

## 안경 렌즈의 국소적 투과율 측정을 위한 방법에 관한 연구

박상국<sup>1</sup>, 이형철<sup>1</sup>, 육도진<sup>2</sup>, 성덕용<sup>2</sup>, 강성수<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 물리학과, 대구 702-701

<sup>2</sup>수성대학교 안경광학과, 대구 706-711

투고일(2014년 10월 29일), 수정일(2014년 12월 1일), 게재확정일(2014년 12월 11일)

**목적:** 국소 투과율 현미경을 이용하여 안경렌즈의 투과율 분포를 분석함으로써 렌즈의 광학적 균질성을 연구하고자 한다. **방법:** 안경렌즈 표면에 집광된 레이저의 투과율을 광검출기와 락인앰프로 측정하고 그 결과를 분석하였다. 코팅되지 않은 렌즈와 멀티 코팅이 된 렌즈 그리고 누진렌즈가 시료로서 분석되었다. **결과:** 누진렌즈와 물리적 자극이 가해진 렌즈의 측정 결과에서 국소 투과율 현미경 분석 결과가 광학 현미경을 통한 측정 결과와 높은 일치도를 보였다. 또한 광학적 결함이 있는 곳에서 투과율의 평균값은 감소하고 표준편차는 증가하였다. 자극이 가해지지 않은 렌즈에서는 반사방지 코팅의 유무가 투과율에 큰 영향을 미치는 것을 국소 투과율 현미경과 일반적 투과율 분석 모두에서 공통적으로 분석되었다. **결론:** 시료에 다양한 자극이 가해졌을 때 투과율의 분포에 변화가 생김을 국소 투과율 현미경을 통해 확인하였다. 국소 투과율 현미경을 통한 이러한 분석은 렌즈 혹은 코팅막의 균일도를 평가 혹은 확인할 수 있는 하나의 방법으로 활용될 수 있다.

**주제어:** 투과율, 국소적 특성, 안경렌즈, 코팅막, 현미경

### 서 론

시력교정이라는 목적으로부터 시작된 안경렌즈의 사용은 최근 렌즈의 소재를 달리하거나 표면처리를 함으로써 기능성 렌즈로서 그 용도가 확대되고 있다. 기존의 유리 재질이 안경렌즈의 주된 소재로 사용되던 시기에는 렌즈 소재에 첨가물을 더하여 굴절률이나 아베수와 같은 광학 상수를 용도에 맞게 조절하였다면 플라스틱 재질이 안경렌즈의 주된 소재로 사용된 최근에는 렌즈 소재 조절 이외에 렌즈 표면에 다양한 목적의 코팅막을 적용하여 기능성 제품으로서 소비자의 선택의 폭을 넓혀주고 있다.

쾌적한 시생활을 위해서 안경렌즈가 가져야 할 가장 중요한 광학적 요소 중의 하나가 투과율이다. 안경렌즈의 경우 렌즈가 접하고 있는 환경인 공기와 굴절률 차이로 인하여 투과율 감소가 생기게 되는데 이를 해결하는 방법으로 빛의 간섭현상을 이용한 반사광선의 억제를 통해 투과율을 높이기 위한 반사방지막 코팅을 하는 것이 일반적이고 대부분의 안경렌즈에 적용이 되고 있다. 게다가 최근에는 반사방지 코팅 이외에도 플라스틱 렌즈 표면을 강화하기 위한 하드코팅 및 김서림 방지 코팅, 전자파 차폐 코팅 그리고 스크래치 방지 코팅 등과 같은 다양한 코팅막

이 안경렌즈에 추가로 적용되고 있다. 또한 다양한 코팅막의 출현과 더불어 이러한 코팅막들의 특성과 성능을 분석하기 위하여 렌즈 혹은 박막 자체의 특성에 대한 분석이나 코팅막에 물리적, 화학적 자극이 가해졌을 때 렌즈에 미치는 영향과 같은 많은 연구도 진행되고 있다.<sup>[1-5]</sup>

안경렌즈에서 중요하게 고려되어야 할 또 다른 요소로 광학적 균질성을 들 수 있다. 안경렌즈 소재가 갖춰야 될 조건으로 안경광학적 조건은 광학적으로 균질성을 가진 투명한 소재여야 한다는 것이며 재질 조건은 맥리와 기포 그리고 흠이 없어야 한다는 것이다.<sup>[6]</sup> 부분적으로 특별한 내부 왜곡이 없고 밀도가 균일하여 굴절률과 아베수와 같은 광학정수가 전체적으로 균일한 값을 가지면 광학적으로 균일하게 될 것이며 결과적으로 이러한 광학정수와 밀접히 관련된 투과율의 균일성도 높은 수치를 나타낼 것이다. 시력교정용 안경렌즈 뿐만 아니라 선글래스용 렌즈에 대해서도 한국 산업 표준에서는 눈에 보이는 흠, 색 얼룩, 맥리, 거품 및 이물과 변형이 없을 것을 재질이 갖춰야 할 일반적 광학성질로 규정하고 있다.<sup>[7]</sup> 이렇듯 광학적 균질성은 투과율과 더불어 안경렌즈에서 중요하게 고려되고 분석되어야 할 광학적 특성이라고 할 수 있다.

