

표면탄성과 필터 제작을 위한 Pt 박막 식각

최용희, 송호영, 박세근, 이택주, 오범환, 이승걸, 이일항

인하대학교 정보통신공학과 m-Parc

Etching of Pt Thin Film for SAW Filter Fabrication

Yong-Hee Choi, Ho-Young Song, Se-Geun Park, Taek-Joo Lee,

Beom-Hoan O, Seung-Gol Lee, and El-Hang Lee

Department of Information and Communication Engineering, m-Parc, Inha University

Abstract

The inductively coupled plasma(ICP) etching process was selected to fabricate RF Surface Acoustic Wave(SAW) filters and a Pt thin film was sputtered on a LiTaO₃ substrate applied to electrode materials to reduce the spurious response and improve the power durability. Steep sidewall pattern was achieved employing C₄F₈/Ar/Cl₂ gas chemistry. We investigated an etching mechanism and parameter dependence of the Pt thin film about C₄F₈ addition. Sidewall etch angle was about 80° at the C₄F₈ 20% mixing ratio. Fabricated SAW filter is consists of some series and parallel arm SAW resonators which work as impedance elements and show capacitance characteristics at out of the passband. It can be modified for 800~900 MHz RF filters. External matching circuits were unnecessary.

Key Words : ICP, Pt, etching, SAW

1. 서 론

최근 전송 주파수 대역범위가 900MHz에서 수 GHz인 개인 휴대 통신 시스템의 수요가 증가함에 따라, 이에 관련된 통신 소자의 저가격화, 소형화, 경량화가 진행되고 있다. 이러한 RF필터에는 유전체 필터 및 표면탄성과 필터 등이 사용되고 있으며, 표면탄성과 필터의 경우 유전체 필터에 비해 소형이면서도 신호처리가 용이하고 회로의 간략화 무조정화 및 반도체 공정을 이용함으로써 대량생산이 가능한 이점을 가지고 있으며, 유전체 필터에 비해 통과대역 내의 사이드 리제션(side rejection)이 높아 고품위의 정보를 주고받을 수 있다는 장점을 가지고 있다[1].

일반적으로 표면탄성과 필터의 특성은 전극의 길이와 두께뿐만 아니라 전극이 식각된 형태에 의

해서도 큰 영향을 미친다. 또한 의사 응답을 감소시키기 위해 massloading 효과와 RF 대역에서 필터의 power에 대한 전극의 내전력성 역시 중요하게 고려되어야 한다. 필터의 특성을 향상시키기 위해 Al보다 더 단단한 전극 물질이 연구되어지고 있는데, 예를 들어 Au, Ti, Mg-Al 합금과 이러한 물질들의 다층 구조를 들 수가 있다. 전극 박막의 두께가 증가하면 식각 공정의 시간이 증가하고 패턴 형성을 위한 식각의 정밀도가 떨어지게 된다.

전극 물질로서 Pt를 적용하여 더 얇은 박막으로도 기존과 같은 특성을 나타내면서, 내전력성 측면에 대한 장점을 가질 수 있다. 그러나, Pt는 Ar 이온과 같은 종들에 의해 스퍼터되는 물리적인 식각 메커니즘을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 이는 Pt가 어떤 식각 공정 기체들과도 휘발성 물질을 쉽게 만들어내지 못하여, 식각이 잘 이루어지지 않는 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고자 Pt의 경우 fluorine계열의 기체

와 반응하여 platinum fluoride 화합물(PtF₆; boiling point 63°C)을 만들며, 이 화합물은 휘발성을 띄는 것으로 알려져 있는데, 이러한 사실에 착안하여 C₄F₈/Ar/Cl₂ 공정 기체 조합을 유도 결합형 플라즈마(ICP) 식각 시스템에 적용함으로써 해결하고자 하였다[2].

