

굴절률 1.60 광변색성 자외선 차단기능을 갖는 편광안경렌즈 연구

한두희
청운대학교 중소기업기술융합연구소

A study on the polarized spectacle lens with photochromic UV blocking function of refractive index 1.60

Doo-Hee Han
Industrial Technology Convergence Research Institute, Chungwoon University

요약 자외선 완전차단 및 청색광을 일부 차단하고 광변색성을 가지는 편광안경렌즈를 개발하였다. 심야 운전이나 반사광에 의한 눈부심을 획기적으로 줄이고 자외선이 강한 공간에서는 선글라스 역할을 하며 평상시는 안경렌즈로 사용할 수 있는 기능성 안경렌즈이다. 광변색성은 명반응에서는 0.5초 암반응에서는 3초 정도의 회복시간이 걸렸다. 편광기능은 95% 정도를 얻었다. 자외선은 완전히 차단되었고 청색광은 30%정도의 저감 효과를 얻었다. 광변색성 및 자외선차단기능과 편광기능을 하나로 결합한 렌즈는 국내 시장을 조사한 결과 최초의 시도이다.

주제어 : 안경렌즈, 선글라스, 편광, 자외선, 청색광

Abstract A polarizing spectacle lens having a perfect blocking of ultraviolet light and a partial blocking of blue light and having photochromic properties has been developed. It is a functional spectacle lens which can be used as a spectacle lens in the daytime, which plays a role of sunglass in a space with strong ultraviolet rays, dramatically reducing glare caused by late-night driving or reflected light. Photochromism was recovered in 0.5 second dark reaction and 3 seconds recovery time. The polarization function was about 95%. Ultraviolet rays were completely blocked and blue light was reduced by about 30%. A lens that combines photochromic and UV blocking and polarization functions is the first attempt at investigating the domestic market.

Key Words : Spectacle lens, Sun glass, Polarization, Ultra violet, Blue light

1. 서론

여름이 되면 선글라스를 많이 착용한다. 선글라스는 빛의 양을 감소시켜 눈부심을 줄여주지만 자외선의 동공이 확장되어 자외선에 취약해진다. 따라서 선글라스에서 자외선의 차단은 중요한 인자중의 하나이다. 한편 돛수 안경을 끼는 사용자가 선글라스를 사용하려면 일반 돛수안경렌즈를 착색하여 사용한다. 이때 자외선 차단은

코팅에 의존해야 하며 이는 흠집에 의해 쉽게 망가질 수 있다. 광변색성 렌즈는 자외선을 받으면 흑색이나 갈색으로 변하여 선글라스의 기능을 할 수 있는데, 돛수렌즈의 경우 두께에 따라 농도가 다른 문제가 있다. 따라서 돛수렌즈에서도 광변색성 렌즈의 두께를 일정하게 하면서 자외선 차단기능을 갖는 렌즈 재료를 연속하여 배치하면 코팅에 의존하지 않고 자외선 차단 및 빛의 양 조절을 할 수 있다. 편광필름의 격자방향을 수직으로 배치하

*This study was carried out by research funds of Chungwoon University in 2017.

*Corresponding Author : Doo-Hee Han(hanknu@hanmail.net)

Received December 20, 2017

Accepted February 20, 2018

Revised January 03, 2018

Published February 28, 2018

면 수평 편광된 반사광을 효과적으로 차단할 수 있다. 이 경우 야간운전이나 도로의 반사광선을 효과적으로 방지할 수 있다. 광변색성 안경렌즈재료와 자외선차단 안경렌즈재료는 혼합 사용할 수 없다. 왜냐하면 광변색성 재료는 자외선이 필요한데 비해 자외선 차단용 재료는 자외선을 차단해야하기 때문이다. 따라서 특별한 방법이 필요하다.

