

論文99-36D-4-8

유도결합 플라즈마에 의한 (Ba, Sr)TiO₃ 박막의 식각 특성 연구(The Study on the Etching Characteristics of (Ba, Sr)TiO₃ Film by Inductively Coupled Plasma)

金承範*, 李英俊**, 廉根永**, 金昌日*

(Seung-Bum Kim, Young-Jun Lee, Geun-Yong Yeom, and Chang-Il Kim)

요 약

본 연구에서, (Ba,Sr)TiO₃ 박막이 rf 전력, dc 바이어스 전압 및 반응로 압력과 같은 식각 공정 변수를 변화하여 ICP에서 Cl₂/Ar 가스 혼합비에 따라 식각되었다. 0.2의 Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비, 600 W의 rf 전력, 250 V의 dc 바이어스 전압 및 5 mTorr의 반응로 압력의 공정 조건하에서 식각율은 56 nm/min이었다. 이때 Pt, SiO₂막에 대한 BST 박막의 식각 선택비는 각각 0.52, 0.43이었다. 식각된 BST 박막의 표면 반응은 XPS로 분석하였다. Ba는 BaCl₂와 같은 화학적인 반응과 물리적인 스퍼터링에 의해 제거되었다. Sr의 제거는 Sr과 Cl의 화학적인 반응보다 Ar 이온 충격이 더 효과적이었다. Ti는 TiCl₄와 같은 화학반응에 의해 용이하게 제거되었다. XPS 분석 결과를 비교하기 위하여 SIMS의 분석을 수행하여 비교한 결과 동일한 결론을 도출하였다.

Abstract

In this study, (Ba,Sr)TiO₃ thin films were etched with Cl₂/Ar gas mixing ratio in an inductively coupled plasma (ICP) by varying the etching parameter such as rf power, dc bias voltage, and chamber pressure. The etch rate was 56 nm/min under Cl₂/(Cl₂+Ar) gas mixing ratio of 0.2, rf power of 600 W, dc bias voltage of 250 V, and chamber pressure of 5 mTorr. At this time, the selectivity of BST to Pt, SiO₂ was respectively 0.52, 0.43. The surface reaction of the etched (Ba,Sr)TiO₃ thin films was investigated with X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Ba is removed by chemical reaction such as BaCl₂ and physical sputtering. Ar ion bombardment is more effective than chemical reaction between Sr and Cl to remove Sr. Ti is removed by chemical reaction such as TiCl₄ with ease. The results of secondary ion mass spectrometer (SIMS) analysis compared with the results of XPS analysis and the results were the same.

I. 서 론

반도체 집적회로 제조기술의 급속한 발전은 Giga

* 正會員, 中央大學校 電氣工學科

(Dept. of Electrical Eng., Chungang Univ.)

** 正會員, 成均館大學校 材料工學科

(Dept. of Materials Eng., Sungkyunkwan Univ.)

※ 이 연구는 98년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과임.(과제번호: 981-0908-033-2)

接受日字:1998年12月5日, 수정완료일:1999年3月2日

Bit급 DRAM의 실현을 앞두고 있다. 이에 따라 축적 전하량의 확보가 중요한 과제로 대두되고 있다. 축적 전하량의 확보를 위한 가장 유력한 고유전율 물질은 PbZrTiO₃, PbLaZrTiO₃, BaSrTiO₃^[1], SrTiO₃^[2], SrBi₂Ti₂O₉ 등이 있다. 이들 중에서 (Ba,Sr)TiO₃ 박막은 강유전체 재료와는 달리 분극반전이 없어 막의 피로가 없고, 벌크의 비유전율이 1400으로 높기 때문에 박막에서도 높은 비유전율을 얻을 수 있는 장점 때문에 크게 각광을 받고 있다. 이러한 박막의 형성기술 개발은 많은 노력으로 인하여 고유전율 박막의 실용화

가 가시화되고 있다. 이에 반해 고유전율 박막 및 전극 재료의 가공기술은 DRAM 제조 공정에 있어 필수적인 단계임에도 불구하고 극히 초보적인 단계에 머물러 있어, 식각기술의 개발이 시급한 실정이다. 이러한 요구에 부응하여 유력한 전극 물질로 대두되는 Pt에 대한 식각 연구는 최근에 일부 시도되고 있다. 그러나 고유전율 박막에 대한 식각 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 ICP 식각장비를 이용하여 (Ba,Sr)TiO₃ 박막의 식각 메커니즘을 규명하고자 한다. Cl₂/Ar 가스 조성비, rf 전력, dc 바이어스 전압, 반응로 압력등의 공정 변수를 변화하면서 (Ba,Sr)TiO₃ 박막을 식각하였다. 식각된 (Ba,Sr)TiO₃ 박막의 표면 반응은 XPS로 분석하였다. XPS 분석 결과를 비교하기 위하여 SIMS의 분석을 수행한 결과와 비교 분석을 하였다.

