

## Evaluation of plasma resistance properties of LaF<sub>3</sub> films deposited by the RF-IBAD method

Jihun Jung<sup>\*,\*\*\*</sup>, Sung Hyun Woo<sup>\*,\*\*\*</sup>, Sehyun Oh<sup>\*,\*\*\*</sup>, Hee Young Kang<sup>\*,\*\*\*</sup>, Jung Heon Lee<sup>\*\*</sup> and Hyeong-Jun Kim<sup>\*,†</sup>

<sup>\*</sup>Engineering Materials Center, Korea Institute of Ceramic Engineering & Technology (KICET), Icheon 17303, Korea

<sup>\*\*</sup>School of Advanced Materials Science & Engineering, Sungkyunkwan University (SKKU), Suwon 16419, Korea

<sup>\*\*\*</sup>Defense Business Department, Green Optics CO. Ltd., Cheongju 28126, Korea

(Received March 24, 2025)

(Revised March 24, 2025)

(Accepted March 24, 2025)

**Abstract** In this study, the plasma resistance of LaF<sub>3</sub> films deposited on glass was evaluated using the Radio Frequency – Ion Beam Assisted Deposition (RF-IBAD) method. Based on the CF<sub>4</sub> + Ar plasma etching rate, the LaF<sub>3</sub> film showed excellent plasma resistance, which was about 10 times lower than that of quartz glass and about 2 times lower than that of alumina. This is interpreted as being due to the fact that the LaF<sub>3</sub> film effectively suppresses the reaction with the CF<sub>4</sub> plasma and has low volatility due to its high melting point (2,327°C). Therefore, the LaF<sub>3</sub> film has better plasma resistance than conventional quartz glass and ceramics, and is likely to be used as an etching protection material for semiconductor process components.

**Key words** RF-IBAD deposition, LaF<sub>3</sub> film, Plasma-resistant materials, Plasma dry etching, Etching rate, Roughness

## RF-IBAD 방식으로 증착된 LaF<sub>3</sub> 필름의 내플라즈마 특성 평가

정지훈<sup>\*,\*\*\*</sup>, 우성현<sup>\*,\*\*\*</sup>, 오세현<sup>\*,\*\*\*</sup>, 강희영<sup>\*,\*\*\*</sup>, 이정현<sup>\*\*</sup>, 김형준<sup>\*,†</sup>

<sup>\*</sup>한국세라믹기술원 엔지니어링소재센터, 이천, 17303

<sup>\*\*</sup>성균관대학교 신소재공학과, 수원, 25115

<sup>\*\*\*</sup>그린광학 방위산업부, 청주, 28126

(2025년 3월 24일 접수)

(2025년 3월 24일 심사완료)

(2025년 3월 24일 게재확정)

**요약** 본 연구에서는 고주파 이온 빔 보조 증착(RF-IBAD) 방식을 이용하여 유리에 증착된 LaF<sub>3</sub> 필름의 내플라즈마성을 평가하였다. CF<sub>4</sub> + Ar 플라즈마 식각 속도를 기준으로 보면, LaF<sub>3</sub> 필름은 석영 유리에 비해 약 10배, 알루미나에 비해 약 2배 낮아 뛰어난 내플라즈마성을 나타냈다. 이는 LaF<sub>3</sub> 필름이 CF<sub>4</sub> 플라즈마와의 반응을 효과적으로 억제하며, 높은 승화점(2,327°C)으로 인해 낮은 휘발성을 갖기 때문으로 해석된다. 따라서, LaF<sub>3</sub> 필름은 기존의 석영 유리 및 세라믹보다 우수한 내플라즈마성을 보이며, 반도체 공정 부품의 식각 보호 소재로 적용될 가능성이 높다.

### 1. 서론

초미세 반도체 제조 공정에서 식각 공정에 사용되는 플라즈마의 에너지 밀도가 점점 증가하고 있다. 그러나, 고에너지 플라즈마는 목표 물질뿐만 아니라 식각 챔버 내벽 및 지그 부품의 세라믹 소재(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)까지 손

상시킬 수 있다. 기존 세라믹 소재는 입계 및 기공과 같은 미세 구조적 결함을 가지고 있어, 고밀도 플라즈마 환경에서 지속적으로 식각되며 오염 입자의 주요 원인이 될 가능성이 크다. 이러한 오염 입자는 웨이퍼 표면에 부착될 위험이 있으며, 결과적으로 미세 패턴 결선 장애 및 아킹(Arcing) 현상을 초래하여 반도체 생산 수율을 저하시킬 수 있다[1-6].

