
UV 차단렌즈의 제작에서 광 투과율 Edge 및 Half Point의 Dippy 시간의존성

김 용 근
동강대학 안경광학과

UV 차단 렌즈 UV solution을 이용한 dip method로 제작하여 광 투과율과 광 반사율을 측정하였다. 광 투과율의 half point 파장 및 edge 파장이 dip 시간의 의존성인 exponential decay형식에 잘 적용되었다.

$$W = W_0 + A_1 \exp[-(x-x_1)/t_1]$$

광 투과율의 half point 파장은 358 nm에서 408 nm로 이동하였고, edge 파장은 340 nm에서 398 nm로 이동하였다. 광 반사율 주 peak 380 nm는 dip 시간이 클수록 세기는 작아지고 장파장 쪽으로 이동하였으며, dip 시간 10분에서 UV solution의 성분 peak가 나타나기 시작하였다.

Dippy Time Dependence of Transmittance Edge and Half Point in the UV cut lens' manufacture

Yong-Geun Kim
Department of Ophthalmic Optics, Dongkang College

It was measured the transmittance and the reflectance by the dip method using the UV cut lens' UV solution. The half point and the edge wavelength of the transmittance were very well applied to the equation of a dip time dependence.

$$W = W_0 + A_1 \exp[-(x-x_1) t_1]$$

The half point wavelength of the transmittance shifted from 358 nm to 408 nm and the edge wavelength moved from 340 nm to 398 nm. The more dip time had long the less intensity of main reflectance peak-380 nm was small and shifted to long wavelength regions. And the component peak of UV solution began to show in dip time-10 min.

I 서 론

전자가 들뜬 상태에서 낮은 에너지로 전이할 때 원자는 자외선을 방출한다. 만일 이온이 즉시 자유전자와 재결합하면 전자는 연속적으로 들뜬 때와 같이 급속히 바닥상태

로 전이하며 광자를 방출한다. 그러나 때로는 이 과정이 한번에 일어나서 단일전이로 5.1 eV의 에너지를 갖는 UV 광자를 방출한다. 보다 많은 에너지를 갖는 UV는 내부에 강하게 결합되어 있는 전자가 들뜬 상태가 될 때 방출되거나 같은 원자가 분자나 고체 상태로 결합되었을 때, 가전자는 화학결합에 의해 서로를 공유하는 쌍을 이루게 된다. 따라서 전자는 보다 강하게 결합되고, 그들의 분자 들뜬

*본 연구는 동강대학 2001년도 학술연구비 지원에 의해 이루어졌음

상태 에너지는 UV보다 크게 된다. O₂, N₂, CO₂ 그리고 H₂O 같은 대기중의 분자들은 이와 같이 UV에서 전자공명을 한다.^[1] 이런 UV 광선은 가시광선 대략 8×10¹⁴ Hz에서 3.4×10¹¹ Hz 이웃하는 영역까지임을 리터(J. W. Ritter)가 발견하였고, 이 영역에서 photon energy는 3.2eV부터 100 eV이다. 태양으로부터 오는 자외선(UV)은 대기 상층부의 원자들을 이온화시킬 수 있는 충분한 에너지를 가지고 있기 때문에 photon energy는 대기 상층부에 전리층을 형성하고 또한 화학반응에 필요한 에너지와 비슷한 크기로 화학반응을 일으키는데 중요한 역할을 한다. 치명적인 태양자외선은 대기중의 오존(O₃)이 자외선을 흡수하여 막아준다. 290 nm보다 짧은 파장의 자외선 영역에서는 UV가 미생물들을 죽이는 살균력이 있으며 파장이 짧아질수록 입자성이 강해진다. 인간이 눈으로 UV를 볼 수 없는 이유는 눈의 각막이 UV를 흡수하기 때문이며, 특히 UV-A(320~400 nm)는 눈에 수정체 색소의 광화학적 변화를 일으켜 황색 및 일광백내장을 유발시키고, 황반부 변성증, 일광 망막염증, 각막 이영양 등을 유발시킨다. 그러므로 의류용 안경은 필수적으로 이런 유해파를 차단하는 것이 필요하다.

