

논문 2015-52-5-22

MgF₂ 나노구조 반사방지막을 통한 합정용 전자광학추적장비 영상추적간섭 최소화

(Image Tracking Interference Minimize of Electro Optical Tracking System by MgF₂ Nano Structure Antireflective Coating Films)

심 보 현*, 조 희 진**

(Bo-hyun Shim[Ⓢ] and Hee-jin Jo)

요 약

합정용 전자광학추적장비의 센서부에서 해수면반사파에 의해 발생하게 되는 영상추적간섭 현상을 최소화하고자 전방형성, 점진적인 굴절률 및 표면 요철구조를 갖는 산화아연에 플루오르화마그네슘을 코팅한 반사방지막을 전자빔 증착 장비를 통해 제작하였다. 최적화된 산화아연에 플루오르화마그네슘을 코팅한 반사방지막은 기존의 산화아연 반사방지막과 비교하여 점진적인 굴절률 변화에 따라 표면 프레넬 반사를 최소화하고 이를 통해 전자광학추적장비의 영상추적간섭 현상을 제거하는 장점이 있다. 본 실험을 통해, 산화아연에 플루오르화마그네슘을 코팅한 반사방지막이 다양한 전자광학장비의 반사방지막으로써 적용이 가능함을 확인하였다.

Abstract

An omni-directional, graded-index and textured ZnO nanorods with MgF₂ anti-reflective(AR) coating films for the electro optical tracking system(EOTS) by e-beam evaporation method are presented. we achieved that the graded index structure can minimize image tracking interference of EOTS which is comparable to a general AR coating films. Optimized ZnO nanorods with MgF₂ AR coating films lead to decreasing Fresnel reflection by gradient refractive index. According to our experiment results, ZnO nanorods with MgF₂ AR coating films can be used for various electro optical system to improve the optical performance.

Keywords : Image Tracking Interference, Electro Optical Tracking System, Surface Reflection Waves, Coating films

I. 서 론

합정에 탑재되는 전자광학추적장비는 대공 및 대함

표적에 대한 신속한 표적 획득 임무를 수행하며 추적을 통해 표적에 대한 3차원 정보 및 대공/대함 사격을 위한 정보를 산출하여 획득된 표적정보를 실시간으로 지휘무장통제체계(Command and Fire Control System, CFCS)에 제공하는 센서 장비이다^[1~3]. 표적 식별의 용이함을 위해 합정에 탑재되는 전자광학추적장비는 대공/대함 표적에 대한 표적 획득 및 추적, 표적에 대한 3차원 표적정보(방위, 거리, 고도) 산출 및 제공, 대공/대함 사격을 위한 표적 정보 산출 및 제공, 열영상센서 및 주

* 정회원, 국방기술품질원 대구센터 3팀
(Defense Agency for Technology and Quality)

** 정회원, 국방기술품질원 분석평가부 기술분석팀
(Defense Agency for Technology and Quality)

Ⓢ Corresponding Author(E-mail: sbh85@dtaq.re.kr)

Received ; January 8, 2015 Revised ; April 1, 2015

Accepted ; April 21, 2015

간카메라 비디오 제공 등의 기능을 수행하고 있으며 전자광학센서부, 전자광학추적제어부, 온도조절기, 안전스위치로 구성된다.

전자광학센서부는 합정의 마스트위에 위치하여 센서 구동장치에 표적의 열상 정보를 획득할 수 있는 열영상 센서, 표적의 거리 측정을 위한 레이저거리측정기, 주간 표적 영상 정보를 획득할 수 있는 주간영상카메라 및 각종 센서로 구성되어 있다. 또한 각각의 센서 구성품을 보호하기 위해 전면에는 특수 코팅 처리된 전면창이 부착되어 있으며 표적 추적을 최적화하기 위해 표면반사에 대한 연구가 필요한 실정이다. 반사방지막은 소자의 성능에 약 1~2% 정도의 영향을 미치는 주요 구성요소로서 단층 및 다층박막을 통해 반사율을 조절하고 있으며, 현재에는 산화티타늄(TiO₂), 산화아연(ZnO) 등을 나노구조로 성장시켜 다각도에서 입사하는 빛의 고려하는 등 전방향성 반사방지막이 지속적으로 연구되고 있다^[4-5].