이러한 안경렌즈 혹은 코팅막의 광학적 성질을 분석하

\*Corresponding author: Sungsoo Kang, TEL: +82-53-749-7264, E-mail: kangss@sc.ac.kr

기 위한 많은 연구에서 특히 제조된 박막이나 인위적 자극을 통해 박막에 손상을 입힌 후 유리나 렌즈에 박막을 입히기 전 또는 박막에 자극을 가하기 전의 상황을 비교할 때 가시광선 영역에서 투과율을 측정하거나 전도성 박막의 경우 면저항을 측정하고 주사 전자 현미경(SEM)이나 원자간 힘 현미경(AFM)과 같은 장치들을 통해서 표면을 관찰하는 방법 등을 이용하여 분석한다. 이때 박막의 기능적 특성과 관련된 투과율이나 면저항 측정은 박막 혹은 렌즈 전체의 평균적인 값을 측정하는 것이고 제조된 박막의 균일도나 박막 부위별 자극 혹은 식각 정도의 차이가 있을 때는 그 정보를 충분히 얻지 못할 가능성이 높다. 안경렌즈 자체에 대해서도 재질의 균일성이나 흠 등을 검사할 때 현재 한국 산업 표준에서는 확대경 등을 사용하지 않고 지정된 조도에서 육안으로 검사하는 방법을 제안하고 있으며 이 방법이 주관에 개입될 수 있음을 주지시키고 있다.<sup>8)</sup> 이러한 이유로 광학적으로 높은 균질성을 가지는 안경렌즈 및 코팅막을 제작하기 위해서는 재질이나 박막의 국소적 영역에 대한 물리적인 특성의 공간적인 분포를 관찰 및 분석하는 보다 객관적인 방법이 반드시 필요하다고 할 수 있다. 전자과 코팅막과 같은 전도성 박막인 초전도 박막의 경우 대용량 기기에 적용되기 위해서 높은 임계전류밀도를 가져야 하는데 이는 물질의 미세구조에 의해 결정된다고 알려져 있다.<sup>9,10)</sup> 이러한 이유로 초전도 박막에 대한 국소적 특성의 공간적인 분포를 분석하기 위해 주사 전자 현미경, 주사 초전도양자간섭계(SQUID) 현미경, 주사 홀소자 현미경 그리고 주사 레이저 현미경 등과 같은 다양한 국소적 분석 방법이 이용되고 있다.<sup>11-15)</sup>

이에 본 연구에서는 제조된 안경렌즈의 광학적 특성 중 투과율의 균질성을 분석하기 위한 국소 투과율 현미경(Local Transmittance Microscope, LTM)을 제작하고 이를 이용하여 안경렌즈의 국소적 투과율 특성에 대한 공간적 분포를 측정 및 분석함으로써 안경렌즈의 광학적 균질성을 분석할 수 있는 방법으로서의 가능성을 진단하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 시료

실험에 사용된 안경렌즈는 CR-39, 중굴절, 고굴절 그리고 누진 다초점렌즈이다. 이 중 CR-39( $n=1.49$ ) 렌즈는 코팅 처리가 되지 않은 평면렌즈이며 중굴절률( $n=1.55$ )과 고굴절률( $n=1.60$ ) 렌즈는 반사방지 및 하드멀티코팅처리가 된 평면렌즈이다. 육안이나 광학 현미경을 통해 관찰할 수 있는 렌즈 표면의 표식이 있는 누진 다초점렌즈나 인위적 결함을 가한 렌즈 시료를 통해 광학 이미지와 국소 투과

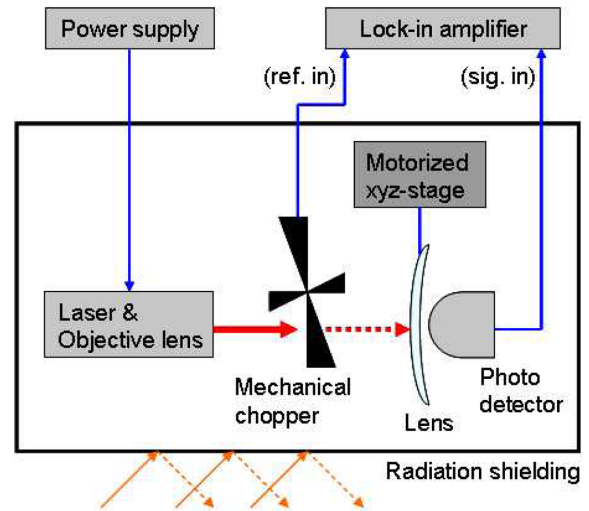


Fig. 1. Schematic diagram of Local Transmittance Microscopy (LTM).