2. 실험

2.1 표면탄성과 필터의 구조

사다리형 필터 1단자 공진기를 직렬-병렬 형태로 연결한 블록을 하나의 단으로 사용하고, 여러 개의 단을 연결하여 사다리형 공진기 결합형 필터를 설계하게 되며, 여기에 사용된 1단자 공진기는 그림 1에 나타난 것과 같이 압전기판 위에 전기적 신호를 표면탄성파로 변환시켜주는 빗살형 전극 변화기와 공진기 안에서 발생하는 정재파를 집중시키는 두개의 반사기로 구성되어 있다. 1단자 공진기에 등가회로 모델을 적용하여 사다리형 필터에 사용되는 하나의 단을 구성하였다[3].

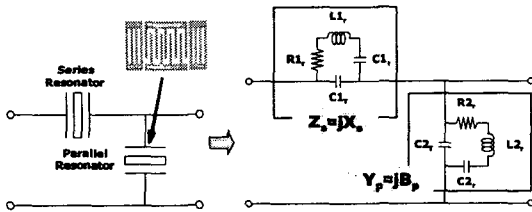


그림 1. 1단자 표면탄성과 공진기와 기본 사다리형 구조.

표 1. Pt, Au, Cu, Al, Mg, Ti의 밀도, 저항 특성

Material	Density[g/cc]	Relative Resistivity[μΩ-cm]
Pt	21.09	10.6
Au	19.32	2.35
Cu	8.96	1.67
Al	2.70	2.65
Mg	1.738	4.4
Ti	4.507	40

2.2 전극 물질

전극 물질로서 Pt는 Al보다 더 단단하기 때문에 수직적인 식각 형태를 얻을 수 있다면, 더 얇은 두

께로도 같은 특성을 가질 수 있다. 표 1.은 Pt, Au, Al, Mg, Ti의 밀도와 고유 저항을 나타내었다. Au를 전극으로 적용할 경우 이론적으로는 Al 두께의 약 14%면 가능하고, Pt의 경우에는 12.8%면 충분하다. Mg과 Ti의 경우 내전력성과 기판 표면에서의 점착성이 우수하고, Pt의 경우에도 이와 같은 장점을 가지고 있기에 적용하였다.

2.3 실험 방법

표면 탄성과 필터의 제작을 위한 공정 순서는 그림 2에 나타나 있다. Pt 박막은 DC magnetron sputtering에 의해 압전 기판인 42° LiTaO₃에 120nm를 증착하고, Pt

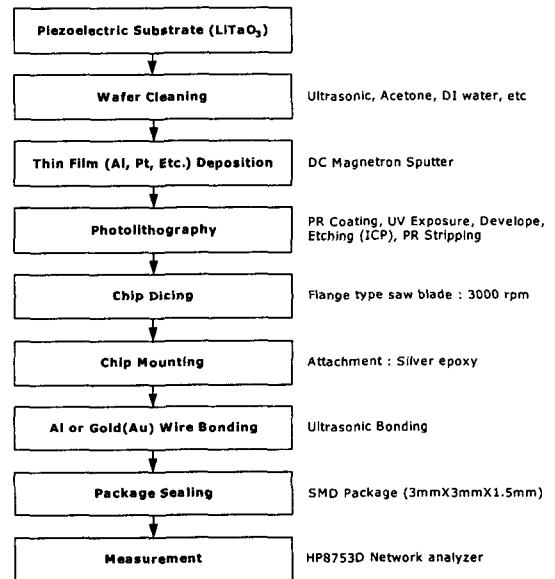


그림 2. 표면탄성과 필터의 공정 순서.

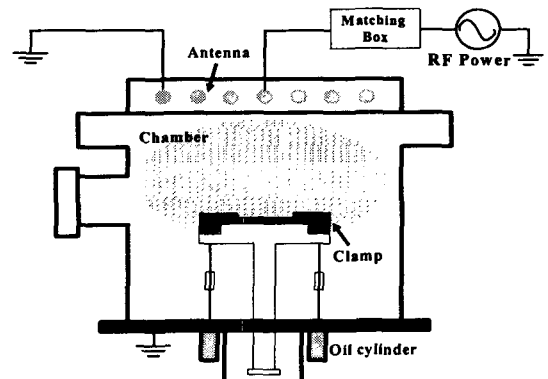


그림 3. 유도결합형 플라즈마 식각 시스템

박막에 감광제를 1 μ m 올리고 노광공정 후, 그림 3.의 유도결합형 플라즈마(ICP) 식각 시스템을 통해 식각을 수행하였다. C₄F₈/Ar/Cl₂의 공정기체 조합을 적용하여 RF source power와 DC bias voltage의 변수에 따른 식각 의존성을 실험하였고, C₄F₈의 혼합비를 0에서부터 50%까지 변화시키면서 식각률, 측면식각각도, 잔여물의 존재 여부를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 식각 결과