II. 실험

본 실험을 위하여 0.85~1.15 Ω.cm의 비저항을 갖는 p형, 5인치 실리콘 웨이퍼를 기판으로 사용하였고, 기판을 1:4의 H₂SO₄:H₂O₂ 및 10:1의 H₂O:HF 용액과 탈이온수로 세척한 후 420 °C에서 SiH₄ 및 O₂ 가스를 사용한 저압화학증착법(LPCVD : low pressure chemical vapor deposition)으로 6000 Å의 TEOS (tetraethyl orthosilicate)막을 증착하였다. TEOS막을 증착 시킨후 Pt 박막의 접착력을 좋게 하기 위하여 700 Å의 Ti막을 스퍼터 증착하였다. Ti막 위에 Varian 3180 스퍼터링 시스템을 사용하여 상온, 6 mTorr 분위기 하에서 Pt 타겟(target)을 사용하여 2000 Å 두께의 Pt 박막을 스퍼터링하여 시료를 제작하였다. Pt막을 증착 후 (Ba,Sr)TiO₃ 박막이 5인치 (Ba_{0.5},Sr_{0.5})/TiO₃ 세라믹 single target을 사용하여 rf Anelva SPF-201B 스퍼터 시스템에 의하여 증착되었다. (Ba,Sr)TiO₃ 박막의 증착은 80% Ar과 20% O₂가스 조성으로 5 mTorr 압력에서 수행되었다.

(Ba,Sr)TiO₃ 박막의 식각은 ICP 식각장비를 이용하여 Cl₂/Ar 가스 혼합비, rf 전력, dc 바이어스 전압 및 반응로 압력등의 식각 공정 변수를 변화하면서 식각하였다. (Ba,Sr)TiO₃ 박막을 플라즈마 식각한 후 시료의 표면 조성 및 화학적 결합 상태의 분석은 VG Scientific 사의 ESCALAB 220-IXL XPS로 수행하였다. 에너지원으로는 250 watts의 Al Ka

(1486.6 eV) 방사(radiation)를 사용하였으며, 시료의 표면 조성 분석을 위한 wide scan 분석은 pass energy (Ep)를 100 eV로, 검출된 원소의 화학적 결합상태 분석을 위한 narrow scan 분석은 Ep=20 eV(혹은 40 eV)로 수행하였다. XPS 분석 결과를 비교하기 위하여 CAMECA IMS6F SIMS로 mass 분석을 수행하였다. SIMS 원으로는 1.11 kV와 10.68~10.92 nA의 Cs⁺ 이온이 사용되었다.

III. 결과 및 검토

그림 1은 Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비를 변화시키면서 식각된 BST, SiO₂ 및 PR의 식각율과 SiO₂와 PR에 대한 선택비를 나타낸 것이다. 이때 시료의 식각조건은 rf power는 600 W, dc bias 250 V, 반응로 압력은 10 mTorr, 총 가스 유량은 30 sccm이었다.

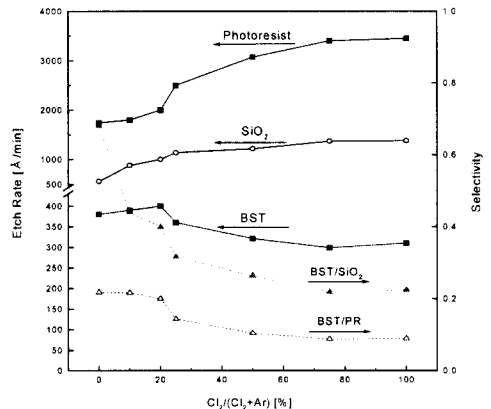


그림 1. Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비에 따른 BST, SiO₂, PR의 식각율과 선택비(식각조건: 600 W의 rf 전력, 250 V의 dc 바이어스, 10 mTorr의 반응로 압력, 전체 가스 유량은 30 sccm)

Fig. 1. The etch rate and selectivity of BST, SiO₂, PR as a function of Cl₂/(Cl₂+Ar) gas mixing ratio(etch condition:rf power=600W, dc bias=250V, chamber pressure=10 mTorr, total gas flow rate=30 sccm).

