

3D 입체감 향상을 위하여 Cross-Talk 을 최소화한 렌티큘러 렌즈 Lenticular Lens Array without Cross-Talk

*김태경¹, 김정호¹, 김혜정¹, 김민재¹, 황연¹, #정미숙²

*T. K. Kim¹, J. H. Kim¹, H. J. Kim¹, M. J. Kim¹, Y. Hwang¹, #M. S. Jung(msoptic@kpu.ac.kr)²

¹한국광기술원 초정밀광학연구센터, ²한국산업기술대학교 나노광공학과

Key words : Cross-Talk, Lenticular Lens, Ultra-Precision V-groove Cutting, UV-Curing

1. 서론

3D 입체영상기술을 실현하는 방법에는 여러 가지가 있으나 양안시차를 이용한 기술이 가장 실현성이 높게 평가되고 있으며 최근에 크게 주목 받고 있다. 양안시차를 이용하는 방식은 안경착용방식(Non-autostereoscopic)과 무안경방식(Autostereoscopic)으로 구분할 수 있는데 안경착용방식은 기존의 영상시스템을 보완하여 기술적으로 접근하기가 상대적으로 쉬우므로 최근 많은 기업들에서 상용화를 목표로 기술 개발에 매진하고 있다. 최근에는 아바타와 같은 할리우드의 대작영화가 3D 입체영상으로 촬영되고 있으며 앞으로도 더 많은 극장들이 이러한 안경착용방식의 3D 입체디스플레이 시설을 갖출 것으로 예상된다. 하지만 3D 입체영상을 보기 위해서 특별한 안경을 쓴다는 것은 귀찮고 번거로운 일이다. 또한 안경착용방식의 3D 입체영상 디스플레이는 사용자가 편광 안경 등의 특수 장비를 착용해야만 입체감을 느낄 수 있기 때문에 일상에서 간편하게 입체영상을 접하기는 어렵다. 따라서 안경을 착용하지 않고 입체영상을 실현하는 무안경방식의 3D 입체영상기술이 필요하며 그 연구가 계속되고 있다. 대표적인 무안경방식 3D 입체디스플레이에는 시차장벽(Parallax Barrier)방식과 렌티큘러 렌즈(Lenticular Lens)방식이 있다. 시차장벽 방식은 관측자가 수직으로 된 슬릿 배열을 통해서 서로 다른 화상을 보게 되어 입체감을 느낄 수 있고 비교적 쉽게 개발이 가능하지만 기본적으로 50% 이상의 빛을 차단하므로 영상이 어두워지는 단점이 있다. 이에 반해 렌티큘러 렌즈 방식은 이러한 단점을 개선하여 슬릿 배열대신 반원통형 렌즈들을 배열한 기술이며 렌즈를 통해 시점이 분리되어 향상된 입체감 구현이 가능한 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 3D 입체감 실현의 가장 큰 제약요소로 여겨지던 렌티큘러 렌즈의 누적공차를 최소화함으로써 광학적 상호간섭(Cross-Talk)을 최소화하고자 하였고 해상도의 저하가 없는 고품질 3D 입체영상을 실현하기 위한 하나의 방법으로 초정밀가공에 의한 렌티큘러 렌즈의 제작을 수행하였다.

2. 무안경 광학식 렌티큘러 렌즈의 원리

인간은 2 개의 눈을 가지고 있기 때문에 입체감이나 원근감 등의 거리감을 느낄 수 있다. 눈 사이의 평균적인 거리는 6.5cm 이고 이로 인해서 물체나 풍경을 응시할 때 좌우의 눈은 각각 다른 각도에서 동일한 영상을 보게 된다. 좌우에서 보는 각도가 다르기 때문에 인간의 뇌는 각각의 영상을 하나로 합쳐서 깊이감을 인식한다. 이러한 원리를 응용하여 복수의 화상을 결합하여 3D 입체감을 실현한 것이 렌티큘러 렌즈를 사용한 방식이다. 이것은 반원통형상의 렌즈 초점 면에 좌우 화상을 스트라이프(Stripe) 상태로 배치하며 관찰자는 편광안경 등을 착용하지 않고도