2. 렌즈의 제작 방법

2.1 광변색성

광변색성이란 평소엔 색깔을 띄고 있지 않던 물질이 자외선을 받으면 진한 회색이나 갈색으로 변하는 것을 말한다. 이런 현상은 광변색성 물질에 의하여 일어나며 이것을 이용하여 변색렌즈, 변색타일 등에 응용할 수 있다[1]. 광변색성 렌즈는 자외선과 보라색에 반응하며 주로 자외선의 영향을 많이 받는다. 따라서 자외선의 영향이 없는 실내에서는 투명하거나 무색을 띠다가 햇빛을 받으면 자외선의 영향으로 진한 갈색이나 회색으로 변한다. 이것은 어두운 곳이나 환한 곳에서 똑같이 어두운 일반적인 선글라스와는 차별이 있다. 일반적으로 단량체는 안경렌즈의 굴절률을 결정한다. 굴절률 1.5 부근에는 CR39라는 물질을 사용하였으며 굴절률 1.6 부근에는 우레탄 계열의 단량체를 사용한다. 이런 기본적인 렌즈용 단량체에 광변색성 물질은 소량만 혼합하여 사용이 된다. 광변색성 화합물에는 스피록사진 등 다양한 화합물이 사용된다[2]. 일반적으로 플라스틱 렌즈는 표면이 강하지 못하여 흠집이 나기 쉽다. 이를 보완하기 위하여 많은 시도가 있지만 일반적으로 실리카성분이 녹아있는 용액에 렌즈를 담갔다 꺼내는 방법을 사용하여 플라스틱 렌즈의 표면에 실리카 성분을 코팅한다. 이런 방법을 하드코팅이라 한다. 여기에 SiO_2 와 ZrO_2 를 교대로 진공증착하여 반사방지 기능을 첨가하기도 한다. 한편 ZrO_2 와 굴절률이 같은 전도성물질인 ITO를 사용하면 전자파 방지 기능을 부여할 수 있다. 광변색성 화합물을 상대적으로 많이 사용하면 광변색성은 좋아지지만 표면 경도가 약해진다[3-10]. 이런 문제 때문에 렌즈재료인 기본 단량체와 광변색성 화합물의 비율을 조정하는 일은 중요한 일이다. 또한 광변색성 렌즈의 두께를 어떻게 적용하는 것은 중요하다. 일반적으로 도수안경을 사용하는 경우 선글라스를 만들 때 일반렌즈를 착색하여 사용한다. 이 경우 중앙

부근과 테두리 부근의 두께가 달라 색의 농도가 다른 단점이 있었다. 광변색성 층도 같은 이유로 일정한 두께를 유지하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 일정한 광변색성 층에 일정한 두께의 편광판을 위치시키고 다음에 자외선 및 청색광을 차단하는 층을 만들어 문제를 해결하였다. 이것은 국내 시장조사를 통하여 조사한 결과에 의하면 최초의 시도이다. 왜냐하면 접착이 쉽지 않기 때문인데 순수한 단량체들과 편광필름으로 중합 온도와 시간을 조절하여 성공적으로 부착에 성공하였다. Fig. 1은 중합개시제의 예를 보여준다.

