

3 반도체 및 디스플레이 공정용 산화이트륨 연구 동향

클_이연숙 연구원 | 한국산업기술시험원

1. 서론

반도체/디스플레이 산업에서 경쟁력 제고를 위해 선풍의 미세화, 고집적화 등을 지속적으로 진행하고 있으며, 이를 구현하기 위해 박막 증착 기술(CVD 등), 식각(에칭)기술 등 제조공정장비의 기술 향상과 함께 공정장비에 사용되는 소재의 뒷받침이 반드시 필요하다. 반도체/디스플레이 장비에 사용되는 부품들은 다양한 플라즈마를 활용하기 때문에 이들 장비에 사용되는 부품들은 내플라즈마성이 우수한 재료들을 사용해야 한다. 내플라즈마성이 우수한 재료로 현재 반도체/디스플레이 공정장비용 산화알루미늄(Al_2O_3), 산화이트륨(Y_2O_3), 산불화이트륨(YOF) 순으로 소재가 발전하고 있으나, 현재는 고순도 산화이트륨이 가장 많이 사용되고 있다 [1-3].

또한 반도체 공정에서 플라즈마 밀도가 높아지면서 챔버 내 사용되는 소모성 부품을 내

플라즈마성이 높은 산화이트륨으로 코팅하거나, 아예 부품 자체를 산화이트륨 소결체로 제작하게 되면서 반도체 제조공정에서 사용하고 있다. 그러나 반도체/디스플레이 식각장비에 적용되는 내플라즈마 코팅 및 소결체용 고순도 산화이트륨 소재의 경우 고부가가치 가공 분말 전량을 일본에서 수입하고 있는 실정이다. 현재 일본은 산화이트륨 분말입자의 미립화로 치밀화를 높임으로써 제조공정에서 발생할 수 있는 오염을 최소화 할 수 있는 원천 기술을 보유하고 있어 고품질의 고순도 산화이트륨 과립을 제조해 국내에 거의 독점적으로 공급하고 있다. 그러나 국내에서는 중국으로부터 수입한 저가의 산화이트륨 원료 또는 소재를 사용하여 고품질의 산화이트륨으로 제조 및 가공한 후 반도체/디스플레이 공정장비 부품에 적용하려고 시도하고 있으나 제조공정 기술은 아직 초기 단계에 머물러 있다. 따라서 국내기업들은 중국에서 수입해 온 원자재를

가공하여 순도, 입자크기 등이 제어된 고품질의 산화이트륨 분말을 제조할 수 있는 기술개발과 아울러 표준화된 평가기술 확보가 필요하다.

본고에서는 산화이트륨의 특성 및 상용화 기술, 산화이트륨 상용화(국산화)를 위한 표준화된 분체 특성평가를 소개한다. 또한 반도체/디스플레이 장비용 부품에 적용하는 방법으로 산화이트륨 코팅기술에 대해 서술하고자 한다.

2. 본론

2.1 산화이트륨 특성 및 상용화 기술

산화이트륨(Y_2O_3)은 $2,425^\circ\text{C}$ 의 매우 높은 용융온도를 가지며, $2,325^\circ\text{C}$ 의 온도에서 정방정 결정구조에서 육방정계 결정구조로 상전이가 일어난다(그림 1). 특히 산화이트륨은 $2,325^\circ\text{C}$ 온도까지 단사정 구조로서 상전이가 없기 때문에 $1,800^\circ\text{C}$ 이상의 고온까지 매우 우수한 화학적 안정성과 내열성을 가지고 있는 대표적인 세라믹 소재로 알려져 있다 [4-8]. 산화

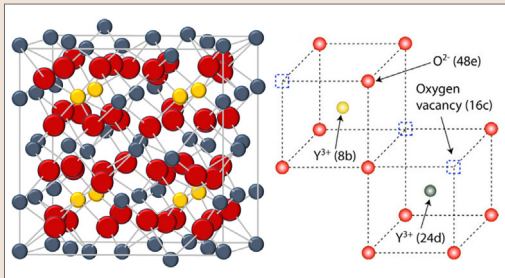


그림 1 ▶ 산화이트륨 결정 구조.

이트륨은 이러한 특성으로 고온용 내식성 기판 재료, 용융금속의 네트 캐스팅을 위한 노즐재료, 반응성이 매우 높은 금속의 용융을 위한 용기재료 등 다양한 분야에 널리 사용되어 왔다.