산화아연은 2-6족 화합물로서 굴절률은 2.0이며 3.32~3.40 eV의 높은 에너지 밴드갭(Bandgap)으로 인해 발광다이오드(Lighting Emitting Diode, LED), 태양전지(Solar Cells), 적외선 센서, 레이저 및 바이오 장치 등에 널리 적용되고 있다. 또한 c-축 방향으로 성장하는 우르짜이트 구조로써 수용액 방법을 통해 저온 증착이 가능하다는 장점이 있으며 파장영역을 고려하여 크기, 모양, 간격 등 다양한 형태로 제작하여 굴절률 조절을 통한 광학소자(발광다이오드, 태양전지 등)의 성능 개선을 구현할 수 있다^[6-8]. 하지만 산화아연이 갖는 굴절률(2.0)에 의해 나노구조를 형성하더라도 저굴절률 물질인 플루오르화마그네슘(1.37)나 이산화규소(1.42)에 비해 상대적으로 높은 값이 나타나게 된다. 이는 표면에서의 이차반사를 고려하더라도 빛에너지의 손실이 상대적으로 커질 수밖에 없으며 광학소자의 성능에도 직접적으로 영향을 미치게 된다^[9].

본 논문에서는 해수면반사파에 의해 센서부의 광학계에서 발생하는 빛(열)에너지 손실이 전자광학추적장비 영상추적 기능에 미치는 영향성을 파악하고 이에 대한 대안으로 산화아연(ZnO) 나노구조에 플루오르화마그네슘(MgF₂) 박막을 코팅한 반사방지막을 제작하여 구조적, 광학적 특성을 분석하였다. 또한 전자광학추적장비의 전면창에 적용하여 영상추적 성능이 효과적으로 개선됨을 확인하였다.

II. 전자광학장비 광학적 특성 분석 및 개선 방안

2.1 영상추적간섭 현상

전자광학추적장비의 영상추적간섭은 해수면에 반사되는 빛에 의해 해수면이 매우 밝게 보여 대비차가 낮은 표적은 식별이 불가능하고 열상화면에는 흰점과 검은 점만 남게 되는 현상이다.

일반적인 환경에서의 열영상화면은 Fig. 1.1)과 같이 표적과 비표적의 구분이 명확하며 식별 정보로 유용하게 활용될 수 있음을 알 수 있다. 하지만 해수면반사파 환경에서의 열영상화면은 Fig. 1.2)와 같이 열상 포화로 인해 표적 식별이 어려우며 지속적인 표적 추적이 불가능하게 된다.

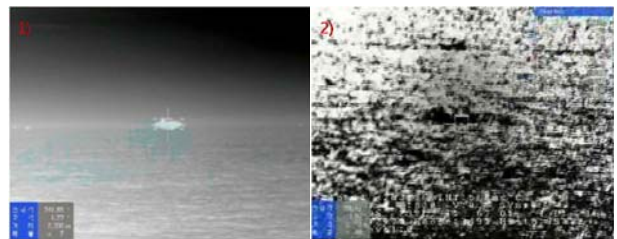


그림 1. 일반 및 해수면반사파 환경에서의 열영상화면
Fig. 1. Thermal imagery screen of 1) general and 2) sea surface reflection waves environment

2.2 영상추적간섭 영향성

전자광학추적장비의 영상추적은 물체에서 방출되는 빛(열)에너지 차이를 검출하여 영상화하는 열상 장비이다. 모든 물체(표적, 배경 등)는 물리적으로 고유한 에너지를 방출하게 되는데, 각각의 물체에서 발생된 복사 에너지가 광학계에 입사됨으로써 표적의 영상 관측이 가능하게 된다. 광학계는 빛(열)에너지를 잘 통과시키는 소재를 주로 사용하게 되는데, 이는 전자광학추적장비의 검출기에서 빛에너지 감지가 효과적으로 이루어질 수 있도록 하기 위함이다.

