

ZnS/Na₃AlF₆/ZnS 박막의 Cu 반사층을 이용한 광 특성

김준식, 장건익
충북대학교 신소재공학과

The optical properties of ZnS/Na₃AlF₆/ZnS multi-layered thin film with Cu reflection layer

Jun-Sik KIM, Gun-Ik Jang

Department of Materials Engineering, Chungbuk National University

Abstract : Multi layered thin films with ZnS/Na₃AlF₆/ZnS were deposited on glass substrate by thermal evaporator process and simulated by using EMP(Essential Macleod Program). EMP is a comprehensive software package to design and analyse the optical characteristics of multi-layered thin film. ZnS and Na₃AlF₆ were selected as a high refractive index and low refractive index material respectively. Additionally Cu was chosen as mid reflective material. Optical properties including color effect were systematically studied in terms of different optical thickness of low refractive index material. The optical thickness of Na₃AlF₆ was changed as 0.25, 0.5, 0.75 and 1.0λ. The film with 0.25, 0.5, 0.75 and 1.0λ of optical thickness showed mixed color range between bluish green and red purple, yellowish green and bluish green, purple and mixed color range of green and purple respectively.

Key Words : EMP, Multi-layer, pigment, optical property

1. 서 론

고굴절 진주발색 광기능 물질은 현재 전 세계적으로 자동차, 화장품 및 모든 산업제품에 대한 디자인의 고급화 추세에 따라 수요가 날이 증가하고 있는 고급 첨단 재료이다. 고굴절의 진주발색 광기능성 물질의 제조 조건은 진주광택 효과를 낼 수 있는 얇고 균일한 표면을 가져야 하며 20 이상의 각형비(aspect ratio)를 가지고 무색으로 빛을 투과할 수 있어야 하며, 15~20_{μm} 범위의 굴절률을 갖고 내열성 및 기계적 강도가 우수해야 한다.^{[1]-[3]}

본 연구에서는 새로운 광특성의 진주안료를 개발하기 위하여 EMP(Essential Macleod Program) 시뮬레이션 프로그램을 이용하여, 실험에 앞서 ZnS/Na₃AlF₆/ZnS 다층박막을 설계 및 반사에 따른 광특성을 예측하고자 하였다. 특히 색상 변화의 주된 역할을 하는 것으로 알려진 Na₃AlF₆ 저굴절물질의 광두께 변화와 반사층으로 Cu를 사용하여 색 구현 및 광특성 예측을 실시하여 실제 진주안료로의 적용 가능성을 평가하고자 하였다.

2. 실험

실험의 진행에 있어 박막 제작에 우선하여 EMP(Essential Macleod Program)를 활용한 시뮬레이션으로 박막의 설계 및 광학적 특성 예측을 실시하였다. EMP 시뮬레이션 설계를 바탕으로 다층박막의 제작을 선행하여 실험 진행과정에서의 오차를 줄이고, 시뮬레이션과 실험값의 대조를 통하여 제작 박막의 광 특성 구현의 신뢰도를 확보하고자 하였다. Table. 1은 빛마다 물리적 두께와 0.25, 0.5λ의 광학적두께로 변환한 개괄적인 박막의 설계도이다.

Table. 1. The stacking sequence and optical properties of deposition material

Layer	Material	Refractive index	Optical thickness(λ)	Physical thickness(nm)
1	ZnS	2.379	0.25	53.59
2	Na ₃ AlF ₆	1.35	0.25, 0.5 0.75, 1.0	94.44/188.89 283.33/377.78
3	ZnS	2.379	0.25	53.59
4	Cu	2.723		70
5	ZnS	2.379	0.25	53.59
6	Na ₃ AlF ₆	1.35	0.25, 0.5 0.75, 1.0	94.44/188.89 283.33/377.78
7	ZnS	2.379	0.25	53.59
substrate	glass		total	473.24/662.13 851.02/1039.91

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 ZnS/Na₃AlF₆/ZnS/Cu 다층박막의 AES depth profile 분석 결과이다. Sputter rate는 0.54nm/sec이다. ZnS 층의 경우 Cu층과 Na₃AlF₆ 층으로의 확산을 볼 수 있는데 이것은 ZnS의 상대적으로 높은 증착 온도와 그에 따른 증착 박막의 잔류 열량 때문으로 생각된다. 또한 표면의 고굴절 물질층과 중간 금속 반사층의 경우 높은 증착 온도와 얇은 증착 두께로 인하여 기울기가 가파른 반면, 저굴절 물질층은 상대적으로 낮은 증착 온도와 두꺼운 두께로 비교적 안정적인 형태로 증착 되는 것을 확인할 수 있다.

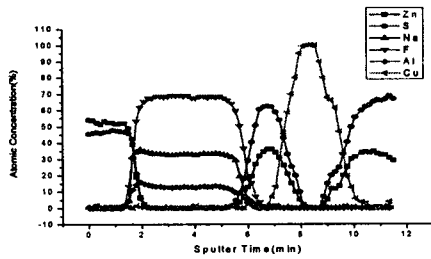


Fig. 1. AES depth profile of ZnS/Na₃AlF₆/ZnS/Cu multi-layered thin films.

