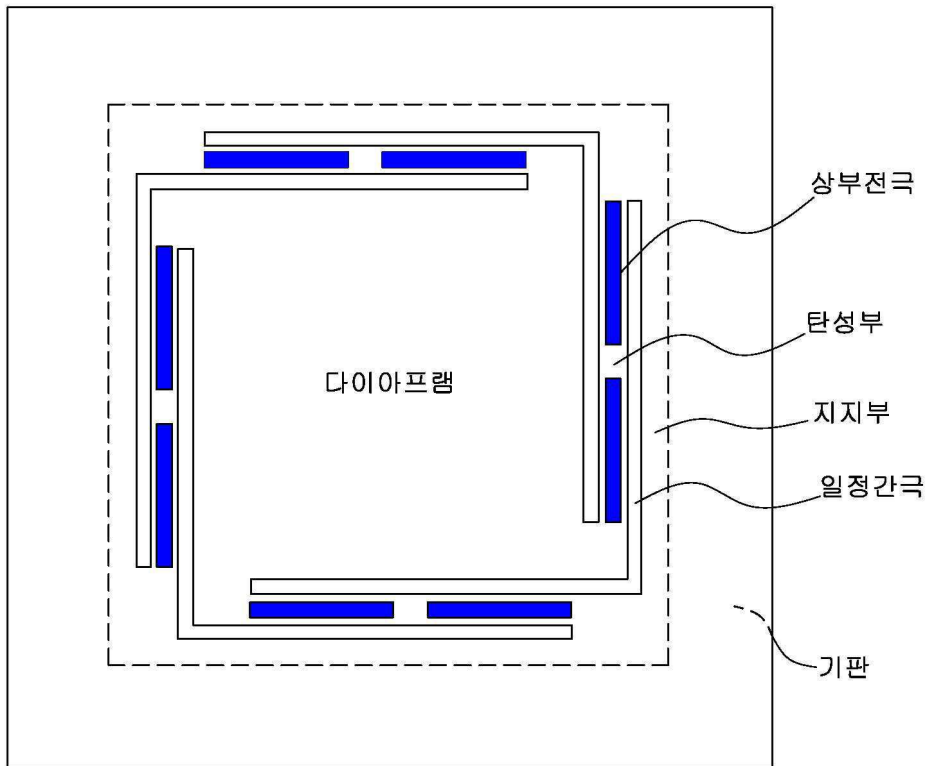
도면1



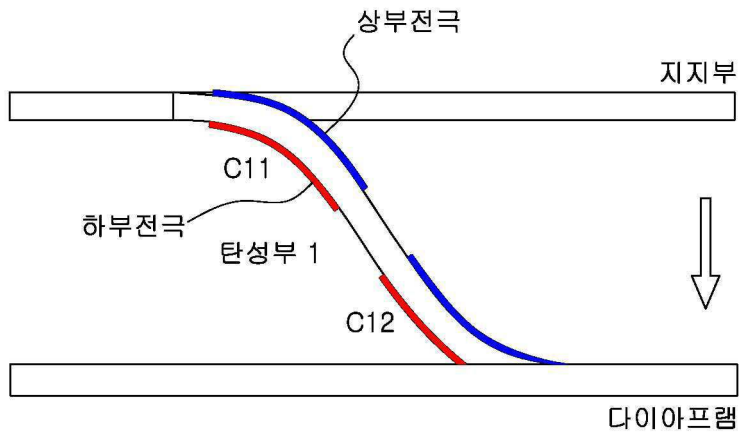
도면2



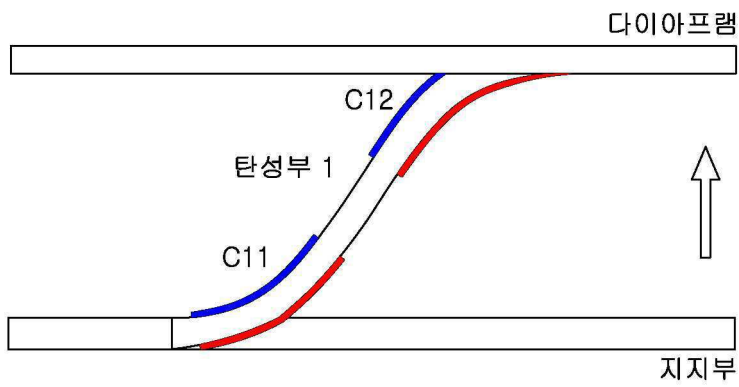
