

論文96-33A-2-13

# Ba<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>TiO<sub>3</sub> 박막 커패시터의 마이크로파 측정

## (Microwave Measurement of Ba<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>TiO<sub>3</sub> Thin Film Capacitors)

張炳埴\*, 車宣龍\*, 李昇勳\*, 郭東華\*, 李熙哲\*  
 兪炳坤\*\*, 白種泰\*\*, 兪亨濬\*\*

(Byung-Tak Jang, Seon-Young Cha, Seung-Hoon Lee, Dong-Wha Kwak, Hee Chul Lee, Byoung-Gon Yu, Jong-Tae Baek, and Hyung-Joun Yu)

### 요 약

열산화된 실리콘 기판(SiO<sub>2</sub>/Si) 위에 RF magnetron sputtering 방법에 의해 Pt/Ba<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>TiO<sub>3</sub>/Pt/Ti 구조의 커패시터를 제작하고, 40 MHz ~ 1 GHz까지의 유전 분산을 측정하였다. 커패시터의 전극 물질로는 BST 박막에 가장 우수한 것으로 알려져 있는 platinum(Pt)을 사용하였으며, 하부 Pt와 SiO<sub>2</sub> 사이의 부착력을 높이기 위하여 50Å의 titanium(Ti) 층을 넣었다. 제작된 박막 커패시터의 누설전류는 1.5V에서 1.7 × 10<sup>-7</sup>A/cm<sup>2</sup> 정도였으며 1 MHz에서 측정된 유전율은 140 정도였다.

커패시터의 특성을 고주파 영역까지 측정하기 위하여 coplanar waveguide 구조의 고주파 측정 패턴을 설계하였으며, 네트워크 분석기를 사용하여 S 파라미터를 측정하였다. 고주파 측정 패턴에 포함되어 있는 기생 성분을 제거한 결과, 측정 범위인 40 MHz ~ 1 GHz 사이에서는 유전율의 감소는 거의 나타나지 않았으며 120 정도의 일정한 값을 유지하였다.

### Abstract

Thin film Ba<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>TiO<sub>3</sub>(BST) capacitors were fabricated on SiO<sub>2</sub>/Si substrates by RF magnetron sputtering method and characterized at microwave frequencies ranging from 40 MHz to 1 GHz to examine the dielectric dispersion of the capacitors. The BST thin films were deposited on SiO<sub>2</sub> coated Si wafers by RF magnetron sputtering. Platinum(Pt) was used as a electrode material of BST thin film capacitor which is known as one of the best electrode materials for BST films. 50Å-thick titanium(Ti) layers were introduced to increase adhesion between bottom Pt and SiO<sub>2</sub>. The leakage current density of the capacitors was about 1.7 × 10<sup>-7</sup>A/cm<sup>2</sup> at 1.5 V and the dielectric constant was about 140 at 1 MHz.

Microwave measurement patterns having a coplanar waveguide type were fabricated and their S parameters were measured using network analyzer. After de-embedding parasitic components in microwave measurement patterns, nearly frequency-invariant dielectric constant of about 120 was extracted in the measurement range of 40 MHz to 1 GHz.

### I. 서 론

\* 正會員, 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科

(Dept. of Elec. Engineering, KAIST)

\*\* 正會員, 電子通信研究所 半導體研究團

(Semiconductor Technology Div. ETRI)

接受日字: 1995年11月20日, 수정완료일: 1996年1月19日

차세대 메모리용 고유전 물질로 각광을 받고있는 물질이 Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>TiO<sub>3</sub>이다. 그 이유는 상온에서 상유전상을 갖고 높은 유전율과 안정된 perovskite 구조를 갖기 때문이다. 지금까지 많은 연구가 sol-sel 법이나 박

막 형성이 비교적 용이한 sputter 법으로 진행되어 왔으며, sputter 박막이 현재까지 가장 우수한 유전 특성 및 누설전류 특성을 보였다. 그러나, step-coverage가 나쁜 sputter의 단점을 보완하기 위해서 CVD 법으로 박막을 얻으려는 시도가 진행중이다.

고유전 물질로서 특성이 우수한 BST 박막이 차세대 메모리 소자의 고유전 물질로 사용되기 위해서는, 박막의 형성의 용이성과 함께 DRAM에서 필요로 하는 전기적인 특성을 만족시켜야 한다. DRAM에서 필요로 하는 전기적인 특성으로는, 1Gb DRAM을 기준으로 다소 견해의 차이가 있지만, 동작 전압 1.5 V에서  $\sim 1 \times 10^{-7}$  A/cm<sup>2</sup> 이하의 누설전류를 가져야 하며 SiO<sub>2</sub> 실효 두께로 환산해서 T<sub>oxeq</sub>  $\cong$  4 Å 정도이다. 한편, 동작 속도면에서 액세스 시간이 20~30 ns 정도이고 커패시터 read/write 시간은 수 ns 이하가 되어야 한다. 커패시터의 read/write 시간을 1 ns로 할 경우 500 MHz 이상 고유전 특성을 유지하여야 한다. 만약, 수 kHz 또는 수십 MHz 정도까지만 고유전 특성을 가진다면 실제 DRAM에 적용할 수 없게 된다.