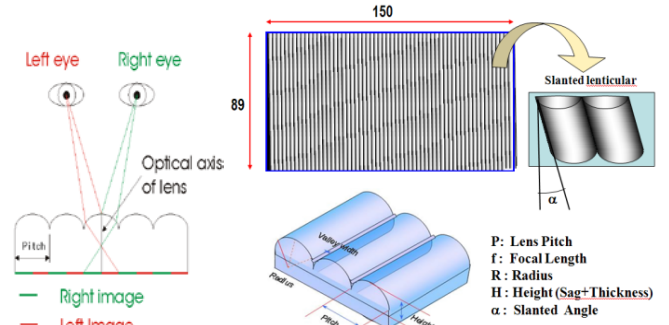


Fig. 1 Lenticular Lens Design

화상정보가 이 렌즈를 통해서 지향성(指向性)을 가지고 좌우로 분리되어지므로 3D 입체감을 느낄 수 있다. 렌티큘러 렌즈 방식에서는 렌즈 판과 디스플레이 화소 사이의 간섭무늬 즉, 무아레(Moire)가 생기지 않도록 렌티큘러 렌즈 형상의 중요한자인 피치, 두께, 곡률 등의 변수를 최적화해야 한다. (Fig.1 참조) 이 중에서 광학적 상호간섭(Cross-Talk)에 가장 큰 영향을 미치는 피치공차를 최소화해야 하고 발광 면의 크기를 화소의 크기에 비해서 작게 설계해야 한다. 그리고 렌즈와 디스플레이 화소의 위치를 정확하게 정렬해야 입체감을 더욱 확실하게 느낄 수 있다.

3. 초정밀가공에 의한 렌티큘러 렌즈의 제작

광학적 상호간섭(Cross-Talk)을 최소화한 렌티큘러 렌즈의 제작을 위해서는 먼저 초정밀절삭가공으로 연속적인 U자형 패턴을 가진 금형을 가공하고 UV 경화법을 통해서 렌즈의 피치공차가 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 이내가 될 수 있도록 렌티큘러 렌즈 판의 제작이 선행되어야 한다. 본 연구에서 렌티큘러 렌즈의 설계규격은 Table 1 에 나타내었다.

Table 1 Lenticular Lens Specification

Radius	0.608538mm
Thickness	0.005~0.01 mm
Sag	0.0242mm
Diameter(Pitch)	0.340036mm
Refractive Index(n)	n=1.47
Focal Length	1.294757mm
Effective Size	150 x 89 mm
Slanted Angle	26.5651°



(a) NANO GROOVER AMG62P

(b) VK-9500

Fig. 2 Ultra-Precision Cutting Machine & 3D Confocal Microscope

본 연구에서는 렌티큘러 렌즈의 패턴 금형을 제작하기 위해서 초정밀 V-groove 가공기(일본, NACHI-FUJIKOSHI 社, NANO GROOVER AMG62P)를 사용하였고 형상정도는 공초점 현미경(일본,키엔스社,VK-9500)을 사용하여 패턴 간격을 측정하였다.(Fig.2 참조) 또한, 가공에 쓰이는 Tool 은 Waviness 100nm 급의 Mono-Crystal 다이아몬드 바이트를 제작하여 사용하였다. 그 규격과 형상은 Table 2 와 Fig. 3 에 각각 나타내었다.