또한 지속적으로 손상될 경우, 부품 전체를 교체해야 하는 문제가 존재한다. 이는 반도체 제조 공정의 유지보

<sup>†</sup>Corresponding author  
E-mail: goldbud@kicet.re.kr

수 비용을 증가시키는 요인이 된다. 이를 해결하기 위해 고내식성 및 내플라즈마성을 갖춘 새로운 보호층 개발이 필수적이다. 최근, 유리 기반의 코팅 기술이 효과적인 대안으로 주목받고 있다[7-9].

Min 등의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Free 다성분계 유리의 CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>/Ar 내 플라즈마 특성 연구에서 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 함유된 유리가 우수한 내플라즈마 특성을 나타냈다. La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 플라즈마와 반응하여 형성된 반응 생성물인 LaF<sub>3</sub>는 2,327°C의 높은 승화점과 강한 결합 해리 에너지로 인해 상대적으로 낮은 식각률을 나타낸 것으로 보고되었다[10]. 따라서, LaF<sub>3</sub> 자체의 내플라즈마 특성에 대한 관심이 증가하였으며, 이를 내플라즈마성이 낮은 석영 유리의 보호막으로 활용할 가능성이 높을 것으로 예상하였다.

기존의 물리적 증착법과 비교하여, 고주파 이온 빔 보조 증착(RF-IBAD)은 저에너지 이온 빔을 조사하여 박막에 에너지를 전달함으로써 표면 원자의 이동성을 증가시킨다. 이를 통해 핵 형성이 촉진되며, 더욱 조밀한 박막이 형성되고, 동시에 표면 균일성과 접착력이 향상되는 효과를 제공하는 것으로 알려져 있다[11].

본 연구에서는 RF-IBAD 방식을 이용하여 석영 유리 기판 위에 LaF<sub>3</sub>의 고밀도 박막을 형성한 후, 내플라즈마 특성을 평가하였다. 이를 통해 LaF<sub>3</sub> 필름이 내플라즈마성 소재로 활용될 가능성을 확인하였다.

## 2. 실험

### 2.1. LaF<sub>3</sub> film

표면 거칠기 50 nm 미만으로 연마된 10 × 10 × 2 mm<sup>3</sup> 석영 유리 기판에 RF-IBAD(RBC-1100, ULVAC, Korea)

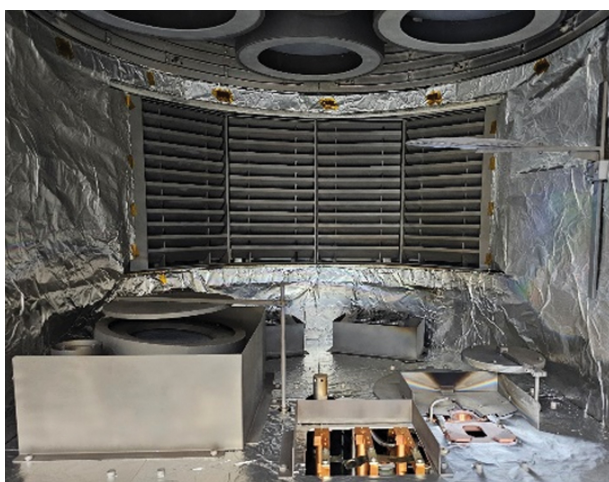


Fig. 1. Internal view of the RBC-1100 RF-IBAD system (RBC-1100, ULVAC, Korea) showcasing its chamber design and key components used for ion beam-assisted deposition.

Table 1  
Conditions of the RF-IBAD

Parameters	Condition
Base pressure (torr)	$1.0 \times 10^{-6}$
Working pressure (torr)	$2.5 \times 10^{-6}$
Temperature (°C)	200
Deposition rate (Å/sec)	5

방식을 이용해 1.6 μm 두께의 LaF<sub>3</sub>를 증착하였다(Fig. 1). 진공 챔버에서 LaF<sub>3</sub>를 스퍼터링 또는 증발시켜 기판에 형성하였으며, RF-IBAD 조건은 Table 1에 제시되어 있다.