도면3



도면4

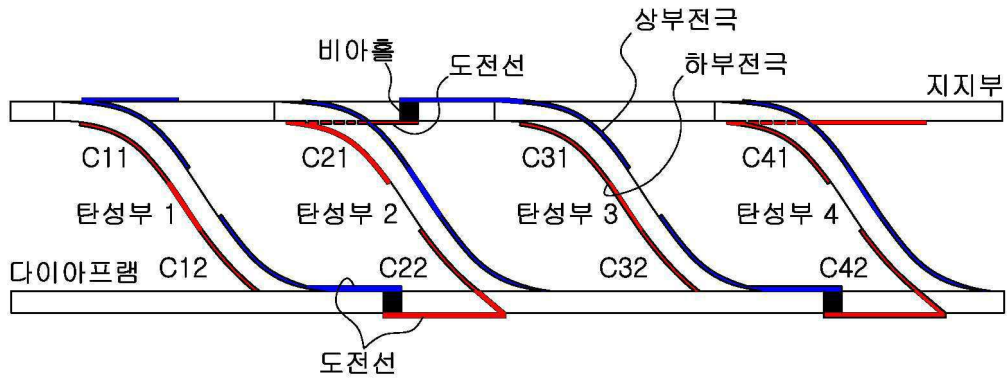


(가)

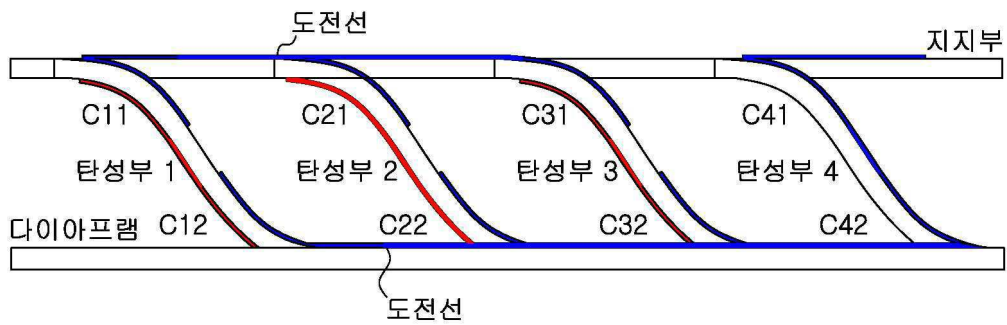


(나)

