

실리콘 표면에 증착된 다공성 알루미나의 수분 흡착 거동

임효령* · 엄누시아* · 조정호** · 좌용호*†

*한양대학교 화학공학과
426-791 경기도 안산시 상록구 사3동 1271
**한국세라믹기술원 전자소재융합본부
153-801 서울특별시 금천구 가산동 233-5
(2014년 9월 2일 접수, 2014년 10월 15일 수정본 접수, 2014년 10월 18일 채택)

Moisture Gettering by Porous Alumina Films on Textured Silicon Wafer

Hyo Ryoung Lim*, Nu Si A Eom*, Jeong-Ho Cho** and Yong-Ho Choa*†

*Department of Fusion Chemical Engineering, Hanyang University, 1271 Sa 3-dong, Sangrok-gu, Ansan Gyeonggi 426-791, Korea
**Electronic Components Center, Korea Institute of Ceramic Engineering & Technology,
233-5 Gasan-dong, Geumcheon-gu, Seoul 153-801, Korea
(Received 2 September 2014; Received in revised form 15 October 2014; accepted 18 October 2014)

요 약

게터는 반도체와 초소형 전자패키지 소자 내부의 수소와 수증기 같은 기체를 흡착하여 기기 작동 시 방해 기체를 제거하는 기능을 한다. 본 연구에서는 재료와 공정 측면에서 높은 가격 경쟁력을 갖는 게터로, 실리콘 기판에 올라간 다공성 알루미나 구조체를 제조하는 연구를 진행하였다. 기공의 크기가 조절된 양극산화 알루미나(AAO)는 높은 비표면적을 가지며 표면에 OH기를 다수 포함하므로 높은 효율을 갖는 수분 흡착제로 사용되었다. 등온 수분 흡탈착 곡선으로 분석한 수분 흡착도는 상대습도 35%일 때 2.02%로 우수한 성능을 나타내었다. 즉, 저온에서 사용가능하며, 추가 열원이 필요하지 않아 박막구조의 소형화가 용이하여 내부 손상 및 오염을 방지할 수 있는 게터재를 합성하였다.

Abstract – Getter is a class of materials used in absorbing gases such as hydrogen and moisture in microelectronics or semiconductor devices to operate properly. In this study, we developed a new device structure consisting of porous anodized alumina films on textured silicon wafer, which have cost efficiency in materials and processing aspects. Anodic aluminum oxide (AAO) with controlled pore sizes can be applied to a high-efficiency moisture absorber due to the high surface area and OH⁻ saturated surface property. The moisture sorption capacity was 2.02% (RH=35%), obtained by analyzing isothermal adsorption/desorption curve.

Key words: Getter, Moisture Adsorption, Solution Process, Anodizing, Anodic Aluminum Oxide

1. 서 론

초소형 전자공학 기술(MEMS, Micro electro mechanical systems)을 기반으로 하는 정밀기계는 작동 수명과 작업 효율을 높이기 위해 적절한 진공도를 필수적으로 요구한다. 진공 기술이 접목되는 분야는 동작 센서(motion sensor), 적외선 센서, 위성 통신, 레이더, 관성항법 장치(Inertial navigation system)를 포함하는 우주, 군사, 산업 기술 등으로 광범위하다. 이러한 MEMS, MOEMS(Optical MEMS) 패키지 내부의 미세 입자나 가스 오염은 전자기기가 작동할 때 부품 소

자와 광학 특성을 쉽게 열화시킨다. 따라서 밀봉 용접(hermetic sealing)하여 외부로부터의 기체 유입을 막고, 게터(Getter)를 추가로 실장하여 기기 작동 시 소자로부터 발생하거나 내부에 잔존하는 H₂, O₂, CO₂, H₂O 등의 방해 기체를 화학 흡착하여 제거한다[1]. 예를 들어, 진공 증폭기(vacuum tube amplifier) 내부의 잔존 H₂O는 광학 렌즈를 부식시키거나 가동 부품 간 정지 마찰을 일으켜 부품을 이동시키므로 제올라이트, 세라믹 패키지 등으로 흡착한다[2]. 또한, IR 센서 내부에서 온도 상승에 의한 전기저항 변화를 검출하는 비냉각 볼로미터에는 O₂와 H₂O 게터를 부착, 0.01 mbar 이하의 진공도를 유지시켜 열전도로 인한 손실을 최소화한다[3]. H₂ 기체의 경우 금속 표면에서 흡착 및 분해되어 금속 원자 사이에 잔존하던 것이 고진공에서 다시 결합하여 기기 작동을 방해하므로 Ti, Zr, Zr-alloy, V 등 다양한 재료를 사용하여 흡착한다[4].

기기가 소형화되면서 기기 내부에서 게터재를 제조하는 것이 불

†To whom correspondence should be addressed.

E-mail: choa15@hanyang.ac.kr

‡이 논문은 한양대학교 배성열 교수님의 정년을 기념하여 투고되었습니다. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

가능해짐에 따라, 외부에서 제작한 후 이동하여 실장한다. 공기 중에 노출되는 동안 기체와의 반응을 막기 위해 부동태 막을 형성시키며, 실제 작동 전 150 °C 이상으로 가열하는 활성화 단계를 거쳐 흡착능을 회복한다[5]. 그러나 활성화 단계는 추가적인 열원 부하를 필요로 하며, 가열 시 기기에 손상을 주거나 추가적인 오염을 불러일으킬 수 있다. 따라서 현재까지의 연구는 부동태 막과 흡착재의 활성 메커니즘을 변화시켜 활성화 온도를 낮추거나 게터재의 비표면적을 향상시켜 흡착도를 높이는 데에 집중되어 있다[6].