### 2.2. Plasma resistance

형성된 LaF<sub>3</sub>의 플라즈마 저항성 평가는 CF<sub>4</sub> + Ar + O<sub>2</sub>가 혼합된 가스를 이용하여 ISO 21859 기준으로 실험

Table 2  
Conditions of the plasma etching

Parameters	Condition
RF power (W)	600
RF power, bias (W)	200
CF <sub>4</sub> (SCCM)	30
Ar (SCCM)	5
O <sub>2</sub> (SCCM)	10
Pressure (mTorr)	30
Time (min)	10, 30 and 60



Fig. 2. External view of the ICP-Etcher, highlighting key functional areas: input gate (red), ICP generator (purple), and etching area (blue).

조건은 Table 2에 제시된 바와 같이 진행하였다. 플라즈마 식각 장비는 ICP-Etcher(NIE150, NTM Co., Korea)를 이용하였다(Fig. 2).  $\text{LaF}_3$ 가 증착된 석영 유리 표면에 플라즈마에 노출될 1 mm 폭의 영역을 제외하고, 나머지 부분을 두 겹의 캡톤 테이프로 덮었다. 플라즈마 에칭 실험은 총 2시간 동안 수행되었으며, 과도한 식각을 방지하기 위해 5분간 식각 후 5분 휴식하는 과정을 반복하며, 시간 조건별로 샘플을 꺼내 분석하였다. 또한, 내플라즈마성 평가를 위해 석영 유리(GE124, Momentive, 미국)와 소결된 알루미늄 기판(99%, 한테크, 한국)을 대조군으로 사용하였다.

플라즈마 저항성은 식각률과 조도 평가되었으며, 식각률은 Surface profiler(ET3000, Kosaka, Japan)로, 조도는 Surface roughness analyzer(SJ-411, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 표면 및 과단면의 미세 구조는 주사전자현미경(JSM-6701F, JEOL, Japan)과 전계방출 주사전자현미경(JSM-7610FPlus, JEOL, Japan)을 통해 관찰하였다. 또한 X선 회절(D8 ADVANCE, Bruker, USA)을 이용하여 증착된  $\text{LaF}_3$ 의 부분 결정화를 분석하였으며, 스캔 범위는  $10\sim 80^\circ$ , 속도는  $7.85^\circ/\text{min}$ 으로 설정하였다.

Figure 3은 RF-IBAD를 이용해 석영 유리에 증착된  $\text{LaF}_3$  필름의 XRD 패턴을 나타낸다. 분석 결과, 결정 피크는 COD 1010983(F3La, Fluocerite)의 표준 데이터와 가장 유사하게 나타났으며, 이는  $\text{LaF}_3$ 가 육방정계(Hexagonal) 격자 구조를 가짐을 의미한다.

특히,  $2\theta = 24.82^\circ$  및  $43.67^\circ$ 에서 강한 회절 피크가 관찰되었다. M. Vijayakumar 등의 연구에 따르면,  $24.86^\circ$ 는 (1 1 0) 면,  $43.62^\circ$ 는 (3 0 0) 면에 해당하는 것으로 보고된 바 있다[12]. 이를 고려할 때, 본 연구에서 성장한  $\text{LaF}_3$  박막은 주로 (1 1 0) 및 (3 0 0) 방향으로 우세한 배향을 가지며 성장한 것으로 해석할 수 있다.

### 3. 결 과

Figure 4은  $\text{LaF}_3$  필름, 석영 유리, 알루미늄의 플라즈마 식각 후 프로파일을 보여준다. 각 소재의 식각 시간에 따른 식각률 변화는 Fig. 5에 제시되어 있으며, 식각 시간이 증가할수록 식각 속도가 점진적으로 증가하는 경향을 보였다.  $\text{LaF}_3$  필름의 식각률은 최소  $2.7 \text{ nm}/\text{min}$  (10분)에서 최대  $20.2 \text{ nm}/\text{min}$  (60분)까지 증가하였으며, 60분 기준으로 석영 유리 대비 90.5%, 알루미늄 기판 대비 53.9% 높은 내플라즈마성을 나타냈다. 이는  $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  유리 및  $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-AlF}_3$  유리보다 우수한 내플라즈마성을 보이는 것으로 확인되었다[13,14].

