

SiO₂/Si 및 Si 기판에 rf magnetron sputtering 방법으로 증착된 적외선 센서용 La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ CMR 박막 저항체 특성연구

최선규¹ · A. Sivasankar Reddy¹ · 유병곤² · 류호준² · 박형호^{1,*}

¹연세대학교 신소재공학과, 서울 120-749

²한국전자통신연구원, 대전 305-700

(2008년 2월 22일 받음)

La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ 박막을 rf 마그네트론 스퍼터를 이용하여 챔버 내 산소가스유량비를 0, 40, 80 sccm 으로 조절하고 후열처리 공정 없이 기판온도를 350°C로 유지하면서 SiO₂/Si(100) 및 Si(100) 기판에 증착하였다. 증착된 La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ 박막은 SiO₂/Si(100), Si(100) 기판 모두 (100), (110), (200)면을 갖는 polycrystalline 상태였으며, oxygen flow rate이 증가함에 따라 박막의 grain size가 증가하였다. 증가되는 grain size로 인하여 grain boundary가 감소하였고 따라서 높은 oxygen flow rate에서 증착된 박막은 면저항이 감소하는 현상을 나타내었다. SiO₂/Si 기판과 Si 기판에 증착된 LSMO 박막의 TCR 값은 약 -2.0 ~ -2.2%를 나타내었다.

주제어: 초거대자기저항, LSMO, 저항체, SiO₂/Si, Si, TCR, 마이크로볼로미터

I. 서 론

적외선 센서는 물체로부터 방출되는 적외선에 의해 물질의 온도가 상승함으로써 유발되는 전도도, 대전량 등의 물성변화를 감지하는 원리를 이용한다. 마이크로볼로미터(microbolometer)는 물체의 온도변화로부터 유발되는 저항의 변화를 감지하는 센서로서 비냉각형 볼로미터는 넓은 파장 대역에 걸쳐 균일한 감지능을 가지며, 냉각을 필요로 하지 않는다는 장점이 있다. 비냉각 방식의 열감지형 적외선 검출기인 마이크로볼로미터의 저항체 재료로는 Ti 등과 같은 금속, 산화 바나듐(VO_x), a-Si:H, SiGe, SiC 등과 같은 반도체(semiconductor), YBaCuO와 같은 초전도체(superconductor) 등 여러 가지 물질이 활발하게 연구되고 있다[1, 2].

온도 변화에 따른 저항 변화를 나타내는 성능 지표로는 TCR (temperature coefficient of resistance)이 있으며 높은 TCR 값을 갖는 재료를 저항체로 사용하여 마이크로볼로미터의 성능을 향상시킬 수 있다. 마이크로볼로미터의 저항체로 사용하고 있는 a-Si:H, VO_x, SiGe 등은 노이즈

특성이 좋지 않은 단점 및 증착 방식에 따른 물성 제어의 어려움으로 인하여 이러한 단점들을 극복할 수 있는 새로운 재료의 연구가 지속적으로 진행되고 있다[3, 4]. 이러한 단점들을 극복하기 위하여 우수한 TCR 값과 향상된 노이즈 특성을 갖는 새로운 마이크로볼로미터용 저항체로서 초거대자기저항(CMR: colossal magnetoresistance) 특성을 갖는 페로브스카이트 구조의 망간 산화물이 주목을 받고 있다[5, 6].

LaMnO₃ 페로브스카이트 구조에서 3가 희토류 이온인 La³⁺를 2가 알칼리토류 이온인 Sr²⁺로 일정량 치환하게 되면 Mn³⁺와 Mn⁴⁺이온이 혼재하는 상태가 형성되고, O²⁻이온을 매개로 하여 Mn³⁺와 Mn⁴⁺사이에서 전자가 서로 이동하는 이중교환작용(double exchange)에 의한 전기전도 현상이 일어나게 된다. 이러한 구조의 박막은 상전이 온도 근처에서는 자기장을 걸면 전자스핀들의 열적 요동이 감소하여 전자스핀이 자기장에 의해 보다 더 정렬된 상태가 되고 결국 전자들의 이동이 쉽게 된다. 이 결과로 매우 큰 자기저항의 변화 효과가 나타날 수 있게 되며, 상전이 온도 영역에서 높은 TCR 특성을 갖게 된다[7-9].