양극 산화 알루미늄(AAO, Anodic Aluminum Oxide)은 나노 크기의 규칙적 기공을 갖는 2차원 다공체로 멤브레인, 형판(template), 필터 등으로 많이 사용된다. 양극산화법은 상온 액상 공정으로, 인가전압 및 전류, 전해질, 공정 온도를 변화시켜 다양한 중형비의 다공성 알루미늄 층을 합성한다. 고가의 진공증착법, 높은 공정온도 및 고진공을 요구하지 않아 공정이 간단하고 비용이 저렴하며, 제작된 나노 다공성 알루미늄은 화학적·기계적 안정성이 우수하다[7]. 또한, 나노 크기의 기공이 정렬된 구조적 특성 상 높은 비표면적과 캐필러리 효과를 갖고, 비정질과 결정질이 혼재하는 결정성 때문에 기공 확장 정도에 따라 표면 활성 정도가 변화하므로 수분에 대한 반응성을 증대시켜 수분 센서재에 적용된 바 있다[8,9].

본 연구에서는 재료와 공정 측면에서 높은 가격 경쟁력을 갖는 게터재로, 실리콘 기판 위에 적층된 다공성 알루미늄 구조체를 제조하는 연구를 진행하였다. 가스반응 표면적을 높이기 위해 기판을 습식 공정을 이용하여 오일형태로 제어한 피라미드형 실리콘 기판을 사용하였으며, 나노 기공구조의 박막을 형성하여 기공도를 조절하였다. 주사전자현미경(FE-SEM), 등온 수분흡탈착 곡선(Isothermal moisture adsorption/desorption curve) 분석하여 수분 흡착 게터재로 사용 가능성을 평가하였다. 저온에서 사용가능하며, 추가 열원이 필요하지 않아 박막구조의 소형화가 용이하며 내부 손상 및 오염을 방지할 수 있는 게터재를 합성하였다.

2. 실험

2-1. 실리콘 표면 텍스처링(Texturing of Silicon Surfaces)

본 연구에서는 적외선 센서 등 반도체 소자에 바로 적용할 수 있는 p-형 실리콘 기판(Boron doped, <100> oriented, 1-10 ohm/cm)을 사용하였다. 실리콘 기판을 아세트산(99.5%)과 증류수로 세척한 뒤 잔존하는 유기물을 제거하기 위해 황산(Sulfuric acid, DAEJUNG, 98%):과산화수소수(Hydrogen peroxide, DAEJUNG, 30% aqueous solution):증류수가 15:7:3의 비율로 섞인 용액에 담가 80 °C에서 10 분 동안 가열하였다. 자연 산화층을 제거하기 위해 상온에서 10 wt% 불산(Hydrofluoric acid, DUKSAN, 48-51%) 용액에 10분 동안 담갔다가, 2 wt% 수산화칼륨(Potassium hydroxide, SAMCHUN, 85%) 용액에 30분 동안 담가 실리콘 표면을 마이크로 단위의 피라미드가 분포된 형상으로 텍스처링하였다. 시편을 각각의 용액에 담갔다가 꺼낸 뒤에는 증류수로 세척 및 자연건조 시키고 다음 공정을 진행하였다.

2-2. 알루미늄 양극 산화 및 기공도 제어(Anodizing of Aluminum Films and Pore-widening Effects)

양극 산화 알루미늄의 기공도에 따른 수분흡착 특성을 평가하기 위하여, 먼저 실리콘 기판을 사용하지 않은 알루미늄 피막을 제조하

였다. 제조 방법은 옥살산(Oxalic acid, Sigma Aldrich, 99+%) 기반의 2단계 양극산화 공정을 채택하였다[10,11]. 고순도 알루미늄 필름(99.99%, 0.25 mm, Alfa Aesar)을 2.5×2.5 cm 크기로 잘라 에탄올에 담가 3분 동안 초음파 처리하고 증류수로 세척하였다. 시편 표면의 자연 산화층을 제거하기 위해 1 M 수산화나트륨(Sodium hydroxide, SAMCHUN, bead>98.0%) 용액에 1분 담갔다가 증류수로 세척하는 과정을 두 번 반복하고 자연건조 시킨 뒤, 1.5 cm의 구멍이 뚫린 지그에 넣어 조립하여 원하는 영역만 양극산화 공정에 사용하였다. 1차 양극산화는 50 V에서 30분, 2차 양극산화는 55 V에서 4시간 30분 동안 진행하였고, 1차 산화 뒤에 형성된 불규칙한 기공은 1.8 wt% 크롬산(Chromic(VI) oxide, High purity chemical, 99.99%)과 6 wt% 인산(Phosphoric acid, SHOWA, 98%)의 혼합 용액에 5시간 동안 담가 제거하였다. 하단면의 알루미늄은 0.1 M 염화구리(Copper(II) chloride, Sigma Aldrich, 99%)와 20 vol% 염산(Hydrochloric acid, Sigma Aldrich, 34-37%) 혼합 용액으로 제거하고, 45 °C의 5 wt% 인산 용액에 1시간, 2시간 동안 담가 기공 확장하였다.

