

PLT(PbLaTiO_3) 초전재료 개발(II)

박 성근*, 배 승춘*, 김 기완*

Development of PLT(PbLaTiO_3) pyroelectric materials.

Sung-Kun Park*, Seung-Choon Bae*, and Ki-Wan Kim*

요 약

초전재료의 개발 및 박막화를 위하여 5, 10 및 15 mol%의 La 조성을 가지는 세라믹 PLT 시편 및 박막 PLT를 제조하여 그 특성을 분석하였다. PLT의 완전 소결과 Pb 성분의 휘발을 막기 위하여 TG/DTA를 사용하여 하소 및 소결온도를 결정하였다. PLT 세라믹 시편을 제조하기 위한 하소 및 소결온도는 각각 850°C, 1150°C 이고 더 높은 소결온도에서는 많은 질량 손실이 발생하였다.

세라믹 시편을 사용한 온도-유전율 특성의 측정으로 La 조성에 따른 PLT의 온도에 대한 유전특성을 조사하였다. 5, 10 및 15 mol%의 La 농도에 따라 PLT의 상전이점은 각각 330°C, 269°C 및 210°C를 나타내었다. 제조된 PLT 시편을 사용하여 적외선 감지 특성을 확인하였고, 고추파 마그네트론 스퍼터링을 이용하여 PLT 박막을 증착하였다. 다음으로 격자상수 및 광투과 특성을 통하여 완전 소결된 PLT 타겟으로 제작한 PLT 박막은 타겟과 동일한 구조를 가지고 있음을 확인하였다.

abstract

We fabricated the ceramic PLT tablet which was composed of 5, 10 and 15 mol% lanthanum concentration and thin film PLT to develop pyroelectric materials, and investigated their characteristics. Using TG/DTA, we determined calcination and sintering temperature to sinter the PLT completely and to prevent volatilization of the Pb components. The calcination and sintering temperature were 850°C, 1150°C respectively, and there was a lot of mass loss at higher sintering temperature.

By measuring temperature-dielectric constant characteristics of ceramic tablet we investigated dielectric constant characteristics depends on La concentration. The Curie point of PLT with 5, 10 and 15 mol% lanthanum concentration were 330°C, 269°C and 210°C respectively. Using PLT ceramic tablet we observed IR detection characteristics, and then deposited PLT thin film by rf magnetron sputtering. We verified that PLT thin film fabricated with completely sintered PLT target had the same structure to target by investigating lattice constant and optical transparency.

1. 서 론

* 경북대학교 전자공학과(Department of Electronics, Kyungpook National University.)

* 본 논문은 1996년도 교육부 학술연구비(신소재분야)에 의하여 수행되었습니다.

<접수일자 : 1997년 8월 7일>

온도를 가진 모든 물체는 온도에 따라 각기 다른 파장의 에너지를 방출한다. 적외선 검출기(infrared detector)는 물체에서 발생하는 적외선 에너지를 검출하여 물체를 감지하는 소자로 크게 광자형(photonic

type device)과 열형 소자(thermal type device)으로 나눌 수 있으며 광자형은 고속동작, 고감도의 특성이 있으나 고가격의 화합물 반도체를 사용하며 감도가 적외선의 파장에 의존하고 냉각이 필요한 단점이 있다. 반면 열형의 경우 냉각이 필요 없고 파장에 의존하지 않으나 감도가 낮고 응답 속도가 느린 단점이 있다.^[1] 군사적 목적으로는 양산성 및 가격과 상관없이 HgCdTe, InSb 등의 고감도, 고속 동작하는 광자형 소자가 사용되었지만 현재는 일상생활에서도 자동화 시스템의 발달과 함께 많은 수의 저성능 적외선 감지소자를 요구하게되므로 소형, 신뢰성 및 경제성 높은 열형 적외선 감지 센서 소자개발이 필요하다.

초전형은 온도에 따라 변화하는 자발분극크기가 변화하는 초전효과(pyroelectric effect)를 이용하는 것으로 상온에서 자발분극이 존재해야 하므로 극족(polar class)에 속하며 본 실험에서는 초전체로서 페로브스카이트(perovskite)형의 강유전체 $PbTiO_3$ 계열을 사용하였다. 대표적인 강유전체의 구조에는 텅스텐-브론즈(tungsten-bronze)형과 스피넬(spinnel)형 그리고 페로브스카이트형이 있는데 이중 페로브스카이트형은 비교적 구조가 간단하여 많은 연구가 되고 있다. 최근 들어 비휘발성 강유전 RAM, Giga-bit DRAM, 초전형 적외선 센서, 광변조기 그리고 표면탄성과 소자 등으로 응용을 위한 $BaTiO_3$, $PbTiO_3$, $SrTiO_3$ 등의 강유전 물질의 박막화가 큰 관심을 모으고 있으며 이 중에서도 특히 $Pb(ZrTi)O_3$ 나 $(PbLa)TiO_3$ 은 압전성, 초전성, 유전성, 비선형 광학특성 등의 독특한 물리적, 전기적 특성으로 가장 많이 연구되는 물질중 하나이다.^[2,3]