Figure 6는  $\text{LaF}_3$  필름, 석영 유리, 알루미늄의 식각 시간별 표면 조도 변화를 나타낸다.  $\text{LaF}_3$  필름의 표면조도는 식각 시간이 증가함에 따라 점진적으로 증가하는 경향을 보였다. 표면 조도는 최소  $0.130 \mu\text{m}$  (As-received)에서 최대  $0.247 \mu\text{m}$  (60분)까지 증가하였으며, 60분 기준으로 석영 유리 대비 59.2%, 알루미늄 대비 37.2% 감

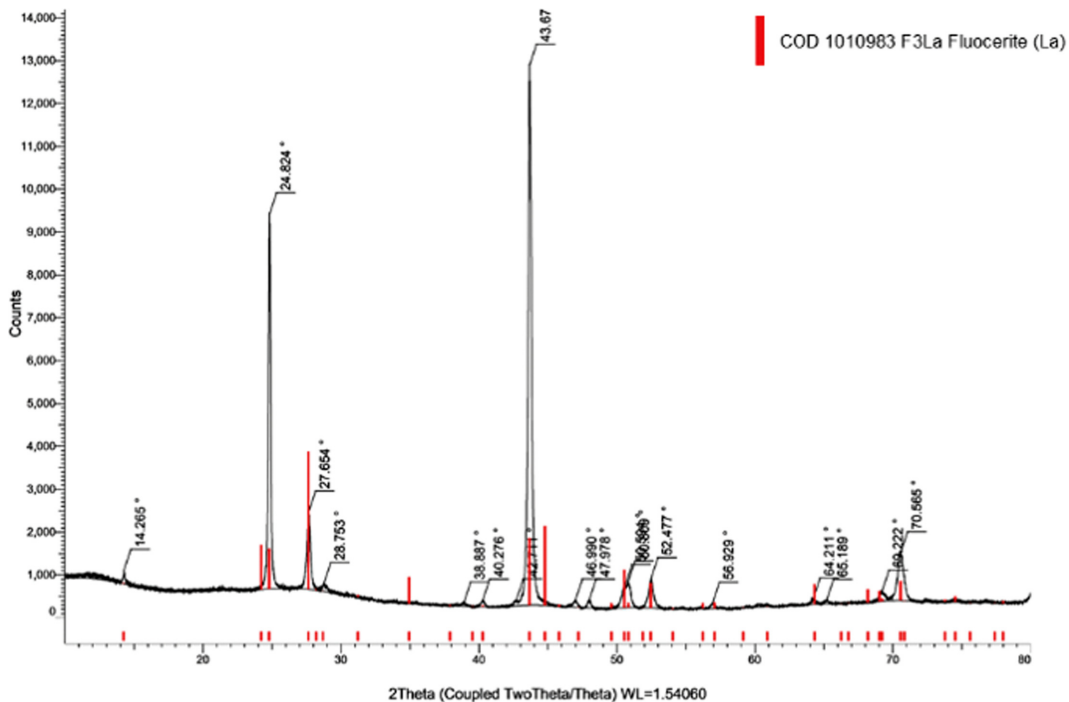


Fig. 3. X-ray diffraction analysis of  $\text{LaF}_3$  film glass: structural comparison with fluocerite (La).

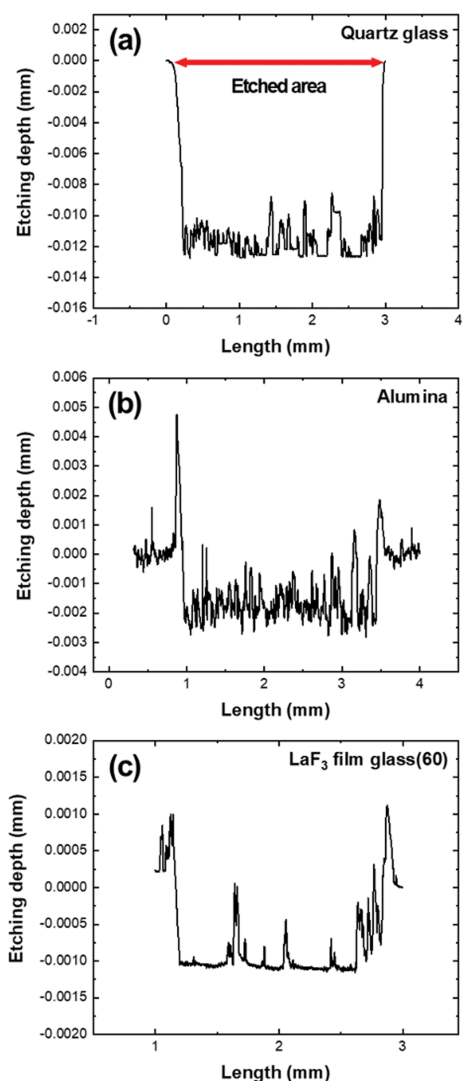


Fig. 4. Surface roughness profiles of LaF<sub>3</sub> film glass samples, quartz glass, and alumina after etching with fluorocarbon plasma and Ar<sup>+</sup> ions: (a) quartz glass, (b) alumina, (c) LaF<sub>3</sub> film glass.