본 연구는 이런 취지에서 UV-차단 렌즈의 제작시 UV 차단 효과를 극대화하기 위한 연구로써, UV차단이 시작되는 투과율 edge 및 half point 파장이 UV 차단체에 의한 제작시 dip 시간에 따라 어떻게 이동하는가를 규명하였다.

II 실험

UV 차단렌즈 제작시 dip 시간에 따라 UV 차단효과인 투과율 edge 파장 이동을 밝히기 위해 UV 차단렌즈 제작은 Dip method를 이용하였다. UV solution은 미국 Z80.3 UV 규정에 의해 만든 BPI crystal clear를 사용하였다. 이때 300~500 nm 영역에서 solution의 광 투과율을 그림 1에 보였다. 투과율이 500~460 nm 영역에서 높았으며, 460~420 nm 영역에서 급격하게 감소하고 광 투과율 edge 파장영역에서 428 nm의 band gap을 이루었다.

UV 차단용 solution과 증류수의 비율은 1:3으로 희석시켜 UV-A 차단 출발액으로 사용하였다. 이때 300~700 nm 영역에서 이 희석 용액의 광 투과율 곡선을 그림 2에 보였다. UV 차단 출발물질의 광 투과율은 가시광 영역에 걸쳐 linear 하게 장파장 쪽에서 커짐을 볼 수 있다. 출발액은 500 ml로 만든 후 80 °C 항온조에서 CR-39 평면 렌즈를 Dip method 방법으로 1, 5, 10, 20, 30분 간격으로 꺼내 증류수로 세척 후 건조시켰다. 이렇게 하여 제작된 UV-A 차단렌즈의 광학적 특성^[2,3,4]을 측정하기 위해 spectrophotometer(U-3501, Hitachi)를 이용하여 광 투과율, 광 반사율을 측정하였다. 이때 광 투과율(T%)는 다음 식에서 얻어진다. 입사광의 세기 I₀, 투과광의 세기 I 인 경우

$$I = I_0 \exp(-ad) \dots\dots\dots (1)$$

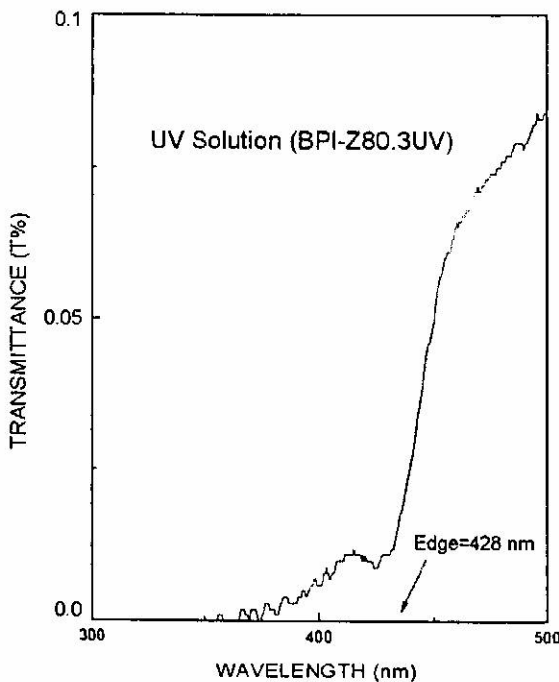


그림 1. UV Solution(BPI)의 광 투과율 곡선

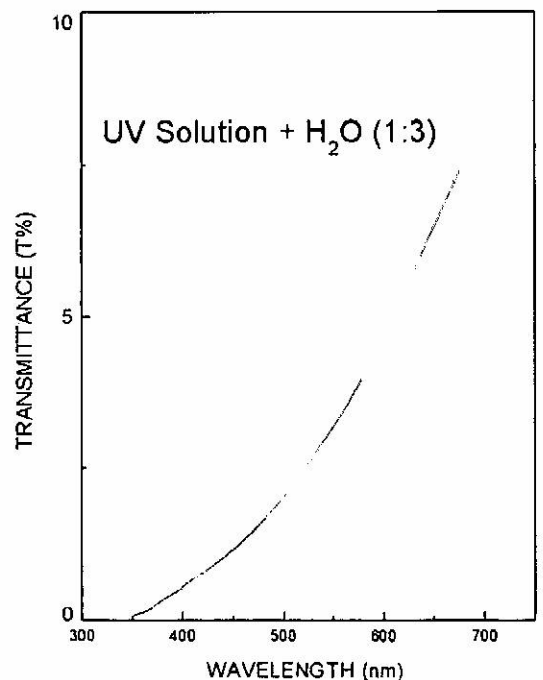


그림 2. UV 차단용 solution : 증류수 = 1 : 3 비율에서 광 투과 곡선.