강유전 물질의 박막화를 위하여 sol-gel, rf-sputtering, laser ablation, CVD 등의 여러 가지 방법이 사용되었다.^[2] sol-gel 방법의 경우 우수한 양산성이 주요한 장점이지만 소결과정시 부피 수축에 의하여 미세 균열(micro-crack)이 발생하며 스피넬 코팅(spin coating) 할 때 균일한 두께의 형성이 어렵다. 그리고 CVD의 경우 고온 공정이며 박막의 조성제어가 어렵고 MOCVD는 유독 반응 가스를 사용해야 하므로 위험성이 따르는 등 많은 문제점을 가지고 있다. 스퍼터링의 경우 상업적으로 많이 보급된 장비로 양산성이 뛰어나고 두께의 조절이 가능하며 낮은 온도에서 우수한 결정성의 박막을 얻을 수 있다. 이미 스퍼터링 방법으로 많은 성공적인 결과들이 보고되었으나 스퍼터링 타겟(target)과 성장시킨 박막의 조성이 일치하지 않고 스퍼터링 횟수에

따라 조성이 변화하는 등 해결해야할 문제점이 많다. 이러한 문제점들은 스퍼터링 공정의 본질적인 문제점으로서 우수한 타겟을 사용하고 공정의 적절한 제어를 통하여 해결할 수 있다. 스퍼터링 방법으로 우수한 재현성을 얻기 위해서는 완전 소결된 타겟의 제작이 필수적이며, 타겟이 완전히 소결되지 않은 경우 스퍼터링 횟수에 따라 타겟 자체의 조성이 변화하여 공정변수가 변화하게 되고 스퍼터링 과정중의 스퍼터링 가스의 흡착이 발생하여 박막의 증착 중에도 조건이 변화한다고 보고되고 있다.^[4]

본 연구에서는 초전형 적외선센서를 위한 PLT($PbLaTiO_3$) 초전체로 개발을 위하여 초전 세라믹 재료를 제조하고 스퍼터링을 이용한 박막화를 연구하였다. 먼저 TG/DTA 실험을 통하여 PLT 계열의 강유전체 세라믹에 대하여 최적의 하소 및 소결온도를 결정하였고 이 조건을 이용하여 세라믹 시편을 제작하여 전기적, 물리적 특성을 연구하였다. 제작된 PLT 세라믹의 초전성을 연구하기 위하여 적외선 센서를 제작하였으며 다음으로 이러한 타겟을 사용하여 증착시킨 박막의 특성을 연구하였다.

2. 실험방법

스퍼터링으로 박막을 형성하는 경우 박막의 특성은 타겟의 영향을 받으므로 우수한 특성을 가진 타겟의 제작은 신뢰성 및 재현성 있는 박막의 제작에 필수적이다.^[4] 그러나 순수한 $PbTiO_3$ 의 경우 Tc는 $\sim 490^\circ C$ 근방이며 격자상수는 $a=3.891$, $c=4.141$ 로 1.064의 매우 큰 정방성비를 가지므로 소결시 균열이 발생하고 소결 온도가 높은 등 실용화의 어려움이 있다.^[5] 이것을 보완하기 위하여 $PbTiO_3$ 에 La를 첨가하는 경우 초전 계수 및 비저항의 증가 그리고 정방비 감소에 따른 내부 응력을 완화 시킬 뿐 아니라 결합성을 향상시켜 $PbTiO_3$ 에 비하여 제작이 용이한 장점이 있다. 본 실험에서는 완전히 소결된 스퍼터링용 세라믹 타겟을 제작하기 위하여 $PbTiO_3$ 에 5~15 mol%의 La를 첨가하였다. 특히 10%의 La를 첨가한 PLT10의 경우 큰 초전계수를 가지며 MgO 기판을 사용한 박막 적외선 센서가 보고되었다.^[6,7] 완전히 소결된 PLT 타겟을 제작하기 위하여 99.99% 순도의 PbO 와 99.999% 순도의 TiO_2 , La_2O_3 분말을 사용하여 TG/DTA(Thermal Gravimetric/Differential Thermal Analysis)를 측정하였고 세라믹 시편을 제작

하여 PLT10의 특성을 조사하고 시험용 적외선센서를 제작하여 박막형 적외선 센서의 작동을 조사하였다. 스프터링법으로 PLT 박막을 제작할 때 페로브스카이트 구조를 얻기 위하여 600°C 정도의 높은 기판온도가 요구되며 이는 Pb의 높은 휘발성에 의해 제조된 막에서 Pb 결핍을 유발한다.^[7,8] 이에 본 연구에서는 제조된 막의 Pb/Ti비를 조절하기 위해 하소 분말에 PbO를 20wt%로 과잉 첨가하여 스프터링 도중에 발생하는 Pb의 휘발을 보상하였다.

SiO₂/Si 기판을 사용하여 PLT 박막의 스프터링 조건에 따른 증착특성 및 구조의 변화를 조사하고 Pt/Ti/Si 기판으로 전기적 특성을 연구하였다. 기판은 스테인레스(stainless)로 제작된 히터(heater)위에 고정하였으며, Chromel-Alumel 열전대(thermocouple)를 히터의 중간에 삽입하여 온도를 측정하였고 박막형 열전대로 온도를 보정하였다.