일반적으로 전자광학추적장비에 활용되는 중적외선 파장은 고온 및 상온에서 전달되는 에너지양이 많으며 원거리의 물체 탐지에 용이하다. 하지만 해수면반사파가 발생하게 되면 해수면에서의 광자 방출(Photon Emittance)로 인해 실제 물체의 에너지를 압도하게 되며 영상이 포화되는 결과를 초래하게 된다. 따라서 영

상포화현상을 개선하기 위해서는 열상 수광부의 기준 온도 값을 조절하여 물체를 식별함과 동시에 해수면에서 반사된 빛이 검출기에 도달할 수 있도록 센서부 광학 소재의 개선이 필요하다.

2.3 유효매질이론(Effective medium theory) 특성

유효매질이론은 임의의 혼합물질의 특성을 나타내는 이론이다. 임의의 혼합물질을 하나의 균일한 등가물질로 간주하여 그에 해당하는 유효 파라미터 값들을 계산하는 이론이다. 물질에 입사하는 파장에 비해 물질의 크기가 작을 경우에 유효매질이론은 좀 더 효과적으로 적용될 수 있다.

유효매질이론을 설명하는 데 있어서 복굴절은 매우 중요한 현상이다. 복굴절이란 물질과 물질 사이의 경계면에서 하나의 빛이 두 개로 갈라지는 현상을 일컫는다. 이는 방향에 따라 유전상수 값이 변하기 때문에 발생하며 빛의 편광, 즉 TE 모드와 TM 모드에 영향을 받게 된다. 복굴절 중에서도 인위적으로 만든 일차원 구조물에 대한 복굴절을 구조 복굴절이라 하며 표면부조격자, 반사방지막, 프레넬 렌즈, 프리즘 등에 적용된다. 본 논문에서는 일차원 주기구조가 반영된 나노구조 반사방지막을 제작하여 특성을 분석하고 나아가 전자광학추적장비의 성능 개선에 미치는 영향성을 분석하고자 한다.

$$n \sin \theta_m - n_i \sin \theta_i = \frac{m \lambda}{\Lambda} \tag{1}$$

식 (1)은 유효매질이론을 통해 파장 이하의 주기를 갖는 매질의 굴절률 변화를 나타내는 과정이다. n은 매질이 갖는 굴절률이고, n_i는 입사되는 매질의 굴절률을 나타낸다. 일반적으로 공기 θ_m는 매질에서 회절되는 빛에너지의 각도이고, θ_i는 입사되는 빛에너지의 각도이다. λ는 입사되는 빛에너지의 파장이며 Λ는 파장 이하의 주기 값이 된다.

매질에서 발생하는 빛에너지의 회절을 제거하기 위해서 식은 다음과 같이 전개된다. (단 m=0일 경우는 제외한다.)

$$|\sin \theta_m| = \left| \frac{m \lambda}{n_i \Lambda} + \frac{n}{n_i} \sin \theta_i \right| > 1 \tag{2}$$

이때, 투과되는 빛에너지의 회절과는 다음과 같이 나

타낸다.

$$\Lambda < \frac{\lambda}{n + n_i \sin \theta_{\max}} \tag{3}$$

위 식 (3)에서 주기 Λ 값이 점점 작아지게 되면 전 방향에서 입사되는 빛의 각도 θ_i는 점점 작아지게 되며 최대 입사각 θ_{max}가 된다. 가시광(400~800nm) 전 영역에서 빛에너지의 투과율을 최적화하기 위해, 산화아연 및 플루오르화마그네슘의 굴절률을 확인한 후 나노구조 반사방지막을 약 200nm로 설계하였다. 파장 이하의 구조를 체험함으로써 주기 이상의 모든 빛에너지를 투과할 수 있으며, 나노 반사방지막 표면에서의 이차반사를 통해 입사되는 빛에너지의 양을 증가시킬 수 있다. 또한 플루오르화마그네슘을 상단에 코팅하여 보다 효율적인 저굴절률 구조를 형성함으로써 산화아연 박막에 비해 높은 투과율을 확보할 수 있다.