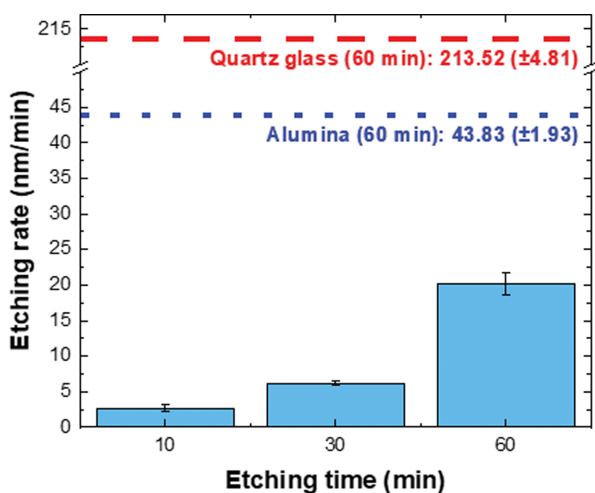


Fig. 5. Etching rates of LaF<sub>3</sub> film glass samples with respect to the plasma exposure time and comparison with the etching rates of uncoated quartz glass, polycrystalline alumina.

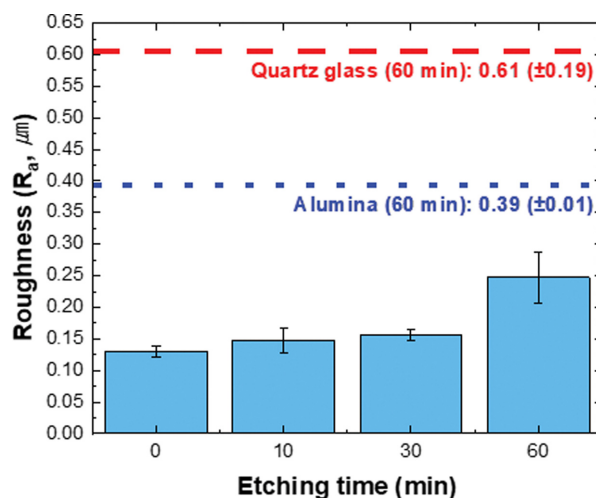


Fig. 6. Surface roughness ( $R_a$ ) of the LaF<sub>3</sub> film glass samples with respect to the plasma exposure time and comparison with the surface roughness of uncoated quartz glass, polycrystalline alumina.

소된 값을 나타내어 상대적으로 균일한 표면 특성을 유지하였다.

#### 4. 논 의

Figure 7에 보이는 바와 같이 일반적인 산화물의 경우, CF<sub>4</sub> 플라즈마와 반응하면, 불소 원자가 금속 원자와 결합하여 불화합물(MF<sub>x</sub>)을 형성한다. 이 과정에서 산소는 CO 또는 CO<sub>2</sub> 형태로 휘발되면서 표면에서 제거되고, 남은 금속 원자는 불소 원자와 반응하여 MF<sub>x</sub> 불소화합물을 형성하게 된다(불소화 반응, Fluorination).

그러나 LaF<sub>3</sub> 필름은 산화물이 아니므로, CF<sub>4</sub> 플라즈마 내에서 추가적인 불소화 반응이 발생하지 않는다. 따라서, LaF<sub>3</sub> 필름의 플라즈마 식각은 화학적 반응 없이 단순 Ar<sup>+</sup> 플라즈마에 의해 진행되며, Ar<sup>+</sup> 이온의 스퍼터링 효과(Sputtering effect)로 표면이 물리적으로 깎여 나갈 것으로 예상되었다.