본 실험에서 제작한 PLT 세라믹 시편의 초전 특성을 확인하기 위하여 박편형 적외선 센서를 제작하여 적외선의 검출 특성을 측정하였다. 초전형 적외선 센서는 파장에 대한 선택성이 없으므로 그림 1의 광투과도를 가지는 Si filter를 사용하여 7~14μm의 열적외선에 대한 선택성을 가지도록 하였고 박편의 두께를 얇게 하여 열용량을 감소시켰으며 적외선 흡수층을 전극 상부에 도포하여 IR의 흡수율을 향상시켰다. 본 실험

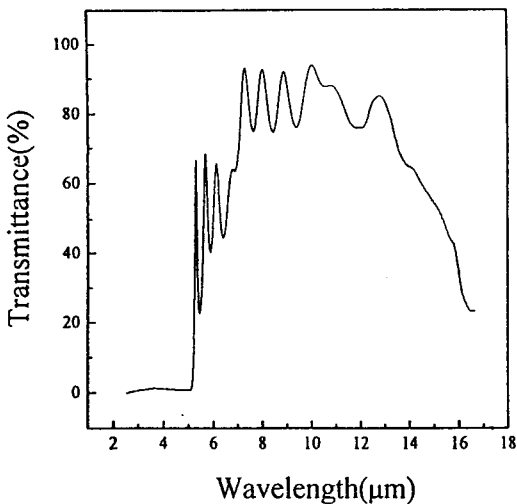


그림 1. Si filter의 광투과 특성
Fig. 1. Optical transmittance characteristic of Si filter.

에서 제작한 박편형 적외선센서의 제작 공정을 그림 2에 나타내었다. 세라믹 시편을 저속 절단기를 이용하여 200μm 두께로 가공한 뒤 다시 60~100μm의 두께로 사포를 사용하여 가공한 후 Al을 사용하여 상부 및 하부 전극을 형성시켰다. Al을 사용한 것은 Al의 우수한 부착력 때문이며 적외선 흡수면의 형성 및 bonding 시에도 우수한 접착력으로 Au, Ag 전극보다 공정상 유리한 장점이 있다. 적외선 흡수면은 Ni-Cr 또는 Bi를 사용하였고 금속 배선은 Ag paste를 사용하였으며 이때 Ag paste 내부의 용제 제거를 위한 열처리는 400°C에서 30분으로 하였으며 열처리 후 poling하여 냉각시켰다.

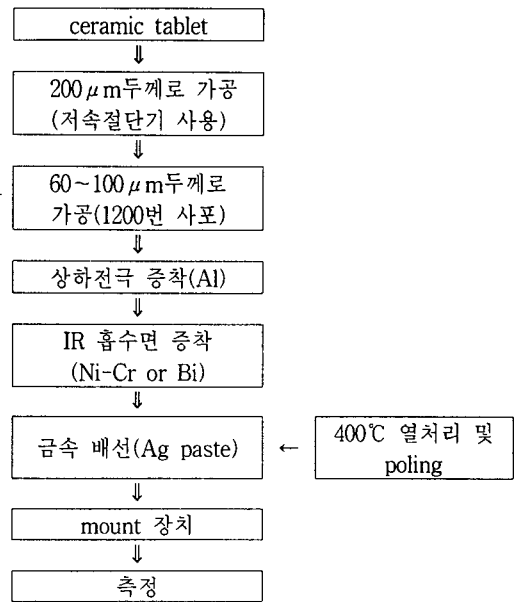


그림 2. 박편형 센서의 제작 공정도
Fig. 2. Fabrication process chart of thin plate type sensor.

3. 결과 및 논의

그림 3은 PLT의 소결 특성을 조사하기 위한 PbO, TiO₂ 분말에 La 조성이 10% 되도록 La₂O₃을 첨가한 분말의 TG/DTA이다. 하소전 시료의 TG/DTA 측정시 승온율은 분당 5°C로 낮게 설정되어 하소전의 시료에서도 승온 과정 도중에 PLT로 결합함을 알 수 있으나 결합하지 못한 단일 성분들이 녹거나 증발하는 것을 알 수 있으며 1200°C 이상의 온도에서 질량감소가

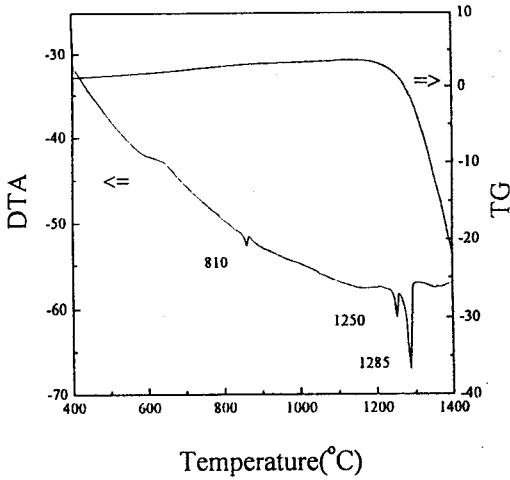


그림 3. 하소전 PbO, La₂O₃, TiO₂ 시료의 TG/DTA
Fig. 3. TG/DTA of PbO, La₂O₃, TiO₂ samples before calcination.

