

전고상 리튬 박막 전지 구현을 위해 펄스 레이저 증착법으로 LiCoO_2 정극위에 성장시킨 비정질 $(\text{Li}, \text{La})\text{TiO}_3$ 고체 전해질의 특성

안준구 · 윤순길[†]

충남대학교 재료공학과

(2004년 5월 17일 접수; 2004년 6월 11일 승인)

Amorphous Lithium Lanthanum Titanate Solid Electrolyte Grown on LiCoO_2 Cathode by Pulsed Laser Deposition for All-Solid-State Lithium Thin Film Microbattery

Jun-Ku Ahn and Soon-Gil Yoon[†]

Department of Materials Science and Engineering, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

(Received May 17, 2004; Accepted June 11, 2004)

초 록

1 μm 이하의 전고상 리튬 박막전지의 구현을 위해 펄스 레이저 증착법을 이용하여 $\text{Pt/TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 기판위에 LiCoO_2 정극을 증착온도와 Li/Co 간의 몰 비율을 변화시켜가며 성장시켰다. 특히, $\text{Li/Co}=1.2$ 의 조성을 갖는 LiCoO_2 를 500°C의 증착온도에서 성장시킬 경우 53 $\mu\text{Ah/cm}^2\text{-}\mu\text{m}$ 의 높은 초기 용량값을 가지며 100 싸이클 후에도 67.6%의 용량값을 유지하였다. $\text{LiCoO}_2/\text{Pt/TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 위에 고체 전해질인 $(\text{Li}, \text{La})\text{TiO}_3$ 를 비정질상으로 하여 PLD 방법으로 낮은 온도대역에서 증착온도를 다양하게 하여 증착하였다. 100°C의 증착온도에서 $\text{LiCoO}_2/\text{Pt/TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 위에 성장시킨 $(\text{Li}, \text{La})\text{TiO}_3$ 를 가지고 LiClO_4 in PC 안에서 Li anode와 충·방전 측정 결과 약 51 $\mu\text{Ah/cm}^2\text{-}\mu\text{m}$ 의 초기 용량값을 나타내었으며 100 싸이클 후에도 90%의 훌륭한 방전용량의 보존력을 나타내었다. 비정질상의 $(\text{Li}, \text{La})\text{TiO}_3$ 고체 전해질은 전고상 박막전지로의 구현이 가능하다.

ABSTRACT

To make the all-solid-state lithium thin film battery having less than 1 μm in thickness, LiCoO_2 thin films were deposited on $\text{Pt/TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ substrate as a function of Li/Co mole ratio and the deposition temperature by Pulsed Laser Deposition (PLD). Especially, LiCoO_2 thin films deposited at 500°C with target of $\text{Li/Co}=1.2$ mole ratio show an initial discharge capacity of 53 $\mu\text{Ah/cm}^2\text{-}\mu\text{m}$ and capacity retention of 67.6%. The microstructural and electrochemical properties of $(\text{Li}, \text{La})\text{TiO}_3$ thin films grown on $\text{LiCoO}_2/\text{Pt/TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ structures by Pulsed Laser Deposition (PLD) were investigated at various deposition temperatures. The thin films grown at 100°C show an initial discharge capacity of approximately 51 $\mu\text{Ah/cm}^2\text{-}\mu\text{m}$ and moreover show excellent discharge capacity retention of 90% after 100 cycles. An amorphous $(\text{Li}, \text{La})\text{TiO}_3$ solid electrolyte is possible for application to solid electrolyte for all-solid-state lithium thin film battery below 1 μm .

Key words : Pulsed laser deposition, $(\text{Li}, \text{La})\text{TiO}_3$ solid electrolyte, LiCoO_2 cathode, Capacity retention, All-solid-state lithium thin film battery

1. 서 론

최근 반도체 산업의 고도화 및 미세화에 따라 이를 기본으로 한 초소형 정밀 기계 부품 소자와 같은 미세 소자의 제작을 위한 마이크로 공정을 이용한 초소형 정밀 기계 소자는 공정 기술과 재료 기술의 발전에 의하여 더욱 소형화되고 있으며, 특히 기능을 갖는 부분과 이 부분을 제어하는 주변회로의 on-chip화의 요구가 증가되기 시

작하였다. 이와 같은 추세에 있어서의 문제점은 초소형 정밀 기계 부품 소자의 구동을 위한 에너지원의 개발이다. 즉, 소자의 크기가 작아진 것에 부합되는 초소형의 전지가 필요하게 된 것이다. 따라서 보다 완전한 초소형 정밀 기계 및 마이크로 소자의 구현을 위하여 마이크로 소자와 혼성되어 이용될 수 있는 고성능, 초소형 및 초경량 전지의 개발이 필수적이다. 이러한 조건을 모두 만족하는 전지가 전 고상 박막전지(all-solid-state lithium thin film battery)이다. 이러한 전고상 박막전지의 응용분야로는 초소형 전자, 전기 소자는 물론이며 조만간 실현될 스마트 카드, 셀룰러폰 및 PCS와 같은 개인용 휴대 통신 장비 또는 생체 주입형 의료전자 소자의 전력 공급계로의 응용