기존 결과에 따르면, Ar/Cl₂에 의해 식각을 수행한 경우 많은 잔유물이 존재할 뿐만 아니라 식각 측면 각도가 매우 낮았다. O₂/Ar/Cl₂의 경우에는 유기물질인 감광제는 산소 플라즈마 내에서 제거되는 문제로 인해, 감광제에 대한 선택비가 좋지 않아 mask로서 사용하기에 부적합한 것으로 확인되었다[4,5]. 따라서, Ar/Cl₂에 C₄F₈를 첨가함으로써 잔유물의 감소와 식각 측면 각도의 증가뿐만 아니라 감광제와의 선택비를 증가시키고자 하였다.

C₄F₈/Ar/Cl₂에 의한 식각 특성에 크게 영향을 미치는 RF source power, DC bias voltage, C₄F₈의 혼합비에 따른 식각율과 선택비를 측정된 것을 그림 4.에 나타냈다. 그림 4(a).는 RF source power가 커짐에 따라 이온과 활성종의 수가 늘어나 Pt에 대한 물리적, 화학적인 식각이 증대되어 전체 식각율이 커졌으나, 선택비에는 크게 영향을 미치지 않았다. 그림 4(b).는 DC bias voltage의 절대값의 증가에 따라서는 식각율은 크게 증가하지만, Ar 이온에너지의 증가로 감광제의 식각율이 더 큰 증가를 보여 250V에서 약 1.7:1의 최대 선택비를 얻었고, 이후 선택비는 크게 감소하는 것으로 나타났다. C₄F₈/(C₄F₈+Ar+Cl₂)의 혼합비에 따른 식각율과 감광제와의 선택비를 그림 4(c).에 나타냈다. Pt의 식각율은 C₄F₈의 증가에 지속적으로 감소하는 경향을 보이나, 감광제의 식각 감소율이 더 커져, C₄F₈ 20%까지 선택비는 큰 폭으로 증가하나 그 이후로는 약간 감소하였다. 이는 주입되는 Ar의 양이 줄어들어 상대적으로 Ar 이온에 의한 물리적인 식각이 감소하게 된다. Pt의 식각율 뿐만 아니라, 감광제는 상대적으로 soft한 특성으로 인해 더 큰 감소를 보이고, 선택비가 낮아지는 것으로 생각되어진다.

