

SAW Filter 제작과 전력 내구성 검토

SAW Filter Fabrication and its Power Durability

김동수, 강성건*, 김홍락*, 김광일*, 남효덕**, 이만형***

(Dong Su Kim, Sung Gun Kang, Hung Rak Kim, Kwang il Kim, Hyo Duk Nam, Man Hyeong Lee)

Dept. of Sensor and System Eng., Yeungnam University

* Power Electronics Research Lab., RIST

** Dept. of Electronics, Yeungnam University

*** Dept. of Sensor Eng., Kyungpook University

Abstract

SAW filters of transversal type were fabricated on some piezoelectric substrate of the LN 128 ° Y-X wafers through the simulation in which the number of IDT and window function were changed for the required frequency, and the mask making. Their IDT spacing and width were 1.63 μ m, 1.239 μ m, respectively. Titanium thin films having different thicknesses were introduced between the Al electrode and the substrate for improving the power resistance strength due to its high temperature durability and good adhesion characteristics. All of specimens showed similar insertion loss results, which means the possibility of introducing the Ti layer though it is known to have a higher resistivity leading to a worse insertion loss result. Ti inserted specimens had a better power durability than that of pure Al electrode though their thickness had no effect on the performance.

1. 서 론

SAW(Surface Acoustic Wave) device는 1885년 Lord Rayleigh에 의해 고체표면에서 파동현상의 한 형태로 표면탄성파(SAW)를 처음으로 발견해낸 이후[1] 표면파를 효과적이며 선택적으로 발생시키기 위해 VLSI기술에 적합한 planar공정을 사용한 IDT(interdigital transducer)전극을 제안함으로써[2] SAW device에 대한 연구가 본격적으로 이루어지고 SAW Filter가 보다 광범위하게 응용되기 위해서는 삽입손실이 적고, 내전력성이 좋은 Device개발이 무엇보다 중요하다. SAW는 장시간 경과에 따라 삽입손실, 중심주파수 등의 특성이 변화되는 특성을 갖고 있으며, 이는 주로 열적, 전기적 충격으로 인한 crack 발생 혹은 전극물질의 손상 등으로 일어

난다고 알려져 있다[3]. SAW필터의 내구성 개선 방법으로 Al에 미량의 Cu를 더하는방법[4]과 Cu를 샌드위치 형태로 삽입된 박막이 높은 내구성을 나타낸다는 보고가 있다[5].

본 연구에서는 필터디자인에 따른 특성, 전극 물질 조건에 따른 내구성 개선 방안에 대하여 검토하고자 한다. 필터 디자인의 경우 Simulation을 통해 Double IDT를 기본으로 양방향 전송형(Transversal type) 설계법으로 중심주파수 340MHZ에 passband, rejection, ripple의 값을 변화시켜 최적의 특성을 찾아 MASK 및 Device를 제작하였다. 전극물질의 경우, 내전력성이 좋지 않은 단점을 개선하고자 Al에 비해 내열성 및 접착력이 좋은 Ti을 적절히 압전체 기판과 Al전극 사이에 증착 시켜 Filter 특성을 측정했다.

II. 실험 방법

1. MASK 제작

Simulation을 통해 양방향 Transversal형 설계법으로 목표한 Spec.에 맞게 중심주파수 340MHz Filter를 설계해 Mask를 제작했다. 전극폭이 $1.63\mu\text{m}$, 전극간격이 $1.239\mu\text{m}$, chip size가 $4.3 \times 1.8(\text{mm}^2)$ 이고 transversal type을 기본으로 array은 Slanted형, 표면탄성과의 반사파를 서로 상쇄해 주도록 Double-electrode IDT를 만들었다. Fig.1은 본 실험을 위해 제작한 Mask pattern 이다.

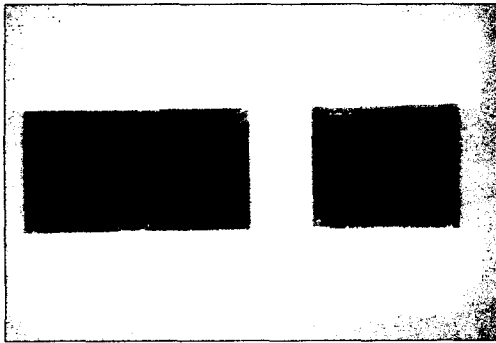


Fig. 1. SAW filter mask

2. SAW Filter의 제작

본 실험에 사용된 압전 wafer는 LN 128° Y-X, 시편은 순수알루미늄 3000\AA , 알루미늄과 타이타늄비를 각각 2500:500, 2000:1000, 1500:1500 \AA 으로 전체 두께 3000\AA 으로 고정하여 4종류의 기판을 만들고 아래와 같은 공정을 통하여 sample를 제작하였다.

(1) 웨이퍼의 세척

DECONEX용액 5%, DI Water 95%를 40°C 정도에서 30분 가량 초음파 세척한 후, DI Water로 상온에서 세척했다.