반사방지막의 반사율은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R = \frac{r_1^2 + r_2^2 + 2r_1 r_2 \cos(2\delta)}{1 + r_1^2 r_2^2 + 2r_1 r_2 \cos(2\delta)} \tag{4}$$

여기서 r₁과 r₂는 각각 공기와 박막, 박막과 기판의 경계면에서 나타나는 반사율로서 식 (5)와 같이 정리할 수 있다.

$$r_1 = \frac{n_a \cos \theta_1 - n_f \cos \theta_2}{n_a \cos \theta_1 + n_f \cos \theta_2} \tag{5}$$

$$r_2 = \frac{n_f \cos \theta_2 - n_s \cos \theta_3}{n_f \cos \theta_2 + n_s \cos \theta_3} \tag{6}$$

식 n_a는 공기의 굴절률, n_f는 박막의 굴절률, n_s는 기판의 굴절률, θ₁은 박막 상부에서 입사광과 반사광의 ½ 사이각, θ₂는 박막 하부에서 입사광과 반사광의 ½ 사이각, θ₃은 법선과 기판 내부로 투과되는 투과광이 이루는 각이다.

외부로부터 빛이 수직으로 입사될 경우 식 (5)와 (6)은 다음과 같이 간소화 될 수 있다.

$$r_1 = \frac{n_a - n_f}{n_a + n_f} \tag{7}$$

$$r_2 = \frac{n_f - n_s}{n_f + n_s} \quad (8)$$

또한 δ 는 반사방지막의 위상 두께로서 다음과 같이 정의된다.

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda}nd \quad (9)$$

반사율이 최소가 되는 값은 광학적 두께가 다음과 같을 때 성립한다.

$$nd = (2m + 1)\frac{\lambda}{4}, \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (10)$$

그러므로 최소 반사율은 다음과 같이 주어진다.

$$R_m = \left(\frac{n_f^2 - n_a n_s}{n_f^2 + n_a n_s}\right)^2, \quad \lambda = \lambda_0 \quad (11)$$

또한 투과율은 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$T = 1 - R = 1 - \left(\frac{n_f^2 - n_a n_s}{n_f^2 + n_a n_s}\right)^2 \quad (12)$$

산화아연 반사방지막과 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막의 시뮬레이션 결과를 바탕으로 각각의 반사방지막이 갖는 투과율을 Fig. 2와 같이 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 산화아연 반사방지막은 비교적 높은 반사율에 의해 가시광 영역 평균 투과율이 약 82 % 확보되었다. 반면 산화아연 나노구

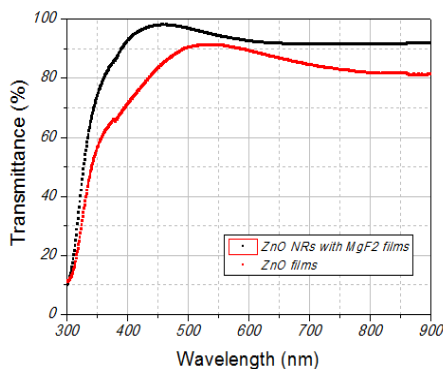


그림 2. 산화아연 및 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막의 시뮬레이션 결과
Fig. 2. Simulation results of the 1) ZnO and 2) ZnO nanorods with MgF₂ antireflective coating films.

조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막은 상당히 낮은 반사율을 유지하며 박막에 대한 투과율이 약 92 % 이상 확보됨을 확인하였다.