그러나, 유전체 박막의 특성을 간단히 측정할 수 있는 범위는 수 MHz 정도까지이고, DRAM 응용을 위해 측정이 필요한 범위는  $\sim 1$  GHz 정도까지의 주파수 영역이다. 이러한 고주파 영역까지 커패시터의 특성을 측정하기 위해서는 고주파 측정 방법을 사용해야 하며 이에 필요한 측정 패턴을 만들어야 한다.

본 연구에서는 유전체 박막의 고주파 특성을 측정하기 위하여 그림 1과 같은 coplanar waveguide 형태의 측정 패턴을 제작하여 유전 특성을 분석하였다.

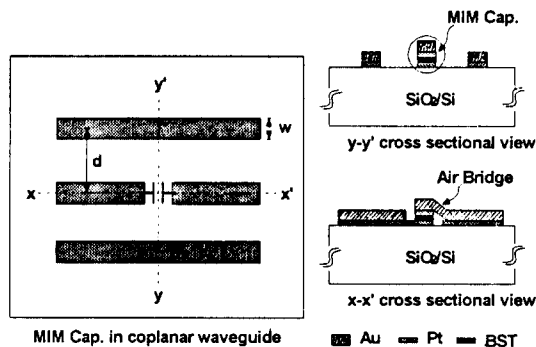


그림 1. 고주파 측정용 커패시터의 구조  
Fig. 1. The capacitor structures for measuring high-frequency characteristics.

## II. 소자 제작 공정

실리콘 웨이퍼를 열산화 공정을 이용하여  $\sim 1500$  Å 정도의 열산화막(thermal oxide)을 형성한 후 그 위에 Pt(800Å)/Ti(50Å) 구조의 하부 전극을 다음과 같은 과정을 거쳐 패터닝하였다. 실험에 사용된 실리콘 웨이퍼는 2 ~ 10 Ωcm의 비저항을 가진 것이다.

먼저, 3000 Å 정도의 Ti 층을 전자선(e-beam) 증착법으로 증착하였다. 그리고, 포토 리소그라피 공정으로 Ti 층 위에 포토 레지스트 패턴을 형성한 후 10H<sub>2</sub>O:HF 용액에 SiO<sub>2</sub> 층이 드러날 때까지 10 ~ 15 초 정도 식각하여 하부 전극을 위한 패턴을 형성하였다. 여기에 하부 전극 물질인 Pt(800Å)/Ti(50Å)을 400°C의 고온에서 웨이퍼 전면에 증착한 후 10H<sub>2</sub>O:HF에 5 분 정도 두면 Ti(3000Å) 층이 식각된다. 이때, 실리콘 열산화막 위에 증착된 Pt/Ti은 그대로 있고 두꺼운 Ti 위에 증착된 Pt/Ti 층만 Lift-off<sup>11)</sup> 되면서 하부 전극의 패터닝이 이루어지게 된다.

Lift-off 공정은 일반적으로 포토 레지스트를 이용하여 행해지나 하부 전극을 형성하는 공정이  $\sim 400$ °C의 고온으로 포토 레지스트를 사용할 수 없는 조건이므로 금속을 기저층으로 사용하여 Lift-off 공정을 수행하였다.

SiO<sub>2</sub> 위에 Pt를 증착할 때 부착력이 좋지 않은 것은 잘 알려져 있는 사실이다. 식각 공정이 포함되는 여러 단계의 제작 공정에는 부착력이 문제가 된다. 본 실험에서 얇은 Ti 층을 넣은 이유는 Pt와 SiO<sub>2</sub> 사이의 부착력을 높이면서 하부 전극 재료로서의 Pt의 우수한 성질을 얻기 위한 것이다. 본 연구에서도 하부 전극 재료로 Pt 만 사용하였을 때는 고주파 패턴 제작 과정에서 하부 전극이 떨어지는 심각한 문제가 발생하였다.

하부 전극의 패턴을 형성한 후 Ba<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>TiO<sub>3</sub> 박막을 스퍼터링 법<sup>15)</sup>에 의해 1000 Å 두께로 증착하였다. 포토 레지스트로 마스크를 한 후 10H<sub>2</sub>O:HF로 15 초 동안 식각하는 방법으로 필요한 부분의 유전체 박막만 남도록 하였다.

상부 전극으로 사용된 Pt 박막 또한 Lift-off 방법으로 형성하였다. 포토 레지스터 패턴을 형성하고 상온에서 스퍼터링 법으로 Pt 전극을 1000Å 증착한 후 아세톤으로 포토 레지스터 및 그 위에 증착된 Pt를 제거하였다.