[†]Corresponding author : Soon-Gil Yoon
E-mail : sgyoon@cnu.ac.kr
Tel : +82-42-821-6638 Fax : +82-42-822-3206

이 가능할 뿐만 아니라 장수명, 고에너지 밀도를 갖는 초소형의 전지를 필요로 하는 microelectronics, 미세 전자 기계 소자(Microelectromechanical System : MEMS)등에 이용될 수 있다.

전지의 성능에 있어서 중요한 요소인 에너지 밀도, 가역성 및 방전 속도는 전지의 구성 요소 중 주로 양극 재료에 의해 결정된다. 따라서 고에너지 밀도로 오랜 시간 사용하기 위해서는 적절한 양극 재료의 개발이 중요하다. 특히 박막 전지는 벌크 형태의 전지보다 방전 용량이 작고, 전원 공급의 대상과 함께 집적된다는 점에서 가역성이 특히 중요하다. 이 때문에 박막 전지의 구성 요소 중 가장 많은 연구가 이 부분에 집중되어 있다.

현재 대부분의 벌크형 리튬 2차 전지의 정극소재는 재료의 박막화 기술이 존재한다면 대부분 박막 전극 소재로 이용될 수 있다. 박막 전지의 양극 물질로는 크게 산화물계와 황화물계로 나눌 수 있는데 주로 LiMn_2O_4 , LiCoO_2 , V_2O_5 , LiNiO_2 등의 산화물계에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. TiS_2 , MoS_3 등과 같은 황화물계의 경우 우수한 가역성을 보이는 것으로 알려졌으나, 1.5~2.0 V의 낮은 전위와 낮은 에너지 밀도를 가지는 단점이 있다. 이에 비해 LiMO_2 (M=Co, Ni, Mn, Fe, etc.)와 같은 산화물계의 경우는 전지 전압과 에너지 밀도가 높고, 취급이 용이하다는 점에서 연구의 주종을 이루고 있다.¹⁾

현재 대부분의 박막 전지 연구에 주종을 이루는 양극 물질인 LiCoO_2 와 LiMn_2O_4 경우 다른 양극 물질들에 비해 작동 전압과 전지용량이 매우 크게 나타나며, 또한 4 V의 전위 영역에서 매우 안정한 방전곡선을 나타낸다. 양극 활물질중 LiCoO_2 정극물질이 전지에서 우수한 특성을 나타내기 위해서는 층상구조(layered structure)를 잘 유지해야 하며 결정학적인 안정성이 전지의 수명을 오래 유지하는데 중요한 요소로서 작용한다.^{2,4)} 또한 리튬은 그 반응성이 매우 활발하므로 소스로부터 LiCoO_2 를 제조하는데 있어 LiCoO_2 안에 리튬의 양을 조절하는 것이 정극물질의 전기화학적 특성에 큰 영향을 미친다.⁵⁾

또한, 일반적인 벌크형 리튬 전지에서 전해질은 액상의 것을 사용하고 있으며 최근에 개발되고 있는 것이 고상 고분자 전해질 물질이다. 고체 전해질이란 고체 상태에서 마치 액체 상태에서의 이온의 이동도와 비슷한 이온 전도도를 나타내는 재료를 의미한다. 고체 전해질이 높은 이온 전도도를 갖는 이유로는 높은 전하 운반자 농도, 높은 공공, 격자 간 빈자리 농도 및 이온 이동에 대한 낮은 활성화 에너지 때문이다. 전지로 응용 가능한 고체 전해질의 특성으로는 $-40^\circ\text{C}\sim 70^\circ\text{C}$ 의 온도 범위에서 이온 전도도가 $10^{-4}\sim 10^{-3}$ S/cm이어야 하며 기계적 및 열적으로 안정해야 한다. 또한 0.0~5.0 V 이상의 전위 범위에서 전기 화학적으로 안정해야 할 뿐만 아니라 상온에서 양극물질 및 음극물질과의 화학적 안정성을 유지해야 하

며 무엇보다도 리튬이온의 탈·삽입에 대하여 99% 이상의 효율을 가져야 한다.