현재 산화이트륨은 AlN, SiC 등의 액상소결 조제, ZrO_2 안정화 물질 및 내플라즈마성이 요구되는 반도체/디스플레이 장비 등에 주로 사용되고 있다. 액상소결제조로 많이 사용되는 산화이트륨은 Al_2O_3 와 AlN에 첨가 시 yttrium aluminates 액상을 형성하여 소결온도를 낮추고 고밀도의 소결체를 얻게 한다. 특히 AlN에 첨가 시 제 2상의 생성으로 AlN 내의 산소 원자가 제거되기 때문에 열전도도를 향상시키는 것으로 보고되고 있다 [9,10].

또한 산화이트륨은 지르코니아 안정화를 위한 첨가제로 널리 알려져 있다. 지르코니아는 온도에 따라 저온의 monoclinic 상에서 고온의 준 안전상인 tetragonal 상으로 상전이가 일어난다. 이때 3~5%의 부피팽창으로 인해 내부 응력이 발생하여 재료의 수명이 단축된다. 이러한 지르코니아에 산화이트륨을 첨가하면 Zr^{4+} 이온 중 일부가 Y^{3+} 로 대체된다. 4개의 O^{2-} 이온 대신 3개의 O^{2-} 이온으로 대체되며 결과적으로 산소 빈자리(oxygen vacancy)가 만들어진다. 이러한 산소 빈자리 때문에 산화이트륨 안정화 지르코니아는 O^{2-} 이온 전도성을 갖게 되며 온도가 높을수록 전도도가 좋아진다. 이러한 특징은 주로 고온에서 작동하는 고체 산화물 연료전지에서 유용하게 쓰인다 [11,12].

산화이트륨은 또한 우수한 내플라즈마성 때문에 반도체/디스플레이 공정 부품의 코팅 소

재 등에 사용되고 있다. 반도체 공정이 초미세 선폭화로 진행됨에 따라 플라즈마 공정 중에 노출되는 소재는 화학적으로 매우 활성이 높은 라디칼과의 반응뿐만 아니라 양이온의 충격에 동시에 받게 되어 플라즈마에 의한 식각이 일어나고 다양한 입자가 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해서 Quartz, Al_2O_3 , ZrO_2 , BN 또는 SiC 보다 내플라즈마성이 우수한 산화이트륨 소재가 많이 사용되고 있다 [1]. 그러나 산화이트륨은 상기와 같이 유용한 활용처를 가지고 있지만, 대표적인 난소결성 물질로 알려져 있어 완전하게 치밀화 된 산화이트륨을 제조하는 것은 매우 어렵다고 알려져 있다.

이트리아 합성 방법에는 일반적으로 기계적 파쇄 및 합금화, 기상응축반응, 졸-겔법 그리고 연소합성법 등이 있다 [13-15]. 각 합성방법에는 장단점이 있는데 기계적 합금화는 불순물에 의한 오염이 쉽게 발생할 수 있으며, 기상응축반응은 기상체의 전구체가 고온에서 진행되어야 하기 때문에 석출이 어렵고 긴 열처리 시간과 세정시간이 요구된다. 졸-겔법은 저온에서 기공의 부피 및 크기와 같은 물리적인 성질을 비교적 쉽게 변화시킬 수 있고, 균일한 다성분계를 손쉽게 얻을 수 있으나 하소과정이 필요하여 고순도 분말합성에는 적절하지 않다.

나노산화분말을 합성하는 연소합성법은 비교적 저온에서 합성이 일어나므로, 별도의 하소공정 없이 균일한 결정상을 얻을 수 있으며, 착화합물 형성에 의해 분자 단위로 금속이온 간의 결합이 이루어지기 때문에 균일한 화학양론성과 원하는 상과 순도가 높은 분말이 형

성될 수 있다는 장점이 있다. 즉, 연소가 많은 양의 가스 방출에 의해 비표면적이 크고 소결성이 우수한 산화이트륨 분말을 쉽고 빠르게 제조할 수 있다. 그러나 공정제어가 복잡하고 까다로운 단점이 있다.

또한 최근 2,000°C 이하의 온도에서 산화이트륨을 치밀하게 제조할 수 있는 연구가 활발히 진행되고 있다. Kodo 등이 이트륨 전구체 (yttrium precursor)로 제조된 순도 높은 분말을 이용하여 상압소결 공정으로 1,600~1,800°C 온도 범위에서 97% 이상의 밀도를 가진 산화이트륨 세라믹스가 제조된 바 있다 [16]. 또한 진공 또는 수소 조건에서 소결한 산화이트륨이 이론밀도에 근접한다는 보고 이후로 공침법을 이용한 나노입자 합성 및 전구체와 첨가물에 관한 연구가 진행되고 있다 [17-19].