율 현미경의 결과를 비교 분석하였고 아무런 자극이 가해지지 않은 렌즈를 통해 일반적으로 측정되는 평균적인 투과율 측정결과와 국소 투과율 현미경을 통한 결과를 비교하였다.

### 2. 방법

국소 투과율 현미경의 개략적 구성을 Fig. 1에서 볼 수 있다. 국소 투과율 현미경의 측정 원리는 레이저가 집광렌즈를 통해 렌즈 표면에 집광되었다가 투과하면 렌즈 표면의 미세한 결함의 유무에 따라 달라지는 투과광선의 세기를 렌즈 뒤편에 있는 광 검출기(photo-detector)를 통해 락인앰프(Lock-in amplifier)로 측정하는 것이다. 이 때 렌즈 표면의 여러 영역에 대한 국소적 투과율의 공간적 분포를 분석하기 위하여 렌즈는 정밀 모터로 제어가 되는 xyz 세축의 이송장치에 연결되어 있다.

국소적 투과율 측정을 위해 파장 660 nm의 적색 다이오드 레이저를 사용하였고 3 kHz의 기계적 초퍼(mechanical chopper)에 의해 동조되었으며 30.5 mm의 작동 거리(working distance)를 가지는 대물렌즈로 레이저 빔을 집광시켰다. 국소 투과율 현미경의 공간 분해능을 높이기 위해서는 집광되는 레이저 빔의 크기를 최소화하는 것이 중요하다. 집광렌즈를 이용했을 때 최소 레이저 빔의 크기는 다음 식에 의해서 계산될 수 있다.

$$\phi = 1.22 \frac{\lambda}{N.A.} \quad (1)$$

여기서  $\phi$ 는 최소 스팟의 직경,  $\lambda$ 는 레이저의 파장 그리고 N.A.(Numerical Aperture)는 집광렌즈의 개구수이다. 실험에 사용된 레이저의 파장은 660 nm이고 집광렌즈의

개구수는 0.28이므로 이들을 식 (1)에 대입해서 얻는 계산에 의한 최소 스팟의 직경은  $2.9 \mu\text{m}$ 인데 이 결과는 칼날 초점 검사(knife-edge test)를 통해서 측정된 레이저 빔의 최소 직경과도 일치하였다. 렌즈면을 집광된 레이저 빔에 대해서 스텝당  $0.1 \mu\text{m}$ 의 정밀도를 가지는 3축의 전동 스테이지(motorized xyz-stage)를 이용하여 정밀하게 제어하며 이동시키면서 측정하여 렌즈의 투과율 신호의 분포를 비접촉적인 방법으로 분석할 수 있었다. 집광된 레이저의 투과되는 정도는 측정렌즈 직후방의 광검출기에 의해 측정되었다. 실험에 사용한 광검출기는 직경  $7.6 \text{ mm}$ 의 원형으로 앞에 같은 크기의 평볼록렌즈가 결합된 형태로 광학 중심에서 벗어난 위치에서의 측정에서 생길 수 있는 광선의 편향 효과를 무시할 수 있었다. 측정된 결과는 상용의 소프트웨어를 이용해 형상화한 후 광학 현미경으로 관찰한 결과 및 일반적인 렌즈관련 연구에서 사용되는 광투과율 측정장치를 통한 결과와 비교 분석하였다.

## 결과 및 고찰

누진 다초점렌즈 표면에 있는 우안용을 나타내는 'R' 표시를 중심으로 가로, 세로 각각  $2.5 \text{ mm}$ 와  $3.0 \text{ mm}$  영역을 이차원으로 스캔하였다. Fig. 2의 (a)는 가로  $2.0 \text{ mm}$ , 세로  $2.5 \text{ mm}$ 인 'R' 표시의 광학 현미경을 이용해서 관찰한 이미지이며 (b)~(d)는 국소 투과율 현미경을 통해 측정된 결과를 이차원으로 형상화한 것으로 범례는 투과율을 나타낸다. 두 측정 결과를 비교했을 때 'R' 표시에서 인쇄의 결함이 국소 투과율 현미경을 통한 결과에서 거의 일치되는 것을 볼 수 있다. Fig. 2의 (b), (c), (d)의 차이는 측정시 렌즈의 움직임 간격을 다르게 해서 생긴 것으로 가로 세로 각각  $100 \mu\text{m}$ ,  $50 \mu\text{m}$ , 그리고  $20 \mu\text{m}$ 의 간격으로 측정된 것이다. 결과에서 알 수 있듯이 스캔 간격이 줄어들수록 해상도가 좋아진다. 본 실험에서 시료를 이차원으로 분석할 때 넓은 영역에 대한 측정시  $50 \mu\text{m}$ 의 간격, 그리고 좁은 영역에 대한 세밀한 측정시  $20 \mu\text{m}$  혹은  $10 \mu\text{m}$ 의

간격으로 측정하였다.