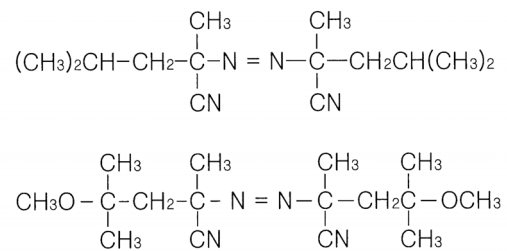


Fig. 1. Example of polymerization initiator

2.2 편광

편광(Polarization)은 빛이 한 방향으로만 진동하는 것을 말한다. 일반적으로 햇빛은 모든 방향으로 같은 크기로 진동하기 때문에 원형편광이라 한다. 햇빛이 편광판을 통과하면 한쪽 방향으로 진동하게 되는데 이것이 편광이다. 산란된 빛이나 표면 반사된 빛은 특정한 방향으로 편광되어 있다. 대부분 수평으로 편광되어 있어 편광판을 수직으로 위치시키면 편광판을 통과하지 못한다. 이런 이유에서 편광 선글라스가 등장하게 되었다. 편광 선글라스는 아스팔트 반사광이나 야간 운전시 여러 종류의 반사광을 획기적으로 줄일 수 있다. 편광필름을 렌즈에 결합시키는 방법은 접착제를 사용하는 경우가 있으나 투과도를 많이 떨어뜨리는 단점이 있다. 개량된 방법이 편광필름을 가열하여 부착시키는 방법이다. 투과도에는 문제가 없지만 편광필름이 쉽게 파손되는 문제점이 있다. 단량체 내에 편광필름을 위치시키는 방법이 있는데 그 중 가스킷 금형을 이용하여 금형 내부에 편광필름을 위치시키고 단량체가 금형내에 주입되어 편광필름 내외부에 플라스틱이 성형되어 렌즈를 만드는 방법이 있다. 수작업은 많은 숙련도가 필요하기 때문에 이를 보완하여 공압장치를 이용하여 상하부 지그를 조정하는 기술이 사용되기도 한다. 하지만 근본적으로 지그를 사용하게 되

면 편광필름의 앞쪽 두께를 1mm 정도로 줄이는 것은 불가능하기 때문에 렌즈의 두께가 필요이상으로 두꺼워지는 단점을 가지고 있다. 따라서 가스킷 금형을 사용하지 않는 새로운 방법이 필요하다. 본 논문에서는 가스킷 금형 대신 테이프를 사용하여 편광필름 앞 부분을 1mm 이하로 할 수 있는 방법을 사용하였다[11-13]. 즉 상부 및 하부 지그, 상부 및 하부 지지대가 불필요하고, 편광필름의 노치홈이 불필요하며, 예비 및 본 중합으로 간단하게 편광렌즈를 제조할 수 있는 방법을 사용하였다. 편광필름은 균일하게 렌즈와 결합될 수 있으며 렌즈의 바깥으로 돌출되지 않아 코팅이 균일하게 이루어질 수 있다.

실제로 안경렌즈 재료에 편광성을 부여하기 어렵기 때문에 편광필름을 적용하였다. 열을 가하여 편광필름의 곡률을 렌즈의 외부 곡률과 일치시켰으며, 1mm 정도의 광변색성 층 후면에 위치시켰다. 편광필름 안쪽은 자외선차단 기능을 가지는 단량체를 위치시키며 중합과정을 통하여 밀착성을 유지하도록 하였다.

2.3 자외선 차단 기능

자외선은 400nm에서 100nm의 파장을 가지며 가시 광선의 파장보다는 짧지만 X-선보다 긴 전자기파이다. 자외선 LED 또는 자외선 레이저 장치의 가스 방전관은 자외선을 방출하는 유일한 메커니즘이다. 일반적으로 인체가 자외선에 노출되면 발적, 화상, 주름, 주근깨, 피부 각화 세포 현상과 같은 단기간 또는 장기간의 피부 손상을 유발할 수 있다. 특히 자외선 A에 노출되면 면역 체계를 약화시키고 피부암을 일으키는 것으로 알려져 있다. Table 1은 자외선의 종류와 성질을 나타내 준다.

Table 1. Ultra violet rays

Name	Wavelength	Energy/ photon
UVA	400 - 315 nm	3.10 - 3.94 eV
UVB	315 - 280 nm	3.94 - 4.43 eV
UVC	280 - 100 nm	4.43 - 12.4 eV

고농도의 PEG-10 디메티콘을 사용하는 시클로 펜타 실록산은 5 내지 10의 분산제를 사용하고, 자외선 차단 조성물을 포함하는 이산화티탄 분말은 분산제로서 고 분산은 10 내지 20nm의 평균 입자 직경이고, 분산 된 물질은 30 내지 70 중량 %의 분산매 및 잔류량을 포함한다. 그리고 분산 된 물질은 비드 밀을 사용하여 800~1,200RPM의 속도로 분산된다. 자외선 차단기능은 화장

품 등에서도 많이 요구되어 연구되어지고 있으며 다양한 재료가 사용되고 있다. 그러나 안경렌즈에 사용하려면 광학적으로 투명성을 유지하여야 하며 빛을 많이 투과하여야 하는 특성을 가져야 한다. 이런 요구조건에 맞는 3 가지 형태의 자외선차단모노마를 개발하였다. Table 2는 개발된 모노마의 혼합 형태를 나타내준다.