그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비가 20%까지 증가함에 따라 BST 박막의 식각율은 증가하여 20%에서 40 nm/min으로 최대 식각율을 보인 후, Cl₂ 농도가 증가함에 따라 BST 박막의 식각율은 점차 감소하였다. 반면에 SiO₂와 PR의 식각율은 Cl₂ 농도가 증가함에 따라 완만하게 증가하였다. 이는 Ar 이온에 의한 스퍼터링이 SiO₂와 PR의

식각보다 BST 박막의 식각에 더 효과적임을 의미한다. SiO₂와 PR 식각의 경우에는 chemical 식각이 스퍼터 식각보다 더 효과적이다. 따라서 Cl₂ 가스 농도가 증가함에 따라 SiO₂와 PR의 식각 선택비는 점차 감소하였고, Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비가 20%에서 SiO₂에 대한 식각 선택비는 0.4이고, PR에 대한 식각 선택비는 0.2이었다.

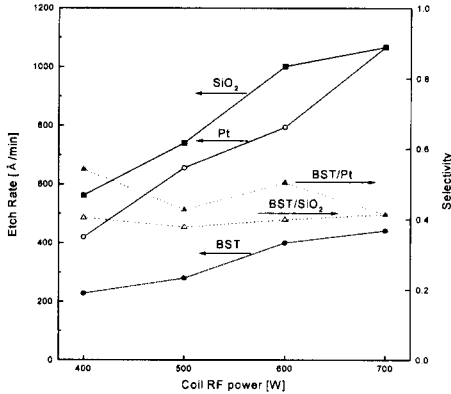


그림 2. 코일 rf 전력에 따른 BST, SiO₂, PR의 식각율과 선택비(식각조건: 10%Cl₂/90%Ar의 식각가스, 250 V의 dc 바이어스, 10 mTorr의 반응로 압력, 전체 가스 유량은 30 sccm)

Fig. 2. The etch rate and selectivity of BST, SiO₂, PR as a function of coil rf power(etch condition:etch gas=10%Cl₂/90%Ar, dc bias=250V, chamber pressure=10 mTorr, total gas flow rate=30 sccm).

그림 2는 20%의 Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비로 rf power 변화에 따른 BST, Pt, SiO₂의 식각율 및 식각 선택비를 나타내었다. 그림 2를 살펴보면, rf power가 400 W에서 700 W로 증가함에 따라 Pt와 SiO₂의 식각율은 42 nm/min에서 107 nm/min, 56 nm/min에서 107 nm/min으로 빠르게 증가하였다. BST 박막의 식각율은 23 nm/min에서 45 nm/min으로 느리게 증가하였다. 반면에 Pt에 대한 식각 선택비는 0.54에서 0.41로 다소 감소하지만 SiO₂에 대한 식각 선택비는 0.4정도로 일정하였다. 이는 rf power 증가에 따라 반응성 래디컬과 이온의 증가로 플라즈마 밀도가 증가하여 BST, Pt 및 SiO₂막의 식각율이 증가한 것으로 판단된다.

그림 3은 dc 바이어스 전압의 변화에 따른 BST, Pt, SiO₂의 식각율 및 식각 선택비를 나타내었다.

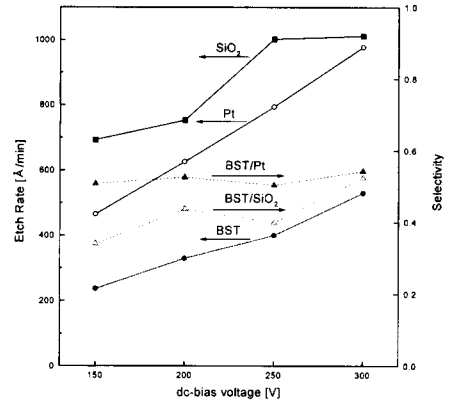


그림 3. dc 바이어스 전압에 따른 BST, SiO₂, PR의 식각율과 선택비(식각조건 : 10%Cl₂/90%Ar의 식각가스, 600 W의 rf power, 10 mTorr의 반응로 압력, 전체 가스 유량은 30 sccm)

Fig. 3. The etch rate and selectivity of BST, SiO₂, PR as a function of dc bias voltage(etch condition : etch gas=10%Cl₂/90%Ar, rf power=600W, chamber pressure=10 mTorr, total gas flow rate=30 sccm).

