

한국안광학회 – 이달의 학술논문 소개

- * 본 논문은 한국안광학회지 제23권 3호(2018년 6월 30일 발행) 게재 논문으로 저자는 학회의 동의하에 요약 발췌본을 제출하였습니다.
- * 논문의 판권은 한국안광학회에 있습니다.

열스트레스에 의한 착색렌즈 코팅막의 표면 및 구성 성분비 변화

이성실(서울과학기술대학교 안경광학과) · 송재명(서울과학기술대학교 안경광학과)
김소라(서울과학기술대학교 안경광학과) · 박미정(서울과학기술대학교 안경광학과)

◆목적 : 본 연구에서는 하드코팅막, 멀티코팅막, 미러코팅막이 각각 입혀진 아릴-디글리콜-카보네이트(allyl diglycol carbonate, ADC 렌즈, CR-39) 재질의 착색렌즈가 열 스트레스에 노출되었을 때 유발되는 표면 변화 및 구성 성분비 변화를 알아보고자 하였다.

◆방법 : 착색렌즈를 4시간 동안 25, 50, 75, 100 °C의 고온에 노출시킨 후 디지털 일안 반사식 카메라와 편광현미경으로 관찰하여 투명렌즈에서의 변화와 비교하였다. 또한, laser-induced breakdown spectroscopy를 이용하여 착색렌즈 코팅막의 성분 함량비 변화를 분석하였다.

◆결과 : 착색렌즈의 하드코팅은 100°C의 열 스트레스에서도 표면변화가 관찰되지 않았다. 착색렌즈의 멀티코팅과 미러코팅은 75 °C의 온도에서부터 표면변화가 관찰되었으며, 투명렌즈보다 더 낮은 온도에서 표면 손상이 유발되었고 더 넓은 면적의 손상이 나타났다. 착색렌즈 코팅막의 성분 함량비가 열 스트레스에 의해 변화되었으며 멀티코팅의 경우 가장 변화폭이 컸다.

◆결론 : 착색렌즈 코팅막은 1회의 열 노출에도 변형되었으며, 투명렌즈보다 열 스트레스에 더 민감하게 변형됨을 밝혔다. 본 연구를 통해 착색렌즈는 투명렌즈와 다른 코팅막 안정화 방법이 강구되어야 하며, 일상 생활에서의 반복적인 열 스트레스에 대한 보관 및 관리의 필요성이 있음을 제안한다.

- 서론 -

여름철 온도가 가장 높은 오후 2시에 직사광선에 노출된 자동차 실내 온도와 실외 온도 측정 시 실외온도가 약 33 ℃ 일 때 실내온도(dashboard에서 측정)는 100℃까지 상승한다. 선글라스의 경우는 자동차 실내에 보관되는 경우가 많기 때문에 이러한 열 스트레스에 대해 변형될 가능성에 대해 관심을 가져야 할 필요성이 있다.

본 연구에서는 CR-39 재질에 하드코팅막, 멀티코팅막, 미러코팅막이 각각 입혀진 착색렌즈가 열 스트레스에 노출되었을 때 착색렌즈의 표면 변화와 코팅막 성분 구성비의 변화가 있는지 알아보고 착색렌즈의 열에 대한 안정성을 확인하고, 염색제에 의한 코팅막의 안정성이 영향을 받는 지를 알아보고자 하였다.

- 대상 및 방법 -

선글라스용 착색렌즈로 사용되고 있는 플라스틱 렌즈 중 CR-39 재질을 연구 대상으로 하였으며 열 스트레스에 의해 착색렌즈 코팅막과 투명렌즈 코팅막의 변화에 차이가 있는 지를 비교하였다. 연구에 사용한 착색렌즈와 투명렌즈는 하드코팅, 멀티코팅 또는 미러코팅이 되어 있는 렌즈였으며, 열 스트레스에 대한 저항성을 평가하기 위해 각 렌즈를 고온건조기를 사용하여 25, 50, 75, 100℃의 온도에서 4시간 동안 1회 열처리하였다. 코팅막의 성분 변화는 레이저 유도 분광분석법을 이용하여 측정하였다. 표면은 편광 현미경으로 40배 확대하여 의료용 카메라 및 디지털 일안 반사식 카메라로 촬영하여 관찰하였다.