Table 2. UV blocking monomers

Type	Materials	Portion (%)
A	1,6-diisocyanatohexane	54
	2,5-diisocyanatomethylbic	46
B	2,3-Bis(2-mercaptoethylthio)propane-1-thiol	84
	[1,4]Dithian-2-yl-methanethiol	10
	2-9[1,4]Dithian-2-yl(methylsulfanyl)-ethanethiol	6
C	Pentaerythritoltetrakis	80
	3-Mercapto-propionic acid 3-hydroxy	16
	2,2-bis-propylester	
	3-Mercapto-propionic acid 3-hydroxy-2-hydroxymethyl-2-propyl ester	4

3. 렌즈의 성능검사

3.1 광변색성

광변색성 단량체를 사용하여 견본렌즈를 제작하였다. 안경렌즈의 기본크기를 적용하였고, 적색과 녹색의 레이저포인트선 반응을 보이지 않았지만 405nm 레이저포인트를 주사하였을 때 즉각적으로 광변색성을 확인할 수 있었다. Fig. 2는 견본 광변색성 렌즈, Fig. 3은 견본 광변색성렌즈에 405nm 레이저포인트를 조사했을 때의 현상을 촬영한 것이다[14].

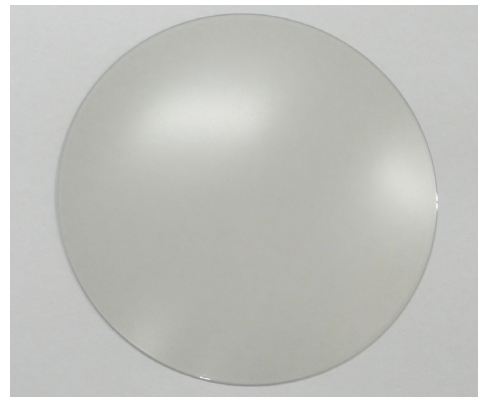


Fig. 2. Sample photochromic lens

자외선을 사용하여 견본 광변색성 렌즈의 명암반응을 측정하였다. Fig. 4와 Fig. 5는 단광체의 배합비를 달리 한 두 종류의 견본 광변색성 렌즈들의 명암반응곡선들을 보여준다. 명반응 곡선은 우수하지만 암반응 곡선은 안전을 위하여 보다 개선되어야 할 것이 예상되었다. 하지만 선글라스의 투과율이 10%정도임을 감안하면 상당히 안전하다고 할 수 있다.