그림 3에서 dc 바이어스가 150 V에서 300 V로 증가함에 따라 BST 박막의 식각율은 24 nm/min에서 53 nm/min으로, Pt막의 식각율은 47 nm/min에서 100 nm/min으로, SiO₂의 식각율은 70 nm/min에서 101 nm/min으로 증가하였다. Pt에 대한 식각 선택비는 0.52정도로 거의 일정한 반면에 SiO₂에 대한 식각 선택비는 0.34에서 0.53으로 증가하였다. 이는 dc 바이어스 전압의 증가에 따라 이온 충격 에너지가 증가하여 BST, Pt 및 SiO₂막의 식각율이 증가한 것으로 판단된다.

그림 4는 반응로 압력의 변화에 따른 BST, Pt, SiO₂의 식각율 및 식각 선택비를 나타내었다. 그림 4에서 반응로 압력이 5 mTorr에서 20 mTorr로 증가함에 따라 BST의 식각율은 56 nm/min에서 36 nm/min으로, Pt의 식각율은 110 nm/min에서 57 nm/min으로 빠르게 감소하는 반면에 SiO₂의 식각율은 130 nm/min에서 10 mTorr일 때 101 nm/min으로 감소한 후 거의 일정하였다. 반응로 압력의 증가에 따라 Pt에 대한 식각 선택비는 0.52에서 0.59로 미소하게 증가하였지만 SiO₂에 대한 식각 선택비는 0.43에서 0.33으로 감소하였다. 이는 species의 mean free path가 압력의 증가에 따라 역으로 비례하고, 전위의 상승으로 인하여 기판 표면으로 높은 에너지의 이온

흐름을 전달하기 때문이다. 낮은 압력은 높은 이온 충격에너지에 유리하다. 그러나 BST 식각 공정은 가스 압력 증가에 따라 래디컬 밀도의 증가에도 불구하고 효과적이지 않다. 이러한 결과는 BST 박막의 식각은 이온 충격에 의한 스퍼터 식각이 화학적인 반응에 의한 식각보다 더 효과적임을 의미한다.

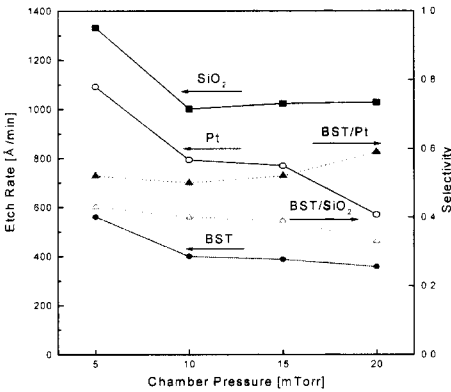


그림 4. 반응로 압력에 따른 BST, SiO₂, PR의 식각율과 선택비(식각조건 : 10%Cl₂/90%Ar의 식각 가스, 600 W의 rf power, 250 V의 dc 바이어스, 전체 가스 유량은 30 sccm)

Fig. 4. The etch rate and selectivity of BST, SiO₂, PR as a function of chamber pressure(etch condition:etch gas=10%Cl₂/90%Ar, rf power=600W, dc bias=250 V, total gas flow rate=30 sccm).

그림 5는 Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비 변화에 따라 식각된 BST 박막 표면의 atomic percentage를 나타내었다. 그림 5에서 알 수 있는 바와 같이 Ar만으로 식각된 BST 박막 표면에서 Ba의 relative atomic percentage는 Cl₂ 함유량이 높은 식각공정 조건하에서 식각된 BST 박막의 것보다 적을 뿐만 아니라 as-deposited BST막의 것보다 훨씬 적다. 이는 BST막에서 BaO가 Ar 이온 충격에 의해 Ba-O 결합이 깨지고 BaCl_x를 형성함을 의미한다. 그러나 BaCl_x의 증기압이 낮고, 이온 조력 식각이 BaCl_x를 제거하는데 필요하다. 식각된 BST 박막 표면의 Sr의 relative atomic percentage는 Ar만으로 식각된 경우 as-deposited BST막의 것보다 다소 적었다. Cl₂ 함유량이 증가함에 따라 Sr의 atomic %는 약간 증가하였고, 이는 SrCl_x 형성이 어렵고 Sr은 Ar 이온 충격에 의해 제거된다고 판단된다. Ti의 atomic %는