Figure 5의 결과는 이전 PRG 연구[1,16]에서 불소화합물의 승화점이 높을수록 플라즈마 내성이 향상된다는 보고와 일치하였다. LaF<sub>3</sub>의 내플라즈마성이 탄화불소계

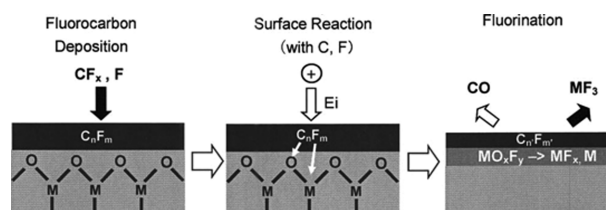


Fig. 7. Conceptual picture of the fluorination mechanism of ceramic surfaces irradiated by fluorine-based plasmas [15].

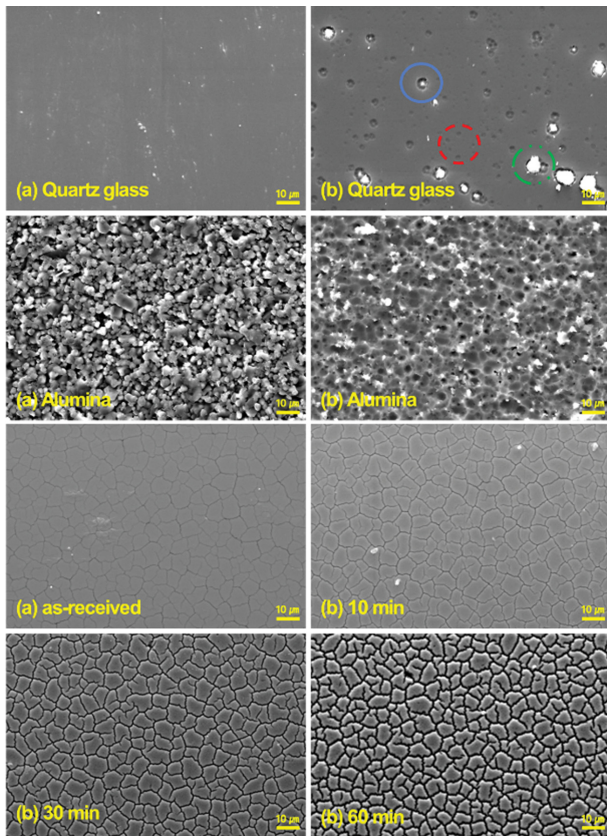


Fig. 8. Surface microstructures of  $\text{LaF}_3$  film glass, quartz glass, and alumina; all scale bars represent 10  $\mu\text{m}$ . (a) before etching, (b) after etching.

플라즈마와 반응 시 형성된 반응 생성물의 높은 결합 해리 에너지 및 승화 온도에 기인함을 시사한다. 특히,  $\text{LaF}_3$ 는  $2,327^\circ\text{C}$ 의 높은 승화점을 가지므로, 불소화합물이 발생하더라도 휘발성이 최소화될 것으로 예상되며, 이는 내플라즈마성 향상의 주요 요인으로 작용할 가능성이 크다.

Figure 8은 플라즈마 식각 전후의 표면 미세구조를 비교한 결과를 보여준다. 식각 후 석영 유리는 세 가지 현상이 관찰되었다. 적색 원은 표면에 나타난 뎀플(dimpled) 현상, 녹색 원은 약  $9\ \mu\text{m}$  크기의 반응 생성물, 청색 원은 특정 입자가 떨어져 나간 것인지, 혹은 새로운 입자가 형성된 것인지 명확하지 않은 영역이 확인되었다.

이러한 현상은 Si의 높은 반응성에 기인한 것으로,  $\text{SiF}_x$ ,  $\text{SiOF}_x$ 의 오스트발트 성장(Ostwald ripening) 또는 기화(Vaporization) 과정에서 발생한 표면 함몰 현상과 유사한 메커니즘으로 설명될 수 있었다[17]. B, P, Si과 같이 불소 의존성이 높은 휘발성 원소를 포함하는 조성에서도 유사한 결과가 보고된 바 있다[4].