피라미드 형태로 텍스처링 된 실리콘 기판 상단에 전자빔 증착법(E-beam evaporation)으로 약 700 nm 두께의 알루미늄 필름을 증착하였다. 알루미늄/실리콘 시편을 구리(Cu) 테이프에 접착하여 만든 전극을 양극으로, 1.5 μm의 백금을 코팅한 타이타늄 막대 전극을 음극으로 하여 0.3 M 옥살산 용액에 담가 50 V 전압을 인가하여 양극 산화시켰다. 100초에서 최대 800초의 시간 동안 100초 단위로 공정 시간을 조절한 뒤 표면 육안 사진, 전류밀도-시간 곡선, 주사전자현미경 분석을 기반으로 최적 공정 시간을 확립하였다. 표면에 형성된 다공성 알루미늄 피막의 기공도를 조절하기 위해 1.8 wt% 크롬산과 6 wt% 인산의 혼합 용액에 담갔다가 꺼내어 증류수로 세척 및 건조하였다. 공정 시간은 40분, 70분, 90분에서 최대 130분으로 조절하였고, 주사전자현미경 사진을 통해 표면과 측면 형상을 분석하고 기공의 크기, 기공도 값을 얻었다.

2-3. 특성 평가(Characterization)

다공성 구조는 FE-SEM (Hitachi S-4800)으로, 수분 흡착도는 BEL Japan 사의 BELSORP-aqua3를 사용하여 부피법에 의한 등온 수분 흡탈착 곡선을 그려 평가하였다. 수분 흡탈착 곡선은 진공 분위기에서 300도로 가열하여 24시간 동안 유지하는 전처리 공정을 통해 시편에 남아있는 수분과 잔존 가스를 제거한 뒤 분석하였다. 측정온도는 25.15 °C로 유지시켰으며 흡착에 사용된 증기는 3차 증류수를 80 °C로 가열하여 얻은 것을 사용하였다. 이때 증류수의 밀도는 0.997 g/cm³, 포화 증기압은 3.1690 kPa(23.8 mmHg)이다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 텍스처링 된 실리콘 기판 상단에 알루미늄 증착 후 양극 산화

Fig. 1은 텍스처링과 알루미늄 증착 공정을 거치고 난 뒤 알루미늄/실리콘 기판의 육안 사진과 주사전자현미경 사진이다. (a)는 육안 사진으로, 4인치 실리콘 기판에 알루미늄이 고르게 증착된 것을 확인하였다. 기판 표면의 얼룩은 유기물과 산화층을 제거하고 텍스처링 용액에 함침하는 과정에서 용액이 흘러내리고 건조 시 증발 속도가 다르기 때문에 나타난 것으로 보인다. 도면에 삽입된 표는 구입한 실리콘 기판의 사양을 나타낸다. (b)는 평면 주사전자 현미경 사진으로 4.4±2.1 μm 크기의 피라미드가 형성된 실리콘 기판 위에 알루미늄

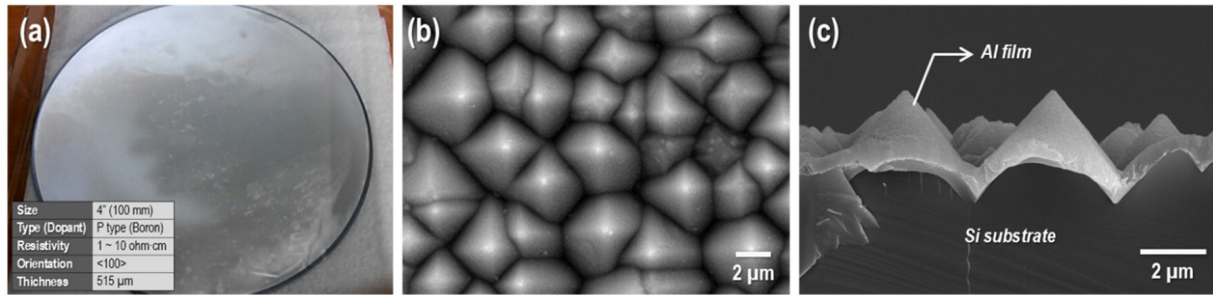


Fig. 1. Naked-eyes view (a) and FE-SEM images of the top-view (b) and cross-sectional view (c) of e-beam evaporated Al/Si substrate.

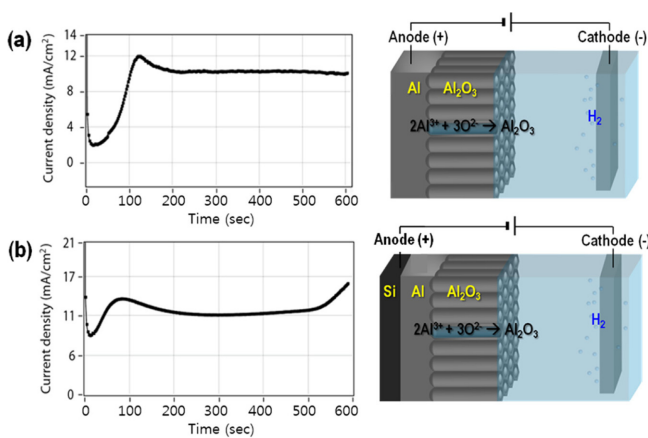


Fig. 2. Time-current density transients during anodizing of (a) 60-μm-thick Al foil and (b) 700-nm-thick Al on Si substrate.