Cl₂ 함유량이 증가함에 따라 감소하여 Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비가 50% 이상에서는 거의 변화하지 않았다. 이는 Ti가 Cl과 반응하여 TiCl_x(or TiCl₄)가 형성되고 용이하게 제거되기 때문이다. O의 atomic %는 Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비가 증가함에 따라 거의 일정하게 높게 나타나는데, 이는 XPS 분석 전 대기 노출에 의한 O에 의하여 실제보다 높게 나타난다고 판단된다. Cl의 atomic %는 Cl₂의 함유량이 증가함에 따라 점점 증가하지만 Cl₂ 100%에서 식각된 시료에서는 감소함을 보인다. 이는 Cl₂ 가스가 Ar과 충돌하여 Cl 래디컬을 생성하여 BST 막의 표면에서 반응하는데, 이 경우는 Ar이 첨가되지 않기 때문에 Ar과의 충돌에 의한 Cl 래디컬이 생성되지 않으므로 Cl의 atomic %가 적게 검출되는 것으로 판단된다.

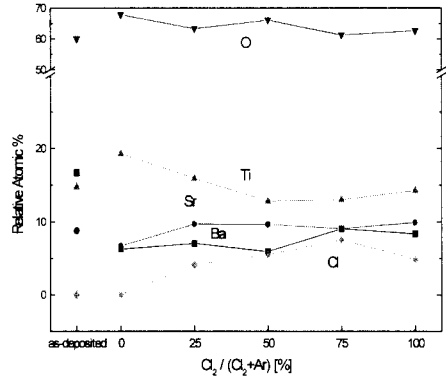


그림 5. Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비에 따라 식각된 BST 박막 표면의 atomic % (식각조건: 600 W의 rf 전력, 250 V의 dc 바이어스, 10 mTorr의 반응로 압력, 전체 가스 유량은 30 sccm)

Fig. 5. Atomic percentage of the etched BST film surface as a function of Cl₂/(Cl₂+Ar) gas mixing ratios(etch condition:rf power=600W, dc bias=250V, chamber pressure=10 mTorr, total gas flow rate=30sccm).

Ba, Sr, Ti와 Cl 래디컬이 어떻게 결합하는지를 연구하기 위하여 XPS narrow scan 분석을 수행하였다. 그림 6은 Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비에 따라 식각된 BST 박막 표면의 (a) Ba 3d, (b) Sr 3d, (c) Ti 2p 및 (d) Cl 2p 피크의 narrow scan spectrum을 보인 것이다. 그림 6(a)는 Ba 3d 피크가 binding energy가 각각 779 eV와 781.7 eV인 BaO와 BaCl₂ 결합 피크로 분리 할 수 있음을 보인다. 그림 6 (a)에서 살펴보면, 시료 (3)에서 시료 (6)의 피크는 화학