또한 알루미늄은 다량의 기공이 생성되면서 표면 거칠기가 더욱 증가하였다. 반면, 식각 전  $\text{LaF}_3$  필름은 다결정 형태를 유지하였으며, 식각 시간이 증가함에 따라 결정립계 부근에서 국부적으로 식각이 진행되면서 경계선

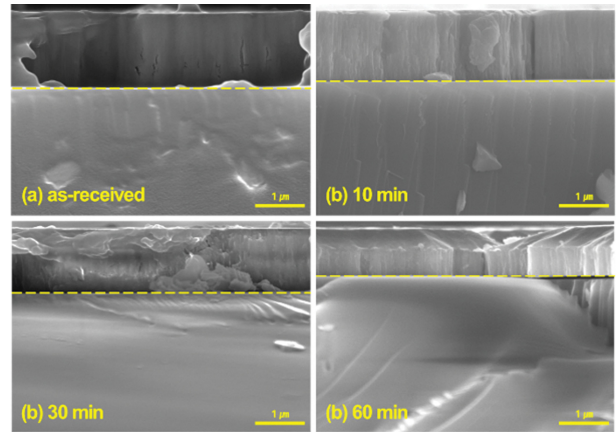


Fig. 9. Cross-sectional microstructures of the  $\text{LaF}_3$  film glass samples before and after plasma etching; all the scale bars represent 1  $\mu\text{m}$ . (a) before etching, (b) after etching.

이 더욱 명확하였다.

다결정 세라믹의 경우, 기공 및 결정립계 주변에서 국소 침식이 진행되면서 표면 손상이 유발될 수 있다[18]. 하지만  $\text{LaF}_3$  필름 경우 결정립계 주변에서 국부적인 식각이 진행되었음에도 불구하고, 알루미늄보다 낮은 표면 조도를 유지하였다. 이는 RF-IBAD 방식을 통해 형성된 고밀도 박막층이 균일한 식각 저항성을 제공한 결과로 판단된다.

Figure 9은 플라즈마 식각 전후의  $\text{LaF}_3$  필름, 석영 유리, 알루미늄의 파단면 미세구조를 비교한 결과이다.

식각 전  $\text{LaF}_3$  필름은  $1.6\ \mu\text{m}$  두께의 주상 조직(Columnar structure)을 유지하고 있으며, 식각 60분 이후부터 표면이 점진적으로 깎여 나가는 현상이 관찰되었다. 이는 Fig. 8에서 확인된 바와 같이 입계 부근에서 국부적인 식각이 진행된 결과이며, 동시에 Fig. 6에서 60분 이후 표면 조도 증가의 원인과도 연관된 것으로 해석된다.

석영 유리와 알루미늄은 식각 후 대규모 입자 탈락이 발생하였으며, 이는 Si 웨이퍼 오염의 직접적인 원인이 될 가능성이 크다. 반면,  $\text{LaF}_3$  필름은 식각 후에도 표면 미세구조 변화가 거의 없었으며, 이를 통해 상대적으로 우수한 플라즈마 내성을 갖는 소재로 활용 가능성이 높다고 평가된다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 RF-IBAD 방식으로 석영 유리에 증착된  $\text{LaF}_3$  필름의  $\text{CF}_4 + \text{Ar}$  플라즈마 내성을 평가하였다. 실험 결과, 식각 시간이 증가함에 따라  $\text{LaF}_3$ 의 식각 속도와 표면 조도가 점진적으로 증가했으며, 이는 입계 부근에서 국부적인 식각이 진행된 결과로 해석되었다.

반면, 석영 유리와 알루미늄은 식각 후 대규모 입자

탈락이 발생하여, Si 웨이퍼 오염의 주요 원인이 될 가능성이 높았다. 그러나, LaF<sub>3</sub> 필름은 식각 후에도 표면 미세구조 변화가 적어 상대적으로 우수한 내플라즈마성을 나타내었다. 이러한 특성은 LaF<sub>3</sub>의 높은 승화점 (2,327°C) 과 불소화 반응 억제 효과에 기인한 것으로 판단된다.

따라서, LaF<sub>3</sub> 필름은 기존 세라믹 소재 대비 뛰어난 내플라즈마성을 갖추고 있어, 반도체 공정에서 적용 가능성이 높은 소재로 평가될 수 있다.

## 감사의 글

본 논문은 산업통상자원부의 재원으로 소재부품 기술 개발사업(한국산업기술기획평가원)의 지원을 받았습니다 (과제고유번호 2410006967, 기관세 부과제번호 00508070).