* [전자우편] hhpark@yonsei.ac.kr

La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃은 대표적인 CMR 박막으로 기존 연구 결과에서는 단결정 La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ 박막의 증착을 위하여 LaAlO₃, SrTiO₃ 등 고가의 기판에서의 성장이 필요하고, 증착 면적의 대면적화가 어려운 PLD(pulsed laser deposition) 방식의 증착 장비 사용과 증착 시 700℃ 이상의 높은 기판온도 유지와 후 열처리 공정이 필요하다고 보고되고 있다. 그러나 마이크로볼로미터의 제작 공정은 polyimide를 이용하여 vacuum cavity를 형성하는 경우 대개 500℃ 이하에서 이루어지므로 기존 연구와 같은 고온의 공정은 적합하지 않아 La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ 박막을 마이크로볼로미터 저항체로 사용하고자 할 경우 낮은 공정온도와 SiO₂, Si 등의 기판에서도 증착이 가능한 공정 개발이 필요하다 [10-12].

따라서 본 연구에서는 대면적화가 가능한 rf magnetron sputter를 이용하여 La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ 박막을 증착하였고, 증착 시 기판온도를 350℃로 유지하고, SiO₂/Si 및 Si 기판에 증착하여 마이크로볼로미터용 저항체 적용을 위한 특성을 살펴보았다. 또한 증착 시 챔버 내부의 산소 가스 유입량을 변화시킴으로써 이에 따른 La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ 박막의 구조 및 전기적 특성 변화를 연구하였다.

II. 실험

La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ 타깃은 La₂O₃(Sigma Aldrich), SrCO₃(Sigma Aldrich), Mn₂O₃(Cerac) 99.99% 파우더를 사용하여 고상반응법으로 제작하였다. 타깃의 조성에 맞추어 화학 조성비로 각각의 파우더를 칭량하고 이를 에탄올과 함께 지르코니아 볼을 사용하여 24시간 볼밀 하였다. 그 후 150℃에서 가열 및 마그네틱 바를 이용하여 저어주면서 에탄올을 증발시키고 2인치 타깃으로 제작하기 전 고온로를 이용하여 1200℃에서 먼저 열처리하였다. 이는 파우더가 압축 후 소결 시 균열이 생기면서 부서지는 것을 방지하기 위함이다. 한번 열처리과정을 거친 파우더를 막자유발을 이용하여 곱게 분쇄 시킨 후 직경 2 인치 몰드를 사용하여 700 kg/cm² 압력을 가하며 타깃을 성형하였다. 이 후 1200℃에서 4 시간 소결하여 최종적으로 La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ 스퍼터용 타깃을 제작하였다. 스퍼터 챔버의 진공은 터보 펌프를 이용하여 6x10⁻⁶ torr인 상태로 베이스 압력을 유지하였다. 챔버 내 가스 분위기는 고순도 Ar 가스와 O₂ 가스를 사용하였고

mass flow controller(FC-260)를 이용하여 가스량을 조절하였다. SiO₂(100 nm)/Si(100) 기판은 증착 전 아세톤과 DI water로 초음파세척기를 이용하여 각 5분간 세척함으로써 표면의 유기물을 제거하였고 Si(100) 기판은 10% HF 용액에 1분간 담궈 자연 산화막을 제거하였다.

증착 시 타깃과 샘플 홀더의 거리는 50 mm로 유지하였으며 5 rpm의 속도로 홀더를 회전시켜 균일한 증착이 이루어지게 하였다. 스퍼터링 시 기판온도는 350℃, rf power는 200 W로 유지하고 Ar 가스는 100 sccm으로 고정하여 주입하였다. O₂ 가스량은 0, 40, 80 sccm으로 변화시키면서 박막을 증착하였다. 증착된 La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ 박막의 결정 구조는 X-선 회절기(XRD: X-ray diffraction: Rigaku)로 분석하였다. 산소가스유량비에 따른 박막 내 Mn 이온의 산화수를 관찰하기 위하여 X-선 광전자 분광기(XPS: X-ray photoelectron spectroscopy)를 이용하였으며 증착된 박막의 조성은 러더포드 후방산란 분광기(RBS: Rutherford backscattering spectroscopy)로 측정하였다. 또한 표면의 입계는 주사전자현미경(SEM: scanning electron microscopy; JEOL, JSM-6330F)을 이용하여 관찰하였다. CMT-SR2000N 표면저항 측정 장비를 사용하여 박막의 면저항을 측정하였다. La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ 박막의 TCR 값은 열전반도체 온도 조절장치를 이용하여 19 ~ 35℃의 온도영역에서 HP4156A semiconductor parameter analyzer에 의한 전압-전류 값을 측정함으로써 계산하였다.

III. 결과 및 고찰

스퍼터링을 통하여 증착된 La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃(이하 LSMO) 박막의 조성은 RBS 분석을 통하여 타깃의 조성과 동일하게 La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃의 조성을 가짐을 확인하였다. Fig. 1은 rf power를 200 W로 고정한 뒤 산소가스유량비(oxygen gas flow rate)를 0, 40, 80 sccm으로 변화시키면서 산소가스유량비의 변화가 LSMO 박막이 SiO₂/Si 기판 상에서 성장할 때 미치는 영향을 관찰한 XRD 분석 결과이다. LSMO(100)면과 (110), (200)면은 각각 약 2θ=23.0, 32.7, 46.5°에서 관찰되었다.