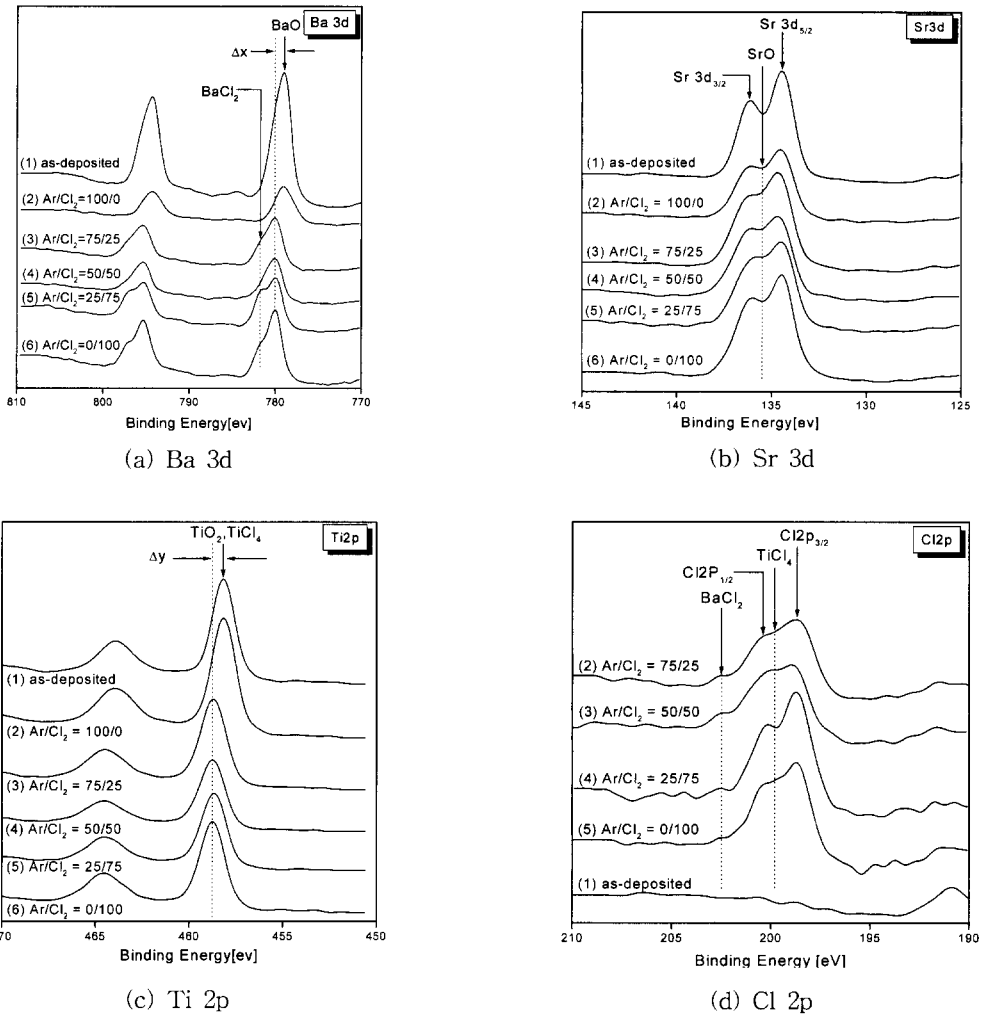


그림 6. Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비에 따라 식각된 BST박막 표면의 (a) Ba 3d, (b) Sr 3d, (c) Ti 2p 및 (d) Cl 2p XPS narrow scan 스펙트럼
 Fig. 6. (a) Ba 3d, (b) Sr 3d, (c) Ti 2p, and (d) Cl 2p XPS narrow scan spectrum of the etched BST film surface as a function of Cl₂/(Cl₂+Ar) gas mixing ratio.

적인 반응에 의해 Δx (=1 eV) 만큼 높은 binding energy로 shift 되었다. 그림 6(a)의 시료 (5)와 시료 (6)의 피크에서 보인 바와 같이 Ar 가스 농도가 감소함에 따라 BaCl₂가 물리적인 충격에 의해 거의 제거되지 않기 때문에 BaO, BaCl₂ 결합 피크의 세기가 다른 피크(시료 (1)을 제외한)들 보다 높게 나타났다. 이는 Ba와 Cl 사이에 BaCl₂와 같은 화학적인 반응이 존재함을 의미한다.

그림 6(b)는 Cl₂/(Cl₂+Ar) 가스 혼합비에 따라 식각된 BST 박막 표면의 Sr 3d 피크의 narrow scan spectrum을 보인 것이다. 그림 6(b)에서 Sr 3d

narrow scan spectrum은 Sr과 SrO로 분해될 수 있고, element Sr은 134.45 eV와 136.15 eV의 binding energy에서 각각 Sr_{5/2}와 Sr_{3/2}의 피크가, 135.5 eV의 binding energy에서 SrO의 피크가 관찰되었다. Sr과 Cl사이의 화학적 반응은 거의 발견되지 않았고, 또한 chemical shift도 관찰되지 않았다. SrCl 결합이 존재할 것으로 예상되었으나 식각된 BST 박막의 표면에서 Sr-Cl 결합이 관찰되지 않았다. 따라서 식각된 BST 박막의 표면에 Sr-Cl 결합이 존재한다고 하더라도 화학적으로 결합된 Sr-Cl 결합 양이 매우 적다고 판단된다.