이러한 과정을 거쳐 MIM 구조의 Pt/BST/Pt/Ti 커패시터가 제작되었으나 아직 크기가 작은 상부 전극을 그대로 두고 측정하기에는 어려움이 많으므로, 상부 전극을 다른 큰 측정 패드에 연결이 되도록 하여야 한다. 본 실험에서는 coplanar waveguide 구조의 측정 패드에 연결되도록 하였다.

상부 전극을 두껍게 형성하는 방법으로 이러한 문제를 해결할 수 있으나, 이때 상부 전극을 ~1 μm 정도로 두껍게 형성하여야 한다는 어려움이 있다. 또한, 이 방법을 사용할 경우 상부 전극과 하부 전극이 교차하는 면적이 커패시터의 면적이 되므로 공정 변수에 따라 커패시터의 용량이 영향을 받게 된다. 이러한 이유로 인해 상부 전극을 고주파 측정 패드에 연결하기 위하여 금 도금<sup>11)</sup> 공정을 수행하였다. 금 도금은 air bridge를 형성하여 상부 전극을 SiO<sub>2</sub> 층 위에 있는 다른 Pt/Ti에 연결시켜 주는 역할 외에도 측정 패턴의 면 저항을 줄여 주며, 측정시 접촉 저항을 줄여 주게 된다. Pt/Ti 위에 1 ~ 2 μm의 금을 도금함으로써 측정의 안정성 및 신뢰성을 높일 수 있다.

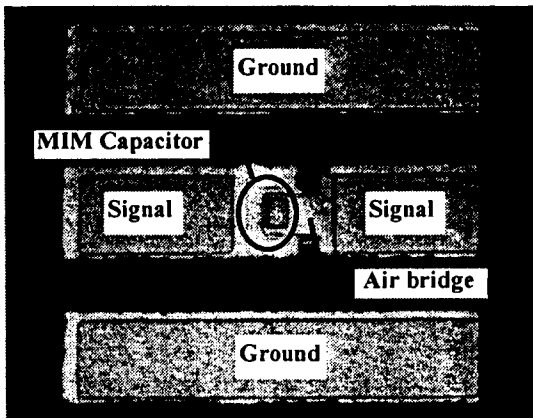


그림 2. 제작된 고주파 측정용 MIM 커패시터 (Cap. size : 40×50 μm<sup>2</sup>)  
Fig. 2. MIM capacitor fabricated for measuring high-frequency characteristics.

층에 있는 포토 레지스터를 산소 분위기에서 플라즈마로(O<sub>2</sub> ashing) 제거하고, plating seed metal (Au/Ti)을 차례로 식각 용액으로 제거한다. 아래에 있는 남은 포토 레지스터를 아세톤에 녹여 뱀으로써 모든 제작 공정이 끝나게 된다. 그림 2는 제작된 소자의 윗면 사진을 보였다. 제작된 소자의 크기는 400×400 μm<sup>2</sup> 이다.

III. I-V 및 C-V 측정

제작된 고주파용 BST 커패시터의 전류-전압(I-V) 특성 및 커패시턴스-전압(C-V) 특성을 측정하였다.

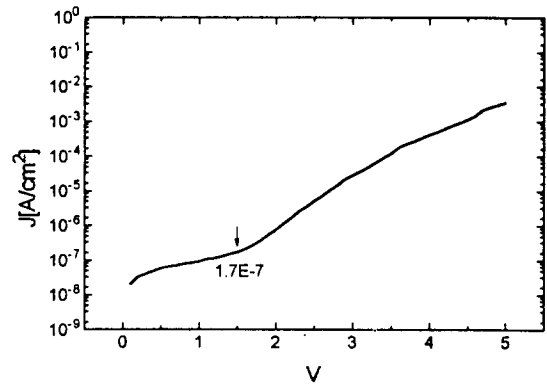


그림 3. Pt/BST/Pt/Ti 커패시터의 I-V 특성  
Fig. 3. I-V characteristics of Pt/BST/Pt/Ti capacitors.

I-V 측정에서 그림 3과 같은 특성이 얻어졌으며, 누설 전류 밀도는 인가 전압 1.5 V에서 1.7×10<sup>-7</sup> A/cm<sup>2</sup> 였다. 이는 스퍼터링 법으로 형성한 BST 막에서 일반적으로 얻을 수 있는 값이다. 인가 전압의 방향을 바꾸었을 때도 비슷한 누설 전류를 가졌다. 이것은 상부와 하부가 동일한 금속이므로 비슷한 계면특성을 가지기 때문인 것으로 생각한다. 서로 다른 물질을 전극으로 사용하는 경우 전류 방향에 따라서 많은 차이가 나타나는 것을 볼 수 있다.