도면5

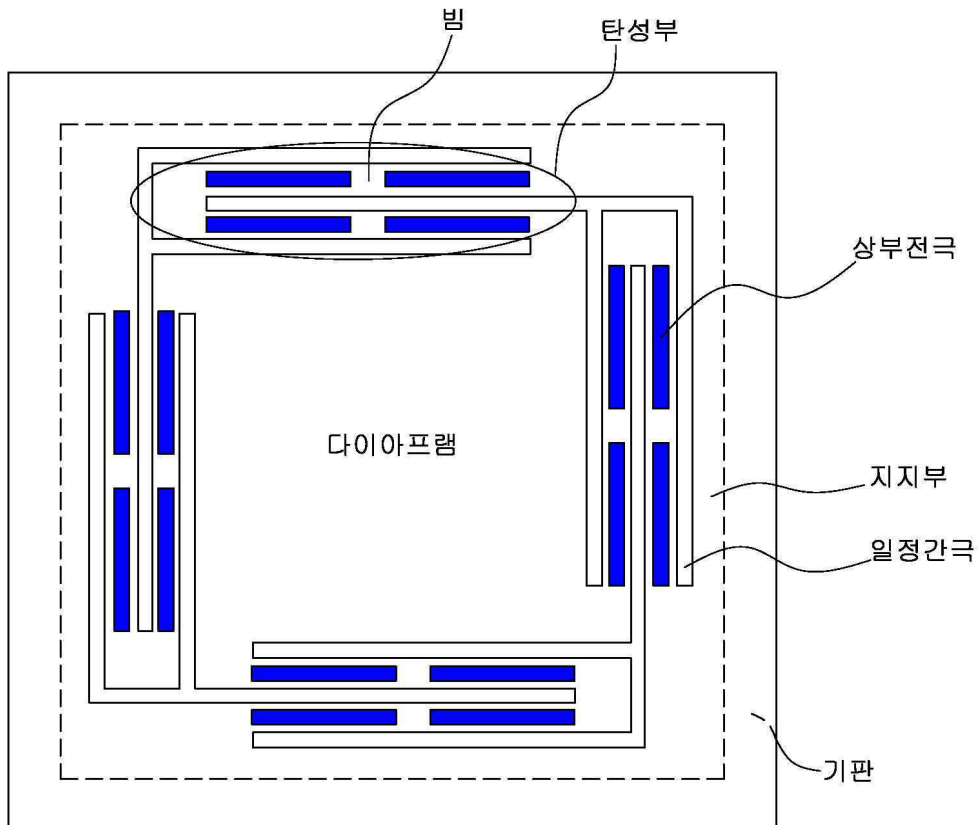


(가)

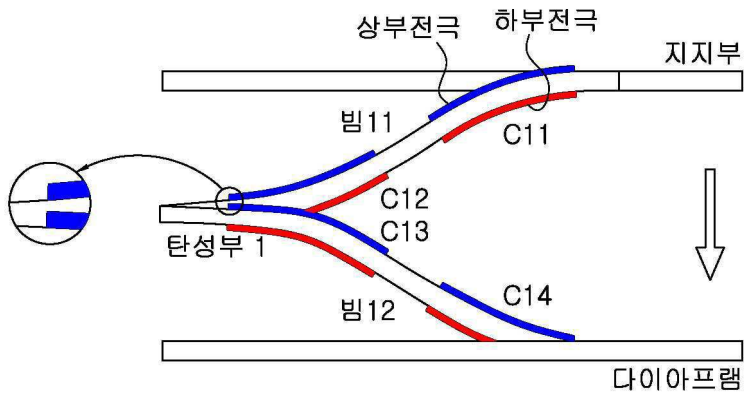


(나)