층이 고르게 증착되었다. (c)는 단면 사진으로 실리콘 기판 위에 알루미늄 층이 분리되지 않고 증착되어 있음을 확인할 수 있다. 이때 증착된 알루미늄 층의 평균 두께는 700 nm로 측정되었다.

Fig. 2는 알루미늄 호일과 실리콘 기판에 증착한 알루미늄의 양극 산화 거동을 비교한 전류밀도-시간 그래프이다. Fig. 2의 (a)는 알루미늄 호일 사용 시 전류 밀도의 변화를 측정한 그래프와 표면에서의 화학 반응을 나타낸 도식이다. 60 μm 두께의 알루미늄 막을 양극으로, 백금 전극을 음극으로 하고 0.3 M의 옥살산 용액에 담가 10분 동안 50 V의 전압을 인가하였다. 알루미늄 기판의 표면에서 산화된 알루미늄 이온(Al^{3+})과 산성 전해질의 물 분자(H_2O)로부터 분해된 산소 이온(O^{2-})이 반응하여 알루미늄 층이 형성되며, 알루미늄이 산화될 때 알루미늄 원자 하나가 차지하는 부피 차이에 의해 나노 크기의 기공을 갖는 다공성 구조로 전환된다. 이때 연결 양극 산화의 경우 전류 밀도는 일반적으로 10~20 mA/cm^2 이면 균일한 구조를 형성하는 것으로 보고된 바 있다[12]. 따라서, 초기 1~2분 사이 기공이 형성되면서 우물 형태의 전류밀도 곡선을 그리고, 이후 약 10 mA/cm^2 으로 유지되면서 균일한 산화층이 형성됨을 확인하였다. Fig. 2의 (b)는 실리콘 기판 위에 증착된 알루미늄의 양극산화 시 전류 밀도의 변화와 표면 화학 반응을 나타낸 도식이다. 전류 밀도의 값은 알루미늄 호일의 양극산화 거동과 비슷하게 진행되다가 약 10분이 지난 뒤에는 전류밀도가 급격하게 증가하였다. 이는 알루미늄 표면부터 산화되기 시작하여 모두 다공성 알루미늄으로 전환되면 전해용액이 불가피하게 p-타입 실리콘 기판과 반응하면서 기포가 발생하기 때문이다[13].

Fig. 3은 알루미늄/실리콘 시편의 양극산화 시 공정 시간에 따른

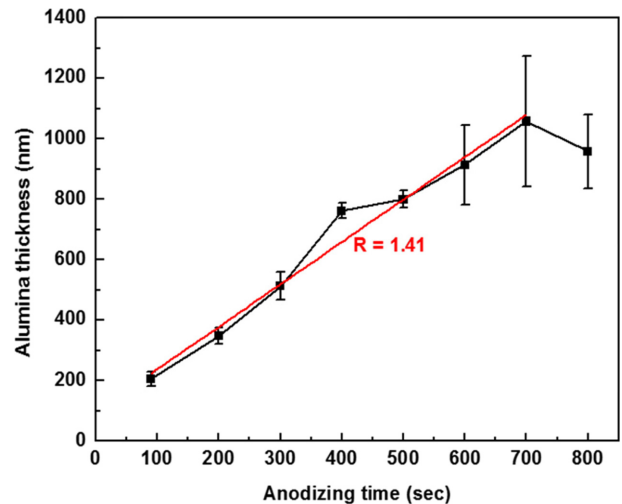


Fig. 3. The thickness of the anodized Al_2O_3 on Si substrate after anodizing for 100-800 s.

산화층 두께 변화를 나타낸 그래프이다. 공정 시간은 100초 간격으로 100초부터 800초까지 조절하였으며, 시간에 따라 산화 피막의 평균 두께는 선형적으로 증가하는 것을 확인하였다. 600초 이상 양극산화 시키면 두께 편차가 급격히 증가하는데, 이는 증착된 알루미늄의 두께가 불균일하기 때문에 알루미늄이 소진되는 시간이 서로 다름에 기인한다. 즉, 전자빔 증착 시 알루미늄 피막은 피라미드의 양쪽 면에서 약 100 nm 두께의 편차를 가지므로 500초에서 700초 사이에서 한쪽 면의 알루미늄은 모두 산화되고 다른 면의 잔여 알루미늄만 산화 피막으로 전환된다. 이는 Fig. 2(b)의 전류밀도가 급격히 증가하는 구간과도 일치한다. 이후 800초에서 다시 피막 두께가 감소하는 것은 전해질과 p-형 실리콘이 만나 공동(void)을 형성하면서 다공층이 기판으로부터 탈락되기 때문이다[14]. 따라서 Pt, Au, Ti 등을 접착층으로 올린 뒤 알루미늄을 증착하여 양극산화 한 다양한 선행 연구가 있으나, 우리는 다공성 알루미늄 자체의 수분 흡착 특성을 평가하기 위해 접착층을 사용하지 않고 양극산화하였다[15,16]. Fig. 4는 다공성 알루미늄/실리콘 시편의 단면을 관찰한 주사전자 현미경 사진이다. (a)와 (d)는 500초, (b)와 (e)는 600초, (c)와 (f)는 700초 동안 50 V를 인가하여 산화층을 형성시킨 뒤, 40분 동안 기공 확장한 결과이다. 고배율 단면 사진을 통해 서로 다른 두께의 산화 피막 모두 다공성 구조를 갖는 것을 확인할 수 있었다. 양극산화 시간이 500초에서 600초로 늘어나면 알루미늄 피막의 두께는 증가하였으며, 산화 피막으로 전환되지 못한 알루미늄이 산화층 하단에 남아있는 것을 관찰할 수 있었다. Fig. 4(c)와 같이 양극산화 시간을 700초로 증