그러나 이러한 산화이트륨 합성 방법들은 lab-scale 단위로 연구는 활발하게 이루어지고 있으나, 국내 업체들은 주로 산화이트륨 분말 제조보다는 일본에서 고품질의 산화이트륨 분말을 수입해 와서 제품화하는데 치우쳐 있다. 또한 산화이트륨 원료는 세계 최대의 희토류 매장국인 중국에서 저급의 원료로 전량 수입되고 있고, 이러한 저급의 원료를 국내에서는 소재 및 부품을 제조하는데 사용하고 있다. 표 1은 해외에서 수입한 원료를 가공 처리하여 다양한 제품에 적용한 예를 보여준다. 산화이트륨은 주로 디지털 디스플레이용 형광체(YAG), 광학유리 제조, 반도체 및 디스플레이 제조 공정 부품의 용사 코팅용으로 사용된다. 또한 산화이트륨은 반도체 및 디스플레이 공정부품의

표 1 ▶ 국내 산화이트륨 용도별 사용 현황.

대분류	적용 용도
반도체 및 디스플레이 공정용 코팅	
소결체	
형광체 (YAG)	
페라이트 자석	

소결체, 지르코니아 세라믹볼 안정화를 위한 첨가제, 통신 장비부품의 페라이트의 소재로 많이 이용된다.

국내에서는 일본산 산화이트륨을 주로 소결 부품 생산용으로 사용하고 있으며, 엠에스 코퍼레이션이 Shinetsu 제품과 예리코코리아가 니폰산라이트륨 제품을 국내 반도체 부품 업체 등에 공급하고 있다.

2.2 산화이트륨 분체 특성 평가

반도체/디스플레이 식각장비 코팅 및 장비 내 구조세라믹스의 핵심소재로 사용되는 산화이트륨소재는 출발 원료에서 소결체 및 코팅까지 분말 상태로 처리되는 경우가 대부분이므로 원료 분말의 특성이 매우 중요하다. 즉

산화이트륨 분말을 평가, 제어한다는 것이 최종 제품의 품질을 제어한다고 까지 말할 수 있다. 또한 산화이트륨 분말은 대부분 수입에 의존하고 있으며, 평가기술이 미흡하여 수입한 산화이트륨 분말뿐만 아니라 일부 국산화한 산화이트륨 분말의 특성도 정밀·정확하게 평가할 수 없어 품질설계 및 공정관리에 많은 애로를 겪고 있다. 따라서 표준화된 시험방법을 활용하여 산화이트륨 분말에 대한 정밀·정확한 특성평가가 이루어져야 하며, 산화이트륨의 국산화를 위해서는 국내 업계 스스로 산화이트륨 분체특성 관련 호환성 있는 데이터 축적이 필요하다. 본 장에서는 반도체/디스플레이 부품에 사용되는 고순도(99.99% 이상) 산화이트륨 분말에 대한 분체특성평가 방법에 대해 서술하였다(그림 3).

첫 번째, 산화이트륨의 품질관리를 위해 순도 및 불순물 분석이 필요하다. 보통 산화이트륨과 같은 산화물 형태의 세라믹들은 난용성 소재로 시료의 용해 과정에 어려움이 따른다. 이러한 세라믹 분말이나 소결체들을 분석하기 위해서는 알칼리 용융법, 염산 질산 등 여러 가지 무기산 등을 이용한 열린계 산분해법, 산 등을 닫힌계에서 가열하는 가압산 분해법(bomb method), 그리고 마이크로파를 이용하는 마이크로파 분해법(microwave method) 등이 있다. 이들의 장단점을 고려해 보면, 알칼리 용융법은 시료 처리 과정이 복잡하여, 시간이 많이 걸리고 노력이 많이 들며 전처리 중에 사용된 용제의 영향으로 유도결합 플라즈마 방출분광 분석기(ICP-OES)를 이용한 분광분석을 정확하

계 측정하기 어렵다. 열린계 산분해법은 시료의 용융 효율이 매우 낮으며, 시간이 오래걸리는 단점이 있다. 가압산분해법은 전처리 과정은 단순하나 분해시간이 많이 걸리는 단점이 있으나 닫힌계에서 실험하므로 시료의 손실이나 오염이 적다. 마이크로분해법은 단시간에 시료의 처리가 가능하여 최근 세라믹 시료 분석에 활발한 연구가 진행되고 있다.

산화이트륨의 경우 합성이나 제조시 소결 공정을 거치지 않아 비교적 닫힌계에서 가열하여 산분해하면 용해가 비교적 쉽다. 그러나 고순도 산화이트륨의 순도를 측정할 경우 ICP-MS나 ICP-OES로는 주원소를 측정할 수 없기 때문에 Ca를 비롯한 관리되는 불순물 및 Seed에 함유된 희토류계 원소를 제외한 모든 원소의 함량을 뺀 차수법을 적용하여 순도를 구하는 방법이 요구된다.