고체 전해질은 크게 폴리머계와 무기물계로 분류될 수 있다. 폴리머계 전해질은 현재 유기용매 전해질의 이온 전도도인 $10^{-2}\sim 10^{-3}$ S/cm와 유사한 전도도를 보이는 물질들이 개발되고 있으나 1 μm 이하의 박막 전해질에 대한 연구가 보고된 바 없으며, 박막으로 제조 시 벌크 전해질과는 다른 특성을 보이는 것으로 알려지고 있다.⁶⁾ 무기물계 고체 전해질은 결정질계와 유리질계로 분류할 수 있다. 결정질계 전해질인 $\text{LiTi}_2(\text{PO}_4)_3$, $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_2$, Li_3N , (Li, La)TiO₃계 물질들은 높은 이온 전도도를 보이는 것으로 알려져 있으나 이들을 박막으로 제조한 예는 없으며, 복잡한 결정구조를 갖는 무기물계 전해질의 경우 박막으로 증착 시 일반적으로 비정질을 나타내기 때문에 이를 결정화하기 위하여 높은 온도의 열처리가 필요하다는 단점이 있다.^{7,8)} 유리질계 전해질은 황화물계와 산화물계 전해질로 세분되며 황화물계 전해질은 비교적 높은 이온 전도도를 가지나 대기 중에서 불안정하고 황화물계 성분이 장비를 부식시킨다는 문제점을 갖고 있다. 이에 비해 산화물계 전해질은 황화물계 전해질에 비해 이온 전도도는 다소 낮으나 대기 중에서 안정하다는 장점으로 인하여 많은 연구가 진행되고 있다.

박막 전지에서 고체 전해질에 대한 연구는 대부분 리튬 이온을 함유한 유리질계 물질에 대한 연구가 주를 이룬다. 박막 전지는 고체 전해질의 이온 전도도가 매우 낮아 전지의 내부 저항이 크게 증가하는 문제점이 있지만 박막화 공정 기술을 이용하여 매우 얇은 전해질 박막을 제작함으로써 이 문제를 해결할 수 있다. 또한 양극 물질과의 계면 접착력을 증가시켜 전지의 수명을 크게 증가시킬 수 있게 되었다.

본 연구에서는 먼저 LiCoO_2 정극물질의 결정성과 리튬의 휘발을 방지하며 화학양론적으로 가장 이상적인 LiCoO_2 조성을 맞추기 위해 Li/Co의 몰비를 변화시켜가며 다양한 PLD용 타겟을 제작하였다. 그런 다음 Li/Co=1.3의 조성을 가지는 LiCoO_2 의 타겟을 가지고 증착온도를 변화시켜가며 증착하였다. 이렇게 제작된 LiCoO_2 정극물질의 물리적·전기화학적 특성을 살펴 보았으며, 가장 좋은 조건 하에서 제작된 LiCoO_2 정극위에 (Li, La)TiO₃ 고체 전해질을 낮은 온도대역에서 증착온도를 변화시켜가며 증착하였고, 고체 전해질로서의 특성과 함께 전기화학적 특성을 살펴보았다.

2. 실험방법

2.1. LiCoO_2 와 (Li, La)TiO₃의 타겟 제작

LiCoO_2 타겟을 제조하기 위하여 Li_2CO_3 (Strem Chem., 99.00%), and Co_3O_4 (85%)+ CoO (15%) (Junsei Chem.) 분

말을 사용하였고, $\text{Li}_x\text{CoO}_2(x=0.9\sim 1.5)$ 로 하여 평량하였다. Li_xCoO_2 분말을 700°C 에서 2시간동안 하소하였고, 하소된 분말을 24시간동안의 볼밀링과 충분한 건조를 한 뒤 유발에서 grinding하였다. 이렇게 준비된 Li_xCoO_2 분말을 1 inch mold에 넣어 디스크 형태로 가압성형한 후 CIP (Cold-Isostatic Pressing) 과정을 거친 뒤 900°C 에서 24시간동안 소결하여 PLD 타겟을 제작하였다.

$(\text{Li}, \text{La})\text{TiO}_3$ 타겟은 La_2O_3 (Showa Chem., 99.99%), Li_2CO_3 (Strem Chem., 99.00%), and TiO_2 (Strem Chem., 99.00%)의 분말을 사용하여 1200°C 에서 6시간동안의 하소를 거친 뒤 세라믹 제조 공정을 지나 1300°C 에서 5시간의 소결과정을 통해 제작되었다. 이렇게 하여 만들어진 타겟은 ICP(Induction Coupled Plasma) 분석 결과($\text{Li}_{0.5}, \text{La}_{0.5}$) TiO_3 의 조성을 가졌다.

2.2. 박막 제조

본 연구에서는 리튬전이금속 산화물인 LiCoO_2 박막을 증착하기 위해 타겟의 조성을 그대로 기판까지 가져갈 수 있다는 장점을 가진 PLD(Pulsed Laser Deposition)법을 사

용하였다. 이를 사용하여 준비된 $\text{Li}_x\text{CoO}_2(x=0.9\sim 1.5)$ 들을 산소(O_2) 분위기에서 증착온도를 다양하게 하여 Pt/ TiO_2 /Si 기판위에 박막 증착하였고, 이러한 실험 조건을 Table 1에 나타내었다.