그림 6(b)의 시료 (2)에서 시료 (5)의 스펙트럼에서 Sr 원자가 Ar 이온 충격에 의해 제거되기 때문에 SrO의 피크의 세기가 증가한다고 판단된다.

그림 6(c)는 $Cl_2/(Cl_2+Ar)$ 가스 혼합비에 따라 식각된 BST 박막 표면의 Ti 2p 피크의 narrow scan spectrum을 보인 것이다.

그림 6(c)에서 살펴보면 TiO_2 피크는 화학적인 반응에 의하여 Δy (=0.6 eV) 정도의 높은 binding energy로 shift되었다. 더군다나 TiO_2 와 $TiCl_4$ 가 458.5 eV~458.7 eV에서 관찰되기 때문에 구별이 어렵다. Cl_2 의 첨가량이 증가함에 따라 $TiO_2(TiCl_4)$ 결합 피크의 세기는 감소하지만, 그림 6(c)의 시료 (6)에서 TiO_2 피크의 세기는 그림 6(c)의 시료 (5)에서의 TiO_2 피크의 세기보다 더 높다. 이는 Ar에 의한 이온 충격 효과가 없기 때문이며, 이온충격 효과가 Ti 식각에 더 효과적이라면 Ar만으로 식각된 시료(2)에서 Ti 2p 피크의 세기가 낮아야 하나 Cl_2 가스를 함유한 조건에서 식각된 시료(3)~(6)보다 Ti 2p 피크의 세기가 높다.

따라서 Ar에 의한 이온충격효과 보다는 Cl과의 화학적 반응에 의한 식각이 BST 박막의 구성 원소 중 Ti 제거에 더 효과적임을 확인하였다.

그림 6(d)는 $Cl_2/(Cl_2+Ar)$ 가스 혼합비에 따라 식각된 BST 박막 표면의 Cl 2p 피크의 narrow scan spectrum을 보인 것이다.

그림 6(d)의 Cl 2p 피크의 narrow scan spectrum은 Cl-Cl, $TiCl_4$ 및 $BaCl_2$ 결합과 같은 세가지 결합 형태로 분리할 수 있다. 화학적으로 반응하지 않은 Cl 2p narrow scan spectrum은 각각 198.7 eV와 200.4 eV의 binding energy를 갖는 Cl 2p_{3/2}와 Cl 2p_{1/2}인 두 개의 피크로 분리할 수 있다. 그림 6(d)에서 살펴보면, Ba, Ti 및 Cl 래디컬 사이에 화학적인 반응으로 각각 202.5 eV와 199.85 eV의 binding energy를 갖는 $BaCl_2$ 결합과 $TiCl_4$ 결합 형태를 갖는 것이 분명하다.

XPS 분석과 비교하기 위하여 $Cl_2/(Cl_2+Ar)$ 가스 혼합비가 0.5로 식각된 BST 박막의 표면을 SIMS로 분석하였다. 그림 7에서 보인바와 같이 $BaCl_2$, $TiCl_4$ ($TiCl_x$)의 결합이 존재함을 확인하였다.

$SrCl_x$ 가 관찰되지 않았는데 식각된 BST 표면에 $SrCl_x$ 가 존재할 지라도 그 양이 매우 작기 때문에 검출되지 않는 것이라고 판단된다.

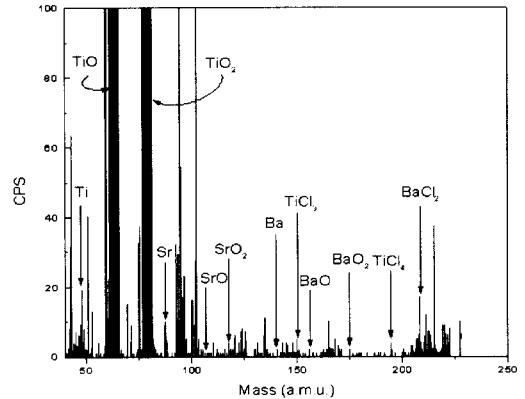


그림 7. 0.5의 $Cl_2/(Cl_2+Ar)$ 가스 혼합비로 식각된 BST 박막 표면의 SIMS에 의한 mass 분석

Fig. 7. Mass analysis of the etched BST film surface with $Cl_2/(Cl_2+Ar)$ gas mixing ratio of 0.5 by SIMS.