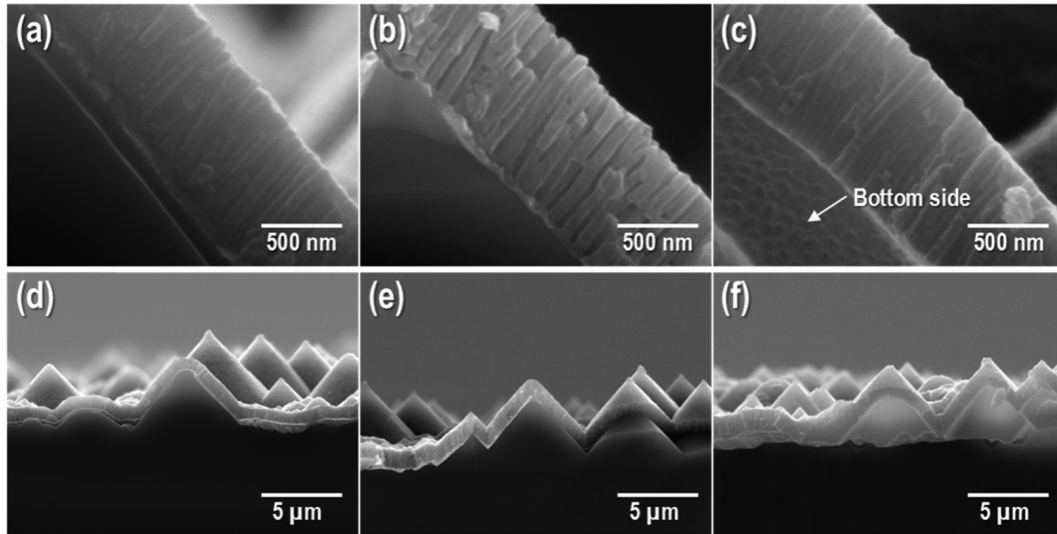


Fig. 4. Cross-sectional FE-SEM images of AAO/Si structure after anodization for (a, d) 500 s, (b, e) 600 s, and (c, f) 700 s in high and low magnification.

가시키자 알루미늄 층이 관찰되지 않았으므로 600초에서 700초 사이에 모든 알루미늄 층이 산화피막으로 전환되었으나, 하단면에 공동이 형성되고 피라미드 형상의 실리콘 기판으로부터 탈착되는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 탈착은 게터재 내부에서 불순물 입자로 작용할 수 있으므로, 전류밀도 그래프와 FE-SEM 분석 결과를 바탕으로 양극 산화 공정을 600초에서 700초 동안 진행할 때 p-타입 실리콘과 전해질이 만나면서 전류 밀도가 증가하는 시점에서 공정을 종료하였다.

3-2. 기공도에 따른 수분 흡착도 평가

다공질 알루미늄의 수분 흡착도를 평가하기 위해, 알루미늄 호일을 양극산화한 샘플과 실리콘 기판 위에 다공질 알루미늄 피막을 형성시킨 샘플의 기공도를 조절하여 비교 분석하였다. 그림 5는 알루

미늄 호일을 양극산화하고 45 °C의 5 wt% 인산 용액에 담가 기공 확장한 샘플의 주사전자현미경 사진이다. Fig. 5(a)와 (d)는 기공 확장 공정을 거치기 전, (b)와 (e)는 1시간, (c)와 (f)는 2시간 동안 기공 확장한 표면과 하측면이고 삽입된 그림은 그 단면을 촬영한 결과이다. 표면 사진의 분석 결과 기공 확장 후 다공성 구조가 균일하게 형성되며, 기공도가 22%, 24%, 49%로 증가하였다. 기공 확장 전의 하측면을 촬영한 5(d)는 양극산화 시 형성된 장벽층(barrier layer)의 형상을 나타내며, 기공 확장 공정을 진행할수록 (e) 29%, (f) 45%로 기공도가 증가한다. 또한, 단면 사진을 통해 다공질의 형상이 무너지지 않고 균일하게 형성되어 있음을 확인할 수 있었다.