여기서 a 는 CR-39의 광흡수 계수이며 d 는 sample의 두께이다. 이때 투과율 $T\%$ 는

$$T = \frac{I}{I_0} \times 100 = 100 \times \exp(-ad) \dots\dots\dots (2)$$

이며, 반사율 $R\%$ 는

$$R = 100 - A\% - T\% \dots\dots\dots (3)$$

이다. 여기서 A 는 흡수율이다.

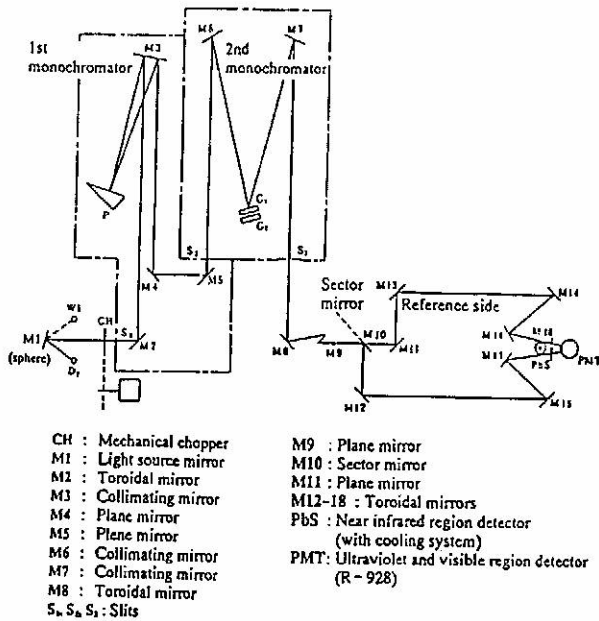


그림 3. Optics of model U-3501 spectrophotometer

그림 5에서 dip 시간에 따른 이동 양을 정량화 시키기 위해 먼저 half point의 파장에 해당하는 파장 이동 양은 그림 6과 같다. Half point 파장의 dip 시간이 1, 5, 10, 20, 30 min에 대한 시간 의존성은 시간이 커짐에 따라 이동 파장은 408 nm에 접근하게 되며, 포화 상태에 도달됨을 볼 수 있다. 실험치에 fitting 시킨 이론-성장곡선의 이론

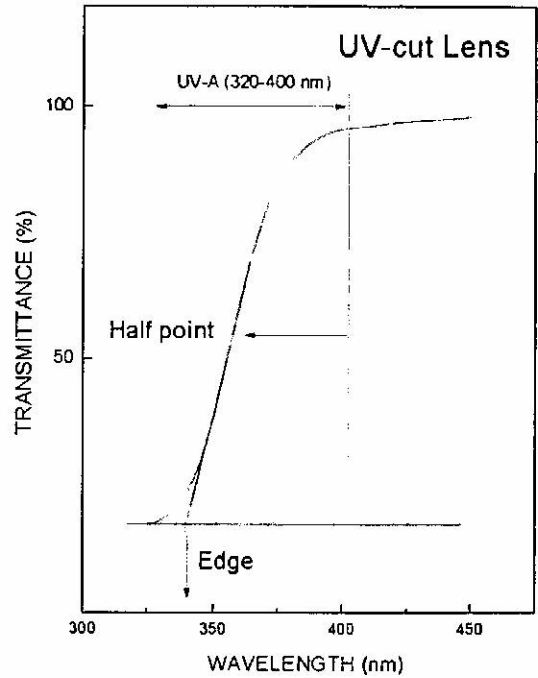


그림 4. 투과율 곡선에서 Half point 및 edge 파장.