(2) Ti, Al 박막 증착

DC magnetron sputtering 방식으로 Ti은 500\AA , 1000\AA , 1500\AA 으로 박막을 입히고 Al은 고순도 알루미늄을 1500\AA , 2000\AA , 2500\AA , 3000\AA 을 시편에 따라 deposition하였다. 스퍼터링 조건은 power 1kW , 초기 진공은 3×10^{-7} torr정도며, 챔버내 Ar압력은 5mtorr , 기판온도는 균열을 막기위해 50°C 로 설정하였다.

(3) PR(Photoresist) 코팅

Pinhole이 적게 생기고 uniformity가 양호한 양성 PR(PR AZ 1512)을 사용하였다. 압전기판에 PR을 균일하게 도포시키기 위해 Spin coater를 사용해 회전 속도를 약 4500 rpm 정도로 25초 동안 회전시켜 $1.2\mu\text{m}$ 두께를 가지게 하였다. 그 후 dry oven에서 90°C , 20 분간 soft bake하였다. soft bake는 PR과 Al의 밀착력을 높혀서 현상시 resist의 lift를 방지해 Al 에칭시 undercut이 생기는 것을 방지한다.

(4) 노광

노광은 자외선을 PR에 쬐여 soluble상태로 만들어주는 공정이다. IDT 패턴을 형성시키기 위해 Mask Aligner를 사용해서 4초간 노광 시켰다. 노광 mode는 line width resolution이 좋은 contact mode로 했다. 이때 노광 시간이 짧으면 PR이 develop공정시 잘 현상되지 않고, 노광 시간이 길 면 overexpose가 되어 Al 에칭시 undercut이 되어 미세 IDT패턴이 open될 수 있다.

(5) 현상

노광된 PR의 현상은 AZ 500MIF positive developer를 사용했다. 현상이 끝난 웨이퍼는 dry oven에 넣어 120°C 에서 20분간 hard bake 하였다. hard bake는 PR에 남아있는 solvent의 성분과 수분을 제거해 PR의 접착력을 증가시켜 Al 에칭시 깨끗한 패턴이 되도록 해 준다.

(6) 에칭

에칭은 $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:1:50$ 의 비율을 갖는 혼합 용액을 사용하여 Al,Ti을 동시에 상온에서 에칭 하였다. 선폭에 가장 영향을 미치는 부분으로 에칭시간이 가장 중요하다.

(7) PR 제거

Fabrication의 마지막 공정으로 기판 위에 패턴을 형성하고 남아있는 PR을 제거하기 위해 Remover AZ 100으로 웨이퍼를 용액에 충분히 dipping하여 PR을 완전히 제거 하였다.

(8) Rinsing

Wet Etching시 모두 DI Water로 깨끗이 세척 하였다.

III. 결과 및 고찰

SAW 필터의 전극형성은 정밀한 사진식각기술

(lithography)을 이용하는데 Al 및 Ti층의 두께에 따라 etching 시간이 다르게 설정되었으며, 다른 조건은 동일하게 적용되었다. 본 연구에 사용된 공정 조건을 표 1에 나타내었다.

표 1. 공정조건표

공정순서	공정조건
PR coating	1.2um
Soft Baking	90°C, 20분
expoze	4초
Develop	40초
Hard Baking	120°C, 20분
etching	두께에 따라 30~90초
PR removing	150초

Fig.2은 제조된 SAW filter의 입력측 IDT의 광학현미경사진이다. 그림에서 볼 수 있듯이 IDT는 line 폭과 line 간격이 1:1 정도로 IDT 패턴이 open 되거나 short되지 않고 패턴이 잘 형성되었음을 볼 수 있다.

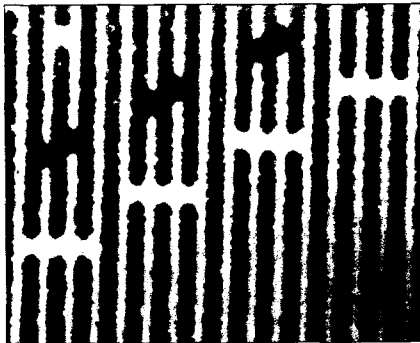


Fig. 2. IDT pattern (×1500)

제작된 SAW 필터의 주파수 특성 및 Filter 특성은 HP8753D network analyzer로 측정했다.

S-parameter set를 이용해 주파수 응답 및 삽입 손실을 구했다. 삽입 손실은 SAW 필터의 S21 parameter를 측정해 main peak에서의 최대치를 측정했다. 중심주파수는 3dB 통과 대역폭의 중심값으로 측정했다.

제조한 SAW Filter의 중심주파수는 Simulation 결과와 일치하는 340MHz로 나타났으며 이때 SAW 전달 속도 $v = f \cdot \lambda$ 에서 IDT의 파장 $11.47 \mu\text{m}$ 를 대입하면 3901m/sec 가 구해진다. 주파수 응답 특성을 시편 종류별로 측정한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 전체적으로 Ti를 삽입한 경우 순수 Al 전극에 비해 삽입손실 및 통과 대역폭 등에 큰 변화를 살펴 볼 수 없어 신뢰성 향상을 위한 전극물질로 사용할 수 있음을 확인하였다.