III. 실험 방법

영상추적간섭 현상을 개선하기 위해 전자광학추적장비 열영상센서부의 전면창 소재로 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막을 제작하였다. 산화아연 나노구조는 유리기관 위에 수용액 방법(Hydrothermal method)을 통해 약 80 nm 높이로 성장시켰다. 기관 위에 나노구조가 일정하게 형성되면 전자빔 장치를 이용하여 플루오르화마그네슘을 약 100 nm 증착하였으며 균일한 박막을 형성하기 위해 고진공 분위기를 갖추었다.

IV. 실험 결과

4.1 구조적 특성

Fig. 3은 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막을 제작하여 투과전자현미경(Transmission Electron Microscope, TEM)을 통해 표면을 측정된 결과이다. 수용액 방법을 통해 성장시킨 산화아연 나노구조 상단에 플루오르화마그네슘이 균일하게 코팅되었음을 확인할 수 있다. 플루오르화마그네슘은 1.37의 저굴절률을 띄는 물질로써 산화아연 나노구조에 코팅되어 점진적인 굴절률 변화를 유도할 수 있으며 이를 통해 센서부 광학계에서의 프레넬 반사를 줄

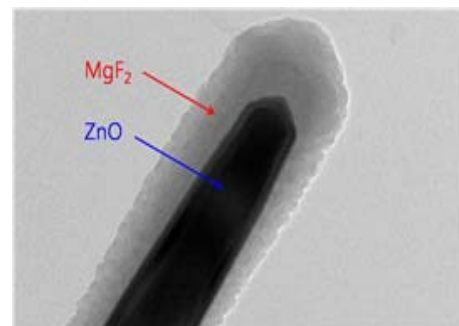


그림 3. 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막의 투과전자현미경 측정 결과
Fig. 3. TEM image of ZnO nanorods with MgF₂ antireflective coating films.

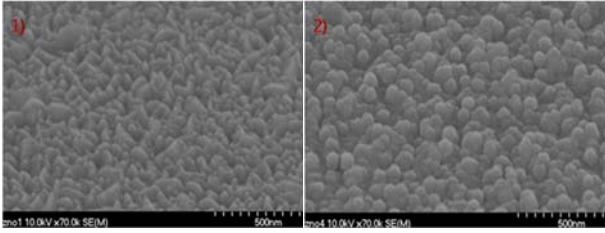


그림 4. 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막의 주사전자현미경 측정 결과
 Fig. 4. SEM images of 1) ZnO and 2) ZnO nanorods with MgF₂ antireflective coating films.

일 수 있다.

기존의 산화아연 반사방지막과 비교하여 표면에서 요철 구조를 형성할 경우, 빛에너지의 이차반사를 방지할 수 있으며 광학 검출기에 상대적으로 많은 빛 에너지를 전달할 수 있다. Fig. 4는 기존에 적용중인 산화아연 반사방지막과 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막에 대해 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope, SEM)을 통해 표면을 측정된 결과이다. Fig. 4.1)의 산화아연 반사방지막은 평평한 표면 구조를 나타내고 있는 반면, Fig. 4.2)의 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막은 거친 표면 구조를 띄고 있음을 확인할 수 있다.

4.2 광학적 특성

Fig. 5는 산화아연 반사방지막과 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막의 높이에 따른 굴절률 변화를 측정된 결과이다. 반사방지막의 하단(0nm)에서는 산화아연 반사방지막과 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막이 동일하게 2.0의 굴절률을 나타냄을 알 수 있다. 반면 반사방지막의 상단(200nm)에서는 점진적으로 굴절률이 감소하게 되는데, 이는 유효매질이론(Effective Medium Theory, EMT)에 기인된 결과라 할 수 있다.