III 결과 및 고찰

Dip method로 제작한 UV-A 차단 렌즈이 광학적 특성의 dip 시간 의존성을 밝히기 위해 그림 4에서와 같이 최대-최소 광 투과율의 1/2 지점의 Half point에 대응하는 파장과 광 투과율이 시작되는 edge 파장을 구했다.

그림 5는 dip method로 제작한 UV-A 차단렌즈의 dip 시간에 따른 광 투과율 곡선이다. UV 처리는 전혀 없는 CR-39 생지의 광 투과율은 0 min으로 나타냈다. Dip 시간이 길수록 투과율 곡선은 장파장 쪽으로, 즉 UV-A 양이 작아지는 쪽으로 이동함을 볼 수 있다. Dip 시간에 따른 투과 곡선의 이동 양이 등 간격으로 이동되지 않고 dip 시간이 클수록 이동 양은 점점 작아짐을 볼 수 있다. 이것은 UV 차단 출발물질이 CR-39로 침투하는 양이 포화상태에 도달점에 가까워지기 때문이다.

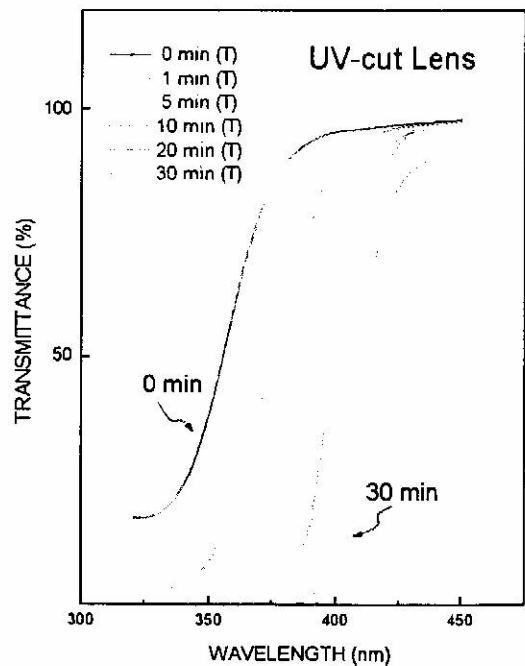


그림 5. Dip 시간에 따른 UV-A 차단렌즈의 광 투과율 곡선.

적 곡선은 exponential decay형이고, 다음과 같이 표현된다.

$$W = W_0 + A_1 \exp[-(x-x_1)/t_1] \dots\dots\dots (1)$$

여기서 W_0 는 이동된 포화상태 파장이며 A_1 , t_1 는 상수이다. 이때 구한 parameter 값은 $W_0=408.3$ nm, $A_1=-46.3$, $t_1=5.6$ 의 값을 얻었다.

그림 7은 광 투과율 edge 파장에 대한 dip 시간의존성을 보여주고 있다. UV 처리되지 않는 CR-39에 대한 edge 파장이 340 nm이고, 그림 1에서 UV 차단 solution에서 edge 파장은 428 nm이다. 그러므로 UV 차단에 의한 투과율 edge 파장의 이동은 340~428 nm 영역에서 이루어진다. Dip 시간 1-30분에 대한 edge 파장은 시간이 클수록 이동 양은 작아지고 398.5 nm에서 포화됨을 볼 수 있다. Dip 시간이 커지면 UV 차단 solution의 edge 파장 428 nm에 접근하지 않는 이유는 CR-39 내 공간을 solution이 완전히 채우지 못했기 때문이며 일정 두께의 CR-39가 유지하기 때문이다. 이 실험치를 fitting한 결과식(1)에 잘 적용됨을 볼 수 있고, 이때 구한 parameter 값은 $W_0=398.8$ nm, $A_1=-56.5$, $t_1=7.7$ 으로 얻었다. 이 값이 그림 6의 half point 파장에서 얻은 A_1 , t_1 값과 다른 이유는 투과율 edge에서 시작된 투과율 곡선의 증가 비율이 다르기 때문이며, 이들 UV 차단 렌즈들의 광 투과율의 간격은 높은 투과율 쪽의 간격보다 낮은 투과율에서 간격이 더 커지는 원인이다.