Fig. 2는 SiO₂/Si(100) 기판 상에 증착한 LSMO 박막과 동일하게 rf power를 200 W로 고정하고 산소가스유량비를 0, 40, 80 sccm으로 변화시키면서 Si(100) 기판 상에

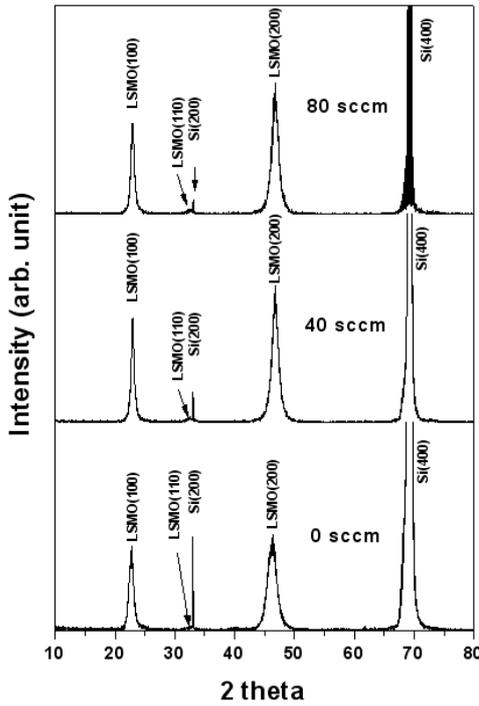


Fig 1. XRD patterns of LSMO films deposited on SiO₂/Si (100) by 200 W rf power.

증착한 LSMO 박막의 XRD 분석 결과이다. LSMO(100)면과 (110), (200)면은 각각 약 2θ=22.8, 32.5, 46.7°에서 관찰되었다. SiO₂/Si(100)와 Si(100) 기판 상에 증착된 LSMO 박막은 동일하게 (100), (110), (200)면이 성장한 다결정질의 박막으로 증착 되었으며 특히 (110)면의 경우 2θ=33.0° 부근에서 관찰되나 다른 peak들에 비하여 강도가 매우 낮았다. 기존의 PLD로 증착한 박막들이 (110)면의 강도가 우세하게 나타나는 것과는 달리 rf 스퍼터링을 통하여 증착된 박막은 (100), (200)면의 강도가 강하게 나타났다. 이는 기판이 SiO₂/Si(100)와 Si(100)로서 기존의 LSMO 박막이 LaAlO₃나 SrTiO₃ 같은 단결정 기판에서 증착된 것과는 다르게 격자 상수가 유사하지 않은 기판에 증착되었기 때문에 증착된 박막의 우선 배향성에서 차이가 나는 것이다[13]. 마이크로볼로미터 적용을 위하여서는 LSMO 박막이 LaAlO₃나 SrTiO₃ 같은 단결정 기판이 아닌 SiO₂나 Si 위에서도 성장이 가능하여야 하는데 본 결과에서 기판온도를 낮게 유지하면서 후열처리공정 없이도 SiO₂나 Si 기판에 다결정 상태의 LSMO 박막의 증착이 가능함을 알 수 있다.

Fig. 3은 LSMO 박막의 산소가스유량비에 따른 결정면의 성장방향 변화를 관찰하기 위하여 SiO₂/Si(100) 기판 상

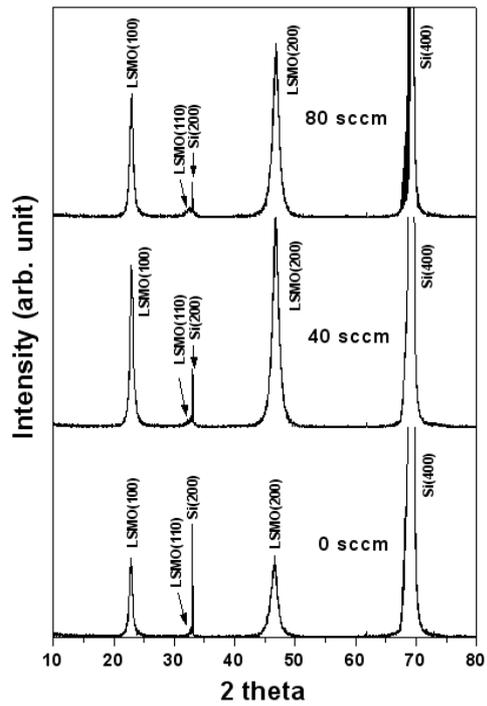


Fig 2. XRD patterns of LSMO films deposited on Si(100) by 200 W rf power.