산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막은 유효매질이론을 바탕으로 초과장 나노구조(Sub Wavelength nano Structure, SWS)를 재현한 결과이다. 따라서 공기와 계면이 형성되는 반사방지막 상단으로 갈수록 굴절률이 점차 감소됨을 알 수 있다. 또한 산화아연 나노구조에 굴절률(1.37)이 낮은 플루오르화마그네슘을 코팅함으로써 반사방지막의 굴절

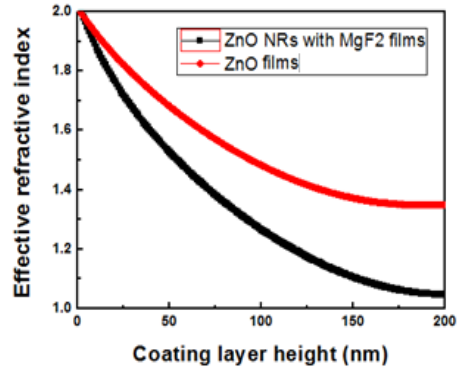


그림 5. 산화아연 및 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막의 굴절률 비교
 Fig. 5. Refractive index of 1) ZnO and 2) ZnO nanorods with MgF₂ antireflective coating films.

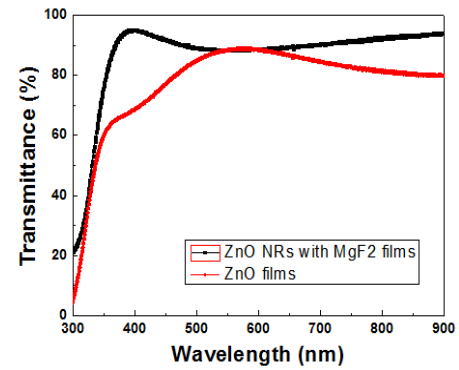


그림 6. 산화아연 및 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막의 투과도 측정 결과
 Fig. 6. Transmittance measurement results of the 1) ZnO and 2) ZnO nanorods with MgF₂ antireflective coating films.

률(2 → 1.08)이 산화아연 반사방지막과 비교하여 급격하게 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

Fig. 6은 산화아연 반사방지막과 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막의 높이에 따른 굴절률 변화를 측정된 결과이다. 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막은 상대적으로 높은 투과율(평균 90 % 이상)이 확인되었다. 이는 Fig. 5에서 언급되었던 굴절률 변화에 기인된 결과이며, 빛에너지에 의한 표면에서의 반사손실이 적고 단과장(자외선) 영역에서의 반사도 또한 낮기 때문에 투과되는 양이 증가되었다고 할 수 있다. 가시광 영역에서 측정된 평균 투과율 결과가 시뮬레이션 결과와 비교하여 약 2% 가량 차이가 발생한 점은 반사방지막의 간격 때문이다. 실험을 통해 제작된 산화아연

표 1. 산화아연 및 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막의 반사율 비교

Table 1. Reflectivity of 1) ZnO and 2) ZnO nanorods with MgF₂ antireflective coating films at different incident angles.

반사방지막 입사 각도	산화아연	산화아연 나노구조 + 플루오르화마그네슘
30 도	13.34 %	7.72 %
60 도	14.96 %	5.95 %
90 도 (수직)	12.61 %	5.54 %

나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막은 수용액 성장법에 의해 구조를 형성시키므로 저온 성장이 가능하나 균일성이 미흡하여 빛에너지의 손실이 발생하게 된다. 표면에서 불가피하게 일어나는 빛의 산란현상은 반사방지막의 전체 투과율을 감소시키는 요인이 되고 지속적인 연구를 통해 개선되어야 할 사항이다.