320-450 nm 영역에서 상대적 광 반사율의 dip 시간의존성의 결과 그래프가 그림 8에 보였다. CR-39의 광 반사율의 주 peak인 387 nm는 UV 차단 렌즈 제작시 dip 시간이 커질수록 장파장 쪽으로 이동하고 상대적인 반사율도 낮

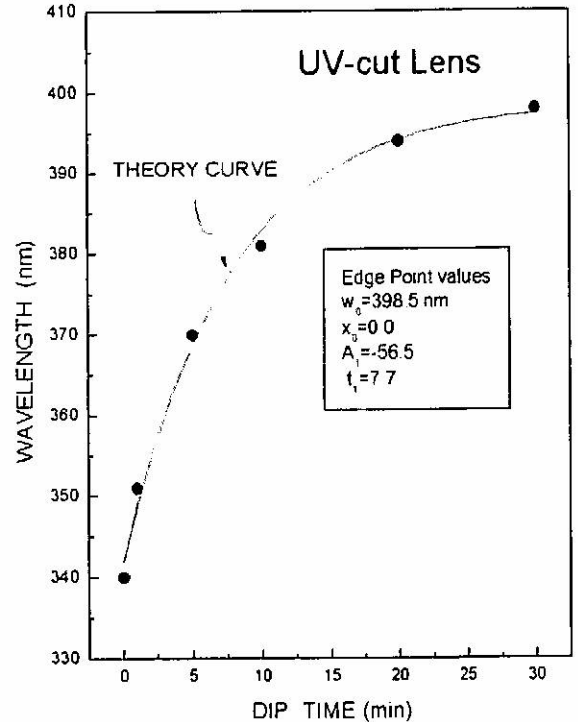


그림 7. UV 차단렌즈의 광 투과율과 edge 파장의 dip 시간의존성.

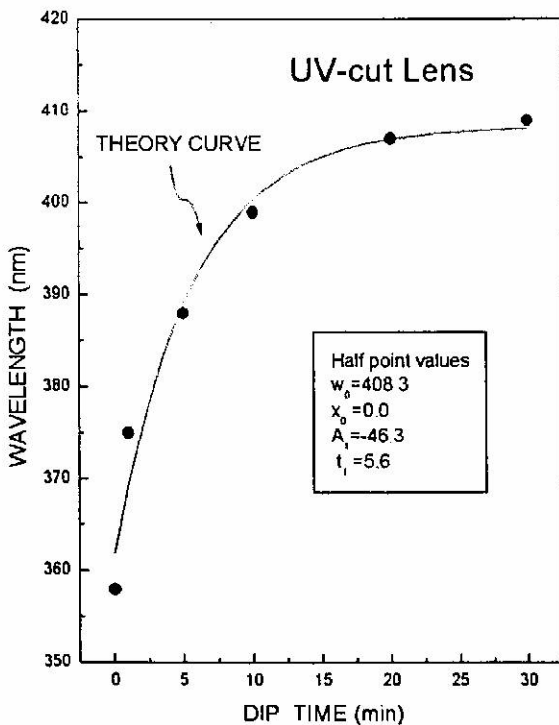


그림 6. Half point

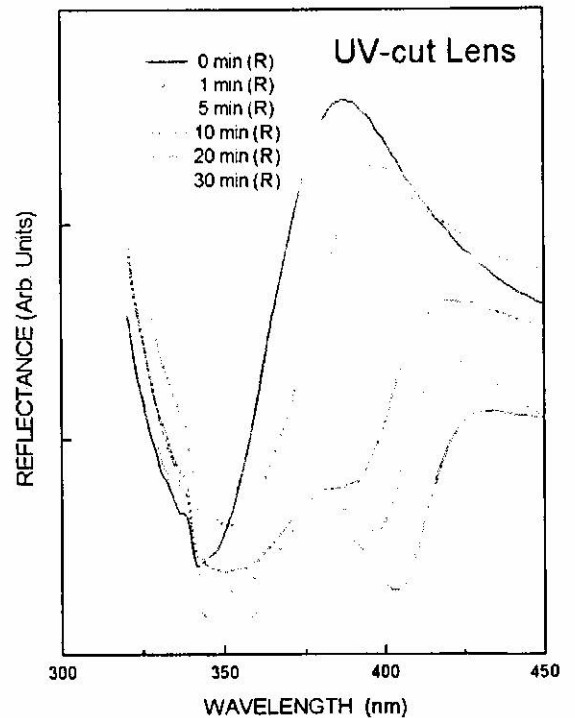


그림 8. UV 차단렌즈의 광 반사율.