이렇게 하여 제조된 Li_xCoO_2 중 정극물질로서의 물리적, 전기 화학적 특성이 양호한 실험조건을 선택하였고, 이렇게 선택된 조건하에 제조된 LiCoO_2 위에 $(\text{Li}, \text{La})\text{TiO}_3$ 고체 전해질을 낮은 증착온도에서 실험하여 제조하였다.

2.3. 박막의 물리적, 전기 화학적 특성 평가

원자 현미경(Atomic force microscopy, PSI), X-선 회절 분석(Rigaku D/MAX-RC-Materials Evaluation Center, Korea Research Institute of Standards and Science)을 이용하여 LiCoO_2 와 $(\text{Li}, \text{La})\text{TiO}_3$ 박막의 미세구조와 결정화도 그리고, 표면거칠기를 관찰하였다.

전지의 충·방전 특성을 분석하기 위해 1 mol LiClO_4 in PC의 액체 전해질과 음극으로서 Li 금속을 이용하여 Ar 분위기의 글로브박스 안에서 반쪽전지(beaker cell)를 제작하였다. 전지의 충·방전 실험은 상온에서 3.3~4.3 V

Table 1. The Deposition Conditions of LiCoO_2 Cathode and $(\text{Li}, \text{La})\text{TiO}_3$ Solid Electrolyte Films

Deposition parameters	LiCoO_2 cathode	$(\text{Li}, \text{La})\text{TiO}_3$ solid electrolyte
Targets	1 inch- Li_xCoO_2 sintered at 900°C ($X=0.9\sim 1.5$)	1 inch- $(\text{Li}_{0.5}, \text{La}_{0.5})\text{TiO}_3$ sintered at 1300°C
Deposition method	Pulsed laser deposition	Pulsed laser deposition
Deposition temperature	$100\sim 700^\circ\text{C}$	Room~ 500°C
Working pressure	0.2 Torr	50 mTorr
Energy density	2 J/cm^2	2 J/cm^2
Repetition rate	4 Hz	4 Hz
O_2 gas flow rate	55 sccm	5 sccm
Substrate	Pt/ TiO_2 /SiO ₂ /Si	LiCoO_2 /Pt/ TiO_2 /SiO ₂ /Si

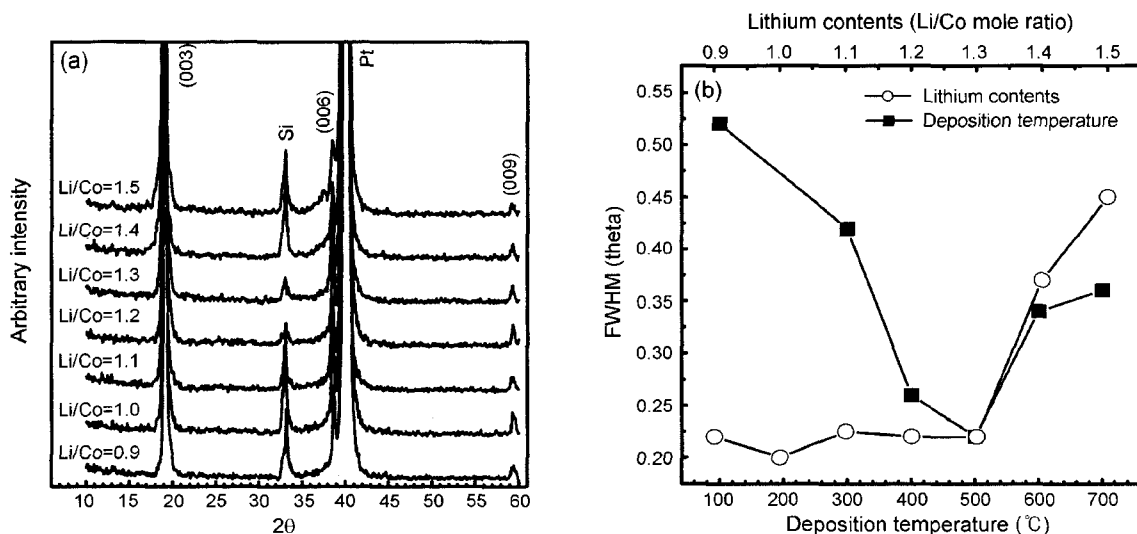


Fig. 1. XRD patterns (a) of LiCoO_2 thin films grown at 500°C with various Li/Co mole ratios and (b) the variation of FWHM with the deposition temperature and Li/Co mole ratio.

vs. Li^+/Li 의 전위영역에서 $100 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 의 인가전류로 EG&G electrochemical analysis system(model 273A)에서 평가되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. LiCoO_2 의 X-선 회절 분석 및 AFM 분석