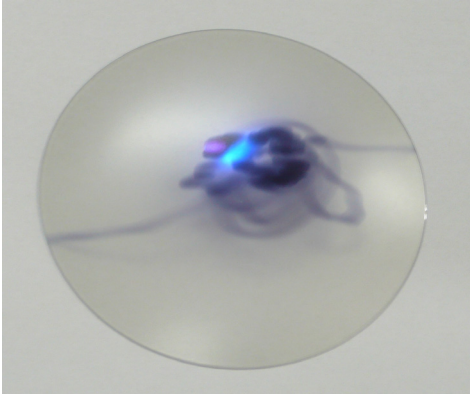


Fig. 3. Interaction of a sample photochromic lens with a 405 nm laser point

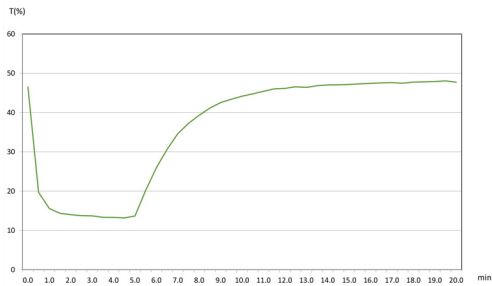


Fig. 4. Light and dark response curve of a 1st sample photochromic lens

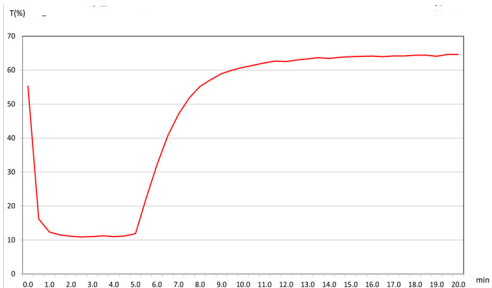


Fig. 5. Light and dark response curve of a 2nd sample photochromic lens

3.2 편광 특성

가시광선선형편광적층필름(Visible Linear Polarizing Laminated Film)을 사용하였으며, 이 필름은 다양한 현미경 사용, 디스플레이, 그리고 이미징 용도에 적합하다. 편광판 한 장의 비편광 투과율은 38%이다. 편광판 두 장을 수직으로 겹치면 투과율은 0.04%로 감소한다. 내구성과 견고성을 높이기 위해 필름을 셀룰로오스 트리 아세테이트로 코팅하였으며 색상은 중성 회색이다.

0.02mm PVA 편광필름은 온도와 습도에 의해 쉽게 필름의 곡률이 변하므로 렌즈의 제작할 때 필름왜곡 및 품질수준에 영향을 준다. Fig. 6은 편광 필름의 투과율을 나타내 준다.

태양광은 모든 방향으로 진동하는 횡파이나 반사광은 대부분 수평으로만 진동한다. 편광판을 수직으로 맞추면 반사광은 통과하지 못한다. Fig. 7은 이런 원리를 그림으로 표현하였다.

3.3 자외선 차단

통과하는 자외선의 양을 줄이기 위해 유리와 플라스틱을 코팅 할 수 있다. 이러한 코팅의 일반적인 용도로는 안경 및 자동차 창문이 있다. UV 필터는 대부분의 사진 센서와 필름이 최소한 약간 민감한 보이지 않는 자외선을 차단하는 데 사용된다. 우리는 분광 광도계로 UV410nm 차단 렌즈를 시험했으며 410nm 이하의 범위에서 완벽한 보호 결과를 얻었다. 405nm 레이저 포인터를 활용하여 측정한 결과 완전차단됨을 확인하였다 [15,16]. Fig. 8, 9는 눈 유리 렌즈에 의한 UV 보호 결과를 보여 준다.

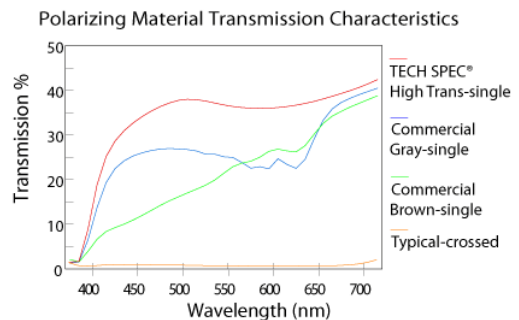


Fig. 6. Transmission characteristics of polarizing film

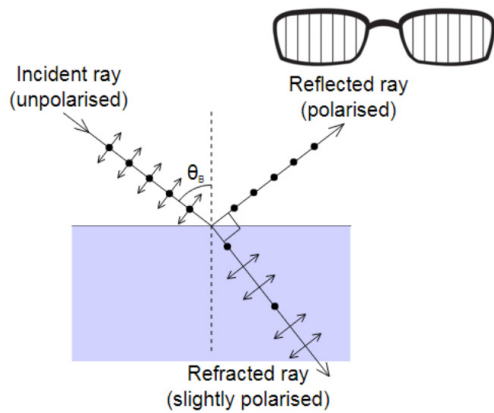


Fig. 7. Polarization characteristics of reflected light of sunlight and polarized glasses