에 증착된 LSMO 박막의 (110) 및 (200)면의 X-선 회절 세기와 Si(400)면과의 회절세기의 비를 상대적으로 비교한 결과이다. 성장 방향이 다른 (110)면과 (h00)면의 비교를 위해 (h00)면 중 회절강도비가 우세한 (200)면을 기준으로 (110)면과 비교함으로써 다결정질 LSMO 박막의 산소가스 유량비 증가에 따른 성장방향 변화를 관찰하였다. 증착 시 산소가스의 양이 증가함에 따라 두 면의 회절 세기도 같이 증가함을 알 수 있다. 특히 80 sccm을 유지하며 증착한 박막의 경우 회절세기가 크게 증가한 것을 관찰할 수 있으며 이로부터 산소가스유량비가 증가함에 따라 박막의 결정성

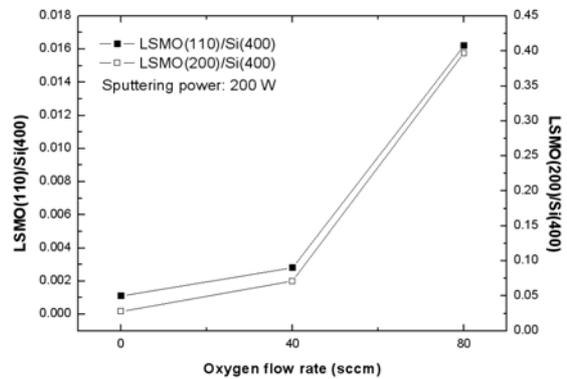


Fig 3. X-ray diffraction intensity ratio of LSMO(110)/Si(400) and LSMO(200)/Si(400) with various oxygen gas flow rate on SiO₂/Si substrate.

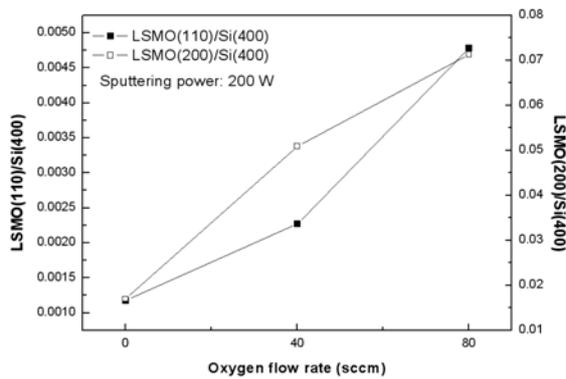


Fig 4. X-ray diffraction intensity ratio of LSMO (110)/Si(400) and LSMO(200)/Si(400) with various oxygen gas flow rate on Si substrate.

이 향상됨을 알 수 있다. 즉 이 결과는 우선 배향성을 갖는 (200)면이나 (110)면 모두 동일하게 산소가스유량비가 증가함에 따라 성장이 촉진됨을 의미한다.

Fig. 4 역시 Si(100) 기판에 증착된 LSMO 박막의 (110) 및 (200)면의 X-선 회절 세기와 Si(400)면과의 회절세기의 비를 상대적으로 비교한 결과이다. Si 기판 상에 증착된 박막도 결정면의 회절세기의 증가를 통해 산소가스유량비 증가에 따라 결정성이 향상됨을 알 수 있다. 이는 SiO₂/Si 기판에 증착된 LSMO 박막과 동일한 경향을 나타낸다. 그러나 결정성의 향상 정도는 Fig. 3과의 비교를 통해 SiO₂/Si 기판에 증착된 LSMO 박막이 더 크게 나타났음을 알 수 있다. 따라서 SiO₂/Si과 Si 기판에 증착된 LSMO 박막은 성장하는 면의 방향은 동일하지만 산소가스유량비의 차이에 따라 결정성의 향상 정도는 다르게 나타남을 알 수 있다.

Fig. 5는 산소가스유량비의 변화에 따라 SiO₂/Si, Si 기판에 증착된 LSMO 박막의 면저항 측정 결과이다. 면저항은 저전류에서 측정할 경우 노이즈에 의한 영향을 배제하기 위하여 상대적으로 높은 1 mA의 전류를 흘려주면서 측정하였다. 측정결과 SiO₂/Si 기판 상에 증착된 LSMO 박막의 경우 6.5 ~ 22.8 kΩ/□의 범위를 갖는 면저항이 측정되었고, Si 기판에 증착된 LSMO 박막의 경우 3.6 ~ 25.8 kΩ/□에 해당하는 면저항이 측정되었다. 두 경우 모두 산소가스유량비가 증가함에 따라 면저항이 감소하는 경향을 나타내었다. 산소가스유량비의 증가에 따른 면저항의 감소는 챔버 내부 산소 가스량의 증가에 따라 결정성이 향상됨으로 박막의 저항값이 낮아지는 것으로 사료된다.