안경 조제 가공의 과정이나 사용중에 생길 수 있는 결함을 렌즈에 인위적으로 가한 후 이 영역을 중심으로 투과율의 변화를 분석하였다. 조제 가공시 외주선 굵기에 사용하는 송곳을 이용하여 코팅되지 않은 CR-39 평면렌즈의 기하학적 중심에 길이  $5.5 \text{ mm}$ , 폭  $0.5 \text{ mm}$ 의 십자형태 흠집을 가한 후 광학 현미경과 국소 투과율 현미경으로 측정된 결과를 Fig. 3의 (a)와 (b)에서 각각 볼 수 있다.  $50$

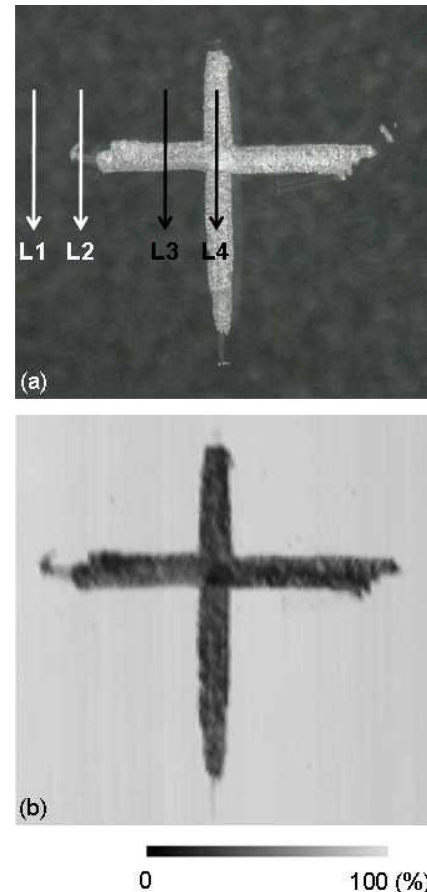


Fig. 3. Optical image (a) and LTM 2D scan result (b) of scratched CR-39 lens sample. Arrows of (a) indicate the scan direction.

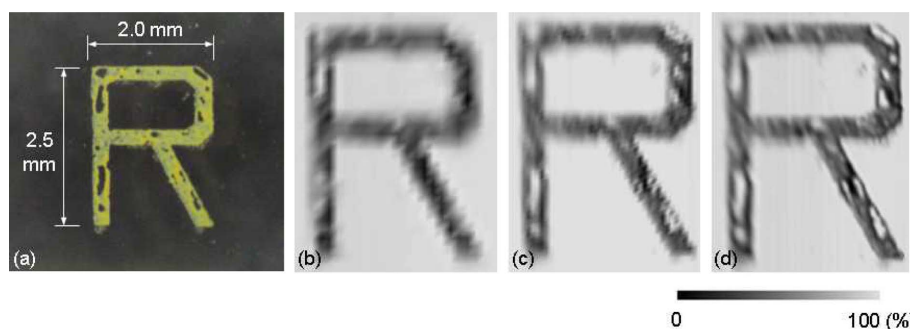


Fig. 2. Optical image (a) and LTM 2D scan results measured in the interval of  $100 \mu\text{m}$  (b),  $50 \mu\text{m}$  (c) and  $20 \mu\text{m}$  (d) of 'R' mark of the progressive lens sample.

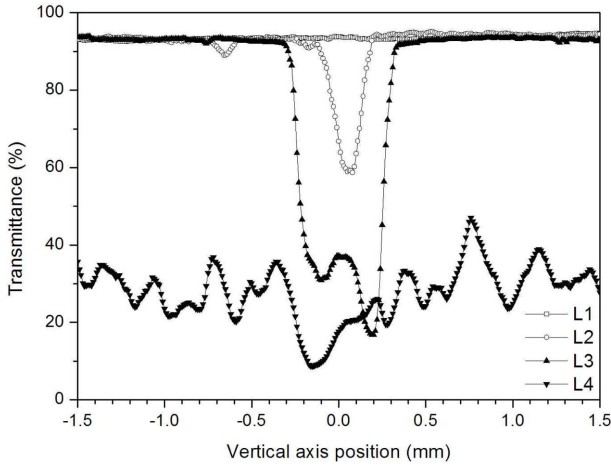


Fig. 4. LTM 1D scan result of scratched CR-39 lens sample at various positions.

