

자외선 및 근청색 가시광 차단 기능의 안경렌즈의 제조

김기출*

*목원대학교 신소재화학공학과

e-mail:kckim30@mokwon.ac.kr

Manufacturing of Ophthalmic Lens with Ultraviolet and Near-Blue Visible Light Blocking Function

Ki-Chul Kim*

*Dept. of Advanced Chemical Engineering, Mokwon University

요약

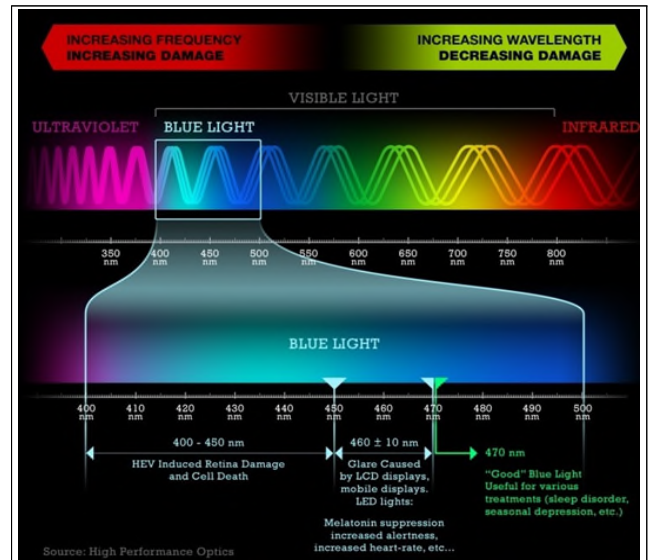
코로나바이러스감염증(COVID-19)의 확산으로 비대면(언택트) 문화가 확산되면서 재택근무 및 온라인 수업이 보편화되고, 실내에서 생활하는 시간이 증가함으로써 TV와 스마트폰, 노트북 또는 PC 모니터에 눈이 노출되는 시간이 증가하게 되었다. 따라서 햇빛 및 전자기기 중에서 방출되는 눈 건강에 해로운 자외선 및 근청색 가시광을 차단하는 기능의 안경렌즈의 개발이 시대적으로 요청되고 있다. 본 논문에서는 높은 굴절률($n=1.67$)을 갖는 폴리머 안경렌즈의 제조에 있어서 반사방지 코팅 및 UV 흡수제 첨가에 따른 자외선 및 근청색 가시광 차단기능에 미치는 영향에 대하여 연구하였다.

1. 서론

태양에서 지구로 입사하는 햇빛 중 높은 에너지의 UVC는 대기층에서 대부분 흡수되지만 파장 315 nm - 400 nm 영역의 UVA의 95%가 지표면에 도달하며, 파장 280 - 315 nm 영역의 UVB도 평균 약 3% 정도가 지표면에 도달한다[1]. 이러한 자외선은 피부에서 비타민 D를 생성시켜 건강에 유익하지만, 지나친 노출은 피부노화 및 피부암의 원인이며, 눈 건강의 관점에서 자외선은 백내장 및 결막 퇴행을 유발한다. 또한 [그림1]에 나타난 것처럼 파장 400 nm - 450 nm 영역의 근청색 가시광은 망막손상을 유도[2,3]하며, 파장 450 nm - 470 nm 영역의 청색광은 눈부심의 원인이 된다. 반면에 파장 470 nm - 500 nm의 청색광은 수면장애에 치료에 사용된다[3].

산업화가 진행되면서 인류는 초원을 떠나 도시생활을 하게 되면서 근시화가 진행되어 시력이 약해졌으며, 코로나바이러스감염증(COVID-19)의 유행으로 인하여 '비대면'문화가 확산되면서 재택근무, 온라인 수업 등이 일상화되었고, 이와 더불어 실내에서 생활하는 시간이 더욱 증가하면서 형광등, LED조명, TV, 스마트폰, 컴퓨터 모니터 등에서 발생하는 고에너지 청색광에 노출되는 시간이 더욱 증가하여, 눈 건강을 위해서는 이러한 근청색 가시광을 차단하는 기능의 안경렌즈의 개발이 시대적으로 요청되고 있다.

따라서 본 연구에서는 $n = 1.67$ 의 높은 굴절률을 갖는 폴리머 안경렌즈를 제조하였고, 반사방지 코팅 및 UV 흡수제 첨가량을 조절하여 자외선 및 근청색 가시광 차단 기능에 미치는 효과를 조사하였다.



[그림 1] 자외선 및 고에너지 가시광이 눈건강에 미치는 영향[3]

2. 고굴절 폴리머 안경렌즈의 제조

굴절률 1.67을 갖는 폴리머 안경렌즈를 원재료인 플라스틱 모노머의 질량 100을 기준으로 벤트리아졸로 이루어진 UV 흡수제를 0.0wt% - 1.2wt%까지 다양하게 첨가하여 제조하였다. 제조된 안경렌즈를 세척한 후, 표면경도 강화를 위하여 실리카 성분이 녹아있는 용액에 dipping하여 hard coating을 실시한 후, 효과적으로 자외선 및 근청색광을 차단하기 위하여 선행연구를 바탕으로 전자빔 증착 시스템을 이용하여 폴리머 안경렌즈 양면에 다층 반사방지 코팅을 실시하였다[4,5].