LSMO 박막이 산소공핍(oxygen deficiency) 상태인 경

우 Mn⁴⁺ 이온감소로 주 전도메커니즘인 Mn³⁺-O²⁻-Mn⁴⁺ 결합수가 감소하게 되어 박막의 저항이 증가하게 된다. 따라서 높은 산소 분압에서 증착된 박막일수록 산소공핍의 정도가 감소하고 박막의 저항도 감소한다. RBS 분석 결과 LSMO 박막의 조성은 타겟의 조성으로 일치하였지만, 낮은 산소가스유량비에서 증착된 LSMO 박막의 경우 측정 오차 내에서 미약하게나마 산소공핍 상태의 가능성도 고려해 볼 수 있다. 산소공핍 LSMO 박막은 산소함량의 증가에 따른 Mn⁴⁺의 증가로 격자상수(lattice constant)가 감소하는 경향을 보인다[14]. Table 1은 Figs. 1, 2의 XRD 결과로부터 계산된 산소가스유량비에 따른 LSMO 박막의 격자상수 변화이다.

Table 1. Effect of oxygen gas flow rate on the lattice constant of LSMO on SiO₂ or Si substrates

	Substrate	Oxygen gas flow rates (sccm)		
		0	40	80
Lattice constant(Å)	SiO ₂ /Si	3.928	3.884	3.884
	Si	3.898	3.884	3.884

0 sccm에서 40 sccm으로의 산소가스유량비 증가로 격자상수가 감소하였으나 80 sccm의 증가에서는 격자상수의 변화가 전혀 관찰되지 않음을 알 수 있다. 이는 SiO₂/Si나 Si 기판에 증착된 LSMO 박막이 0 sccm에서는 산소공핍한 상태일 수 있으나 40, 80 sccm에서는 산소가 포화된 상태에 있음을 나타낸다. 따라서 산소가스 유량비에 따른 LSMO 박막의 산소공핍과 포화 등으로 야기될 수 있는 Mn³⁺ 및 Mn⁴⁺ 이온의 조성변화 여부를 관찰하고자 XPS 분석을 실시하고 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다. Mn 2p_{3/2}의

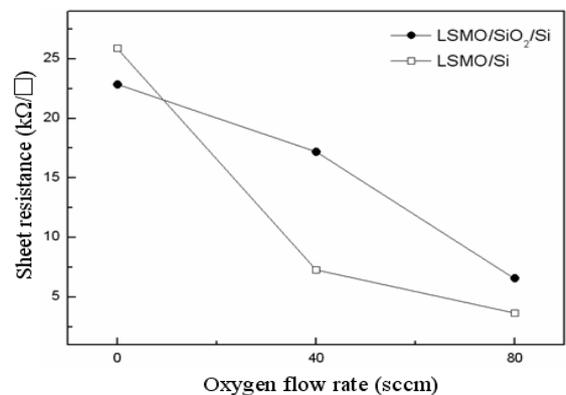


Fig 5. Sheet resistance of LSMO films on SiO₂/Si(100) and Si(100) as a function of oxygen gas flow rate at 200 W rf power.

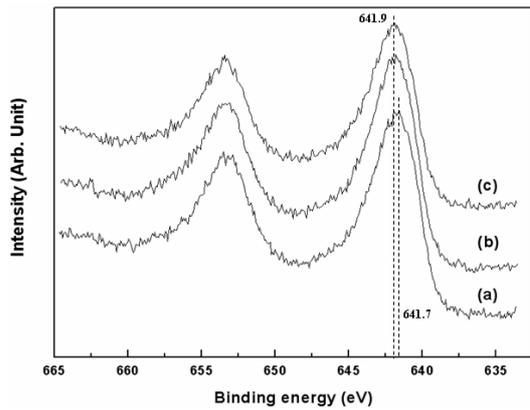


Fig 6. XPS spectra of Mn 2p of LSMO films on Si(100) at different oxygen gas flow rates of (a) 0 sccm, (b) 40 sccm, and (c) 80 sccm at 200 W rf power.

결합에너지는 Mn^{3+} 는 641.6 eV, Mn^{4+} 는 642.6 eV에서 관찰되며 따라서 Mn^{4+} 이온의 양이 증가할수록 Mn 2p_{3/2}의 결합 에너지는 증가한다[15]. 산소가스 유량비가 0 sccm인 Fig. 6 (a)에 비하여 40 및 80 sccm의 경우인 (b), (c)의 경우 결합에너지가 큰 방향으로 약간 이동한 것으로부터 40, 80 sccm의 경우 0 sccm에 비하여 Mn^{4+} 이온이 양이 소량 증가하였음을 알 수 있다. 이 결과는 산소가스 유량비에 의한 LSMO 박막내 산소의 포화가 40 sccm에서 이루어짐을 나타내며 Table 1에 제시한 XRD의 결과와 잘 일치함을 알 수 있다.