표 1. 코팅막 표면의 변화

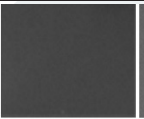
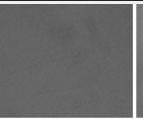
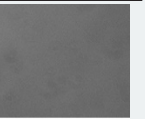
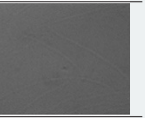
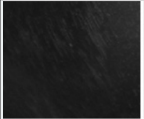
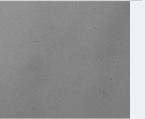
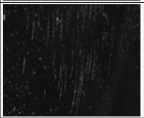
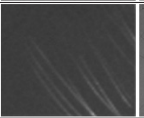
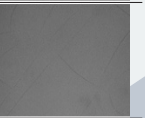
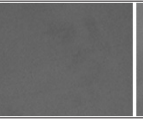
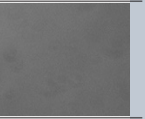
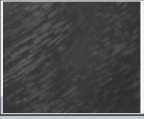
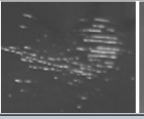
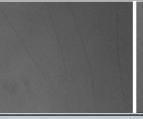
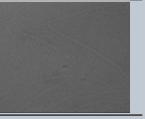
코팅	온도(℃)	디지털 일안 반사식 카메라 관찰		편광현미경 관찰(40배 확대)	
		착색렌즈	투명렌즈	착색렌즈	투명렌즈
하드	75				
	100				
멀티	75				
	100				
미러	75				
	100				

표 2 코팅막을 구성하는 구성성분의 상대함량비 변화

코팅	원소	상대함량비	
		25℃	100℃
하드	탄소	1.00	1.00
	안티모니	0.37±0.14	0.30±0.06
	실리콘	4.44±0.26	3.85±0.45
	나트륨	75.07±3.87	61.3±2.60
	칼륨	0.36±0.07	0.22±0.01
멀티	탄소	1.00	1.00
	실리콘	34.00±2.83	15.00±0.00
	망간	154.00±15.56	73.00±7.07
	지르코늄	131.00±15.56	61.00±1.41
	나트륨	282.50±28.99	176.50±16.26
	산소	73.00±4.24	38.50±0.71
미러	탄소	1.00	1.00
	실리콘	15.60±1.27	13.55±0.78
	티타늄	80.62±9.69	68.70±4.10
	지르코늄	7.00±0.14	5.35±0.35
	크롬	5.85±1.06	4.85±0.49
	나트륨	98.90±0.00	91.20±4.53

– 결과 및 고찰 –

1. 표면 변화

하드코팅된 착색렌즈와 투명렌즈에서는 100℃의 열 스트레스에서도 손상되지 않음을 확인할 수 있었다. 멀티코팅 또는 미러코팅된 착색렌즈는 25℃와 50℃에서는 표면 손상이 없었으나 75℃와 100℃에서는 손상이 쉽게 관찰되었다. 투명렌즈는 멀티코팅 및 미러코팅 모두 25, 50, 75℃에서는 손

상되지 않았고, 100℃에서는 손상이 나타났다. 착색렌즈는 투명렌즈보다 더 낮은 온도에서 손상이 시작되었을 뿐만 아니라 손상 정도가 훨씬 컸고 손상 면적도 더 넓었다. 또한, 멀티코팅의 크랙이 더 많이 관찰되어 멀티코팅이 미러코팅, 하드코팅보다 손상이 더 큼을 확인할 수 있었다(표 1).