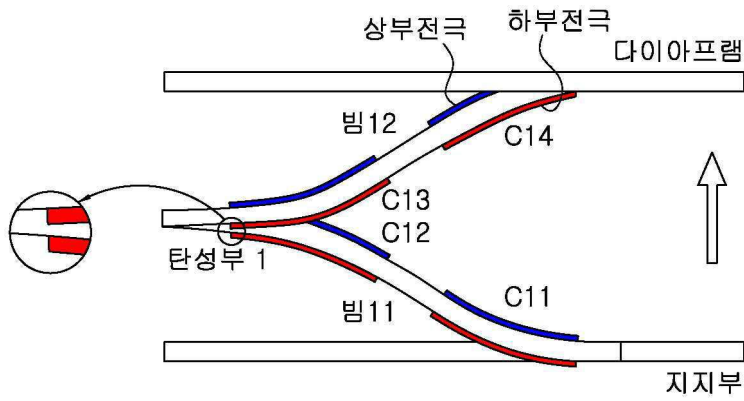
도면6



도면7

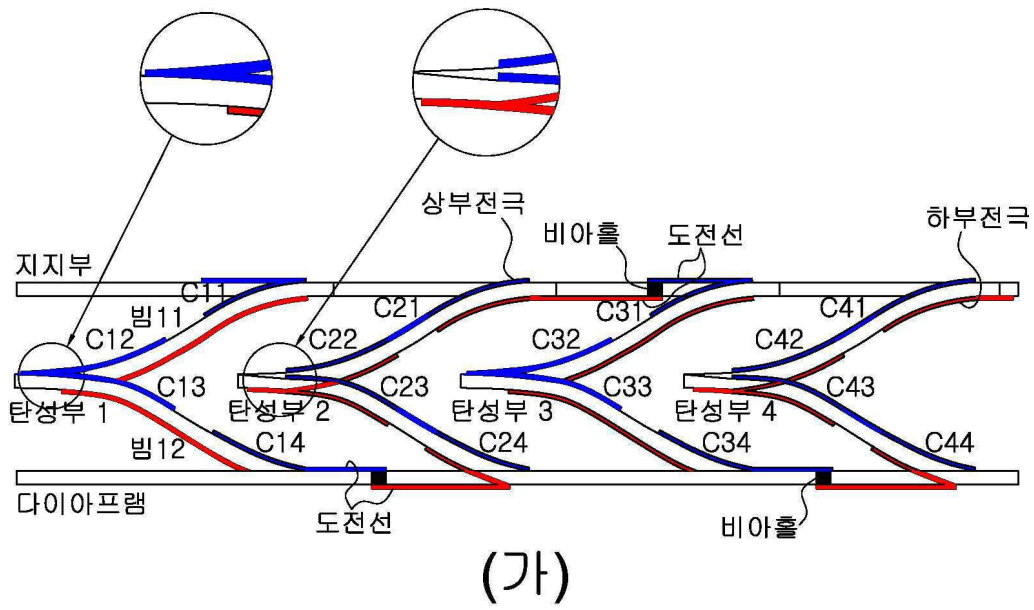


(가)

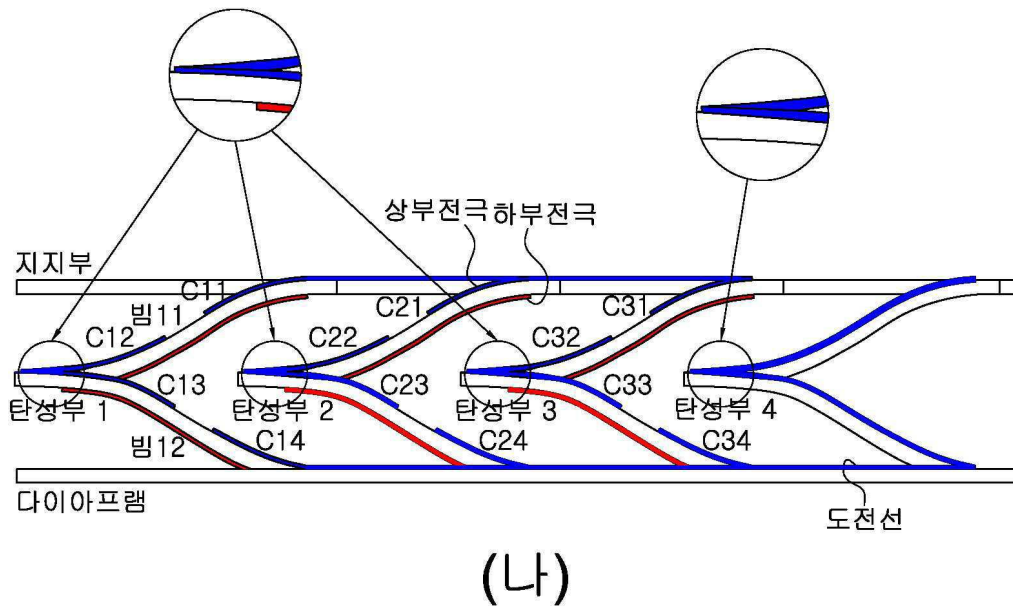


(나)

도면8



(가)



(나)

도면9