LiCoO_2 양극 박막은 그 결정화도에 따라 결정화가 잘 이루어질수록 전지의 성능을 향상시켜 준다. Fig. 1(a)는 증착온도 500°C 에서 증착된 100 nm 두께의 LiCoO_2 박막을 Li/Co 의 몰비에 따라 나타내었다. $2\theta=19.15$ 와 38.87 그리고, 59.89 에서 LiCoO_2 정극 박막의 (003)과 (006) 그리고 (009) 피크(peak)가 나타난다. Li/Co 의 몰비가 변화하

는 것에 따라 피크의 큰 변화는 없지만 $\text{Li}/\text{Co}=1.4$ 이상에서는 $2\theta=19.15$ 부근의 (003) 피크가 두 개로 분리되어 완만해지는 것을 알 수 있었다. 이에 Fig. 1(b)에서 보여준 FWHM(Full Width at Half Maximum) 결과로부터 $\text{Li}/\text{Co}=1.2$ 또는 1.3 에서 가장 좋은 결정화도를 나타내었다. 또한 Fig. 1(b)의 증착온도에 따른 FWHM의 변화를 살펴보면 600°C 이상에서 결정화도가 나빠지는 것을 볼 수 있는데, 이는 높은 증착온도에서 리튬의 휘발과 Pt기판의 결정립성장으로 인해 LiCoO_2 의 구조가 불안정화되는 것으로 판단된다.

전고상 박막전지로 제작하기 위해 기판의 표면 거칠기가 중요한 요인이 되므로 LiCoO_2 의 증착온도와 Li/Co 몰비에 따른 AFM 분석을 하였다. Fig. 2(e)에서 보면 리튬