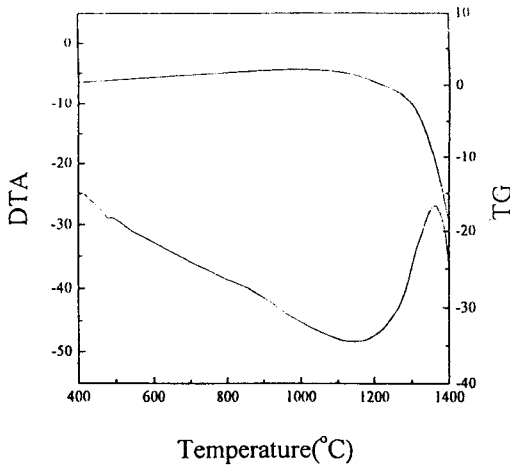


그림 4. 850°C 하소후 PbO, La₂O₃, TiO₂ 시료의 TG/DTA
Fig. 4. TG/DTA of PbO, La₂O₃, TiO₂ samples after calcination.

발생하였다. 특히 810°C의 흡열 피크는 녹는점이 낮은 PbO가 나머지 성분들과 결합하는 것이며 또한 TG의 측정에서 알수 있는 것처럼 이 온도 영역에서는 질량손실이 없으므로 적어도 이 온도 이상에서 각각의 분말을 하소해야 PLT를 형성할 수 있다. 이 결과를 바탕으로 850°C에서 3시간 하소하였으며 그림 4에 나타난 바

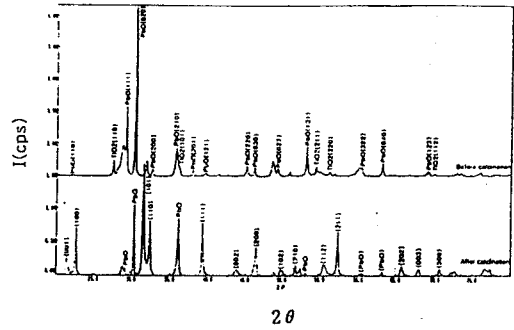


그림 5. 하소 전후의 PLT10 분말의 XRD 스펙트럼
Fig. 5. XRD spectrum of PLT10 powder before and after calcination.

와 같이 하소후의 시료의 경우는 하소전과는 달리 특정성분이 녹거나, 휘발하는 현상은 관측되지 않았고 1150°C 이상의 온도에서 큰 질량의 손실을 나타내는 것을 알 수 있다. 이상을 결과를 이용하여 하소온도는 850°C 소결 온도는 1150°C로 결정하였다. 그림 5는 PLT10 원료분말의 하소 전후의 XRD 결과로서 불밀(ball mill)에 의해서 기계적으로 혼합된 PLT 분말이 하소(calcination)후 페로브스카이트상으로 결합되었음을 알 수 있다.

스퍼터링용 PLT 타겟을 제조하는 경우는 화학량론적 조성을 벗어나는 경우이므로 화합물로 결합한 PLT 이외에 PbO가 20wt% 과량 첨가되어야 한다. 이때 소결 시간을 길게 잡을 경우 PLT로 결합하지 못한 Pb의 휘발이 발생하므로 소결시간은 1시간으로 최소한의 시간동안 행하였다. 박막제작을 위한 스퍼터링 타겟은 스퍼터링 과정에서 발생하는 Pb의 휘발을 보상해야 하므로 하소한 분말에 20wt% 과량의 PbO 분말을 첨가하고 성형체로 농도가 3wt%인 PVA 바인더를 첨가하여 성형시 균일한 성형밀도를 갖도록 과립화(granulation)한 후 445kg/cm²의 압력으로 성형하였다. 성형체는 Pb 성분의 휘발을 최소화하기 위하여 주변에 PbO와 PLT 타겟 분말을 배치한 뒤에 1150°C에서 1시간동안 소결(sintering)하였다. 소결이 완료된 타겟은 성형 및 소결 중에 발생한 표면오염과 PbO가 휘발된 타겟 표면을 제거하기 위해 표면을 연삭하였다. 스퍼터링용 타겟을 제작하는 경우 적당한 모양을 유지해야 하므로 PVA 같은 성형 보조제가 필요하다. 그러나 타겟의 내부에 PVA의 잔유물이 남아있으면 소결이 잘 되지않고 내부

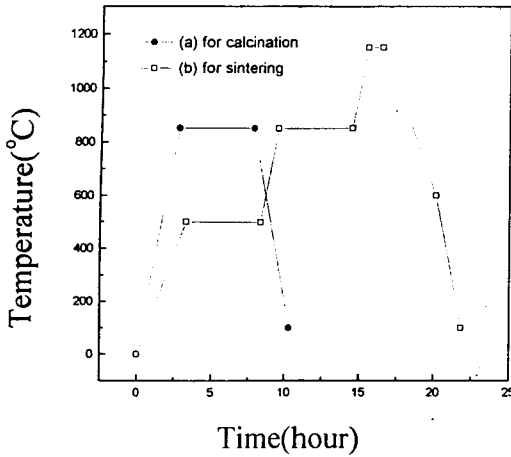


그림 6. 타겟제작을 위한 온도-시간 공정도
Fig. 6. Temperature-time process chart for target fabrication.