일반적인 LCR 측정기로 C-V 측정을 할 때 케이블에 포함되어 있는 인덕턴스 성분 때문에 용량이 큰 커패시터 (> 100 pF)를 측정할 경우 낮은 주파수 (< 1 MHz)에서도 공진이 발생하는 것을 볼 수 있다. 공진 현상이 일어날 경우 공진 주파수 근처에서 측정이 부정확하며, 더 이상의 주파수에서의 측정은 많은 오차를

도금 과정은 포토 리소그래피 공정으로 소자 중 도금되는 부분과 접촉할(contact open) 부분만 드러나게 한다. 그리고, 전면에 plating seed metal Au(500~1000Å)/Ti(~200Å)을 증착한다. 그 상태에서 다시 한번 도금이 될 부분을 포토 레지스터로 정의하고 전기 도금을 한다. 도금 공정이 끝난 다음 윗

포함한다. 그러나, 고주파 측정용 패턴에서는 10 ~ 100 pF 정도의 작은 커패시터를 제작하였으므로 비교적 높은 주파수인 1 MHz 에서도 그림 4에서 보는 바와 같은 C-V 특성을 측정할 수 있었다. C-V 측정 결과 140 정도의 유전율을 가지는 것으로 나타났으며 인가 전압에 따른 유전율의 변화는 크지 않았으며 유전손실 또한 2.5% 정도의 양호한 값을 가졌다.

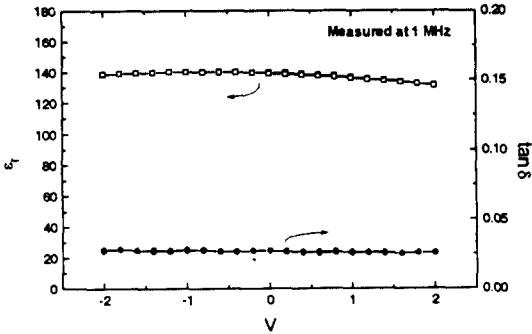


그림 4. Pt/BST/Pt/Ti 커패시터의 C-V 특성  
Fig. 4. C-V characteristics of Pt/BST/Pt/Ti capacitors.

그림 5에서 보는 것처럼, 커패시턴스-주파수(C-F) 특성을 10 kHz ~ 13 MHz 범위에서 측정하였다. 그 결과 주파수가 10 배 증가할 때 유전율의 감소는 3% 정도로 나타났으며, 측정 범위에서 10% 정도 유전율의 감소를 보였으며, 이 특성은 매우 양호한 것으로 판단된다. 10 MHz 가까운 주파수에서 유전율이 증가하는 것처럼 보이는 것은 공진의 영향이며, 더 이상 높은 주파수에서의 C-F 측정은 많은 오차를 포함한다.

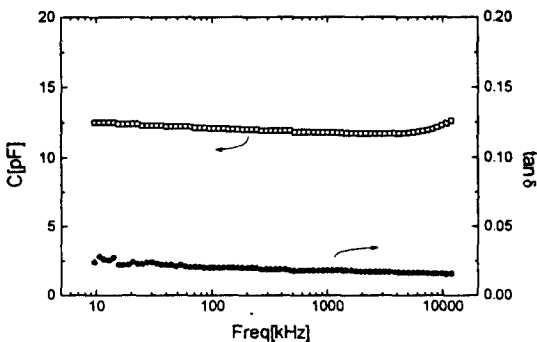


그림 5. Pt/BST/Pt/Ti 커패시터의 C-F 특성  
Fig. 5. C-F characteristics of Pt/BST/Pt/Ti capacitors.

#### IV. 고주파 측정의 필요성

일반적인 측정기기로 커패시터를 측정할 수 있는 범위는 대략 10 MHz까지 이다. 그 이상의 주파수에서 공진 현상이 일어나지 않는다고 하더라도 측정의 한계를 주는 다른 요인이 있다. 그것은 주파수가 높아지면 전기 신호의 파장이 짧아지게 되어 전자파로 보아야 한다.<sup>[2]</sup> 공기중에서 1 GHz의 전자파는 30 cm의 파장을 가진다. 이러한 경우 측정 케이블이 3 cm 이상 될 경우 microwave 특성이 나타나고 측정에 중대한 오차가 생기게 된다. 심지어 커패시터를 측정할 값이 인덕터를 측정할 것으로 보일 수도 있다.

일반적으로 100 MHz 이상의 측정 방법으로 널리 사용되는 것이 전송선 이론을 도입한 S 파라미터 측정법<sup>[2]</sup>이다. 이 방법은 전류나 전압을 측정하는 것이 아니라 입사되는 전력과 반사되는 전력을 측정함으로써 회로의 특성을 파악하는 방법이다. 전력의 전송은 전송선(transmission line)을 통해서 이루어지며, 이때 전송선은 에너지 전송 매체로서의 역할만 할 뿐 기생 성분은 가지지 않는다. 이러한 방법으로 ~50 GHz 까지 정확한 측정이 가능하다.