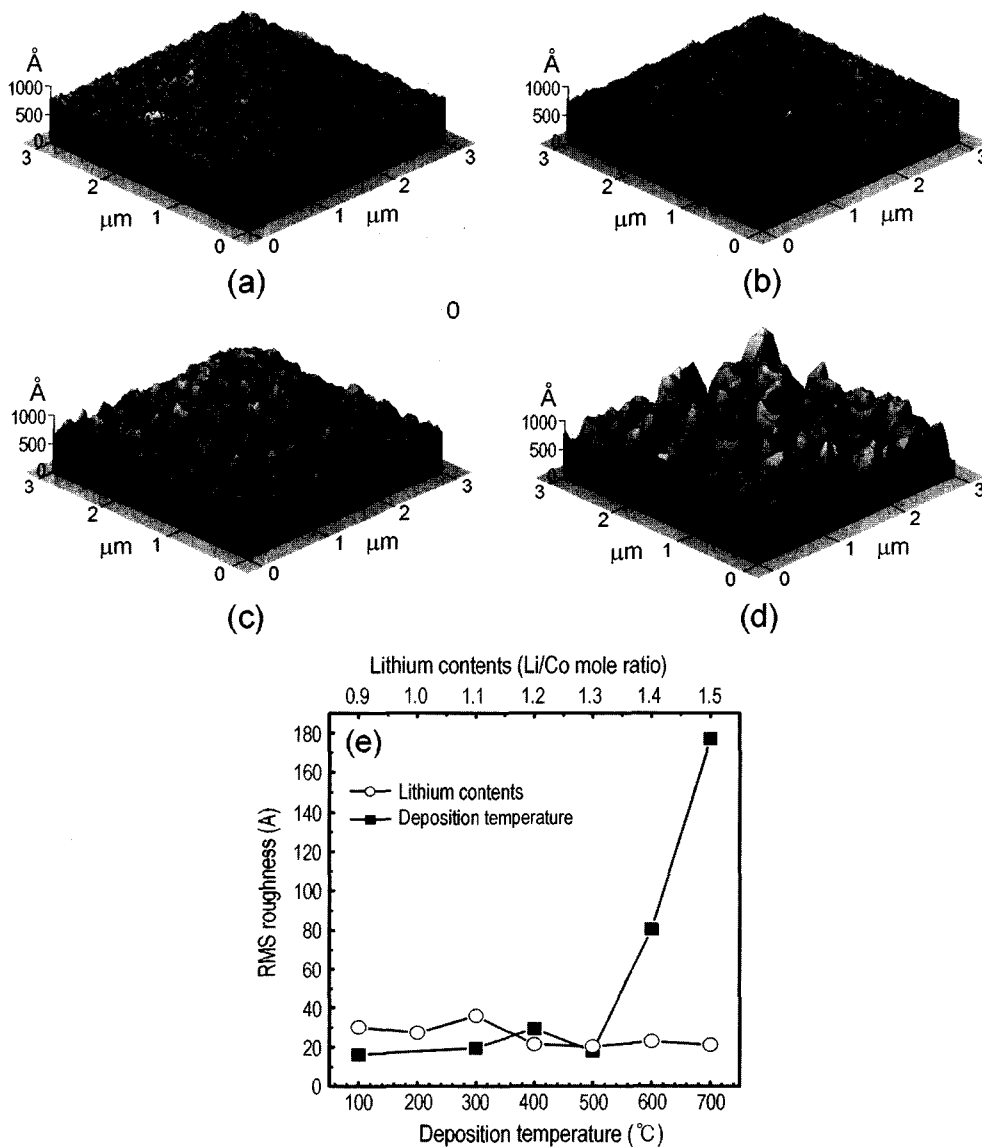


Fig. 2. AFM images of LiCoO_2 films grown at (a) 400°C , (b) 500°C , (c) 600°C , (d) 700°C using a target composition of $\text{Li}/\text{Co}=1.3$, and (e) the variation of roughness with the deposition temperature and Li/Co mole ratio.

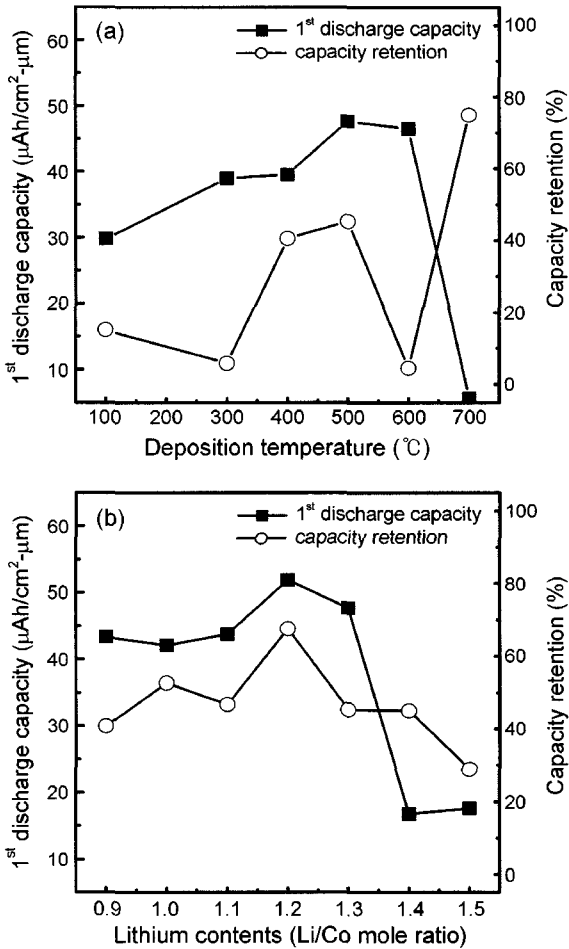


Fig. 3. The behavior of capacity retention during 100 cycles and the initial discharge capacity in Li/LiCoO₂ cells composed of LiCoO₂ films grown (a) with various deposition temperatures and (b) with various lithium contents.

양에 따른 표면의 거칠기는 큰 변화를 나타내지 않았지만, 증착온도에 따라 600°C 이상에서는 급격하게 표면이 거칠어 지는 것을 확인하였다.

3.2. LiCoO₂을 이용한 박막전지의 충·방전실험 분석

Fig. 3(a)는 증착온도에 따른 Li/Co=1.3의 조성을 가진 LiCoO₂ 정극 물질의 초기 방전 용량과 100 사이클 후의 방전용량의 보존력을 측정한 것인데, 증착온도 500°C에서 가장 좋은 초기 용량값과 방전용량의 보존력을 보이는 것을 알 수 있다. Fig. 3(b)는 증착온도 500°C에서 Li/Co의 몰비에 따른 LiCoO₂ 정극박막의 방전용량을 나타내고 있다. Fig. 3(b)에서 보면 Li/Co=1.2에서 초기 방전 용량이 53 μAh/cm²-μm를 나타내고 있으며, 100 사이클 후에도 64%, 정도의 좋은 방전용량 보존력을 나타내고 있다. 즉, Li/Co=1.2인 조성을 가지는 LiCoO₂가 laser ablation에 의해 박막 증착될 때 가장 좋은 LiCoO₂의 결정구조를 유지하는 것으로 판단된다.