이상의 결과로부터 LSMO 박막의 결정성은 산소가스유량비의 증가에 따라 Figs. 3, 4 에서와 같이 거의 직선적으로 증가하나 산소공핍 현상은 0 sccm의 경우에 한정됨을 알 수 있고 LSMO 박막의 면저항은 산소가스유량비의 증가에 따라 Fig. 5에 나타난 바와 같이 거의 직선적으로 감소하는 것으로부터 본 연구에서의 산소공핍은 LSMO의 면저항 특성에 거의 영향을 미치지 않고 Fig. 5에 나타난 산소가스유량비의 증가에 따른 면저항의 감소는 LSMO 박막의 결정성 증가에 따른 입계감소 등에 주로 의존함을 알 수 있다.

Fig. 7은 산소가스유량비 차이에 따라 SiO₂/Si 기판에 증착된 LSMO 박막 표면의 SEM 이미지이며, rf 스퍼터링을 통하여 다결정 상태로 증착된 LSMO 박막의 경우 산소가스유량비가 증가함에 따라서 평균 입자의 크기가 37.7, 55.6, 78.9 nm로 증가하는 경향을 나타냄을 알 수 있다. 이는 이전에 LSMO 박막의 면저항이 산소가스유량비의 증가에 따라 감소했던 결과와도 일치하는 것으로, 산소가스유량비가 증가할수록 증착되는 박막의 입자크기가 커지게

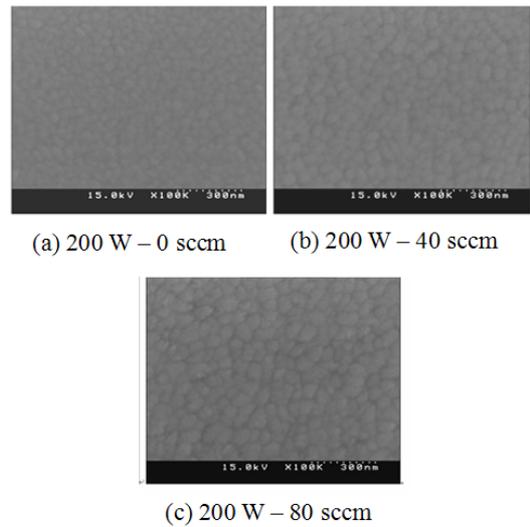


Fig 7. SEM images of LSMO films on SiO₂/Si(100) at different oxygen gas flow rates of (a) 0 sccm, (b) 40 sccm, and (c) 80 sccm at 200 W RF power.

되며 이에 따라 박막의 결정성이 향상되고, 전자의 이동시 산란영역인 입계가 점점 감소하게 되어 박막의 면저항 값이 감소하게 되는 것이다[16].

Fig. 8은 Si 기판에 산소가스유량비 차이에 따라 증착된 LSMO 박막 표면의 SEM 이미지이다.

SiO₂/Si 기판에 증착한 경우와 동일하게 산소가스유량비가 증가함에 따라서 평균 입자의 크기가 31.2, 46.9, 71.6 nm로 점점 증가함을 알 수 있다. 그러나 Si 기판에 증착한 LSMO 박막의 경우 표면의 결정립의 크기가 SiO₂/Si

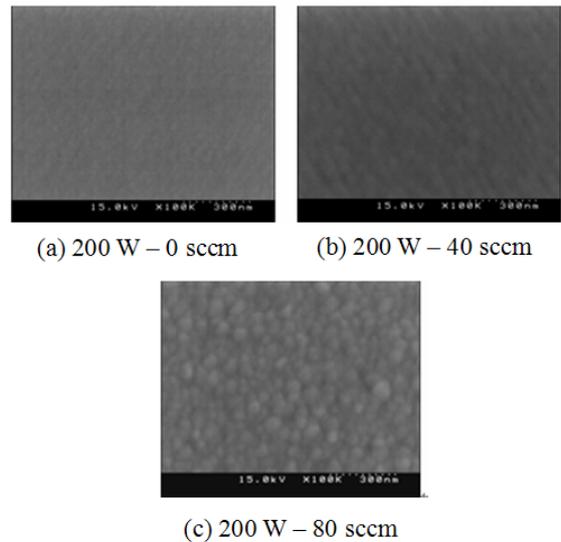


Fig 8. SEM images of LSMO films on Si(100) at different oxygen gas flow rates of (a) 0 sccm, (b) 40 sccm, and (c) 80 sccm at 200 W rf power.