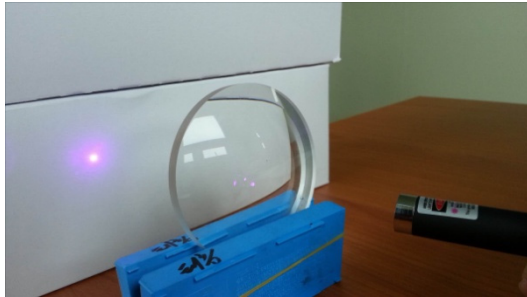


Fig. 8. Purple transmission property of CR39 lens



Fig. 9. UV blocking lens, purple beam cut off

자외선 가시광선 분광광도계를 사용하여 개발된 건본 렌즈의 투과도를 측정하였다. Fig. 10은 개발된 건본렌즈와 종래 CR39 렌즈의 투과율을 나타내 준다. Fig. 11은 일반 렌즈와 개발된 렌즈의 투과율 차를 나타내준다. 보라색부분이 특히 많이 차단되며 전체적으로 청색광 30%를 차단한다. Fig. 12는 광변색성 및 자외선 차단기능을 갖는 편광렌즈의 투과율 측정 사진이다.

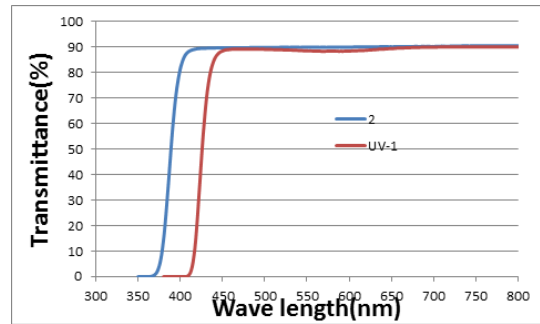


Fig. 10. Comparison spectrum of sample lens and general lens

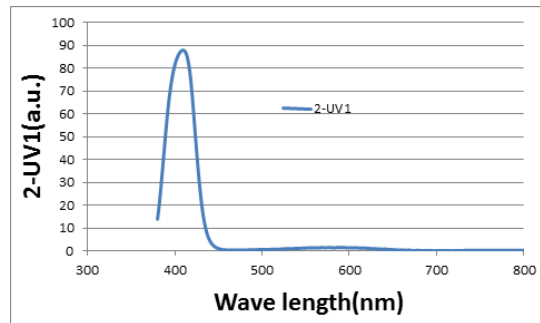


Fig. 11. Difference spectrum between sample lens and general lens

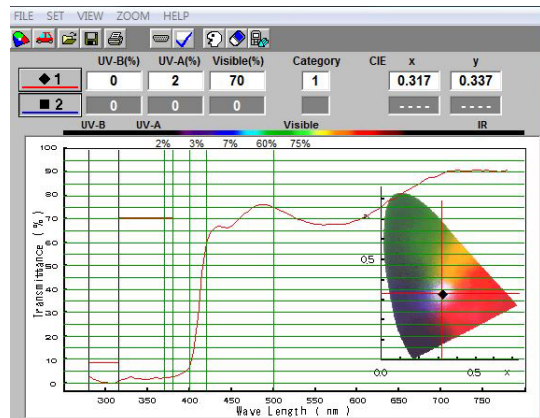


Fig. 12. Spectrum of polarizing film with photochromic and ultraviolet blocking function