두 번째, 분체특성에서 가장 중요한 특성 중 하나인 입도분석의 경우 ISO, JIS, ASTM 등의 표준에 규정되어 있다. 입도분석 방법은 시브(sieves), 침강(sedimentation), 현미경법, 레이저 회절법(laser diffraction) 등이 있다. 시브는 매우 오래된 기술이지만 저렴하고 채굴에서 찾아진 큰 입자들에게 쉽게 유용하다는 장점을 가지고 있다. 침강은 페인트와 세라믹 산업에서 전통적인 방법으로 사용되어왔고 Stokes's Law 방정식에 기초를 둔 입도분석 방법이나, 측정값들에 오차가 크다는 단점을 가지고 있다. 현미경법은 입자의 모양을 관찰할 수 있고, 또 입자들이 분산이 잘 되었는지 또는 응집된 입자가 존재하는지를 판단하는데 사

용되어 진다. 그러나 국소부위의 입자만 관찰하여 대표적이지 않는 샘플링의 위험성과 오퍼레이터의 판단에 크게 작용한다는 단점이 있다. 레이저 회절법은 특성과 품질을 조절하는데 있어서 많은 산업에서 선호된 방법이다. ISO 13320에 따르면 레이저 회절 입도분석에 가장 적절한 입도범위는 0.1~300 μm 이다. 측정 원리는 레이저 빔이 분산된 미립자 시료를 관통하면서 산란되는 광의 강도에 따른 각도 변화를 측정함으로써 입도분포를 측정하는 방식이다. 그림 2와 같이 큰 입자는 레이저 빔에 대하여 광을 직각으로 산란시키고 작은 입자는 큰 각도로 광을 산란시킨다. 그 다음 각도별 산란강도 데이터를 분석하여 입도를 계산하는 방법이다.

고순도(99.99% 이상) 산화이트륨은 반도체/디스플레이 식각장비 코팅 및 장비 내 구조세라믹스의 핵심소재로서 식각장비의 특성 및 안정화에 가장 중요한 영향을 미치는 소재이다. 따라서 출발물질인 산화이트륨 분말에 대한 정밀·정확한 특성평가가 이루어질 경우

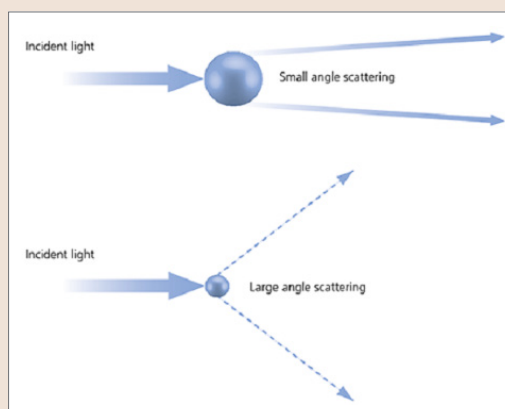


그림 2 ▶ 작은 입자 및 큰 입자로부터의 광산란.

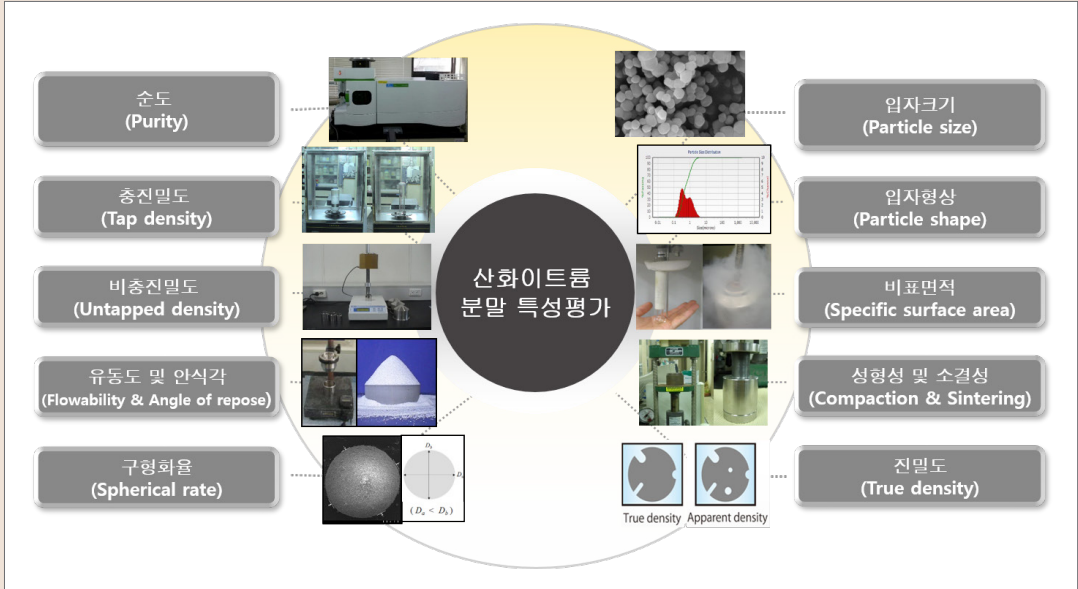


그림 3 ▶ 산화이트륨 분말 특성 평가.