## References

- [ 1 ] J.H. Choi, W. Bin Im and H.J. Kim, "Plasma resistant glass (PRG) for reducing particulate contamination during plasma etching in semiconductor manufacturing: A review", *Mater. Today Commun.* 34 (2023) 105267.
- [ 2 ] H. Shih, "A systematic study and characterization of advanced corrosion resistance materials and their applications for plasma etching processes in semiconductor silicon wafer fabrication", *Corros. Resist.* (2012).
- [ 3 ] D.M. Kim, M.R. Jang, Y.S. Oh, S. Kim, S.M. Lee and S.H. Lee, "Relative sputtering rates of oxides and fluorides of aluminum and yttrium", *Surf. Coatings Technol.* 309 (2017) 694.
- [ 4 ] J.H. Choi, H. Na, J. Park and H.J. Kim, "Plasma corrosion resistance of aluminosilicate glasses containing Ca, Y and B under fluorocarbon plasma with Ar<sup>+</sup>", *J. Non. Cryst. Solids* 521 (2019) 119498.
- [ 5 ] Y.C. Cao, L. Zhao, J. Luo, K. Wang, B.P. Zhang, H. Yokota, Y. Ito and J.F. Li, "Plasma etching behavior of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramics: Comparative study with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>", *Appl. Surf. Sci.* 366 (2016) 304.
- [ 6 ] C.S. Kim, M.J. Kim, H. Cho, T.E. Park and Y.H. Yun, "Fabrication and plasma resistance of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramics", *Ceram. Int.* 41 (2015) 12757.
- [ 7 ] H. Na, J. Park, J.-H. Park, D.-G. Kim, S.-C. Choi and H.-J. Kim, "Comparison of plasma resistance between spray coating films and bulk of CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> glasses under CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>/Ar plasma etching", *J. Korean Cryst. Growth Cryst. Technol.* 30 (2020) 66.
- [ 8 ] Y.S. Jung, K.W. Min, J.H. Choi, J.S. Yoon, W. Bin Im and H.J. Kim, "Plasma-resistant characteristics according to sintering conditions of CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> glass coating layer", *J. Korean Ceram. Soc.* 59 (2022) 86.
- [ 9 ] S.H. Woo, J. Jung, J.H. Lee and H. Kim, "Plasma resistance of Bi-Al-Si-O and Bi-Al-Si-O-F glass coating film", *J. Korean Cryst. Growth Cryst. Technol.* 34 (2024) 131.
- [ 10 ] K.W. Min, J.H. Choi, Y. Jung, W. Bin Im and H. Kim, "CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>/Ar plasma resistance of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> free multi-components glasses", *J. Semiconductor & Display Technol.* 21 (2022) 57.
- [ 11 ] M. Becker, M. Gies, A. Polity, S. Chatterjee and P.J. Klar, "Materials processing using radio-frequency ion-sources: Ion-beam sputter-deposition and surface treatment", *Rev. Sci. Instrum.* 90 (2019) 023901.
- [ 12 ] M. Vijayakumar, S. Selvasekarapandian, T. Gnanasekaran, S. Fujihara and S. Koji, "Structural and impedance studies on LaF<sub>3</sub> thin films prepared by vacuum evaporation", *J. Fluor. Chem.* 125 (2004) 1119.
- [ 13 ] Y.M. Byun, J.H. Choi, W. Bin Im and H.J. Kim, "Analysis of plasma etching reactivity of bismuth aluminosilicate glasses using fluorine concentration", *J. Non. Cryst. Solids* 629 (2024) 122883.
- [ 14 ] Y.M. Byun, J.H. Choi, W. Bin Im and H.J. Kim, "A Study on the thermal properties and plasma resistance of Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> glass", *J. Semiconductor & Display Technol.* 22 (2023) 64.
- [ 15 ] K. Miwa, N. Takada and K. Sasaki, "Fluorination mechanisms of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> surfaces irradiated by high-density CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> and SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub> plasmas", *J. Vac. Sci. Technol.* 27 (2009) 831.
- [ 16 ] J.H. Choi, H. Bin Park, H. Na and H.J. Kim, "Plasma corrosion resistance of RO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> (R: Alkaline earth) under fluorocarbon plasma with Ar<sup>+</sup>: II. Plasma resistant glass", *Corros. Sci.* 146 (2019) 247.
- [ 17 ] J.H. Choi, J.S. Yoon, Y.S. Jung, K.W. Min, W. Bin Im and H.J. Kim, "Analysis of plasma etching resistance for commercial quartz glasses used in semiconductor apparatus in fluorocarbon plasma", *Mater. Chem. Phys.* 272 (2021) 125015.
- [ 18 ] J.H. Choi, Y.M. Byun and H.J. Kim, "Preventing plasma degradation of plasma resistant ceramics via surface polishing", *J. Semiconductor & Display Technol.* 22 (2023) 130.