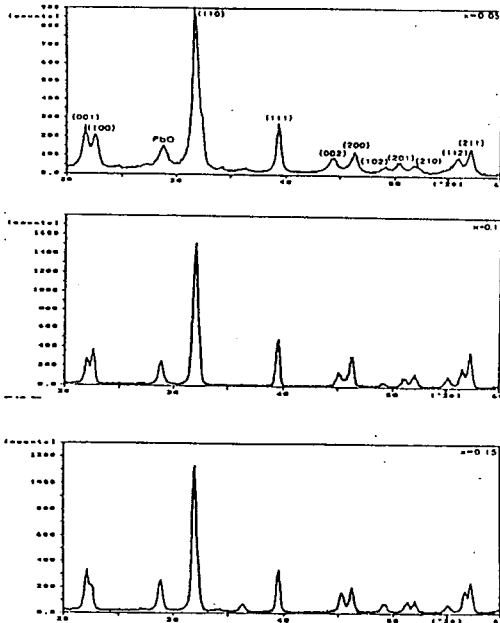


그림 7. La 조성에 따른 PLT 타겟의 XRD 스펙트럼
Fig. 7. XRD spectrum of PLT as a function of La concentrations.

에서 기포가 발생하는 등의 문제점이 발생하므로 500 °C에서 5시간 유지하여 타겟 내부의 PVA를 완전히 제거한후 소결하였다. 그림 6에 타겟제작에 사용된 전기료의 온도-시간 공정도를 나타내었다. 이 그림에서 (a)

는 분말을 하소할 때 사용된 것이고 (b)는 타겟의 제작에 사용된 온도-시간 공정도이다. 이상의 공정으로 Pb 과잉의 4" 고주파 마그네트론 스퍼터용 타겟을 제조하였다. 그림 7은 La 조성에 대한 PLT 세라믹 타겟의 XRD 결과이다.

본 실험에서 결정한 하소 및 소결온도를 사용하여 5~15 mol% 까지 La 조성에 따라 PbLaTiO₃의 세라믹 시편을 제조하여 세라믹 PbLaTiO₃의 유전율의 온도 특성을 조사하였다. 이렇게 세라믹 시편을 사용한 이유는 박막 시료의 경우 Tc점 이상의 고온에서 유전율 측

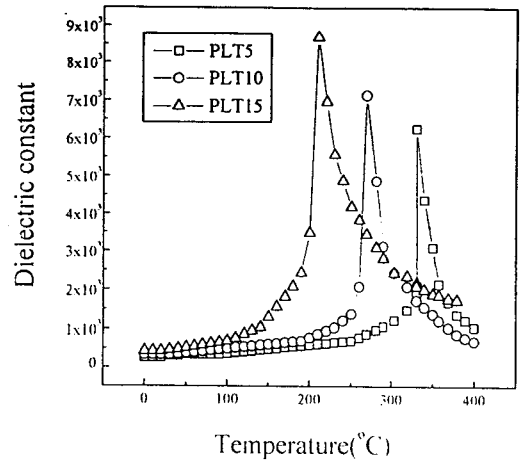


그림 8. La 조성에 따른 PLT 세라믹에 대한 유전상수의 특성
Fig. 8. Temperature-dielectric constant characteristics of PLT ceramic as a function of La concentrations.

정시 얇은 두께의 PLT 박막이 기계적 응력을 이기지 못하고 파손되어 상부전극과 하부전극이 단락되는 경우가 발생하여 신뢰성 있는 결과를 얻기 어려웠기 때문이다.¹⁹⁾ 그림 8은 PLT의 온도에 따른 유전율을 나타낸 것으로 5~15 mol% 까지의 La 조성비에 따라 각각 330°C, 269°C, 210°C에서 상전이이 함을 알 수 있었다.

본 실험에서 제조한 시료의 초전성을 확인하기 위하여 PLT10 세라믹 시편을 사용하여 박편형 적외선 센서를 제작한 후 상용제품(Heimann;Germany)과 그 특성을 비교하였다. 그림 9와 같은 완전히 차폐된 측정장치안에 본 실험에서 제작한 센서와 상용 센서를 함께 장치하고 동일한 적외선 광원으로 측정함으로써 제작한

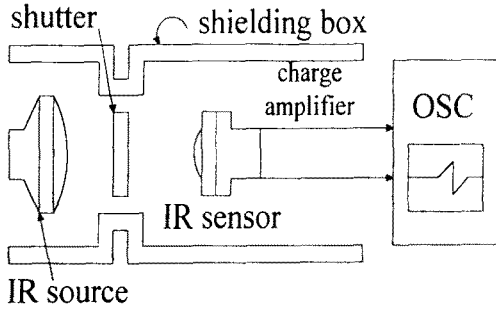


그림 9. 적외선센서의 특성 측정 장치 개략도
 Fig. 9. Schematic diagram of measurement system of IR sensor characteristics.