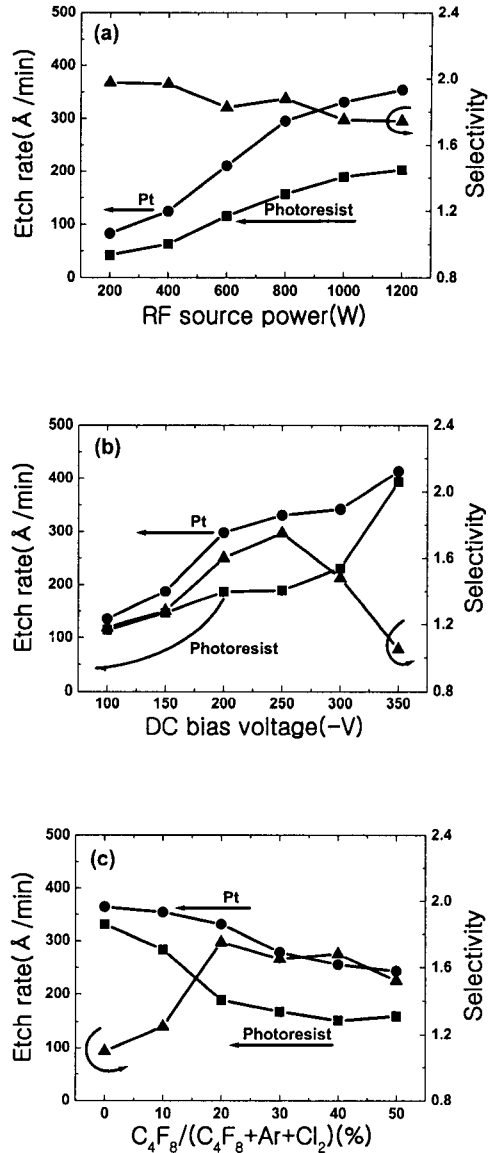


그림 4. (a)source power, (b)DC bias voltage, (c)C₄F₈의 혼합비 변화에 따른 식각율과 Pt와 감광제의 선택비 변화.

RF source power= 1000 W, DC bias voltage=-250V, total flow rate= 80sccm.에서 C₄F₈/Ar/Cl₂ 공정 기체 중 C₄F₈의 혼합비에 따른 식각 형태를 전자주사현미경으로 관찰한 SEM 사진을 그림 5.

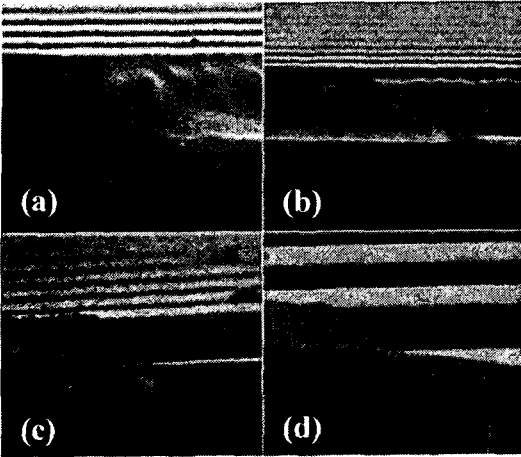


그림 5. (a)0%, (b)10%, (c)20%, (d)30%의 C_4F_8 혼합비 변화에 따른 식각 특성. RF source power=1000W, DC bias voltage= -250V, total flow rate=80sccm.

에서 비교하였다. C_4F_8 을 10% 첨가 된 경우 측면에 약간의 잔유물이 남았고, 20% 첨가되었을 때 약 80° 의 가장 수직적인 측면식각각도를 보였으며, C_4F_8 의 혼합비가 20%보다 증가할수록 각도는 낮아졌다. C_4F_8 의 증가로 화학적인 식각이 증가로 인해 비등방적 식각이 커지기 때문인 것으로 보인다. C_4F_8 20%첨가한 조건이 가장 적은 식각 후 잔유물을 남겼는데, 이러한 잔유물의 양에 따라 소자의 특성에도 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

3.2 소자특성 측정 결과

Pt 식각공정이 완료된 기판은 패키지 공정을 위해 개개의 칩을 절단하여 그림 6.과 같이 SMD 패키지에 Al 와이어로 접합한 후 seam welding 장비로 봉합하였다. 기존의 Al-Cu 합금과 Pt를 전극으로 사용한 경우의 주파수 응답 특성을 측정하기 위하여, HP8753D의 네트워크 분석 장치를 사용하였다.

그림 7.은 (a)Al-Cu 합금과 (b)Pt 박막의 주파수 응답 특성을 나타내고 있다. Pt의 경우는 Al-Cu 합금의 5dB 이하의 낮은 삽입 손실에 비해 손실이 더 크고, 저지대역의 감쇄특성 또한 상대적으로 좋지 않았다. 이는 Pt 박막의 두께에 대한 오차에 의한 것으로 생각된다. 일반적으로 표면탄성파의 속

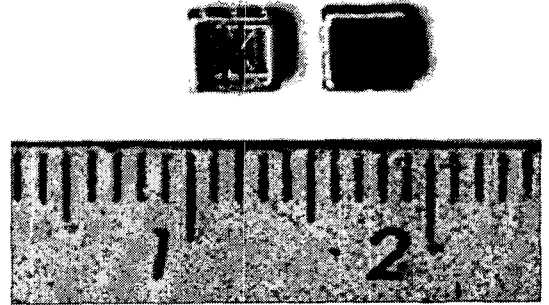


그림 6. SMD 패키지에 실장된 표면탄성파 필터.