최종 제품의 품질관리 및 공정관리에 의한 제품 특성 향상, 공정 안정화, 제품 수율 증진이 가능하고 신제품 개발 시 공정 조건 확립도 용이하다.

세 번째, 세라믹 분말의 주요 평가항목 중 하나인 충진 밀도와 비충진 밀도는 분체자체의 특성치를 상호 비교함으로써 생산 공정에서 이송 또는 금형 내에 충전되는 경향성 및 성형성을 파악할 수 있다. 충진 밀도(tap density)는 분말이 차지하는 단위 부당의 질량으로 측정법에 따라 정중량법(constant weight)과 정용량법(constant volume)이 있다. 비충진 밀도(untapped density)는 세라믹 분말을 정한 크기의 깔때기 구멍을 통해 자유낙하시킴으로써 진동 없이 고정 상태로 놓인 일정한 부피의 용기 내에 채운 다음 가득 채워진 분말의 중량을 측정하여 용기의 부피로 나누어 계산한다.

네 번째, flowmeter를 이용하여 유동성을 평가하는 유동도 및 안식각은 또한 분말 생산 공정의 효율화 및 취급의 편리성을 위해 중요한 평가항목이다. 유동도는 분말의 이동 능력을 나타내는 지표로서 측정하는 방법은 고정 설치된 깔때기 내에 일정량의 분말을 채운 후 일정한 크기의 깔때기 구멍을 통해 분말이 완전히 배출될 때까지 소요되는 시간을 측정해서 분말의 유동도를 나타낸다. 안식각은 분말을 일정한 높이의 깔때기에서 평평한 바탕판 위로 분말을 낙하시켜 생성된 원뿔 형상의 분체 산의 높이와 밑변의 지름으로부터 분체 산의 경사각을 산출하여 각을 구한다.

다섯 번째, 입자의 단위 질량당 표면적을 나타내는 비표면적은 Brunauer, Emmet, Teller라는 학자에 의해 개발된 수식을 이용하여 측정한다. BET(brunauer, emmet, teller) 측정원리

는 시료에 가스를 흡착시켜 시료 표면의 비표면적, 기공의 크기 및 분포를 측정하는 방법으로 단혀있는 미세기공까지 분석이 가능하다.

여섯 번째, 일반적으로 세라믹 제품은 분말 제조로부터 성형 및 소결을 거쳐 이루어지므로 세라믹 분체의 성형성 및 소결성은 세라믹 분말의 최종 특성을 예측할 수 있는 분체 특성이다. 성형성은 세라믹 분말을 특정한 금형 내에 투입하여 특정 조건에 의해 일축 방향으로 압축성형하였을 때 분말이 압축되는 정도를 나타내어 성형체의 밀도를 측정한다. 소결성은 소결 전 성형체의 중량, 크기, 밀도를 측정하고 소결후의 분말 소결체의 중량, 크기, 밀도에 대한 변화량을 계산하여 평가한다. 그 외 분체특성은 일정한 용기 안에 들어 있는 일정한 량의 기체의 압력과 부피는 비례한다는 보일의 법칙을 기초로하여 입자의 빈 공간을 제외한 시료만의 부피로 밀도를 계산하는 진밀도(True density)와 구상 세라믹 시료의 구형화율 등이 있다.

2.3 산화이트륨 코팅기술

현재 산화이트륨을 반도체 장비용 부품에 적용하는 방법으로는 소결과 표면처리방법이 사용되고 있다. 그러나 산화이트륨은 난소결성 물질이면서 상당히 고가이기 때문에 부품 전체를 산화이트륨으로 제작하는 것보다 부식성 분위기에 노출되는 표면만 산화이트륨으로 코팅하는 것이 바람직하다. 따라서 반도체 장비용 부품에 산화이트륨을 코팅하여 사용하려는 시도가 현실적이며, 이에 따라서 다양한 코팅 방법들이 시도되어 왔다.