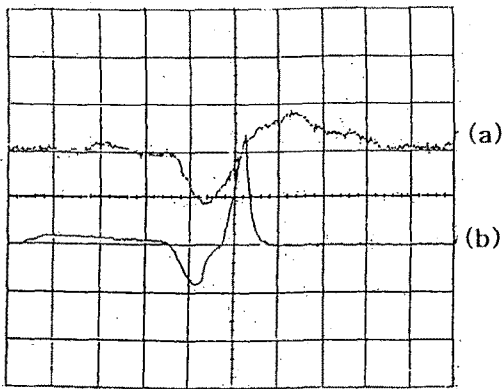


그림 10. 적외선에 대한 박편형 초전센서의 반응 특성
 Fig. 10. Response characteristics of thin plate type pyroelectric sensor with infrared.

박편형 센서의 특성을 비교할 수 있었다. 이때 적외선 광원은 45cm의 거리에서 150W 7A(INFRAPHIL;PHILIPS)를 사용하였고 제작한 소자와 상용소자 모두 7~14 μ m 대역의 적외선을 투과시키는 Si 필터를 사용하였다.

그림 10의 (a), (b)는 각각 (a) 제조된 PLT10 세라믹으로 제작한 적외선센서와 (b) 상용제품의 적외선감지 특성을 나타낸 것이다. (a)의 경우 수직 0.2V/DIV, 수평 0.5s/DIV 이고 (b)의 경우 수직 0.5V/DIV, 수평 0.5s/DIV 이다. 제작한 박편형 소자는 낮은 신호대 잡음비를 가지며 약 200mV의 초전 전압을 나타내었다. 금속/세라믹 구조에서 와이어 본딩(wire bonding)의 어려움으로 은풀(silver paste)을 사용하였으며 이로 인한 큰 열용량으로 상용제품에 비하여 낮은 감지특성을

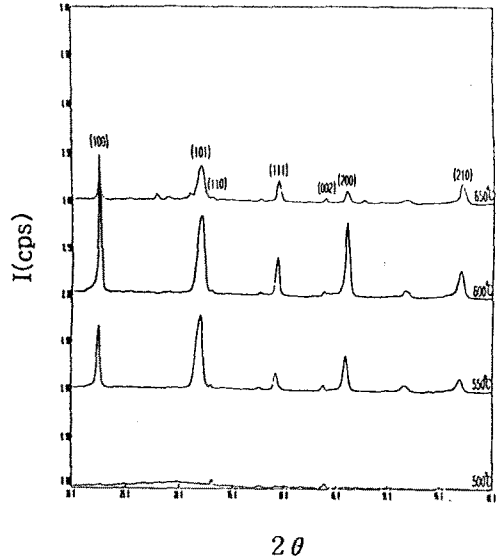


그림 11. 기판온도에 따른 PLT10 박막의 XRD 결과
 Fig. 11. XRD result of PLT10 thin films as a function of substrate temperature.

나타내는 것으로 생각된다. 그리고 현재까지 발표된 초전형 적외선센서에 대한 논문에서는 적외선 수광용 상부전극으로 Ni-Cr을 주로 사용하였으나 더 큰 적외선 흡수율을 가지는 물질에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

SiO₂/Si 기판을 사용하여 PLT 박막의 증착 조건을 조사하였다. 스퍼터링전의 초기진공은 약 5×10⁻⁶Torr 이하가 되도록 하였으며 Ar/O₂ 10/1의 분위기에서 10mTorr의 분위기압으로 스퍼터링 하였다. 그림 11은 기판 온도에 따른 XRD 분석이다. 스퍼터링으로 PLT 박막을 제조할 때 550°C 이상의 온도에서 페로브스카이트 상을 나타내었고 600°C에서 가장 우수한 결정성을 얻었다. 600°C 이상의 온도에서 결정성이 떨어지는 것은 기판온도가 증가할수록 증착물이 감소하는 것파 관계 있으며 원자간의 결합이 취약한 결정립 경계에서 PbO 성분의 휘발에 기인한 것이다. 이것은 그림 12의 기판온도에 따른 SEM 측정으로 기판 온도가 높아질수록 박막의 주상구조가 발달되고 표면의 거칠기가 커짐을 확인할 수 있었다. 고온증착 과정에서 발생하는 결정립 경계에서의 PbO 휘발은 PLT 박막의 기계적 강도를 약화시키고 소자를 제작할 때 전기적 신뢰성을 취약하게 하므로 가능한 낮은 온도에서의 증착이 요구

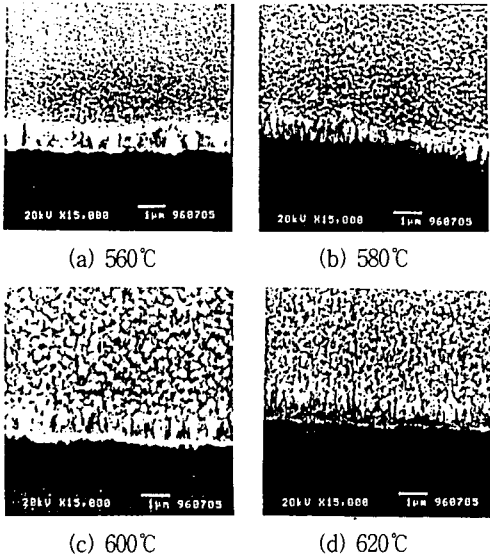


그림 12. 기판온도에 따른 PLT10 박막의 SEM 결과
Fig. 12. SEM result of PLT10 thin films as a function of substrate temperature.