기판에 비하여 불규칙적이며 거친 표면 상태를 나타낸다.

SiO₂/Si 및 Si 기판 위에 증착 된 LSMO 박막은 온도가 증가함에 따라 저항 값이 감소하는 경향을 보였다. 단결정 산화물 기판 위에서 성장한 정합성장 LSMO 박막의 경우 금속-반도체 상전이온도가 350K 부근에서 나타나지만 SiO₂/Si 기판 위에서 성장한 다결정 LSMO 박막의 경우는 상전이온도가 200K 부근에서 형성되는 것으로 보고되고 있다[17].

LSMO 박막은 상전이온도보다 낮은 온도에서는 금속 거동을 나타내어 온도가 증가할수록 저항이 증가하는 반면, 박막의 온도가 상전이온도보다 높을 경우는 반도체 거동을 나타내어 온도가 증가할수록 저항이 감소하는 경향을 나타낸다. 본 연구에서 SiO₂/Si 및 Si 기판 위에 증착한 LSMO 박막의 경우 292~308K 영역은 상전이온도보다 높은 온도 영역이므로 반도체 거동을 나타내게 되어 온도가 증가할수록 저항이 감소하는 경향을 나타낸다.

Fig. 9은 SiO₂/Si 및 Si 기판 상에 증착된 LSMO 박막의 TCR 값의 산소가스유량비에 따른 변화이다. TCR 값은 300K에서의 LSMO 박막의 저항 값을 기준으로 식(1)에 의하여 계산하였다.

$$TCR = (1/R)(dR/dT) \quad \text{식(1)}$$

T는 박막의 온도이고, R은 각 온도에서 측정된 박막의 저항값이다.

SiO₂/Si 기판 상에 증착한 LSMO 박막의 경우 0, 40, 80 sccm으로 산소가스유량비를 변화시켰을 경우 TCR 값은 약 -2.02 ~ -2.07 %/K 사이의 값을 나타냈으며, Si 기판 상에 증착한 LSMO 박막의 경우 TCR 값은 약 -1.97 ~

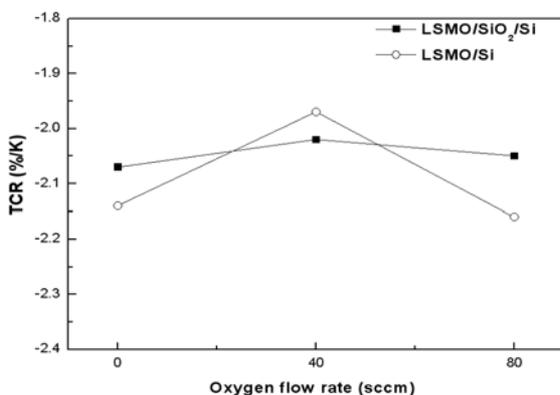


Fig 9. TCR values of LSMO films on SiO₂/Si(100) and Si(100) as a function of oxygen gas flow rate at 200 W rf power.

-2.16 %/K의 값을 나타내었다. 이는 기존의 PLD 및 고온 열처리를 통하여 얻어진 LSMO/SiO₂/Si 박막과 비교하였을 경우, 낮은 공정 온도임에도 불구하고 동일하거나 다소 높은 TCR 값을 나타내는 결과이다[18]. Si 기판 상에 증착한 박막이 SiO₂/Si 기판 상에 증착한 박막에 비하여 높은 TCR 값을 보였는데 이는 SiO₂/Si와 Si 기판에 증착한 박막 간의 저항 차이와 결정상 차이 때문에 나타나는 결과로 생각된다. 본 연구를 통해 rf 스퍼터링으로 증착된 LSMO 박막은 SiO₂/Si 및 Si 기판 위에 증착 시 기판 온도가 350℃ 인 저온에서도 후열처리 과정이 없이 우수한 TCR 값을 가짐을 알 수 있었고, 박막 증착 시 산소가스유량비 조절을 통하여 박막의 결정구조 및 전기적 특성의 조절이 가능함을 확인하였다.