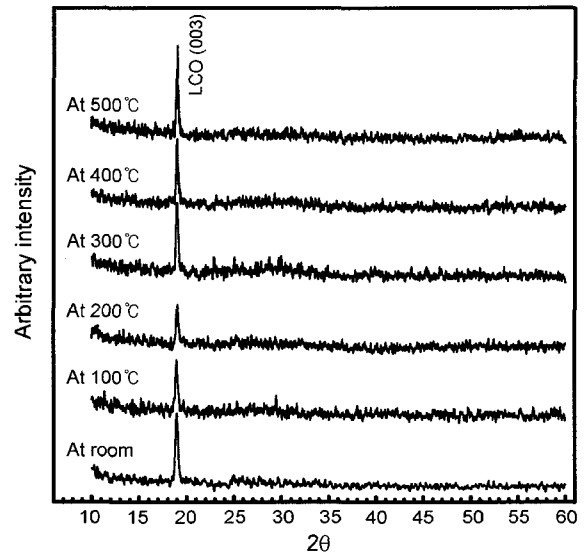


Fig. 4. XRD patterns of (Li, La)TiO₃/LiCoO₂ thin films grown on Pt/TiO₂ substrate at various deposition temperatures.

3.3. (Li, La)TiO₃/LiCoO₂의 X-선 회절 분석

Fig. 4는 (Li, La)TiO₃/LiCoO₂ 박막의 XRD 회절 분석을 보여준다. 여기에서 보면 2θ=19.15에서 나타나는 LiCoO₂의 (003) 피크외에는 관찰되지 않는 것으로 보아 (Li, La)TiO₃는 LiCoO₂ 위에서 비정질상으로 성장되었음을 알 수 있다. 기존의 LLTO 고체 전해질이 벌크형에서 결정화를 이루었을 때 높은 온도를 요구하며 또한 높은 전자전도도의 취약점을 갖고 있는 대신 비정질로 성장된 LLTO의 경우 낮은 증착온도만을 필요로 하며 낮은 전자전도도를 나타낼 것으로 기대된다.

3.4. (Li, La)TiO₃/LiCoO₂의 충·방전실험 분석

(Li, La)TiO₃/LiCoO₂의 박막을 가지고 부극으로 리튬 금속을 사용하여 Ar 분위기의 글로브 박스 안에서 1 mol LiClO₄ in PC와 함께 충방전 실험을 하였다. 상온에서 3.3~4.3 V vs. Li⁺/Li의 전위영역에서 100 μA/cm²의 인가전류를 가해 충·방전 실험을 한 결과 Fig. 6(a)에서 보는 바와 같이 낮은 증착온도인 100°C에서 성장시킨 LLTO/LCO의 경우 초기 방전 용량이 51 μAh/cm²-μm를 나타내고 있으며, Fig. 6(b)에서 보면 100 사이클 후에 90%, 정도의 훌륭한 방전용량 보존력을 가지는 것을 알 수 있다. 이는 LiCoO₂ 정극 물질만의 방전용량 보존력보다 130% 이상이 향상된 방전용량 보존력을 보이는 것인데, 이는 LLTO가 고체 전해질로서 LiCoO₂의 계면에서 리튬이온이 탈리 및 삽입을 반복하는 동안에도 LiCoO₂의 결정구조를 잘 지탱하고 있기 때문인 것으로 생각된다. 이러한 결과로 보아 (Li, La)TiO₃ 고체 전해질을 비정질화 하여 성장시키면 기존의 벌크형의 LLTO의 문제점인 높은 전자전도도의 문제점과 높은 제조온도를 필요로 하는 문제점을 보

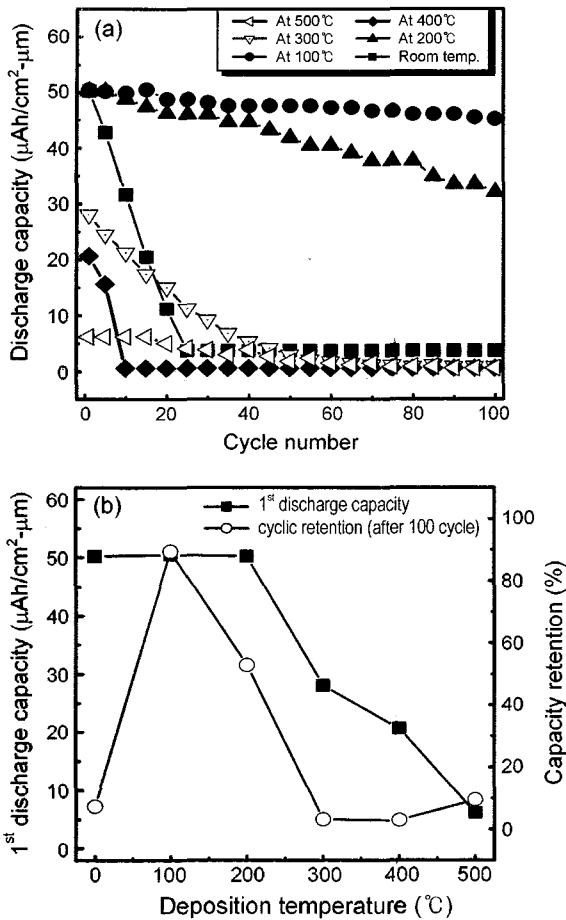


Fig. 5. (a) the behavior of capacity retention during 100 cycles and (b) the variation of the initial discharge capacity and capacity retention in LLTO/LCO/Pt/TiO₂ cells as a function of LLTO deposition temperature.