Table 1은 해수면이 일정하지 않고 불규칙적으로 거동함을 고려하여 입사각도에 따라 각각의 반사방지막의 표면에서 발생하는데 반사율을 측정된 결과이다. 산화아연 반사방지막은 수직입사 빛에너지의 경우 약 12.61%의 반사율을 나타내며 측면에서 입사하는 경우에도 각각 13.34%, 14.96%로 비교적 높은 반사율이 측정됨을 알 수 있다. 반면 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막의 경우, 수직입사에 대한 반사율이 5.54%로 상당히 감소되었고, 30도와 60도로 입사하는 빛에너지에 대해서도 상당히 낮은 반사율이 확보됨을 알 수 있다. 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막은 구조적 개선을 통해 점진적으로 굴절률 변화가 이루어졌으며 공기와 반사방지막 계면에서 발생하게 되는 프레넬 반사 손실을 줄임으로써 표면 반사율을 줄였음을 알 수 있다.

V. 전자광학추적장비 적용 결과

전자광학추적장비에 영상추적 특성을 확인하기 위해 앞서 확인하였던 산화아연 반사방지막과 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막을 전면창에 각각 증착하였다. 수용액 방법을 통해 산

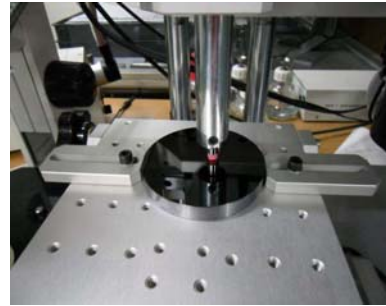


그림 7. 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막의 표면 비교

Fig. 7. Surface comparison of the coating film by using ZnO nanorods with MgF₂ antireflective coating films for the electro optical tracking system.

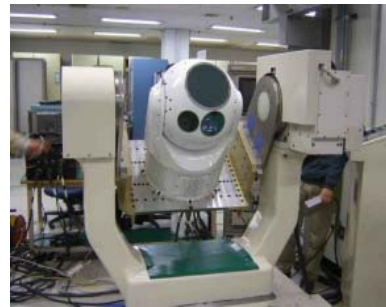


그림 8. 반사방지막이 코팅된 전자광학추적장비의 영상추적 특성에 관한 측정

Fig. 8. Measurement about Image-tracking properties of the electro optical tracking system after using antireflective coating films.

화아연 나노구조를 성장시킨 후, 플루오르화마그네슘 박막을 산화아연 박막 두께와 동일하게 증착시켰다. Fig. 7은 전면창에 코팅작업을 실시한 후, 반사방지막이 전면창에 적절하게 증착되었는지 검증한 자료이며, 동시에 표면에 부식, 미세먼지를 확인하였다.

Fig. 8은 전자광학추적장비의 영상추적 특성을 확인하기 위해 전면창에 반사방지막을 적용한 후 실제 함정에서 표적 추적을 수행하기 전, 시험장에서 수행한 자료이다. 각각의 반사방지막을 증착한 전면창을 장착한 상태에서 해상 환경과 동일한 진동을 주어 실제로 표적을 놓치지 않으며 간섭 또한 줄일 수 있는지 확인하였다.

산화아연 반사방지막과 비교하여 구조적, 광학적으로 우수한 특성을 갖는 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막을 전자광학추적장비의 전면창에 적용하여 영상추적을 실시하였다. Fig. 9은



그림 9. 산화아연 및 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막의 영상추적 화면

Fig. 9. Thermal imagery screen of electro optical tracking system by using ZnO nanorods with MgF₂ antireflective coating films 1) before 2) after.