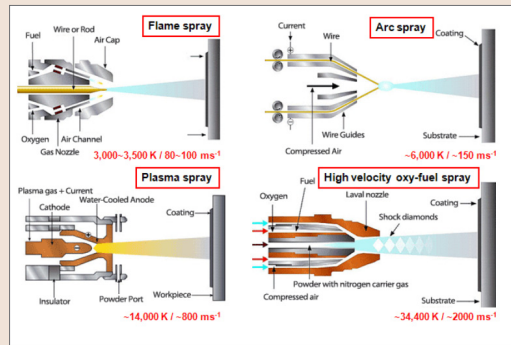


그림 4 ▶ 다양한 열원에 따른 열용사코팅기술.

대표적인 부품 표면코팅 방법으로는 적용공정과 부품의 종류에 따라 열용사코팅법, Electron-Beam PVD (EB-PVD)법, Electron Beam Evaporation (EBE)법, Aerosol deposition(AD)법, 용액기반 코팅 등이 있다 [20-29]. 열용사코팅기술은 표면에 요구되는 특정 성질을 갖는 분말, 봉 형태의 코팅재를 대기나 진공분위기에서 플라즈마 등의 다양한 열원을 사용하여 용융, 반응용 시킨 후 고속으로 분사하여 overlay coating 을 형성시키는 표면개질 방법 중에 하나이다 (그림 4).

열용사 코팅법 중에서 플라즈마 용사법 (Plasma sprayed coating)은 10,000 K 이상의 고열의 플라즈마에 수십 μm 크기로 구형화된 원료를 고속으로 통과 및 용융시키고 이를 기판위에 부착시키는 방법이다. 100 μm 이상의 두꺼운 후막을 짧은 시간 내에 소재의 표면에 성장시킬 수 있어 코팅하는 물체의 형상 제약이 적고 코팅비용이 저렴한 장점이 있으나, 미용융 입자가 표면에 다시 존재하여 표면층이 거칠고 층상구조를 가져 코팅층의 층간 박리가 쉽게 일어나며 코팅층의 밀도가 낮고 밀착

성이 떨어지는 단점이 있다. 최근에는 서브마이크로미터 또는 마이크로미터 크기의 산화이트립 분말을 용매에 분산한 수 플라즈마 제트에 투입하여 코팅층을 형성하는 서스펜션 플라즈마 스프레이 코팅 기술이 적용되고 있다. 이 방법은 전통적인 용사코팅과 비교하여 치밀하고 비교적 얇은 코팅막을 제조할 수 있다.

플라즈마 용사법과 비교해 최근 열차폐 코팅, 내마모 코팅 등의 분야에서 연구되고 있는 electron-beam PVD (EB-PVD)법은 융점이 높은 타겟 물질을 전자빔으로 가열하여 용융하고 증발시켜 기관에 코팅층을 형성시키는 방법이다. 이 방법은 후막을 성장시키기가 어렵고 제조비용이 비교적 높은 단점이 있으나 코팅층의 균일성, 내구성, 밀착성 등 품질이 뛰어난 장점을 갖고 있다.

Electron beam evaporation (EBE) 코팅 방법은 전자 빔에 의해 직경이 1~2.5 mm의 Y_2O_3 granule들을 증발시킨 후 기관의 표면에 증착하는 방법이다. 전자빔은 열전자 방출을 위한 필라멘트와 방출된 전자를 집속하고 Crucible에

위치하도록 제어하는 영구자석, 전자빔의 위치와 scan 범위를 제어하는 전자석 그리고 수냉이 되는 Crucible로 구성되어 있다. 필라멘트에는 수 kV 이상의 음의 전압이 인가되어 전자를 가속시키며 이 가속전압과 전류가 증발 물질을 가열하는 에너지로 작용한다 (그림 6.) EBE 코팅법은 장점은 증착속도가 빠르며 고융점 재료의 증착이 가능하며 막의 균질성이 우수하다. 그러나 반도체 공정용으로 대형 기물의 표면에 균질한 코팅을 도모하는데는 한계가 있다.

Aerosol deposition (AD)법은 상온진공분사 공정의 한 가지로 볼 수 있으며 서브마이크론 사이즈 이하 분말을 고압공기와 혼합하여 노즐을 통해 분사하여 진공챔버 중에 있는 기관에 증착시키는 방법이다. 그림 7은 AD 장비의 개략도를 나타낸 것으로 공급될 원료 분말이 위치하는 파우더 챔버(powder chamber)와 코팅이 이루어지는 증착 챔버(deposition chamber)가 가스관으로 연결되어 있다. 원료분말 입자는 Powder chamber 내에서 반송

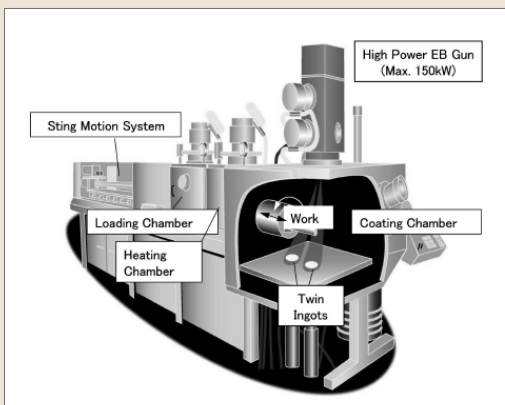


그림 5 ▶ EB-PVD 장비의 개략도.