μm 간격으로 측정된 결과가 광학 현미경을 통한 결과와 정확히 일치하며 십자형태 흠집에서 투과율이 급격히 낮아지는 것을 볼 수 있다.

결합의 정도에 따른 더 상세한 분석을 위해 Fig. 3(a)에 표시된 길이 3.0 mm의 4개 라인에 대해 10 μm 간격으로 일차원 스캔 후 위치별로 투과율에 대한 결과를 비교하였다. Fig. 4에서 볼 수 있듯이 결합이 있는 위치에서 투과율이 급격히 낮아지며 이 영역이 포함된 라인은 투과율의 평균은 낮아지고 투과율의 표준편차는 급격히 증가하는 것을 Table 1에서 확인할 수 있다. 이상의 결과에서 렌즈에서 광선의 투과를 방해하는 결합이 있는 위치에서는 투과율 평균의 감소와 표준편차의 증가가 나타남을 알 수 있다. 다만 일차원 스캔의 경우 스캔의 방향이 결합의 형태에 따라 결과에 영향을 줄 수 있다. 상대적으로 낮은 투과율의 평균을 보이는 3번과 4번 라인의 경우 투과율의 평균은 흠집 방향을 따라가면서 측정된 4번 라인이 27.78%로 가장 낮았지만 투과율의 표준편차는 흠집을 횡단하는 방향을 따라가면서 측정된 3번 라인이 22.63%로 가장 높게 측정되었다. 렌즈의 광학적 균질성을 투과율의 표준편차를 통해서 분석하기 위해서 결합의 형태에 관계

Table 1. Average and standard deviation of local transmittance of scratched CR-39 lens sample at various positions

Position	Transmittance (%)	
	Average	Standard deviation
L1	93.47	0.48
L2	91.53	7.03
L3	82.54	<b>22.63</b>
L4	<b>27.78</b>	7.12

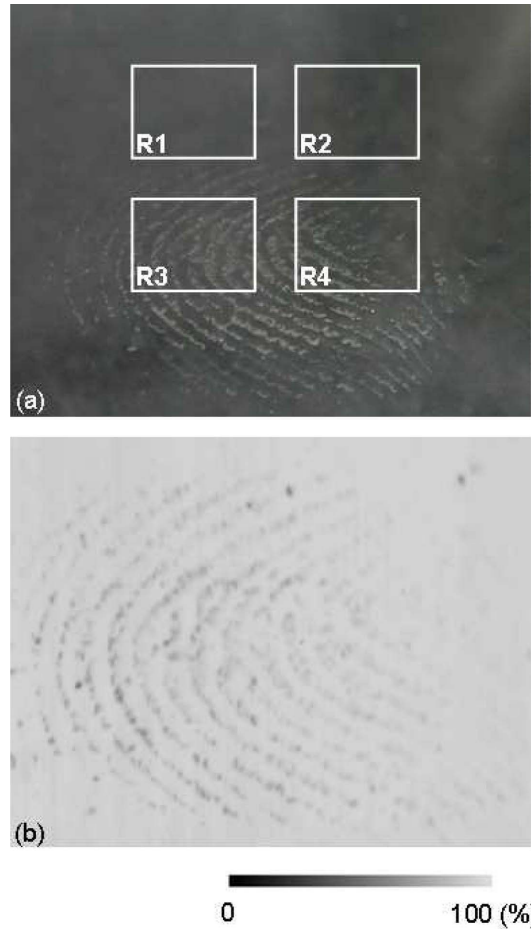


Fig. 5. Optical image (a) and LTM 2D scan result (b) of CR-39 lens with fingerprint.

되지 않는 정확한 결과를 얻기 위해 방향성이 적은 이차원 스캔을 이용하는 것이 더 적합한 분석 방법이라고 할 수 있으므로 이 후 시료들은 이차원 스캔으로 분석되었다.

인위적인 결합 중 렌즈에 좀 더 미세한 자극을 가하기 위해 안경 사용중에 흔히 생길 수 있는 지문을 렌즈에 가한 후 투과율의 변화를 비교하였다. 코팅되지 않은 CR-39 평면렌즈에 지문을 문힌 후 광학 현미경과 국소 투과율 현미경으로 측정된 결과를 Fig. 5의 (a)와 (b)에서 각각 볼 수 있다. 가로 9.5 mm, 세로 7.5 mm의 영역을 50 μm 간격으로 측정된 결과에서 볼 수 있듯이 누진렌즈의 좌우 표시나 송곳으로 인한 흠집에 비해 육안으로 관찰이 잘 되지 않을 수 있는 지문으로 인해라도 투과율의 감소가 잘 나타나는 것으로 분석되었다.