Fig. 6은 다공성 알루미늄 피막을 형성시킨 실리콘 기판의 표면과 단면 형상을 촬영한 주사전자 현미경 사진이다. 기공 확장 용액에 각각 (a, b) 40분, (c, d) 70분, (e, f) 90분, (g, h) 130분 동안 담갔다 증

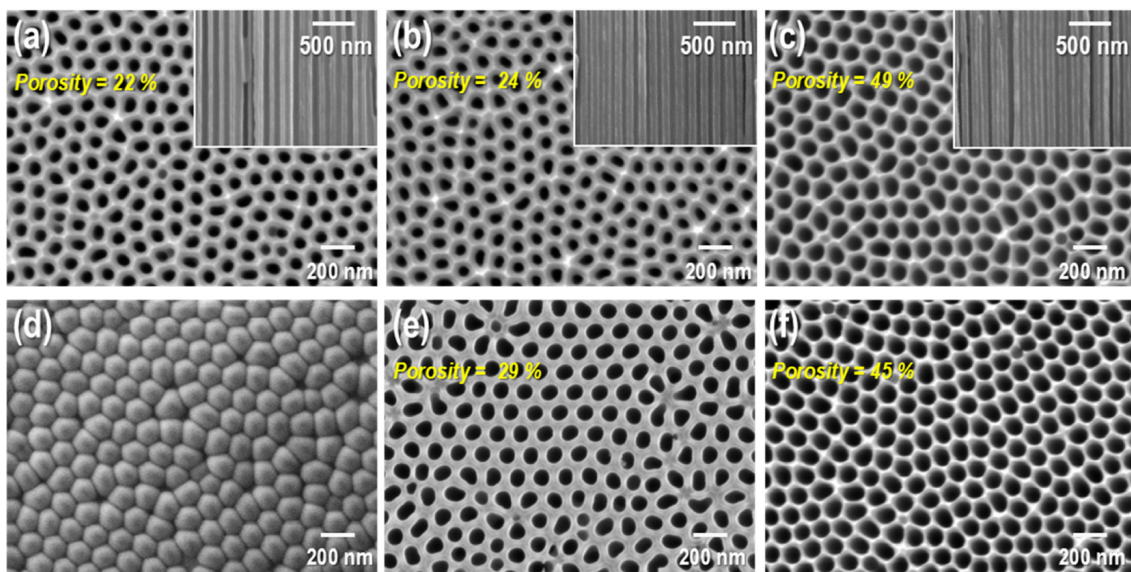


Fig. 5. FE-SEM images of top-side(a, b, c) and bottom-side(d, e, f) of AAO template before pore-widening (a, d) process and after immersing in pore-widening solution for 1 h (b, e) and 2 h (c, f). The inset is the cross-sectional view.

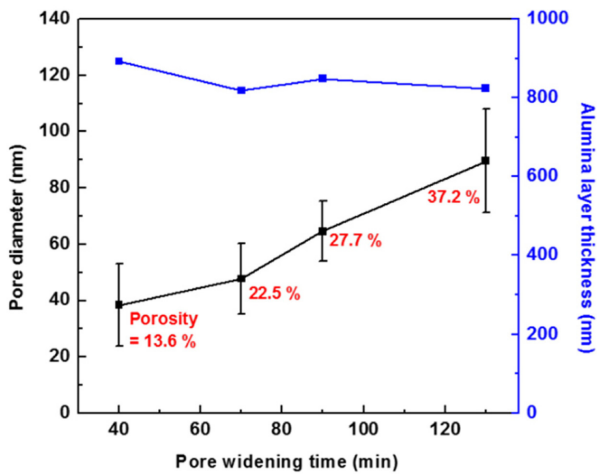
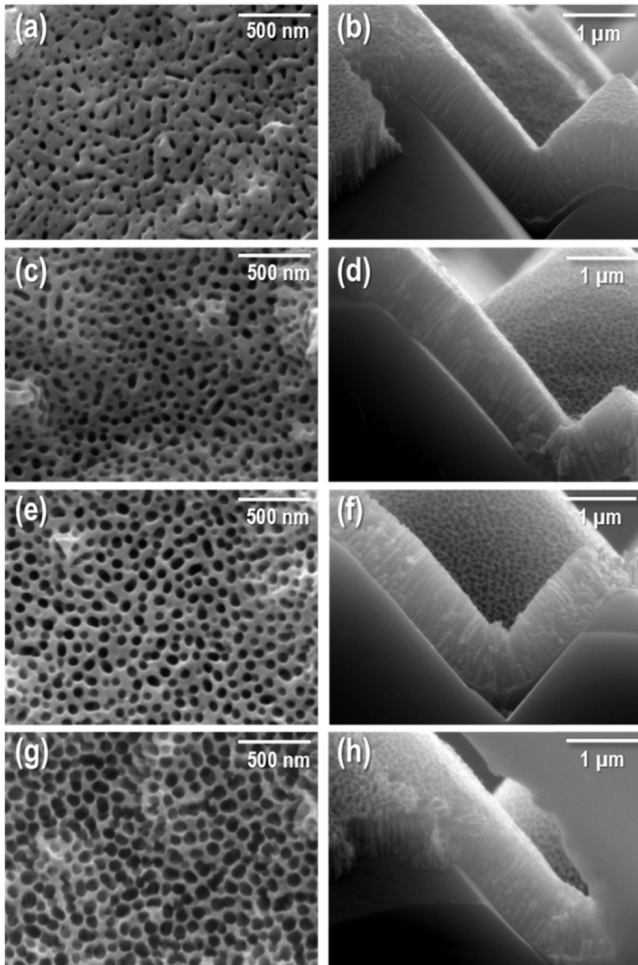


Fig. 6. FE-SEM images of top-side(a, c, e, g) and cross-sectional view(b, d, f, h) of AAO/Si structure after immersing in pore-widening solution for 40 m (a, b), 70 m (c, d), 90 m (e, f) and 130 m (g, h). The bottom graph is the average pore diameter and alumina film thickness on the Si substrate measured from the FE-SEM images.