완 할 수 있으며 또한 액체상의 전해질보다 고체 전해질의 사용은 리튬 2차전지의 박막화를 추구할 수 있고 게다가 결정화도가 정극물질의 특성에 큰 영향을 미치고 있는 상황에서 고체 전해질은 정극물질의 결정구조를 유지시켜 그 용량의 보존력을 향상시킬 수 있어, 앞으로 전고상 박막전지에의 활용을 기대할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 Pt/TiO₂/SiO₂/Si 기판위에 LiCoO₂ 정극을 증착온도와 Li/Co간의 몰 비율을 변화시켜가며 성장시켰다. LiCoO₂ 정극은 Li/Co=1.2인 조성을 가지는 타겟을 사용하여 증착온도 500°C에서 성장되었으며 충분한 결정성을 확보하였고 표면 거칠기가 비교적 완만하였다. 이렇게 만들어진 LiCoO₂ 정극 물질을 가지고 반쪽전지를 구성하여 충·방전실험을 한 결과 53 μAh/cm²-μm의 높은 초기 용량값을 가지며 100 사이클 후에도 67.6%의 용량값을

유지하였다. 또한, 고체 전해질로서 결정질에서 나타나는 (Li, La)TiO₃의 높은 전자전도도를 보완하고자 LiCoO₂ /Pt/TiO₂/SiO₂/Si 위에 고체 전해질인 (Li, La)TiO₃를 비정질상으로 하여 PLD 방법으로 낮은 온도대역에서 증착온도를 다양하게 하여 증착하였다. 100°C의 증착온도에서 LiCoO₂/Pt/TiO₂/SiO₂/Si 위에 성장시킨 (Li, La)TiO₃를 가지고 LiClO₄ in PC 안에서 Li anode와 충·방전 측정 결과 약 51 μAh/cm²-μm의 초기 용량값을 나타내었으며 100 사이클 후에도 90%의 훌륭한 방전용량의 보존력을 나타내었다. 비정질상의 (Li, La)TiO₃ 고체 전해질은 전고상 박막전지로의 구현이 가능하다.

감사의 글

본 연구는 2004학년도 BK21 지원사업과 충남대학교 고기능성 자성재료 연구센터를 통한 한국과학재단의 지원으로 인해 수행되었습니다.

REFERENCES

1. Y. J. Lee, H. Y. Park, W. I. Cho, B. W. Cho, and K. B. Kim, "LiCoO₂ Thin Film Deposited by Bias Sputtering Method I. Electrochemical Characteristics (in Kor.)," *J. Kor. Electrochem. Soc.*, **6** [4] 261-65 (2003).
2. S. H. Choi, J. S. Kim, and Y. S. Yoon, "Structural and Electrochemical Characterization of LiCoO₂ Nano Cathode Powder Fabricated by Mechanochemical Process (in Kor.)," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **41** [1] 86-91 (2004).
3. E. I. Santiago, A. V. C. Andrade, C. O. Paiva-Santos, and L. O. S. Bulhoes, "Structural and Electrochemical Properties of LiCoO₂ Prepared by Combustion Synthesis," *Solid State Ionics*, **158** [92] 91-102 (2003).
4. C. Julien, M. A. Camacho-Lopez, L. Escobar-Alarcon, and E. Haro-Poniatowski, "Fabrication of LiCoO₂ Thin-Film Cathodes for Rechargeable Lithium Microbatteries," *Mater. Chem. and Phys.*, **68** 210-16 (2001).
5. S.-I. Cho and S.-G. Yoon, "Characterization of LiCoO₂ Thin Film Cathodes Deposited by Liquid-Delivery Metallorganic Chemical Vapor Deposition for Rechargeable Lithium Batteries," *J. Electrochemical Soc.*, **149** [12] 1-5 (2002).
6. M.-K. Song, Y.-T. Kim, J.-Y. Cho, B. W. Cho, B. N. Popov, and H.-W. Rhee, "Composite Polymer Electrolytes Reinforced by Non-Woven Fabrics," *J. Power Sources*, **125** 10-6 (2004).
7. Y. Inaguma, C. Liqun, M. Itoh, and T. Nakamura, "High Ionic Conductivity in Lithium Lanthanum Titanate," *Solid State Commun.*, **86** [10] 689-93 (1993).
8. O. Bohnke, C. Bohnke, and J. L. Fourquet, "Mechanism of Ionic Conduction and Electrochemical Intercalation of Lithium Into the Perovskite Lanthanum Lithium Titanate," *Solid State Ionics*, **91** 21-31 (1996).