IV. 결론

본 연구에서는 Cl_2/Ar 가스 플라즈마를 이용하여 ICP 장치로 BST 박막의 식각 특성을 연구하였다. 또한 식각 가스 구성비, ICP source power, dc bias 전압 및 반응로 압력의 변화에 따른 BST 박막의 식각 특성이 연구되었다. $Cl_2/(Cl_2+Ar)$ 가스 혼합비가 0.2, rf power가 600 W, dc bias voltage가 250 V, 반응로 압력이 5 mTorr인 공정 조건에서 BST 박막의 식각율이 56 nm/min이었다.

이때 Pt 및 SiO_2 에 대한 식각 선택비는 각각 0.52와 0.43이었다. 식각된 BST 박막의 표면 반응이 XPS 분석으로 연구되었다. 이온 enhancement 식각이 Ba-O 결합을 파괴하고 Ba와 Cl 사이에 화학적인 반응을 하여 $BaCl_2$ 결합 형태로 제거하기 위하여 필요하다. Sr은 Cl과의 화학적인 반응에 의한 식각은 매우 적고 물리적인 스퍼터링에 의해 제거된다. 따라서 Sr은 더 용이하게 제거하기 위하여 더욱 반응성이 좋은 fluorine과 같은 다른 식각가스가 사용되어야 한다. Ti와 Cl 사이에는 화학적인 반응을 하고 $TiCl_4$ 결합 형태로 용이하게 제거된다.

SIMS 분석이 $BaCl_2$, $TiCl_4$ 결합이 존재함을 확인하였다. $SrCl_x$ 결합이 식각된 BST 박막의 표면에 존재할 것으로 예상되나 관찰되지 않았다. 이는 Sr-Cl 결합이 존재하더라도 미량으로 존재하기 때문이라고 생각된다.

참 고 문 헌

[1] F. Scott, and C. A. Paz de Araujo, "Ferroelectric Memories", Science, 246, pp. 1400-1405, 1989.

[2] T. Kuroiwa, Y. Tsunemine, T. Horikawa, T. Makita, J. Tanimura, N. Mikami, and K. Sato, "Dielectric Properties of (BaxSr1-x)TiO₃ Thin Films Prepared by RF Sputtering for Dynamic Random Access Memory Application", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 33, Part 1, No. 3, pp. 5187-5191, 1994.

[3] K. Koyama, T. Sakuma, S. Yamamichi, H. Watanabe, H. Aoki, Y. Miyasaka, and T. Kikkawa, "A Stacked Capacitor with (BaxSr1-x)TiO₃ for 256M DRAM", IEDM Tech. Digest, pp. 823-826, 1991.

[4] S. O. Park, C. S. Hwang, H. J. Cho, C. S. Kang, H. K. Kang, S. I. Lee, and M. Y. Lee, "Fabrication and Electrical Characterization of Pt/(Ba,Sr)TiO₃/Pt Capacitors for Ultralarge-Scale Integrated Dynamic Random Access Memory Application", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 35, Part 1, No. 2B, pp. 1548-1552, 1996.

[5] "Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy", edited by J. Chastain (Perkin Elmer, 1992), p. 72.

[6] "Handbook of Chemical and Physics", edited by D. R. Lide (CRC press, 1996), p.4-42.

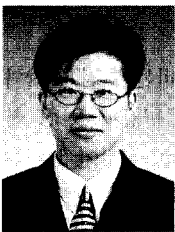
저 자 소 개



金 承 範(正會員)

1974년 9월 14일생. 1997년 2월 중앙대학교 전기공학과 졸업(공학사). 현재 동 대학원 전기공학과 석사과정 재학중(반도체 공정 및 플라즈마 응용전공). 주관심 분야 : 반도체 식각 공정 및 플라즈마 응용연구

廉 根 永(正會員) 第 34卷 D編 第 6號 參照



李 英 俊(正會員)

1972년 1월 30일생. 1996년 2월 성균관대학교 재료공학과 졸업(공학사). 1998년 2월 동 대학원 재료공학과 졸업(공학석사). 1999년 현재 동 대학원 재료공학과 박사과정 재학중(전자재료전공). 주관심 분야 : 반도체

金 昌 日(正會員) 第33卷 A編 第12號 參照

1995년 3월-1997년 8월 안양대학교 전기공학과 조교수. 1997년 9월- 현재 중앙대학교 전자전기공학부 조교수

체 식각공정