류수로 세척한 뒤 공기 중에서 건조하여 시편을 준비하였다. 표면 분석을 통해 기공 확장 시간이 길어질수록 다공층의 기공 크기와 기공도가 증가하는 것을 확인하였다. 그러나 단면 분석 결과, 함침 시간이 70분 이상이 되면 다공층의 벽면이 무너지는 모습이 관찰되었으

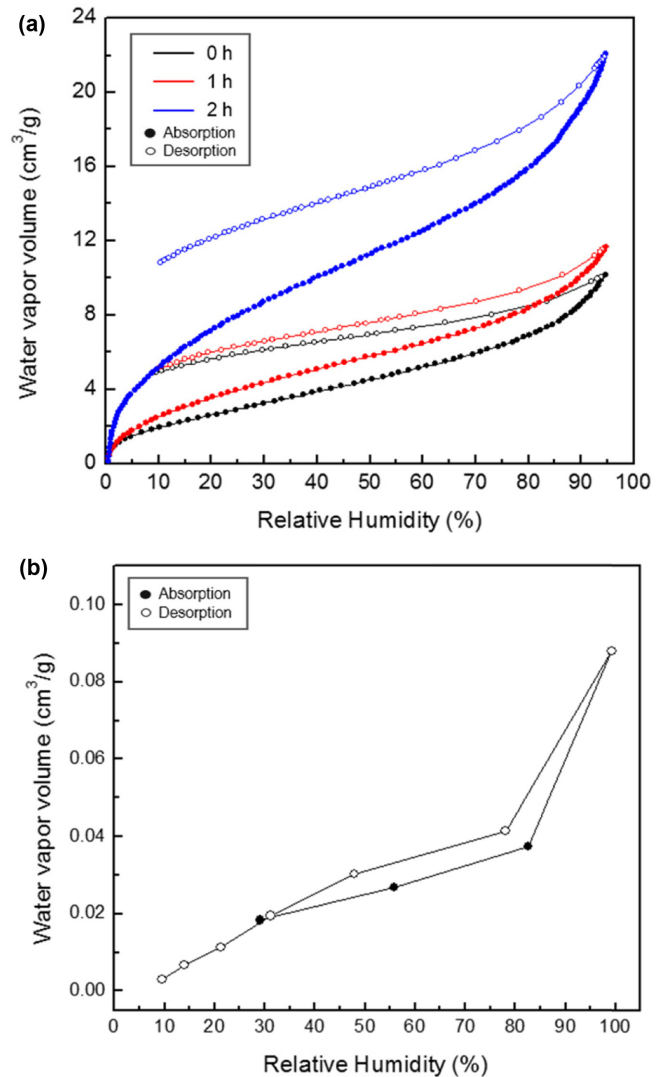


Fig. 7. H_2O adsorption-desorption isotherms for the AAO template (a) and AAO/Si structure (b) ($T=25^\circ C$).

며, 실제로 시편을 다루는 과정에서 다공층의 취성이 증가하였다. 형상 사진을 정량화한 그래프를 통해 기공 확장 공정 시간에 따른 기공도와 다공층의 두께를 분석한 결과, 기공률은 약 13.6~37.2%로 조절되었으며 산화층의 두께는 약 8% 감소하였다. 즉, 1.8 wt% 크롬산과 6 wt% 인산의 혼합 용액을 사용한 기공 확장 공정은 다공질 알루미늄의 기공도를 조절하는 방법이 될 수 있으나, 동시에 실리콘 기판 위에 형성된 다공층의 취성을 증가시켜 형상이 무너지고 불순물을 야기하는 원인이 될 수 있다.

Fig. 7은 60 μm 두께의 양극산화 알루미늄과 1 μm 두께의 양극산화 알루미늄 층을 올린 피라미드형 실리콘 기판의 수분 흡착도를 평가한 그래프이다. Fig. 7(a)는 양극산화 알루미늄을 기공 확장 전, 기공 확장 1시간, 2시간 진행한 샘플의 기공도에 따른 수분 흡착도를 측정된 결과이다. 게터재가 작동하는 RH=35% 이하에서 (a)에 나타난 다공성 알루미늄의 수분 흡착도는 기공도가 증가함에 따라 최대 3.9, 4.7, 9.4 cm^3/g 으로 급격하게 증가하는 양상을 보였다. 이는 기공도 증가로 인하여 수분이 흡착하는 비표면적이 증가할 뿐 아니라, 기공 내부의 비결정질 상에 집약된 OH가 노출되면서 H_2O 와의 수소

결합이 증대됨에 기인한다[8,9]. Fig. 7(b)는 다공층/실리콘 샘플을 기공 확장 용액에 40분 동안 함침한 시편의 수분 흡착도로, 시편의 무게에 대한 수분 흡착 용량값은 RH=35%에서 $0.020 \text{ cm}^3/\text{g}(2.02\%)$ 으로 측정되었다. 이는 고진공에서 요하는 최소한의 수분 흡착도인 2.0%를 만족하는 값이다[17]. 또한, 실리콘 기판에 증착시킨 다공성 알루미늄에 비해 $60 \mu\text{m}$ 두께의 다공성 알루미늄 필름의 흡착도가 100배 이상 높은 이유는 실리콘 기판이 차지하는 무게와 알루미늄의 두께 차이에 기인한다. 따라서, 두께가 얇은 실리콘 기판을 사용하거나 다공질 알루미늄의 두께를 증가시키고 또한, 규칙적인 기공을 형성하여 기공도를 조절하면 수분 흡착능을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