된다. 가장 우수한 결정성과 작은 표면 거칠기를 나타낸 PLT 박막제조를 위한 스퍼터링 조건을 표 1에 나타내었다.

표 1. PLT 박막의 제조 조건
Table 1. Deposition conditions of PLT thin films

deposition parameter	value
target-substrate distance	50mm
sputtering gas(Ar/O ₂)	10sccm/1sccm
gas pressure	10mTorr
substrate temperature	580°C
rf power density	1.7 watt/cm ²
La content[La/(La+Pb)]	0.1

그림 13의 La 조성에 따른 PLT박막의 유전특성은 임피던스 분석기(HP4192A)로 측정하였다. PLT5, PLT10 및 PLT15 의 비유전율(ϵ_r)은 1kHz에서 219, 246, 361로서 La의 양이 증가할수록 유전율도 증가함을 알 수 있다. 유전율의 증가는 La 첨가에 따른 PLT 박막의 큐리온도(curie temperature : T_c) 감소 때문으로 보고되고 있으며 이것은 그림 8에서 측정된 것과 같은 경향을 나타낸다.^[8] PbTiO₃에서 La의 고용은 정

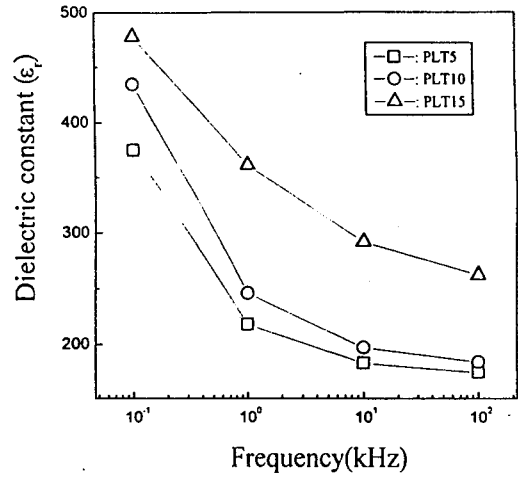


그림 13. La 조성에 따른 PLT 박막의 유전율
Fig. 13. Dielectric constant of PLT thin films as a function of La concentrations.

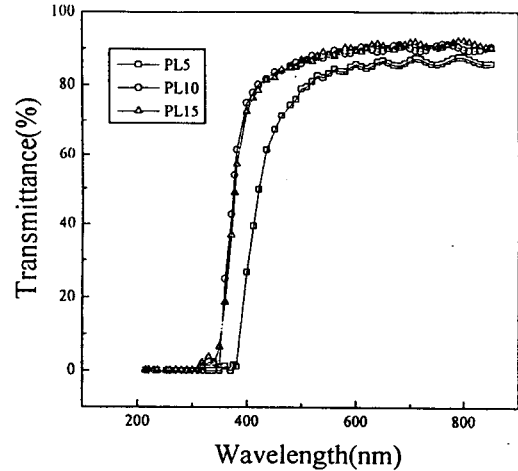


그림 14. La 조성에 따른 PLT 박막의 투과율
Fig. 14. Optical transmittance of PLT thin films as a function of La concentrations.

방비(c/a)를 감소시켜 고온 증착후 냉각과정중 발생하는 상전이에 따른 PLT박막의 내부에 발생하는 응력을 완화시켜 박막의 기계적·전기적 안정성을 증가시킬 뿐 아니라 T_c를 감소시켜 유전율을 증가시키는 것을 알 수 있다.

그림 14는 PLT 박막의 투과율 및 광학적 투과도를 나타낸 것이다. 그림 14로부터 La 조성비가 적은 PLT5보다 PLT10과 PLT15의 투과율이 상대적으로 큰 값을 가짐을 알 수 있다. 이것은 La 성분비의 증가에 따라 PLT 박막의 투과도가 향상되며 절연 파괴 전압도 높아진다는 보고와 일치하고 있다. 광학적 에너지 밴드갭은 약 3.0~3.2eV로 측정 되었는데, 이것은 PLT5에서 상대적으로 낮은 광학적 에너지 밴드갭을 나타낸 것은 저항률의 결과와 동일한 경향을 보이고 있다. 이와 같은 결과는 PLT 세라믹의 특성과 동일한 결과를 가지는 것으로 20wt% PbO 과잉의 PLT 타겟을 이용하여 원하는 조성의 박막을 제조 할 수 있음을 나타낸다.