IV. 결 론

rf 스퍼터링을 통해 SiO₂/Si 및 Si 기판 상에 산소가스유량비를 조절하면서 LSMO 박막을 증착하였다. 기판온도를 350℃로 유지하고 후열처리 공정을 거치지 않은 LSMO 박막은 SiO₂/Si 및 Si 기판 상에서 모두 다결정으로 관찰되었다. 산소가스유량비의 증가에 따라 결정성이 향상되었고, 면저항은 산소가스유량비가 증가할수록 감소하며 1 mA의 전류로 측정하였을 경우, 3.6~25.8 kΩ/□ 값을 나타내었다. SEM 이미지 관찰을 통하여 높은 산소가스유량비에서 증착된 박막일수록 표면입자크기가 커지고 그로 인하여 박막의 면저항이 감소하게 됨을 확인하였다. SiO₂/Si 및 Si 기판에 증착된 LSMO 박막의 TCR 값은 약 -2.0 ~ -2.2 %/K를 나타내었으며 이로부터 LSMO 박막이 고온의 후열처리 공정이 없이도 마이크로볼로미터용 저항체 적용이 가능한 우수한 특성을 가지는 것을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음 [2006-S054-01, 유비쿼터스용 CMOS 기반 MEMS 복합센서기술]. 이 논문은 2008년도 2 단계 두뇌한국 21 사업에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- [1] A. Rogalski, Prog. Quant. Electron **27**, 59 (2003).
- [2] P. W. Kruse, and D. D. Skatrud, Uncooled Infrared Imaging Arrays and Systems (Academic Press, San Diego, 1997) pp.43-122.
- [3] H. K. Kang, Y. H. Han, H. J. Shin, S. Moon, and T. H. Kim, J. Vac. Sci. Technol. B **21**,1027(2003).
- [4] A. H. Z. Ahmed and R. N. Taita, J. Appl. Phys. **94**, 5326 (2003).
- [5] A. Goyal, M. Rajeswari, R. Shreekala, S. E. Lofland, S. M. Bhagat, T. Boettcher, C. Kwon, R. Ramesh, and T. Venkatesana, Appl. Phys. Lett. **71**, 2535 (1997).
- [6] J. -H. Kim and A. M. Grishina, Appl. Phys. Lett. **87**, 2033502 (2005).
- [7] M. Rajeswari, C. H. Chen, A. Goyal, C. Kwon, M.C. Robson, R. Ramesh, and T. Venkatesan, S. Lakeou, Appl. Phys. Lett. **68**, 3555 (1996).
- [8] A. C. Co, S. J. Xia, and V. I. Birss, J. Electrochem. Soc. **152**, A570 (2005).
- [9] R. J. Choudhary, A. S. Ogale, S. R. Shinde, S. Hullavarad, S. B. Ogale, T. Venkatesan, R. N. Bathe, S. I. Patil, and R. Kumar, Appl. Phys. Lett. **84**, 3846 (2004).
- [10] V. Bhosle, and J. Narayan, Appl. Phys. Lett. **90**, 101903 (2007).
- [11] F. Yang, L. Mechin, J.M. Routoure, B. Guillet, and R.A. Chakalov, J. Appl. Phys. **99**, 024903 (2006).
- [12] M. Soltani, M. Chaker, X.X. Jiang, D. Nikanpour, and J. Margot, J. Vac. Sci. Technol. A **24**, 1518 (2006).
- [13] S. Y. Yang, W. L. Kuang, Y. Liou, W. S. Tse, S. F. Lee, and Y. D. Yao, J. Magn. Magn. Mater. **268**, 326 (2004).
- [14] C. -H. Lai, C. F. Hsu, Y. C. Chin, and C. Chiang, J. Vac. Sci. Technol. A **19**, 1186 (2001).
- [15] C. V. Ramana, M. Massot, and C. M. Julien, Surf. Interface. Anal. **37**, 412 (2005).
- [16] D. Y. Kim, M. Gowtham, M. S. Shim, and J. Yi, Mater. Sci. Semicond. Process **7**, 433 (2004).
- [17] O.J. Gonzalez, G. Bistue, E. Castano, and F. J. Gracia, J. Magn. Magn. Mater. **222**, 199 (2000).
- [18] A. Lisauskas, S. I. Khartsev, and A. Grishin, Appl. Phys. Lett. **77**, 756 (2000).

La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ CMR thin film resistor deposited on SiO₂/Si and Si substrates by rf magnetron sputtering for infrared sensor

Sun Gyu Choi¹, A. Sivasankar Reddy¹, Byoung-Gon Yu², Hojun Ryu², and Hyung-Ho Park^{1,*}

¹*School of Advanced Materials Science and Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749*

²*Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon 305-700*

(Received February 22 2008)

La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ films were deposited on SiO₂/Si and Si substrates annealed at 350°C by rf magnetron sputtering. The oxygen gas flow rates were varied as 0, 40, and 80 sccm. Without post annealing process, La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ thin films on SiO₂/Si and Si substrates were polycrystalline with (100), (110), and (200) growth planes. The grain size of La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ thin films was increased with increasing oxygen gas flow rate. The sheet resistance of La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ thin films was decreased with oxygen flow rate due to the increased grain size which induced a reduction of grain boundary. TCR (temperature coefficient of resistance) values of La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ thin films were obtained from -2.0% to -2.2%.

Keywords : CMR, LSMO, resistor, SiO₂/Si, Si, TCR, microbolometer

* [E-mail] hhpark@yonsei.ac.kr