지문이 있는 곳과 없는 곳을 비교하기 위하여 Fig. 5(a)에 표시된 가로 3.5 mm, 세로 3.0 mm의 R1에서 R4까지의 네 영역에 대해 20 μm 간격으로 측정후 각 영역에 대한 투과율의 평균과 표준편차를 비교한 결과를 Table 2에 나타내었다. 앞선 흠집으로 인한 투과율 변화 분석 실험 결과와 마찬가지로 지문이 있는 두 영역인 R3과 R4의 측정



Table 2. Average and standard deviation of local transmittance at various region depending on the presence or absence of the fingerprint

Region	Transmittance (%)	
	Average	Standard deviation
R1	91.47	1.14
R2	91.30	1.36
R3	<b>89.36</b>	<b>4.40</b>
R4	89.82	1.88

결과가 지문이 없는 두 영역인 R1과 R2에 비해서 투과율의 평균은 낮고 표준편차는 높은 값을 보이는 것을 알 수 있다. 결과들을 종합해보면 광선의 투과를 방해하는 결함의 정도에 따라 투과율의 차이는 달라지고 렌즈의 일부 영역에 대해서 국소 투과율 현미경으로 측정 후 투과율의 평균과 표준편차를 비교하면 렌즈 결함의 유무 혹은 정도를 측정할 수 있음을 앞선 실험들의 결과들이 밝히고 있다.

이상의 결과들을 토대로 하여 인위적 결함이 없는 조제 가공 직전의 렌즈들에 대한 투과율 분포를 비교 분석하였다. 시료로는 코팅되지 않은 CR-39 렌즈와 반사방지 코팅이 포함된 하드멀티코팅 처리된 중굴절률 및 고굴절률 렌즈를 사용하였으며 굴절력은 모두 0 디옵터인 평면렌즈로 통일하였다. 우선 렌즈 및 코팅막 분석과 관련된 연구에서 많이 실시하는 가시광선 영역에서의 투과율을 측정하였다. HunterLab 사의 UltraScan PRO를 이용해서 측정된 결과인 Fig. 6에서 볼 수 있듯이 가시광선 영역에서 코팅되지 않은 CR-39 렌즈에 비해 반사방지 코팅이 된 중굴절률 및 고굴절률 렌즈의 투과율이 높게 측정되었다. 전체 결과 중 국소 투과율 현미경에 사용된 레이저의 파장과 같은 660 nm 파장에서의 투과율은 CR-39 렌즈는 92.94%, 중굴

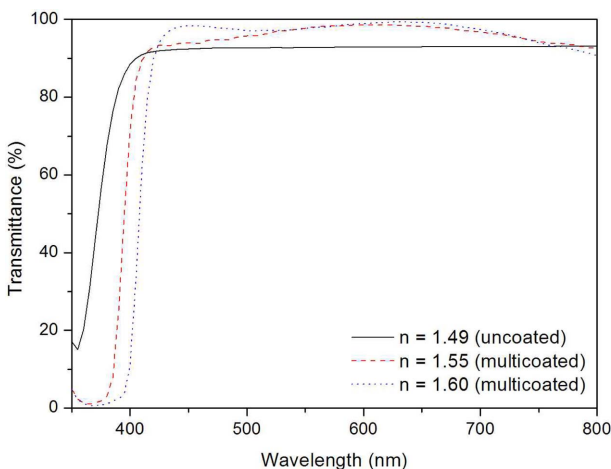


Fig. 6. Optical transmittance result in the visible wavelength range of plano lens with no physical stimulation using UltraScan PRO.

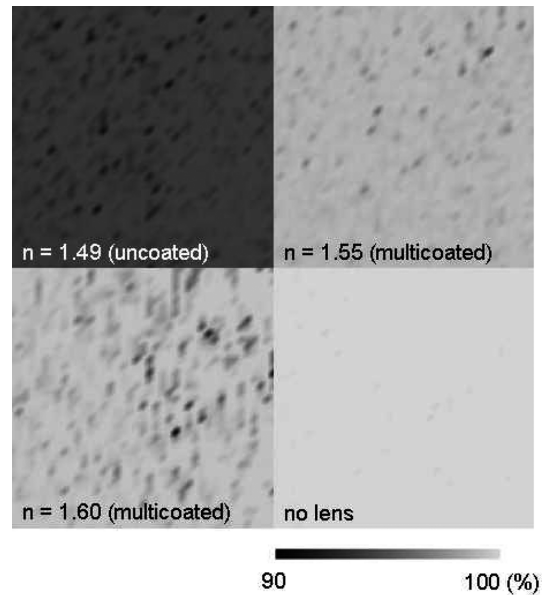


Fig. 7. LTM 2D scan results of uncoated CR-39 lens (n=1.49), multicoated middle index lens (n=1.55) and multicoated high index lens (n=1.60) near the geometrical center region compared with the absence of a lens.