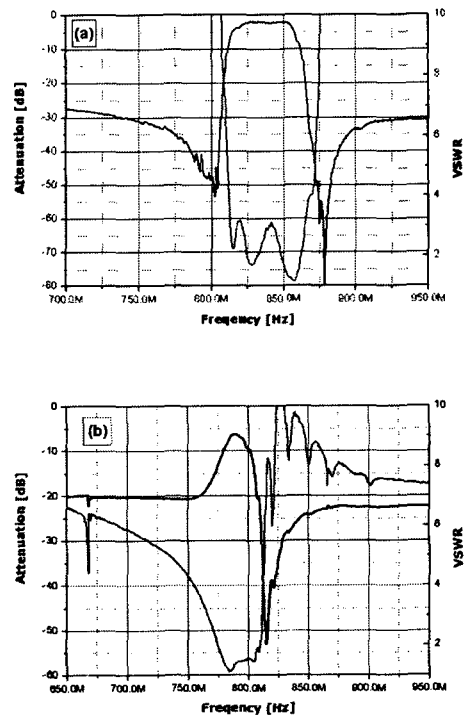


그림 7. 제작된 표면탄성파 필터의 주파수 응답 특성 (a)Al-Cu 합금 박막, (b)Pt 박막.

도와 삽입손실은 탄성파장과 전극의 두께에 대한 함수로서 나타난다. 전극의 두께가 증가함에 따라 탄성파의 속도는 선형적으로 감소하게 되고, 손실은 증가하게 되기 때문이다. 뿐만 아니라, 상대적

으로 Al-Cu 합금 박막보다 낮은 식각 측면 각도에 대한 문제도 작용하였다고 볼 수 있다.

4. 결 론

표면탄성과 필터 제작에 전극으로 Pt를 적용하기 위해 $C_4F_8/Ar/Cl_2$ 의 공정기체를 적용하여 주요 변수들에 따른 식각 특성을 비교하였다. 그 중 $C_4F_8/(C_4F_8+Ar+Cl_2)$ 의 혼합비에 따른 식각 의존 특성을 비교한 결과 C_4F_8 을 20% 첨가한 조건이 다른 공정 기체들을 사용하였을 경우보다 높은 선택비와 가장 수직적이고 깨끗한 식각 형태를 얻을 수 있었다. 표면탄성과 필터는 SMD 패키지에 본딩을 하여 소자 특성을 측정한 결과, 밴드패스필터에 적용 가능성을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 2003년도 인하대학교 교내특성화연구비 지원과 집적형 광자기술 연구센터(ERC)를 통한 KOSEF의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] O. Ikata, T. Miyashita, T. Matsuda, T. Nishihara and Y. Satoh, "Development of low-loss band-pass filters using SAW resonators for portable telephones", IEEE Ultrasonics Symp. Proc., p. 111-115, 1992.
- [2] R.C. Weast, CRC Handbook of Chemistry and Physics, 64th ed., CRC Press, Boca Roton, 1983.
- [3] 이택주, 권희두, 정덕진, "800MHz 대역 이동통신 단말기용 듀플렉서의 설계 및 분석", 대한전자공학회 하계 종합학술대회, 제 24권 제 1호, p. 510-518, 1985.
- [4] 김상훈, 주섭열, 안진호. "Pt 박막의 SF_6/Ar 과 Cl_2/Ar 플라즈마 가스와의 표면반응에 관한 연구", J. of the Microelectronics & Packaging Soc., Vol. 8, No. 3, p. 63-67. 2001.
- [5] C.W. Chung and H.G. Song, "Study on fence-free platinum etching using chlorine-based gases in inductively coupled plasma", J. of Electrochem. Soc., Vol. 144, No. 11, p. 294-296, 1997.