기존의 산화아연 반사방지막을 적용하였을 경우와 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막을 적용하였을 경우에 전자광학추적장비 열영상화면을 측정된 결과이다. 조정 전의 열영상화면에서는 해수면반사파가 발생할 경우 영상포화 현상에 의해 표적 식별이 어려우며 탐지거리 또한 명확하지 않아 지속적인 표적 추적이 불가능함을 알 수 있다. 반면, 조정 후의 추적 영향성 분석 결과에서는 해수면반사파에 의한 간섭 문제를 줄임으로써 탐지 식별력이 향상되었음을 확인할 수 있다. 또한 중심 추적과 상관 추적 기능 또한 원활하게 이루어지며 식별된 표적에 대해 일정시간 동안 추적을 유지할 수 있음을 확인할 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 함정에 탑재되는 전자광학추적장비의 열영상센서부에서 해수면반사파에 의해 발생하는 영상추적간섭 현상 개선 방안에 대해 논의하였다. 산화아연 나노구조에 플루오르화마그네슘 박막을 코팅한 반사방지막을 전면창에 적용할 경우, 해수면반사파에 의해 표적 식별이 불가능한 문제를 해결할 수 있으며 이는 점진적인 굴절률 변화 및 프레넬 반사 줄임에 의해 센서부

광학계의 빛에너지 입사량이 증가하였기 때문임을 알 수 있다.

References

- [1] Yong-jun Heo, "A Study EOTS Algorithm for Correction Search Radar Error in PKX," Aerospace Research Information Center, Journal and Proceedings, Vol. 14, No. 32, pp. 301-308, October, 2007.
- [2] So-hyun Kim, "Design of Autocoast Tracking Algorithm by the Prediction of Target Occlusion and its On-Based Implementation," The Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 12, No. 3, pp. 354-359, June, 2009.
- [3] S. Park, S Chun, B. Choi, H. Kim, J. Kim, M. Kang, M. Kim, "Development of HILS for Performance Analysis and Verification of Airborne EOTS for Aircraft," 2012 autumnal conference of The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences pp. 375-379, 2012.
- [4] Hyung-Jun Koo, Yong Joo Kim, Yoon Hee Lee, Wan In Lee, Kyung kon Kim, and Nam-Gyu Park, Nano-embossed hollow spherical TiO₂ as bifunctional material for high-efficiency dye-sensitized solar cells. Adv.Mater. Vol. 20, pp. 195-199, 2008.
- [5] Sameer Chhajed, Martin F. Schubert, Jong Kyu Kim, and E. Fred Schubert, Nanostructured multilayer graded-index antireflection coating for Si solar cells with broadband and omnidirectional characteristics, Appl. Phys. Lett. Vol. 93, pp. 251108-251110, 2008.
- [6] G. J. Lin, K. Y. Lai, C. A. Lin, Y.-L. Lai, and J. H. He, Efficiency enhancement of InGa_N-based multiple quantum well solar cells employing antireflective ZnO nanorod arrays, Electron Device Lett. Vol. 32, pp. 1104-1106. 2011.
- [7] Yun-Ju Lee, Douglas S. Ruby, David W. Peters, Bonnie B. McKenzie, and Julia W. P. Hsu, ZnO nanostructures as efficient antireflection layers in solar cells, Nano Lett. Vol. 8, pp 1501-1505, 2008.
- [8] Yen-Chun Chao, Cheng-Ying Chen, Chin-An Lin, Yu-An Dai and Jr-Hau He, Antireflection effect of ZnO nanorod arrays, J. Mater. Chem. Vol. 20, pp 8134-8138, 2010.
- [9] L.Ae, D. Kieven, J. Chen, R. Klenk, Th. Risson,

Y. Tang, and M. Ch. Lux-Steiner, ZnO nanorod arrays as an antireflective coating for Cu(In,Ga)Se₂ thin film solar cells, Prog. Photovolt: Res. Appl. Vol. 18, pp 209-213, 2010.

— 저 자 소 개 —



심 보 현(정회원)
2011년 한국해양대학교 나노반도체공학과 학사 졸업
2013년 광주과학기술원 광공학응용물리학과 석사 졸업
2013년~ 국방기술품질원 연구원
<주관심분야 : 전자공학, 광학>



조 희 진(정회원)
2011년 전북대학교 반도체과학기술학과 학사 졸업
2013년 광주과학기술원 신소재공학과 석사 졸업
2013년 LG이노텍 연구원
2014년~ 국방기술품질원 연구원
<주관심분야 : 신소재공학>