절률 렌즈는 98.03% 그리고 고굴절률 렌즈는 99.03%로 고굴절률 렌즈의 투과율이 가장 높게 측정되었다.

같은 시료들에 대해 국소 투과율 현미경으로 투과율 분석을 실시하였다. 가시광선 영역에서 렌즈 기하학 중심부 일부 영역에 대해 투과율의 평균을 측정할 위치와 일치하도록 기하학 중심부 가로, 세로 각 2.0 mm 영역에 대해서 50 μm 간격으로 이차원으로 측정된 다음 결과를 형상화하였다. Fig. 7에 나타내었듯이 반사방지 코팅이 된 중굴절률 및 고굴절률 렌즈에 비해 코팅처리가 되지 않은 CR-39 렌즈의 측정결과가 전체적으로 낮은 투과율을 보인다. 이 영역에 대해 투과율의 평균과 표준편차를 계산한 것과 UltraScan으로 측정된 같은 파장에서의 결과를 Table 3을 통해 비교해서 볼 수 있다. 시료의 투과율을 측정하는 영

Table 3. Comparison of transmittance at the 660 nm wavelength of plano lens samples depending on the measurement method

Product	CR-39	middle index	high index
Refractive Index	1.49	1.55	1.60
Coating	uncoated	multicoated	multicoated
Transmittance@660 nm (UltraScan PRO)	92.94%	98.03%	<b>99.03%</b>
Average of transmittance (LTM)	93.47%	98.67%	<b>98.81%</b>
Standard deviation of transmittance (LTM)	0.39%	0.38%	0.92%

역의 넓이 차이를 감안했을 때 국소 투과율 현미경으로 측정된 결과와 UltraScan으로 측정된 결과 수치가 거의 일치되며 가장 높은 투과율을 보이는 렌즈 역시 고굴절률 렌즈로 동일하게 분석되었다. 이 결과는 국소 투과율 현미경을 통한 분석이 기존의 평균적인 투과율 분석 방법과 상당히 일치하는 결과를 보였으며 렌즈의 투과율을 측정하기 위한 장치로서의 가능성을 확인했다고 할 수 있겠다. 세 시료 중 투과율의 표준편차는 고굴절률 렌즈가 가장 높게 나타났는데 이는 렌즈의 재질 혹은 코팅막의 균질도는 고굴절률 렌즈가 가장 낮다는 것을 알려준다. 하지만 투과율 표준편차에 렌즈 수차도 영향을 줄 수 있으므로 이에 대해서는 각 시료별 더 많은 수에 대한 분석을 실시한 후 결론을 내리는 것이 타당하다고 판단되며 이는 다음 연구에서 분석될 예정이다.

## 결 론

본 연구에서는 안경렌즈의 광학적 균질성을 분석하기 위한 장치로서 국소 투과율 현미경을 제작하고 이를 이용하여 물리적 자극의 유무에 따른 렌즈의 국소적 투과율의 공간적 분포를 분석하였다.

렌즈 표면에 표시된 마크나 흠집 혹은 지문과 같은 인위적 자극에 의한 투과율 감소는 자극의 정도와 비례관계에 있음을 광학 현미경을 이용한 결과와의 비교를 통해 확인할 수 있었고 투과율의 평균과 표준편차가 자극의 정도에 따라 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 물리적 자극이 가해진 위치에서는 투과율의 평균은 감소하고 표준편차는 증가하는 것으로 분석되었다.

이 결과를 토대로 하여 물리적 자극이 가해지지 않은 안경으로 제작되기 직전의 렌즈들에서의 투과율 변화를 측정하였다. 코팅처리가 되지 않은 CR-39 렌즈의 투과율 평균보다 반사방지막 코팅이 포함된 멀티코팅 처리가 된 중굴절률 및 고굴절률 렌즈의 투과율 평균이 높아지는 것을 국소 투과율 현미경을 통해 측정하였고 결과 수치는 일반적인 투과율 분석 방법의 결과와 거의 일치하였다.