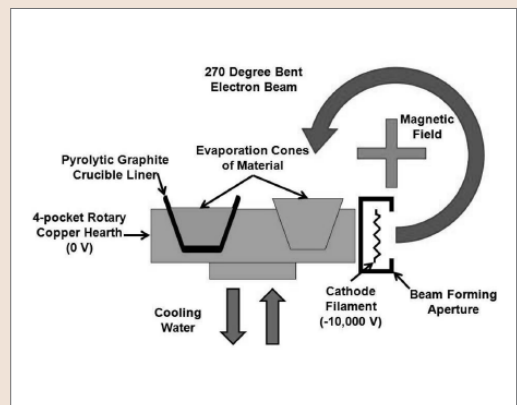


그림 6 ▶ 전자빔 증발원의 개략도.

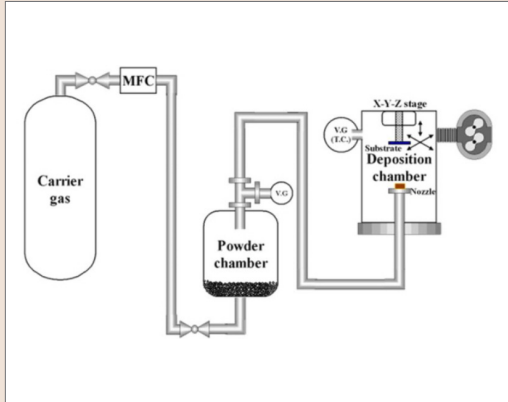


그림 7 ▶ 에어로졸 데포지션 장비 개략도.

가스와 교반, 혼합해 에어로졸화된다. 진공펌프에 의해 발생한 Powder chamber와 Deposition chamber 간의 압력 차이로 인해 발생한 가스 흐름에 의해 분말 입자들이 Deposition chamber로 이송되며, 슬릿 형태의 노즐을 통해 가속화돼 기관에 분사됨으로써 분말입자와 기관 사이에 충돌이 일어나면서 코팅층이 형성된다. AD법은 코팅하고자 하는 분말을 직접 분사하기 때문에 고속코팅이 가능하며 코팅층의 균질성 및 코팅층의 두께 제어가 용이하다. 그러나 탈착된 분말의 손실이 많아 고가인 소재에 적용하기엔 산업적 한계가 있다.

또한 Sol-gel 공정을 필두로 하는 용액기반 코팅법은 대면적 코팅이 가능하고 복잡한 형상이나 코팅층 조성 변화가 용이하며 코팅층이 치밀하고 밀착성이 우수한 장점이 있으나 코팅 후 열처리 공정이 필요한 단점이 있다.

3. 맺음말

우리나라의 대표적 수출품 중에 하나인 고순도 산화이트륨은 식각공정 장비 등에 사용되는 중요한 소재이나 현재 국내에서 생산되지 않으며, 사용 전량을 일본에서 수입하고 있다. 또한 국내 반도체 부품/장비 관련 수요업체에서는 내플라즈마 특성 향상을 통해 생산 수율을 높이기 위해 고순도 산화이트륨을 요구하고 있어 관련 산업에서의 경쟁력 제고를 위해서는 고순도 산화이트륨 소재의 개발 및 국산화가 반드시 필요하다. 따라서 본 기고문에서는 산화이트륨의 상용화를 위한 기술 소개와 표준화된 분체 특성 평가기술을 소개하였다. 최근 전자세라믹스 제조용 세라믹 원료의 특징은 미세한 분말, 제어된 입자의 형상, 고순도화를 들 수 있다. 대학 및 연구소에서는 대부분이 산화이트륨 분말 합성에 대하여 연구를 하고 있고, 평가 기술은 기초적이고 학문적인 방향으로 편중되어 있어 산업현장 적용에는 많은 문제점을 안고 있다. 따라서 산화이트륨 원료분말의 합성뿐만 아니라 특성평가방법, 표준화연구 및 이들의 응용기술을 병행하는 노력이 필요하다. 🍷