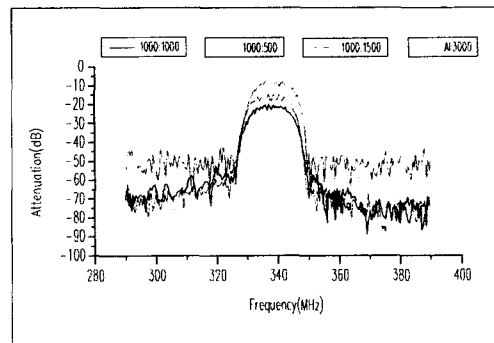


Fig. 3. Frequency response of SAW Filter

340MHz대역에서 Power를 20dBm부터 1dBm간격으로 증가시켜 가면서 전송특성에 이상이 생기는 시점 즉 파괴 (breakdown)가 일어나는 시점의 입력 power를 전력내구성으로 규정 하였다

Fig.4에 파괴가 일어난 전후의 주파수 특성을 나타내고 있다. 파괴가 일어난 후의 주파수 특성은 공진하는 주파수 영역이 사라져 필터의 특성은 거의 상실한 것을 볼 수 있다.

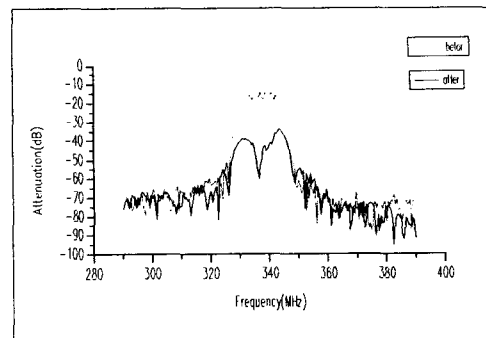


Fig.4. 파괴현상 전후의 주파수 특성

Fig.5, Fig.6에는 fail이 일어난 형태를 보여주고 있다. 전극과 전극 사이에 방전이 일어나 전극이 타

버린 현상을 볼 수 있다, 이는 전극간 미소 간격에 상대적으로 강한 전계가 집중되어 방전되는 현상이 순식간에 전극전체로 확산되어 일어나는 현상으로서 이해할 수 있으며 이러한 파괴 현상을 방지하기 위해서는 무엇보다 정확한 패턴형성이 중요하다. 순수 Al만을 사용한 기판에 비하여 Ti를 삽입한 기판에서의 내압 특성이 보다 우수한 것으로 나타났으며, 이는 Ti의 내열성 및 접착성에 기인한 것으로 생각된다. 그러나 Ti층의 두께에 따라서는 큰 변화를 관찰할 수 없었다.

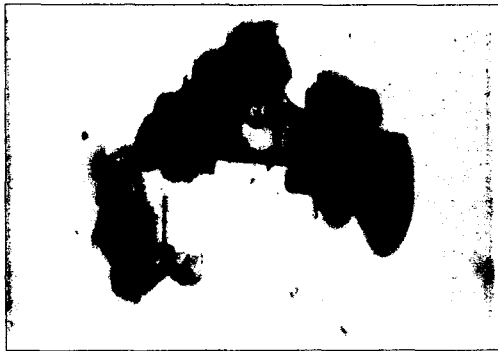


Fig.5. 파괴현상이 일어난 전자현미경 사진



Fig.6. 파괴현상이 일어난 부위의 확대 사진

표2. 내압테스트 결과

기판조건 (Al/Ti)(Å)	내압(dBm)
3000/0	44
1000/1000	47
1000/500	46
1000/1500	46

IV. 결 론

1. Simulation을 통해 양방향 Transversal형 설계법으로 목표한 Spec.에 맞게 중심주파수 340MHz Filter를 설계해 Mask를 제작했다.

2. Ti Deposition과 Etching 공정을 추가하여 양방향 transversal형 SAW Filter를 제작함에 있어서 1um의 패턴을 구현함에 각 공정별 최적 조건을 찾았다.

3. Ti를 삽입한 경우 순수Al 전극에 비해 삽입순실 및 통과 대역폭등에 큰 변화를 살펴 볼 수 없어 신뢰성향상을 위한 전극물질로 사용할 수 있음을 확인하였다.

4. 신뢰성 테스트 결과 Ti를 삽입한 시편이 순수Al전극 기판에 비하여 내압이 높게 나타났으며, Ti 두께에 의한 효과는 찾아볼 수 없었다.

V. 참 고 문 헌

- [1] L. Rayleigh, "On waves propagating along the plane surface of an elastic solid". Proc. London Math. Soc., Vol.7, pp.4-11, 1885
- [2] R.M. White and F.W. Voltmer, "Direct piezoelectric coupling to surface elastic waves", Appl. Phys. Lett., Vol.7, pp.314-316, 1965
- [3] M. Woodberry and W.Hunt, "Investigation of Accelerated Aging Characteristics of a SAW filter " IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM p 56, 1997
- [4] The Electronic Parts & Components Monthly, pp126, 1992.8
- [5] "Improvement in Power Durability of SAW Filters " IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM pp 383-388, 1995