4. 결론

광변색성 안경렌즈는 선글라스를 대체할 수 있다. 자외선 차단기능을 추가시키면 어두운 데서는 밝게 환한

데서는 어떻게 사용될 수 있어 활용성이 넓다. 또한 편광 기능은 반사광 등의 눈부심현상을 근본적으로 저감시킬 수 있다. 광변색성과 자외선차단은 자외선에 대하여 반대로 작용하기 때문에 하나의 단량체로는 근본적으로 불가능하다. 한편 광변색성 렌즈, 편광렌즈, 자외선 차단렌즈 등 단편적인 렌즈는 생산이 되고 있지만 이런 기능을 복합적으로 적용한 사례는 국내 시장의 국산 및 외국산 렌즈를 조사한 결과 없었다. 따라서 본 논문에서는 편광 필름을 경계로 광변색성과 자외선차단의 서로 다른 기능을 갖는 단량체를 적용하여 중합반응으로 일체형렌즈를 개발하였으며 이것은 국내 시장을 조사한 바로는 최초이다. 굴절률 1.60의 410nm 이하의 자외선을 완전히 차단할 수 있으며 청색광 30% 차단효과를 포함한다.

REFERENCES

- [1] K. H. Kim, D. H. Han. (1995). Color changing tiles. *Korean Patent* (No. 20-0403582). Daejeon : Kipris.
- [2] S. M. Lee. (2006). Method for manufacturing photochromic plastic lens. *Korean Patent* (No. 10-0688409). Daejeon : Kipris.
- [3] G. H. Kim. (2008). Photochromic composition and high refractive index optical lens manufactured therefrom, optical product. *Korean Patent* (No. 10-0838529). Daejeon : Kipris.
- [4] M. S. Lee. (2006). Method for manufacturing photochromic plastic lens. *Korean patent* (No. 10-0568409). Daejeon : Kipris.
- [5] I. Shinobu, T. Kazuhiro. (2014). Chromene Compound. *Google Patents* (WO2012176918). USA : Google Patents.
- [6] R. A. Evans. (2004). Photochromic compositions and light transmissible articles. *Google Patents* (WO 2004041961). USA : Google Patents.
- [7] R. A. Evans. (2009). Photochromic polymer and composition comprising photochromic polymer. *Google Patents* (WO 20091465091). USA : Google Patents.
- [8] R. A. Evans, N. Malic, I. J. Dagley. (2012). Photochromic polymers. *Google Patents* (WO 2012162725). USA : Google Patents.
- [9] M. He, A. Kumar, D. R. Dabideen. (2013). Indeno-fused ring compounds. *Google Patents* (WO 201303260). USA : Google Patents.
- [10] United Nations Office at Nairobi. (2016). The photochromic material in which the fading speed is very fast and which is novel. *Korean Patent* (No. 1020160134949). Daejeon : Kipris.
- [11] S. I. Kim. (2010). Polarized lens manufacturing method. *Korean Patent* (No. 100964579). Daejeon : Kipris.
- [12] D. H. Han. (2017). Contrast Response Characteristics of the Refractive Index 1.60 Light and Shade Lens. *Proceedings of Spring Conference KAIS 2017*. Mogpo : Korea Academia-Industrial cooperation Society
- [13] D. H. Han. (2015). Eyeglass Lenses Which Protect UV and Blue Light. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(90).
- [14] D. H. Han. (2017). Development of functional spectacle lens with photo-discoloration and ultraviolet blocking function. *Proceeding of ICCT 2017*. Hokkaido : Korea Convergence Society
- [15] D. H. Han. (2017). UV Protection Lens of Refraction Ratio 1.60. *Proceedings of Spring Conference KAIS 2017*. Mogpo : Korea Academia-Industrial cooperation Society
- [16] D. H. Han. (2017). Spectroscopic characteristics of UV Protection and Photochromic Lens in Refraction Ratio 1.60. *Proceedings of Autumn Conference KAIS 2017*. Jeju : Korea Academia-Industrial cooperation Society

한 두 희(Han, Doo Hee)

[정회원]



- 1981년 2월 : 경북대학교 물리교육과(이학사)
- 1987년 2월 : 경북대학교 물리학과(이학석사)
- 1994년 2월 : 경북대학교 물리학과(이학박사)

- 1996년 3월 ~ 현재 : 청운대학교 물리학 교수
- 관심분야 : 물리응용, 환경 및 에너지, 융합기술
- E-Mail : hanknu@hanmail.net