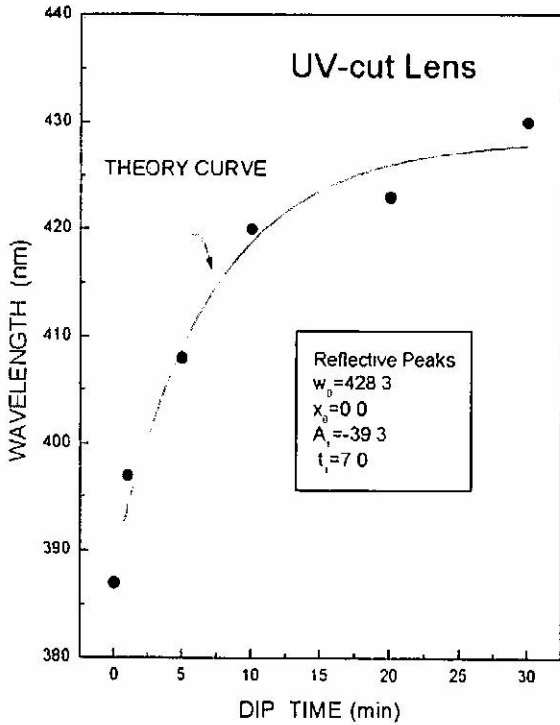


그림 9. UV 차단렌즈의 반사 peak의 dip 시간의존성.

아짐을 볼 수 있다. Dip 시간 10분 정도에서 UV solution의 특성인 380 nm의 peak가 나타나기 시작하며 dip 시간이 커질수록 커짐을 알 수 있고, 이 peak 파장 위치는 dip 시간에 독립되어 380 nm에 고정됨을 볼 수 있다. 반사율 주 peak인 387 nm의 장파장 쪽으로 이동하는 경향을 보면 그림 9와 같이 dip 시간이 커질수록 이동 파장 양은 줄어들고 428.3 nm의 포화상태에 도달함을 볼 수 있다. 이 실험치는 식(1)에 적용한 결과 parameter는 각각 $W = 428.3$ nm, $A = 39.3$, $t = 7.0$ 값을 얻었다.

IV 결론

UV 차단렌즈 제작시 광 투과율 half point 및 edge 파장의 dip 시간의존성을 밝히기 위해 UV 차단렌즈를 dip method로 제작하여 광 투과율과 반사율을 측정하였다. UV 차단 출발 solution의 광반사 edge는 428 nm였다. 광 투과율 측정결과 half point 및 edge 파장의 dip 시간 의존성은 dip 시간이 클수록 장파장 쪽으로 이동 값이 커지며 식

$$W = W_0 + A \exp[-(x-x_1)/t_1]$$

에 잘 적용되었고, 이때 구한 parameter 값은 각각 $W_0 = 408$ nm, $A_1 = -46.3$, $t_1 = 5.6$ 및 $W_0 = 398.5$ nm, $A_1 = -56.5$, $t_1 = 7.7$ 값을 얻었다.

UV 차단 렌즈의 반사율 측정결과 CR-39렌즈의 주 peak의 세기는 줄어들고 장파장 쪽으로 이동하였고, 주 peak의 dip 시간의존성에서 구한 parameter는 $W_0 = 428$ nm, $A_1 = -39.3$, $t_1 = 7.0$ 값을 얻었다. UV 차단 solution에 의한 새로운 380 nm peak가 나타났다.

참고문헌

- [1] E. Hecht, Optics. Addison Wesley, 1989, p 73
- [2] 김용근, 렌즈 염색제와 color lens 광흡수 특성, 한국안광학회지, 4, 65(1999)
- [3] 김용근, 박상안, 광흡수 spectrum 제어 설계에 의한 color lens 제작, 대한 시과학회지, 1, 1(1999)
- [4] 김용근, CR-39 렌즈의 착색시간에 따른 굴절률(n) 변화, 한국안광학회지, 5, 151(2000)