저온에서 사용가능하고 추가 열원이 필요하지 않아 내부 손상 및 오염을 방지할 수 있는 게터재로 용액 기반의 양극산화법으로 다공성 알루미늄/실리콘 구조체를 합성하였다. 양극산화와 기공 확장 공정 조건을 제어하여 피라미드형으로 식각된 실리콘 구조체 상단에 기공도 13.6%, 두께 $1 \mu\text{m}$ 다공질층을 합성하였고, 합성된 구조체는 불규칙한 직경의 기공이 분포된 3차원 형상이었다. 등온 수분 흡탈착 곡선으로 분석한 수분흡착도는 약 2.02%(RH=35%)로 우수한 성능을 나타내었으며, 이는 다공성 알루미늄의 수분 게터재로서의 가능성을 제시하는 결과이다. 이와 같이 용액 기반의 양극산화법으로 제작된 수분 흡착 게터재는 IR 센서, 디스플레이 및 램프 소재의 게터, 박막형 및 저항형 습도 센서 등 각종 전자소자에 응용이 가능할 것으로 예상된다.

감 사

본 연구는 산업통상자원부의 산업핵심기술개발사업(과제번호: 10045177, 액상공정을 이용한 열변화형 세라믹 박막 및 저온 진공 게터 기술 개발)으로부터 지원받아 수행되었습니다.

References

- Lorenz, H. P., Vacuum Technology, In Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim(2000).
- Previti, M. and Gilleo, K., "Getters: Micromolecular Scavengers for Packaging," Proceedings of International Symposium on Advanced Packaging Materials: Processes, Properties and Interfaces, March, Georgia(2001).
- Niklaus, F., Vieider, C. and Jakobsen, H., "MEMS-based Uncooled Infrared Bolometer Arrays: A Review," Proceedings of MEMS/MOEMS Technologies and Applications III, November, Beijing (2007).
- http://www.onboard-technology.com/pdf_febrario2005/020509.pdf.
- Ramesham, R. and Kullberg, R. C., "Review of Vacuum Packaging and Maintenance of MEMS and the Use of Getters Therein," *J. Micro-Nanolithogr. MEMS MOEMS*, **8**(3), 031307(2009).
- Chuntonov, K. A. and Yatsenko, S. P., "Getter Films for Small Vacuum Chambers," *Recent Patents on Materials Science*, **6**(1), 29-39(2013).
- Lee, W. and Park, S.-J., "Porous Anodic Aluminum Oxide: Anodization and Templated Synthesis of Functional Nanostructures," *Chem. Rev.*, **114**(15), 7487-7556(2014).
- Ono, S., Ichinose, H. and Masuko, N., "The High Resolution Observation of Porous Anodic Films Formed on Aluminum in Phosphoric Acid Solution," *Corrosion Sci.*, **33**(6), 841-850(1992).
- Yao, L., Zheng, M., Li, H., Ma, L. and Shen, W., "High-performance Humidity Sensors Based on High-field Anodized Porous Alumina Films," *Nanotechnology*, **20**(39), 395501(2009).
- Hideki, M. and Masahiro, S., "Fabrication of Gold Nanodot Array Using Anodic Porous Alumina as an Evaporation Mask," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **35**(1B), L126-L129(1996).
- Hwang, S.-K., Jeong, S.-H., Hwang, H.-Y., Lee, O.-J. and Lee, K.-H., "Fabrication of Highly Ordered Pore Array in Anodic Aluminum Oxide," *Korean J. Chem. Eng.*, **19**(3), 467-473(2002).
- Sanz, O., Echave, F. J., Odriozola, J. A. and Montes, M., "Aluminum Anodization in Oxalic Acid: Controlling the Texture of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}$ Monoliths for Catalytic Applications," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **50**(4), 2117-2125(2011).
- Crouse, D., Lo, Y.-H., Miller, A. and Crouse, M., "Self-ordered Pore Structure of Anodized Aluminum on Silicon and Pattern Transfer," *Appl. Phys. Lett.*, **76**(1), 49-51(2000).
- Rabin, O., Herz, P. R., Lin, Y. M., Akinwande, A. I., Cronin, S. B. and Dresselhaus, M. S., "Formation of Thick Porous Anodic Alumina Films and Nanowire Arrays on Silicon Wafers and Glass," *Adv. Funct. Mater.*, **13**(8), 631-638(2003).
- Yang, Y., Chen, H., Mei, Y., Chen, J., Wu, X. and Bao, X., "Anodic Alumina Template on Au/Si Substrate and Preparation of CdS Nanowires," *Solid State Commun.*, **123**(6), 279-282(2002).
- Myung, N. V., Lim, J., Fleuriel, J.-P., Yun, M., West, W. and Choi, D., "Alumina Nanotemplate Fabrication on Silicon Substrate," *Nanotechnology*, **15**(7), 833(2004).
- Henry, M. S. and James R. S., "Hydrogen and Moisture Getter and Absorber for Sealed Devices," U.S. Patent No. 5,888,925(1999).