#### V. 측정 및 파라미터 추출

고주파 측정을 하기 위해서는 소자를 패키징한 다음 알루미늄 기판에 하이브리드 회로를 만들어 측정하는 방법과 웨이퍼 상에서 바로 측정할 수 있는 방법이 있다. 웨이퍼 상에서 측정하기 위해서는 그림 1, 2와 같이 측정용 패턴을 만들어야 한다. 네트워크 분석기를 통해 S 파라미터를 측정한 다음 이것을 Z, Y, H 파라미터 등으로 변환하여<sup>[2][3]</sup> 회로 내의 각 성분들을 추출한다. 그림 6에 커패시터의 S 파라미터를 측정하는 과정을 간단히 나타내었다.

고주파 측정에서 측정 오차를 줄이기 위해서는 특성 임피던스에 가까운 값을 측정하여야 한다. 주파수가 높을수록 커패시터는 단락에 가까운 특성을 가지므로 고주파 영역에서는 용량 즉, 전극 면적이 적은 커패시터를 측정하여야 한다. 또한, 커패시턴스가 적을수록 상대적으로 기생 성분의 영향을 많이 받게 된다.

기생 성분에 대한 분석은 먼저 물리적인 개념에 근거하여 등가 모델을 세우고, 이 모델이 실제 측정된 특성을 잘 만족하도록 각 성분들을 찾아 내는 과정으로

이루어진다. 각 성분들을 찾아 내는 과정에는 수치 해석적인 기법이 동원되기도 하지만, 이러한 기능을 가지고 있는 시뮬레이션 프로그램을 사용하는 것이 가장 손쉬운 방법이다. 본 연구에서는 고주파 회로 시뮬레이션 프로그램인 EESof 사의 Libra를 사용하였다.

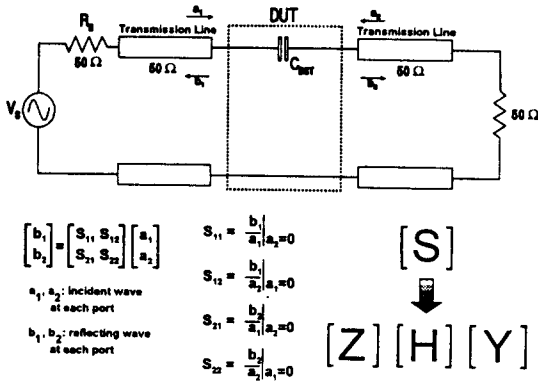


그림 6. S 파라미터 측정법  
Fig. 6. S parameter measurement method.

등가 모델의 타당성 여부는 측정된 결과를 잘 나타낼 수 있는지에 달려있으므로 여러 가지의 모델이 가능하다. 그러나, 좋은 모델은 물리적인 의미를 충분히 가지고 간단하면서 측정 결과를 잘 표현할 수 있는 것이어야 한다.

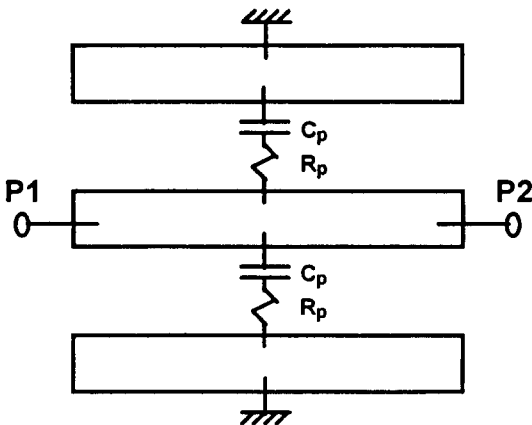


그림 7. 전달 패턴 및 간단한 기생 성분 모델  
Fig. 7. Through pattern and simple parasitic model.

본 연구에서는 고주파 측정용 BST 커패시터에 포함되어 있는 기생 성분을 추출하기 위하여 그림 7, 10과 같은 전달 패턴(through pattern) 및 개방 패턴(open pattern)을 같은 웨이퍼 상에 만들었다. 이러한 테스트 패턴의 기생 성분을 분석하여 그림 12와 같은 BST 커패시터 등가 모델을 만들었다.

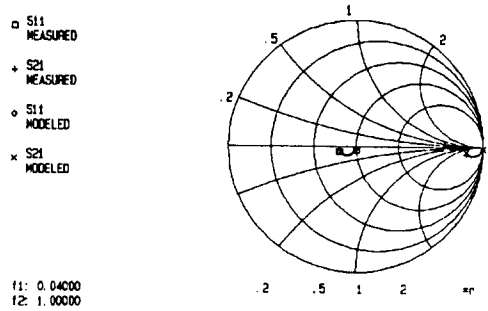


그림 8. 측정된 전달 패턴 및 간단한 모델의 S 파라미터  
Fig. 8. Measured and simply modeled S parameters of through pattern.