4. 결 론

적외선센서 응용을 위한 PLT 초전 재료의 개발을 위하여 최적의 세라믹 및 박막의 제조 조건을 연구하였다. 초전형 적외선센서 재료로서 PLT 세라믹 및 박막을 제조하여 물리적 특성을 연구하고 PLT10 세라믹 박편을 사용한 적외선센서를 제작하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. TG/DTA를 이용하여 (PbLa)TiO₃의 하소 및 소결온도를 결정하였다. 일반적으로 알려진 PbTiO₃ 계열의 소결온도는 1200~1250℃를 사용하지만 TG/DTA 측정결과 1150℃ 이상의 소결온도는 PLT 성분을 휘발시키는 것으로 나타났다.

2. PLT10 세라믹을 사용하여 박편형 적외선센서를 제작하였다. 제작한 박편형 소자는 상용제품에 비하여 낮은 신호대 잡음비를 가지며 200mV의 초전 전압을 나타내었다.

3. 제조한 세라믹 시편을 사용한 온도-유전을 측정에서 5, 10 및 15 mol %의 La 조성에 따른 PLT의 상전이 온도는 각각 330℃, 269℃ 및 210℃였고 이것으로 예측한 La를 첨가하지 않은 PbTiO₃의 상전이 온도는 390℃였다.

4. 일반적으로 스퍼터링을 사용하여 강유전체 박막을 제조할 경우 두께조절이 용이하고, 제작된 박막의

균일성이 뛰어나지만 재현성 있는 박막의 제작이 어렵고 박막 조성의 불일치가 발생한다. 완전 소결된 타겟이 아닐 경우 스퍼터링 함에 따라 기공에 의한 가스의 흡착이 발생하고 스퍼터링 횟수에 따라 조성이 변화되어 재현성 있는 박막의 제작이 어려웠으므로 완전 소결된 20wt% PbO 과잉의 PLT 타겟을 제작하고 기온은 580℃, 스퍼터링 가스비 Ar/O₂=10/1, 분위기압 10mTorr에서 우수한 결정성을 가진 강유전체 박막을 제조하였다.

5. La 조성에 따라 제작된 박막의 구조적 전기적 특성이 바뀌었고 이것은 La 조성에 따른 세라믹과 동일한 경향으로 원하는 스퍼터링 방법으로 원하는 조성의 박막을 성장시킬 수 있음을 의미한다. La 농도에 따라 유전을 및 광투과율은 증가하였다. La 첨가에 의해 세라믹의 소결성이 향상되는 것은 정방비의 감소에 기인한 것으로 동일한 이유에 의해 광 투과도의 향상 및 전기적 특성의 변화가 발생하였다.

참 고 문 헌

- [1] M. Royer, T. Midavaine et al., Sensors-a comprehensive survey, vol.6, optical sensor. pp. 203-232, 1991.
- [2] D. Polla, C. Ye, P. Schiller et al., "Applications of PZT and related thin films in piezoelectric microsensors," Mat. Res. Soc. Symp. Proc., vol.243, pp.55-60, 1992.
- [3] Y. Nakao et al., "Study on ferroelectric thin films for application to NDRO non-volatile memories." Intergrated Ferroelectrics, Vol.6, pp.23~34,(1995)
- [4] K. Komaki, T. Kamada, et al., "Preperation of pyroelectric Pb_{1-x}La_xTi_{1-x}O₃ thin films from ceramic target by rf magnetron sputtering." Jpn.J.Appl.Phys., vol. 33, pt2. No.38, pp.L443~L446, (1994)
- [5] 최동규, 최시경, "(Pb,La)TiO₃ 세라믹스의 소결거동 및 유전·초전 특성," J. Korean Ceramic Society, Vol.31, No.8, pp.841~848, (1994)
- [6] R. Takayama, Y. Tomita, and I. Ueda, "Preperation and characteristics of pyroelectric infrared sensors made of c-axis oriented La-modified PbTiO₃

- thin films," *J.Appl.Phys.* 61(1), pp.411~415, (1987)
- [7] K. Iijima, Y. Tomita, R. Takayama, et al., "Preparation of c-axis oriented PbTiO_3 thin films and their crystallographic, dielectric, and pyroelectric properties," *J.Appl.physics.* 60(1), pp.361~367, (1986)
- [8] K. Iijima, R. Takayama, Y. Tomita, et al., "Epitaxial growth and the crystallographic, dielectric and pyroelectric properties of lathanum modified lead titanite thin films," *J.Appl.physics.* 60(8), pp.2914~2916, (1986)
- [9] T. Yamamoto and H. Sato, "Stress anisotropy of PLZT ceramics induced by polarization," *Jpn. J.Appl.Phys.*, vol 22, suppl. 22-2. pp.70~72, (1983)

 著 者 紹 介

박 성 근

『센서학회지 제6권 제1호』 논문97-6-1-08, p.62참조
 현재 현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

김 기 완

『센서학회지 제1권 제1호』 논문92-01, p.8참조
 현재 경북대학교 전자·전기공학부 교수

배 승 춘

『센서학회지 제6권 제1호』 논문97-6-1-09, p.71참조
 현재 현재 경북대학교 전자공학과 박사과정