3. 실험결과 및 고찰

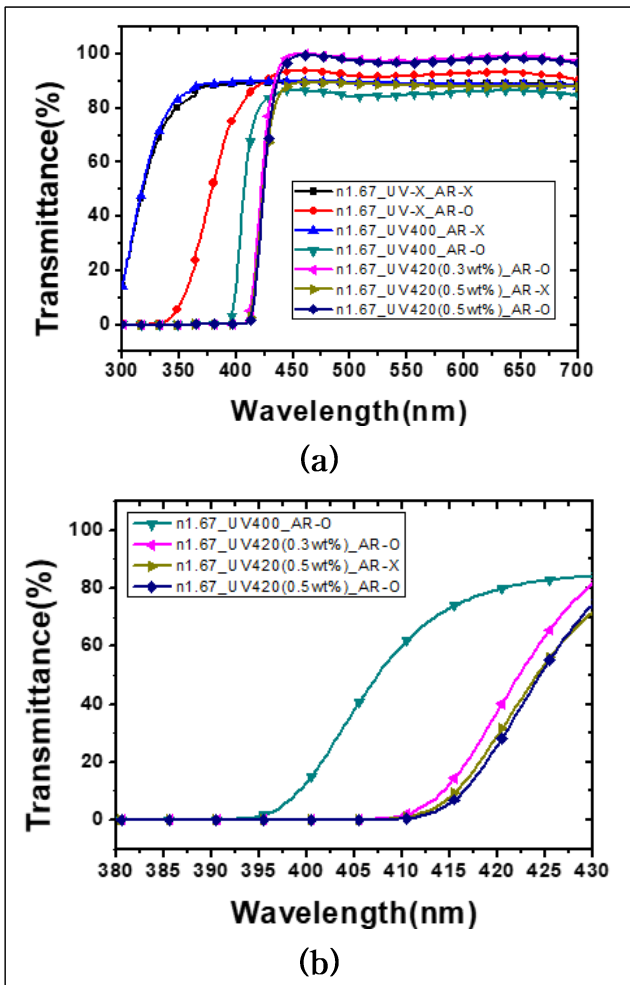
자외선이 피부 및 눈 건강에 해로운 것은 잘 알려진 일이지만 근적색 가시광이 망막 세포의 손상을 유도하는 실험적 사실이 최근에 밝혀지면서 고에너지 가시광 차단 기능의 안경렌즈 개발에 관심이 집중되고 있다[2]. 본 논문에서는 열중합 인젝션 몰드 방법으로 제조된 폴리머 안경렌즈의 광학적 특성을 UV-visible spectrophotometer로 300 nm - 1100 nm 파장 영역에 대하여 분석하였으며, 폴리머 안경렌즈의 제조에 있어서 UV 흡수제 및 반사방지 코팅에 따른 자외선과 근적색 가시광의 차단효과를 조사하였고, 그 결과를 [그림 2]에 나타내었다.

내었다. 하지만 UV 400 흡수제를 포함하지 않고 제조된 안경렌즈에 AR 코팅을 실시하였을 경우, 330 nm 이하 파장의 자외선을 99% 이상 차단하였고, 400 nm 파장에서는 약 75%의 투과율을 나타내어 AR 코팅만으로도 UVA의 차단이 상당히 효과적임을 알 수 있다.

[그림 2] (b)에서 확인할 수 있는 것처럼 UV 400 흡수제를 1.2wt% 포함하여 제조된 안경렌즈는 395 nm 이하 파장의 자외선은 99% 이상 차단하였고, 400 nm 파장에서 20% 이하의 투과율을 나타내었다. 또한 망막손상을 유발하는 것으로 알려진 411 nm 파장에서는 70% 이하의 투과율을 나타내어 자외선 차단에는 효과적이지만 근적색 가시광 차단에는 약간 미흡함을 알 수 있다. 하지만 UV 420 흡수제를 0.3wt% 또는 0.5wt%를 첨가하여 제작된 안경렌즈는 파장 411 nm 이하의 빛을 99% 이상 차단하는 것을 확인할 수 있다. 특히 UV 420 흡수제를 0.5wt% 포함하여 제작된 안경렌즈는 400 nm - 415 nm 파장 영역에서도 평균 투과율이 0.93% 이하였으며, 자외선 및 근적색 가시광 차단에 매우 효과적임을 확인할 수 있다.

참고문헌

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>
- [2] Lilla Knels, Monika Valtink, Cora Roehlecke, Amelie Lupp, Jamelec de Vega, Mirko Mehner, Richard H. W. Funk, "Blue light stress in retinal neuronal (R28) cells is dependent on wavelength range and irradiance", European Journal of Neuroscience, Vol. 34, pp. 548-558, 2011.
- [3] <https://www.6sqft.com/interview-lihgting-sciences-fred-maxik-on-using-interior-light-to-improve-sleep-and-health/>
- [4] 김기출, "폴리머 안경렌즈의 반사방지 코팅효과 연구", 한국산학기술학회논문지, 제18권 1호, pp. 216-221, 1월, 2017년.
- [5] 김기출, "반사방지 코팅기술 기반 자외선 차단 기능의 고굴절률 안경렌즈", 한국산학기술학회논문지, 제 17권 12호, pp. 482-487, 12월, 2016년.



[그림 2] 자외선 및 근적색 가시광 차단 기능을 갖는 굴절률 1.67의 폴리머 안경렌즈의 투과율 측정결과

[그림 2] (a)에서 볼 수 있는 것처럼 UV 흡수제를 포함하지 않고 제조된 안경렌즈는 300 nm 파장에서 17%의 투과율을 나타내었고, 360 nm 파장 이상에서는 약 90%의 투과율을 나타내어 눈 건강에 매우 해로운 상태임을 확인할 수 있다. 또한 UV 400 흡수제를 1.2wt% 포함하여 제조된 안경렌즈도 반사방지(AR) 코팅을 실시하지 않았을 때에는 UV 흡수제를 포함하지 않은 안경렌즈의 투과율과 거의 유사한 경향을 나타