측정된 결과들을 통해서 안경렌즈의 광학적 균질성을 국소 투과율 현미경을 통해 비접촉적 방법으로 분석해낼 수 있었다. 이 방법은 렌즈나 코팅막의 균질성을 육안을 통해서 실시하는 외관검사보다 더 객관적인 정보를 제공해 줄 수 있고 투과율의 공간적 분포 분석을 통해 투과율의 전체 평균과 광학적인 균질성에 관한 측정 결과도 알려준다. 이 분석 방법은 안경렌즈의 외관을 그대로 유지한 상태에서 비접촉적인 방법으로 렌즈의 광학적 균질성을 측정하는 것으로써 시중에 판매되는 렌즈나 코팅막의 특성을 분석하여 광학적 품질을 향상시키는데 적용될 수 있

는 장치 그리고 방법이라고 할 수 있겠다.

## 감사의 글

본 연구는 2014년도 수성대학교 교내 학술연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

## REFERENCES

- [1] Corzine JC, Greer RB, Bruess RD, Lee GK, Scaief AL. Effects of coatings on the fracture resistance of ophthalmic lenses. *Optom. Vis. Sci.* 1996;73(1):8-15.
- [2] Moon BY, Hwang KJ, Lee YJ, Yu DS. Changes of the plastic lens properties caused by etching of the coating films. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2010;15(1):55-60.
- [3] Kim SR, Kim JY, Kim KY, Park MJ. The effect of physical and chemical stimuli on ophthalmic lens coating. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2011;16(3):237-245.
- [4] Kang SS, Lee SH, Jang YS, Park SC. The electrical and optical characteristics of ATO films prepared by RF magnetron sputtering methods. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2010;15(4):299-305.
- [5] Noh HR. Changes of thin film coating on polymer lenses with varying temperature. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(1):1-8.
- [6] Sung PJ. *Introduction to Optometry Optometric goods*, 3rd Ed. Seoul: Daihak, 2008:14-15.
- [7] Korean Industrial Standard, KS P 4404:2009.
- [8] Korean Industrial Standard, KS P ISO 8980-1:2009.
- [9] Crabtree GW, Liu JZ, Umezawa A, Kwon WK, Sowers CH, Malik SK *et al.* Large anisotropic critical magnetization currents in single-crystal  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ . *Phys. Rev. B* 1987;36:4021-4024.
- [10] Larbalestier D, Gurevich A, Feldmann DM, Polyanskii A. High- $T_c$  superconducting materials for electric power applications, *Nature.* 2001;414:368-377.
- [11] Gross R and Koelle D. Low temperature scanning electron microscopy of superconducting thin films and Josephson junctions, *Rep. Prog. Phys.* 1994;57:651-741.
- [12] Wang LB, Price MB, Young JL, Kwon C, Haugen TJ, Barnes PN. Observation of nonuniform current transport in epitaxial  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  film near the superconducting transition temperature, *Physica C.* 2004;405:240-244.
- [13] Sugimoto A, Yamaguchi T, Iguchi I. Evaluation of supercurrent distribution in high- $T_c$  superconductor by scanning SQUID microscopy, *Physica C.* 2001;357-360:1473-1477.
- [14] Oral A, Bending SJ, Henini M. Real-time scanning Hall probe microscopy, *Appl. Phys. Lett.* 1996;69:1324-1326.
- [15] Park SK, Cho BR, Park HY, Ri H-C. Analysis of the local current in GdBCO coated conductors using low-temperature scanning laser and Hall probe microscopy, *Cryogenics*, 2012;52:744-748.

## A Study on the Method for the Local Transmittance Measurements of the Ocular Lens

Sang-Kook Park<sup>1</sup>, Hyeong-Cheol Ri<sup>1</sup>, Do-Jin Youk<sup>2</sup>, Duk-Yong Sung<sup>2</sup>, and Sung-Soo Kang<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physics, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Ophthalmic Optics, Suseong College, Daegu 706-711, Korea

(Received October 29, 2014: Revised December 1, 2014: Accepted December 11, 2014)

**Purpose:** We have analyzed the transmittance distribution of the ocular lens using local transmittance microscope to investigate the optical homogeneity of the lens. **Methods:** The transmittance of the laser which is focused on the surface of the ocular lens was measured by using the photo-detector and lock-in amplifier and analyzed. Multi-coated, uncoated, and progressive lenses were analyzed. **Results:** In the measurement of the progressive lens and a physical stimulated lens, local transmittance microscopy analysis showed a high degree of match with the measurement results through the optical microscope. In addition, the average value of the transmittance is reduced and the standard deviation was increased in the presence of optical defects. In unstimulated lens, there are a large impact on transmittance whether the anti-reflective coating is presence or absence in both the local transmittance microscopy and general transmittance analysis. **Conclusions:** The distribution of the transmittance measured by local transmission microscopy were changed when the various stimulus is applied to the lenses. These analyzes by local transmission microscopy can be utilized as a way to evaluate or determine the uniformity of the coating film or lens.

**Key words:** Transmittance, Local properties, Ocular lens, Coating film, Microscope