모델링 과정은 먼저 대칭 구조를 가진 전달 패턴에서 기생 성분을 추출하고, 이것을 바탕으로 비대칭 구조를 가진 개방 패턴의 기생 성분을 추출하는 순서로 이루어졌다. 전달 패턴의 특성은 그림 7과 같은 간단한 모델로 충분히 잘 표현될 수 있었다. 그림 8은 측정된 전달 패턴의 S 파라미터와 그림 7에서 보인 간단한 모델의 S 파라미터를 스미스 차트상에 그대로 나타낸 것이다. 또한, 그림 9에 보인 모델을 이용하여 직렬 임피던스 성분인 Ri, Rs 및 Ls를 추출한 결과 다른 기생 성분에 비하여 무시할 수 있는 정도로 적은 값을 가지는 것으로 확인되었다.

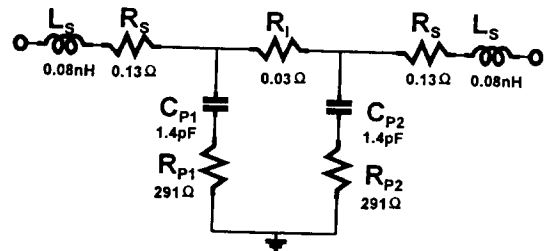


그림 9. 전달 패턴의 기생 성분  
Fig. 9. Parasitic components in the through pattern.

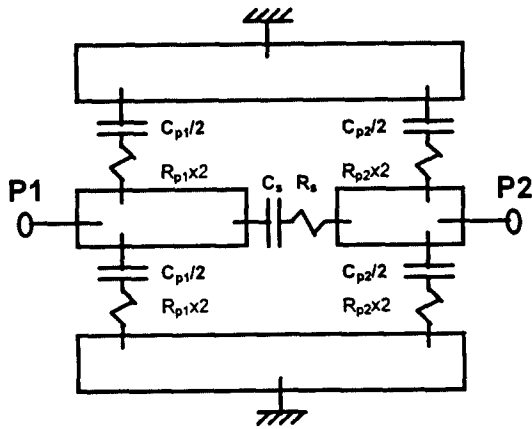


그림 10. 개방 패턴에 있는 기생 성분  
Fig. 10. Parasitic components in the open pattern.

그림 10은 개방 패턴 및 기생 성분의 등가 회로 모델을 나타낸 것이다. 전달 패턴에서 추출한 기생 성분을 바탕으로 개방 패턴의 기생 성분을 분석하였다. 그림 11은 측정된 개방 패턴의 S 파라미터와 등가 모델의 S 파라미터를 나타낸 것이다. 여기에서 시작과 끝을 +로 나타낸 MES21N은 측정값의 S<sub>21</sub>을 10 배한 것이고, MOD21N은 등가 모델의 S<sub>21</sub>을 10 배로 확대하여 그린 것이다. 등가 모델의 특성이 측정된 개방 패턴의 특성을 잘 표현하고 있음을 볼 수 있다. 개방 패턴의 등가 모델 및 각 성분을 그림 12에 나타내었다. C<sub>BST</sub>를 제외한 부분이다.

라메터로 표현할 경우 매우 쉽게 해석 된다. 즉, 측정된 BST 커패시터의 특성은 BST 커패시터의 영향과 측정 패드(PAD)에 포함되어 있는 성분의 영향이 합쳐진 것이다. 그러므로, 식 1과 같이 측정된 BST 커패시터의 Y 파라미터에서 개방 회로의 Y 파라미터를 빼주면 BST 커패시터만의 특성이 얻어지게 된다. 식 1에서 추출된 Y<sub>BST</sub>의 허수 성분으로부터 커패시턴스가 얻어지게 된다. 측정된 BST 커패시터의 S 파라미터를 그림 13에 나타내었다. S<sub>11</sub>은 주파수가 증가할수록 원점 가까이로 이동하며, S<sub>21</sub>은 원점 근처에서 점차 멀어진다. 이것은 주파수가 증가할수록 커패시터를 통한 전달 성분이 증가하기 때문이다.

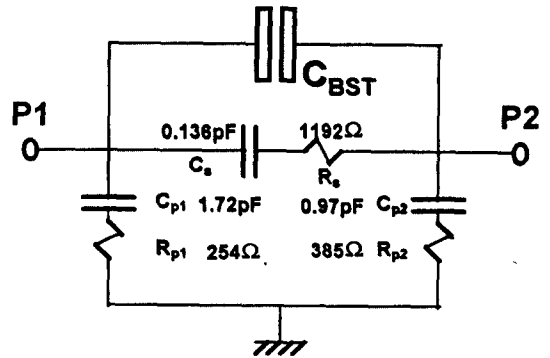


그림 12. 고주파 측정용 커패시터의 등가 회로  
Fig. 12. The equivalent circuit of the capacitors for measuring high-frequency characteristics.