Fig. 3은 CIE L*a*b* 색공간에서 0°~90°의 각도에서 조명한 후 반사 될 때의 구현색상 시뮬레이션과 관찰각도 45°에서의 spectrophotometer 측정 결과이다. 저굴절 물질층으로 사용된 Na₃AlF₆의 두께가 0.25λ인 경우의 다층박막은 0°일 때 bluish green, 45°일 때 purple, 60°에서 red purple을 나타내었다. 이것은 spectrophotometer 측정값에서 blue 계통인 400nm와 red 계통인 700nm에서 80%의 반사율을 보이며 파장대의 중첩되는 색인 purple과 동일한 색구현임을 확인할 수 있었다. 0.5λ의 경우는 모든 각도에서 대부분 yellow를 나타내었다. 측정 결과 또한 600nm에서 60%의 최대 반사율로 yellow의 색구현을 보였다. 또, Na₃AlF₆ 0.75λ인 경우는 0°일 때 blue, 45°일 때 purple, 60°일 때 orange를 나타내었고 이는 측정값인 450nm에서 40%, 650nm에서 60%의 반사율을 보이며 purple의 색구현을 확인할 수 있었다. 1.0λ인 경우에는 0°일 때는 yellow, 45°일 때는 green, 60°일 때는 purple을 나타내었다. 이 경우 반사율 측정값은 yellowish green을 나타내는 480nm에서 60%의 최대 반사율을 보였다. 각각의 두께별 박막 모두 60°이상의 높은 각도범위에서는 시뮬레이션과 실제 인식에 있어 채도가 아주 낮아 색구현을 확인하기 힘들었다.

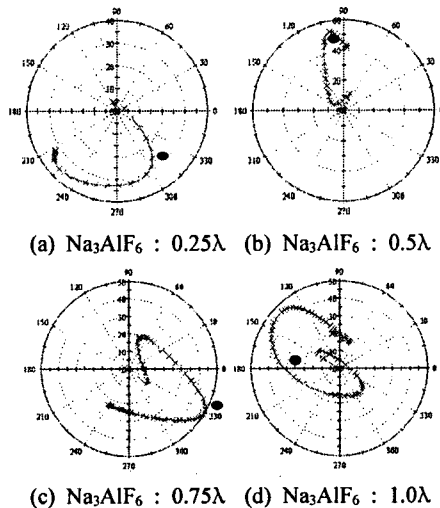


Fig. 2. A comparison of ZnS/Na₃AlF₆/ZnS/Cu multi-layered thin films color with CIE L*a*b* color space as a function of optical thickness of Na₃AlF₆ : (a) 0.25λ, (b) 0.5λ, (c) 0.75λ and (d) 1.0λ.

Fig. 3는 입사 기준파장 510nm를 기준으로 하여 Na₃AlF₆의 광학적 두께를 0.25, 0.5, 0.75 그리고 1.0λ로 각각 분류하여 가시영역 파장대인 350~750nm의 범위에서 spectrophotometer를 이용한 반사를 측정값을 나타내었다.

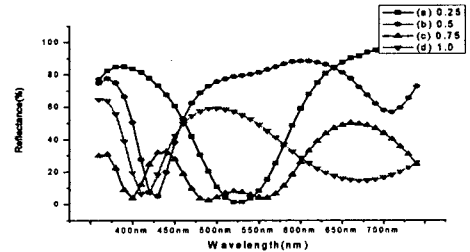


Fig. 3. Reflectance of Na₃AlF₆ in ZnS/Na₃AlF₆/ZnS/Cu multi-layered thin films as a function of optical thickness measured by spectrophotometer : (a) 0.25λ, (b) 0.5λ, (c) 0.75λ and (d) 1.0λ.

4. 결론

ZnS/Na₃AlF₆/ZnS/Cu 다층 박막에서 입사 기준 파장을 510nm에서 저굴절 물질 층으로 사용된 Na₃AlF₆의 두께가 0.25λ인 경우의 다층박막은 0°일 때 bluish green, 45°일 때 purple, 60°에서 red purple을 나타내었다. 이것은 spectrophotometer 측정값에서 blue 계통인 400nm와 red 계통인 700nm에서 80%의 반사율을 보이며 파장대의 중첩되는 색인 purple과 동일한 색구현임을 확인할 수 있었다. 0.5λ의 경우는 모든 각도에서 대부분 yellow를 나타내었다. 측정 결과 또한 600nm에서 60%의 최대 반사율로 yellow의 색구현을 보였다. 또, Na₃AlF₆ 0.75λ인 경우는 0°일 때 blue, 45°일 때 purple, 60°일 때 orange를 나타내었고 이는 측정값인 450nm에서 40%, 650nm에서 60%의 반사율을 보이며 purple의 색구현을 확인할 수 있었다. 1.0λ인 경우에는 0°일 때는 yellow, 45°일 때는 green, 60°일 때는 purple을 나타내었다. 이 경우 반사율 측정값은 yellowish green을 나타내는 480nm에서 60%의 최대 반사율을 보였다.

참고 문헌

- [1] 주식회사 인터내셔널 펠(2007), “인조진주 제조용 코팅 조성물의 제조방법”, 대한민국 공개특허, 10-2007-0099922
- [2] 주식회사 인터내셔널 펠(2007), “인조진주의 제조방법”, 대한민국 등록특허, 10-0746161,
- [3] Flex Products(1996), “High chroma multilayer interference platelets”, US Patent No. 05569535