본 연구에서는 착색렌즈가 투명렌즈보다 코팅막의 손상이 더 심하다는 것을 밝혔다는 점에서 기존의 연구와 다른 의미를 가지고 있다. 착색 플라스틱렌즈의 경우는 염색제를 고온

으로 가열하고 렌즈를 구성하는 고분자 화합물의 분자 간격이 넓어지게 하고 그 간격 사이로 염색제 분자가 침투하게 한 뒤 온도를 낮춰서 렌즈 분자간의 간격을 좁게 하여 침투된 염색제 분자가 렌즈의 고분자 화합물 사이에 갇히게 하는 염색 착색법을 일반적으로 사용한다. 염색제는 표면에 가장 고농도로 존재하고, 내부로 들어갈수록 농도가 낮아지며, 이러한 염색제의 존재 및 분포 차이에 의해 렌즈 표면의 코팅막의 안정성이 투명렌즈와 달라지게 된다.

2. 성분변화

일반적으로 안경렌즈의 하드코팅은 실리콘계나 불소계 수지용액에 침지시키는 코팅을 사용하는 데 본 연구에서 사용한 하드코팅에 대한 성분 분석 결과 실리콘계 수지용액을 사용한 것으로 나타났다. 멀티코팅(반사방지막 코팅)은 가시광선의 투과율 향상과 고스트상의 발생 방지를 위해 불화마그네슘, 불화세륨, 산화알루미늄, 산화지르코늄 등을 진공증착시켜 막을 형성하며 본 연구에서 사용한 멀티코팅에서도 지르코늄이 상당량 함유되어 있었다. 미러코팅은 저굴절률 유전체 박막(산화실리콘)과 고굴절률 유전체 박막(산화티타늄, 산화지르코늄)을 교대로 증착시켜 만들며 본 연구에서도 미러코팅막에서 실리콘, 티타늄, 지르코늄이 모두 검출되었다.

코팅막을 구성하고 있는 원소별 상대 농도를 분석하였을 때 열 스트레스에 의해 하드코팅은 15~63%, 멀티코팅은 60~121%, 미러코팅은 9~33%의 감소가 나타나 열 스트레스에 의한 코팅막의 변형이 구성성분 수준에서도 발생하였음을 확인하였다. 또한, 멀티코팅이 성분 함량비의 변화 폭이 가장 컸으며, 미러코팅이 가장 적어 코팅막 종류에 따라 열 스트레스에 대한 저항성이 다를 수 있었다(표 2).

- 결 론 -

본 연구에서는 1회의 열 스트레스만으로도 착색렌즈 코팅막에 변화가 초래됨을 밝혔다. 투명렌즈에 비해 더 낮은 온도에서 손상이 나타났으며 더 넓은 면적에서 손상이 나타나 착색제의 침지여부에 따라 코팅막의 안정성에 차이가 있음을 알 수 있었다.

열 스트레스가 가해졌을 때 착색렌즈의 표면 변화는 코팅에 따라서도 차이가 있어 멀티코팅의 손상이 가장 크게 관찰되었으며 하드코팅은 100℃에서도 손상되지 않았다. 착색렌즈의 코팅막 성분변화 평가를 한 결과 원소별 상대 함량비가 열 스트레스에 의해 변화되었으며 멀티코팅의 변화가 가장 컸고, 표면관찰에서는 손상이 관찰되지 않았던 하드코팅에서도 성분 함량비의 변화가 나타났다.

열 스트레스에 의해 착색렌즈 표면에 발생한 크랙은 빛을 산란시켜 광학적인 면에서의 변화를 초래할 수 있으며, 코팅막 성분 함량의 변화는 코팅막의 기능 변화를 초래할 수 있을 것으로 보인다. 여름철 자동차 안과 같은 고온의 조건에 방지될 가능성이 높은 착색렌즈가 투명렌즈에 비해 열 스트레스에 상대적으로 더 취약하므로 투명렌즈와는 다른 코팅막 안정화 방법이 강구되어야 할 필요가 있다고 보여진다. 또한, 열 스트레스에 1번의 노출만으로도 착색렌즈에 변화가 유발되므로 실제로 일상 생활에서 유발될 수 있는 반복적인 열 스트레스에 의해서는 더 큰 변화가 발생할 수 있으므로 선글라스 보관에 대한 주의가 필요하다. ☞

논문 원문보기: [한국안광학회 홈페이지](http://www.koos.or.kr)

<http://www.koos.or.kr> 또는 <https://koos.jams.or.kr>