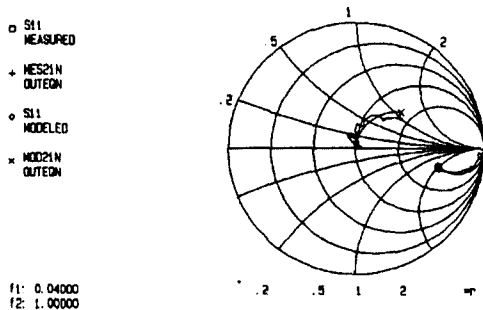


그림 11. 개방 패턴 및 등가 모델의 S 파라미터  
Fig. 11. Measured and modeled S parameters of open pattern.

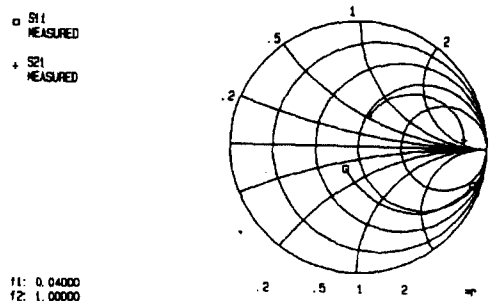


그림 13. 측정된 20×50 $\mu\text{m}^2$  커패시터의 S 파라미터  
Fig. 13. Measured S parameters of 20×50 $\mu\text{m}^2$  capacitor.

고주파 측정용 BST 박막 커패시터의 등가 모델은 그림 12와 같이 개방 패턴과 병렬로 연결된 커패시터로 볼 수 있다. 병렬로 연결된 2 단자 회로망은 Y 파

$$Y_{BST} = Y_{BST+PAD} - Y_{PAD} \quad (1)$$

고주파 측정된 커패시터의 특성을 분석하는 과정에

서 기생 성분의 영향을 측정된 결과에서 하나씩 제거한다고 할 때, 이러한 과정이 번거로울 뿐 아니라 등가 모델에 포함된 오차가 커패시터의 특성에 포함된다. 그러나, 기생 성분이 측정 소자와 병렬로 결합된 구조에서는 모델을 세우고, 모델 성분의 파라미터를 추출하는 과정이 생략될 수 있으며, 모델에 포함된 오차가 BST의 특성으로 나타나지 않는다. 즉, BST 커패시터와 직렬로 연결된 성분을 무시할 수 있을 때 식 1과 같은 간단한 방법으로 기생 성분의 영향을 제거할 수 있다.

본 실험에서 제작한 소자의 경우, air bridge 형성 과정에서 측정 패턴이 두껍게 도금됨으로써 측정 패턴의 직렬 저항을 감소시키는 효과를 가져왔다. 하부 전극인 Pt (800Å)만 있을 경우 3 ~ 5 Ω의 직렬 저항이 예상되며 무시할 수 없는 영향을 줄 것으로 생각된다.

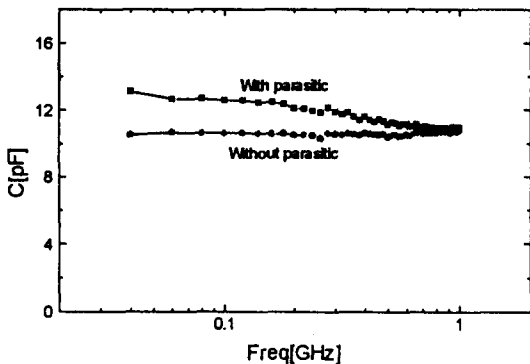


그림 14. 기생 성분 유·무에 따른 유전 특성  
Fig. 14. Dielectric properties with/without parasitic components.

그림 14는 기생 성분의 영향이 있는 경우와 없는 경우는 나타낸 것이다. 기생 성분의 영향이 있을 시에는 주파수에 따라서 커패시턴스가 감소하는 것처럼 보이지만 기생 성분의 영향이 제거된 후에는 거의 일정한 커패시턴스를 가진다. 이것은 본 실험에서 사용한 BST 박막이 40 ~ 1000 MHz 범위 내에서 유전율의 변화가 없다는 것을 의미한다. 또한, 고주파에서는 커패시터 구조로서 유전체의 특성을 분석할 때 기생 성분의 영향이 고려되어야 한다는 것을 의미한다.

고주파 측정에서 기생 성분의 효과를 잘 분석하여 보상하는 방법과 함께 기생 성분을 줄여서 보다 정확한 측정이 될 수 있도록 하는 것도 매우 중요하다.

기생 성분은 주로 전극과 실리콘 기판 사이의 SiO<sub>2</sub>를 유전체로 하는 커패시턴스 성분과 실리콘 기판의 저항 성분<sup>14)</sup>으로 생각할 수 있다. 이러한 경우 기생 성분을 줄이기 위해서는 SiO<sub>2</sub> 층을 두껍게 하고 저항이 큰 실리콘 웨이퍼를 사용한다면 기생 성분을 줄일 수 있다. 또한, 측정 패턴의 저항을 줄이는 것도 고려되어야 할 것이다.