참 / 고 / 문 / 헌

- [1] J. Iwasawa, R. Nishimizu, M. Tokita, M. Kiyohara, and K. Uematsu, *J. Am. Ceram. Soc.*, 90, 2327 (2007).
- [2] H. K. Lee, K. S. Cho, and M. Y. Kim, *J. Kor. Ceram. Soc.*, 46, 385 (2009).
- [3] S. J. Park, H. Kim, and S. M. Lee, *Kor. J. Mater. Res.*, 27, 710 (2017).
- [3] J. He, X. D. Li, J. G. Li, and X. D. Sun, *Int. J. Mater. Sci. Eng.*, 1, 28 (2013).
- [4] S. J. Lee and C. H. Jung, *J. Nanosci. NanoTechnol.*, 12, 800 (2012).
- [5] Y. Xu, X. Mao, J. Fan, X. Li, M. Feng, B. Jiang, F. Lei, and L. Zhang, *Ceram. Int.*, 43, 8839 (2017).
- [6] M. C. Pantilimon, T. S. Kang, and S. J. Lee, *Sci. Adv. Mater.*, 10, 95 (2018).
- [7] C. Brecher, G. c. Wei, and W. H. Rhodes, *J. Am. Ceram. Soc.*, 73, 1473 (1990).
- [8] J. S. Choi, T. Nakayama, and W. T. Bae, *J. Kor. Ceram. Soc.*, 50, 348 (2013).
- [9] J. H. Chae, J. S. Park, J. P. Ahn, K. H. Kim, and B. H. Lee, *J. Kor. Ceram. Soc.*, 45, 827 (2008).
- [10] S. M. Na, S. I. Go, and S. J. Lee, *J. Kor. Ceram. Soc.*, 45, 368 (2011).
- [11] J. S. Choi, T. Nakayama, and W. T. Bae, *J. Kor. Ceram. Soc.*, 50, 348 (2013).
- [12] M. J. Park, S. K. Yang, and J. B. Kang, *J. Kor. Ceram. Soc.*, 43, 640 (2006).
- [13] B. Y. Son and M. W. Jung, *Kor. J. Mater. Res.*, 21, 444 (2011).
- [14] F. M. B. Marques, *J. Am. Ceram. Soc.*, 74, 598 (1991).
- [15] Y. H. Seong, S. H. Jo, P. Muralidharan, and D. K. Kim, *J. Kor. Ceram. Soc.*, 44, 696 (2007).
- [16] M. Kodo, K. Soga, H. Yoshida, and T. Yamamoto, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 117, 765 (2009).
- [17] C. H. Jung, J. S. Jang, and S. J. Lee, *Met. Mater. Int.*, 17, 451 (2011).
- [18] S. J. Lee and C. H. Jung, *J. Nanosci. Nano Technol.*, 12, 800 (2012).
- [19] J. H. Nan, *J. Kor. Ceram. Soc.*, 34, 1247 (1997).
- [20] P. Ernst and G. Barbezat, *Surface & Coatings Technology*, 202, 4428 (2008).
- [21] D. M. Kim, Y. S. Oh, S. Kim, H. T. Kim, D. S. Lim, and S. M. Lee, *Thin Solid Films*, 519, 6698 (2011).
- [22] J. Iwasawa, R. Nishimizu, M. Tokita, M. Kiyohara and K. Uematsu, *J. Am. Ceram. Soc.*, 90, 2327 (2007).
- [23] S. J. Kim, J. K. Lee, Y. S. Oh, S. Kim, and S. M. Lee, *J. Korean Ceram. Soc.*, 52, 395 (2015).
- [24] S. J. Park, H. Kim, and S. M. Lee, *Korean J. Mater. Res.*, 27, 710 (2017).
- [25] D. R. Mumm and A.G. Evans, *Acta Mater.*, 48, 1815 (2000).
- [26] D. R. Clarke and C. G. Levi, *Annu. Rev. Mater. Res.*, 33, 383 (2003).
- [27] D. M. Kim, S. Y. Yoon, K. B. Kim, H. S. Kim, Y. S. Oh, and S. M. Lee, *J. Korean Ceram. Soc.*, 45, 7075 (2008).
- [28] B. K. Lee, D. S. Park, W. H. Yoon, J. Ryu, B. D. Hahn, and J. J. Choi, *J. Korean Ceram. Soc.*, 46, 441 (2009).
- [29] J. Akedo, *J. Am. Ceram. Soc.*, 89, 1834 (2006).

저/자/약/력



성명	이연숙	
학력	2002년	명지대학교 화학과 이학사
	2006년	한양대학교 화학과 이학석사
	2014년	부산대학교 하이브리드소재솔루션 공학박사
경력	2009년 ~ 현재	한국산업기술시험원 연구원