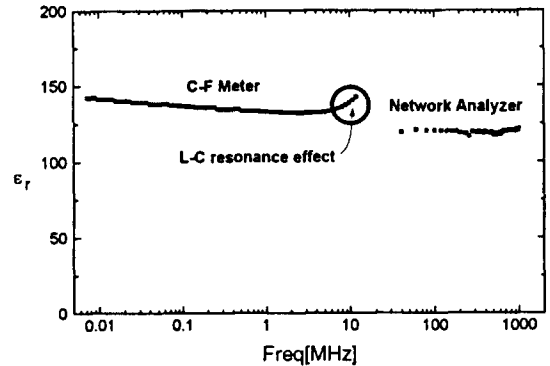


그림 15. 5 kHz ~ 1 GHz 에서 측정된 100nm 두께의 Ba<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>TiO<sub>3</sub> 박막의 유전 특성  
Fig. 15. Dielectric properties of 100nm-thick Ba<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>TiO<sub>3</sub> films in the range of 5 kHz to 1 GHz.

그림 15에는 C-F 측정 결과와 고주파 측정 결과를 나타내었다. 여기에서 BST 박막은 저주파에서 고주파까지 거의 일정한 유전율을 가지는 것으로 볼 수 있다.

## VI. 결 론

Pt/BST/Pt/Ti 구조의 고주파 측정용 MIM 커패시터를 만들어 40 MHz ~ 1 GHz까지 측정하였다. 측정 패턴에 포함되어 있는 기생 성분을 제거한 결과 측정 범위에서 유전율의 분산이 없는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, BST 박막 커패시터의 고주파 측정에서 기생 성분에 대한 고려가 요구되며, Ba<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>TiO<sub>3</sub> 박막이 수 ns 정도의 고속 동작이 요구되는 1 Gb급 DRAM용 커패시터에 적용될 수 있다고 판단된다.

## 감사의 글

※ 실험 과정에서 도움을 주신 분들께 감사드립니다. 특히, C-F 측정에 도움을 준 재료공학과 박용준씨 및 이원재 박사님, S 파라미터 측정 및 기생 성분

추출에 도움을 준 어운성씨, 고범규씨 그리고 고진 수씨에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] Ralph Williams, *Modern GaAs Processing Methods*, ARTECH HOUSE, chapt. 15, 1990.

[2] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, ADDISON WESLEY, chapt. 3 ~ 5, 1990.

[3] K.R. Carroll, *et al.*, Microwave measurement of the dielectric constant of  $Sr_{0.5}Ba_{0.5}TiO_3$  ferroelectric thin films

*Appl. Phys. Lett.* **62**(15), p 1845, 1993.

[4] TOM M. HYLTIIN, Microstrip Transmission on Semiconductor Dielectrics, *IEEE TRAN. ON MICROWAVE AND THECHNIQUES* VOL. MTT-13 No. 6, p 777, 1965.

[5] Won-Jae Lee, *et al.*, Electrical Properties and Crystal structure of the BST thin film deposited on Pt/SiO<sub>2</sub>/Si Substrate by RF magnetron sputtering, *Jpn. J. Appl. Phys.* Vol. **34**, No. 1, pp 196-199, 1995.

저 자 소 개



張炳璋(正會員)

1968년 8월 26일생. 1991년 2월 경북대학교 전자공학과(공학사), 1994년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사), 1994년 3월 ~ 현재 한국과학기술원 박사과정 재학중. 주관심분야는 GaAs계의 고주파용 소자, 광통신용 소자 및 PZT, BST 등의 고유전 박막 등임



車宣龍(正會員)

1967년 8월 4일생. 1991년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학사), 1995년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사), 1995년 3월 ~ 현재 한국과학기술원 박사과정 재학중. 주관심분야는 PZT, BST 등의 고유전 박막, 고유전 박막용 하부 전극 등임

李昇勳(正會員)

1970년 8월 24일생. 1994년 2월 포항공과대학 전자전기공학과(공학사), 1996년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사), 주관심분야는 PZT, BST 등의 고유전 박막 등임

郭東華(正會員)

第 31卷 A編 第 12號 參照  
현재 한국과학기술원 박사과정

李熙哲(正會員)

第 31卷 A編 第 10號 參照  
현재 한국과학기술원 부교수



白種泰(正會員)

1956년 5월 16일생. 1980년 2월 한양대학교 금속공학과(공학사), 1982년 2월 한국과학기술원 재료공학과(공학석사), 1996년 2월 한국과학기술원 재료공학과(공학박사), 1982년 3월 ~ 현재 한국전자통신연구소 근무. 반도체연구단 공정장비연구실장, 차세대 반도체 선행기초기술연구 수행

俞炳坤(正會員)

第 30卷 A編 第 11號 參照  
주관심분야는 MOS 소자의 신뢰성 연구 및 Deep submicron 소자, TFT 소자, FeRAM, FED 등임. 현재 한국전자통신연구소 선임연구원

俞亨濬(正會員)

현재 전자통신연구소 책임연구원