Table 2 Tool Inspection Report

	Specification	Measurement
Radius	0.608mm	0.606mm
Waviness	100nm	100nm
Included Angle	90.00°	89.90°
Clearance Angle	6°	6°
Clearance Shape	Cylindrical	
Diamond Material	MONO	

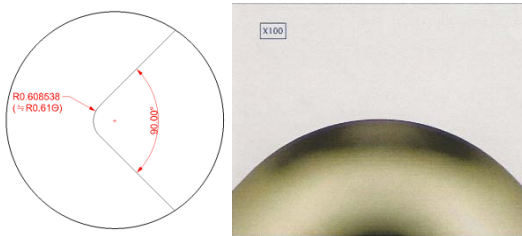


Fig. 3 Cylindrical Mono-Crystal Diamond Bite

일반적으로 렌티큘러 렌즈는 반도체 공정기술에 의해서 렌즈의 형상을 만들고 그 재질은 투과율이 좋은 폴리메틸 메타아크릴(PMMA)계열이 많이 사용된다. 그러나, 본 연구에서는 정밀한 형상의 렌티큘러 렌즈를 만들기 위해서 무전해니켈 도금층에 초정밀절삭가공으로 U 자형의 패턴을 생성하고 이를 UV 경화법에 적용하여 렌티큘러 렌즈를 제작하였다. Table 3 에 나타낸 바와 같이 재질은 PMMA 와 유사한 광학적 특성을 가지는 합성수지(Resin) 를 사용하였다.

Table 3 Optical Properties of Lenticular Lens

	UV-Curing Resin	PMMA
Refractive Index(n)	1.47	1.49
Weight	1.35~1.38	1.17~1.20
Transmittance(%)	90~92	93



Fig. 5 Lenticular Lens Array without Cross-Talk

초정밀가공기를 사용하여 만든 U 자형의 연속 패턴은 피치공차를 ±100nm 이내로 가지고 있으며 이를 바탕으로 UV 경화법으로 제작한 렌즈의 피치공차는 ±0.5µm 이내에 있음을 확인하였고 그 결과를 Fig.4, Table 4 에 각각 나타내었다.

Table 4 Lenticular Lens Inspection Report

Spec.(mm)	Measurement (mm)					
	1	2	3	4	5	6
Sag	0.0242	0.0248	0.0247	0.0241	0.0246	0.0245
Pitch	0.3400	0.3405	0.3405	0.3405	0.3405	0.3405

4. 결론

3D 입체감을 향상하려면 먼저 정밀한 형상을 한 렌티큘러 렌즈의 개발이 필수적으로 선행되어야 한다. 본 연구에서는 이를 위하여 제작공정에서 오차(Error)로 작용할 수 있는 몇 가지 변수를 가정하였고 이러한 변수의 오차를 최소화하도록 연구를 수행하였다. 즉, 렌즈의 두께, 렌즈의 곡률 그리고 렌즈의 피치 등을 제작 중에 발생할 수 있는 변수로 볼 수 있으며 이러한 변수의 오차에 의해 좌우되는 가장 중요한 성능인자를 광학적 상호간섭(Cross-Talk)으로 볼 수 있다. 따라서 이들 변수의 오차를 최소화하는 것이 3D 입체감을 향상 시키는 방법이며 초정밀절삭가공과 UV 경화법을 사용하여 광학적 상호간섭(Cross-Talk)에 가장 큰 영향을 주는 피치공차(Allowance)를 ±0.5µm 이내로 줄여서 이를 해결할 수 있음을 본 연구에서 확인하였다.

참고문헌

1. 호요성, 김성열, “ 3DTV 3 차원 입체영상 정보처리,” 두양사, 28-32, 2010.
2. 김은수, “3 차원 입체 디스플레이 기술의 국내외 연구개발 동향 및 향후 발전방향,” 한국정보디스플레이학회지, 제 5 권, 제 2 호, 3-5, 2004.
3. 김현영 외, “입체영상을 위한 렌티큘러 렌즈 어레이 설계,” Optical Society of Korea Summer Meeting ,118-119, 2003
4. S. A. Benton, ed., Selected Papers on Three-Dimensional Displays (SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, 2001).
5. Takehiro Izumi, “ 3次元映像基礎, NHK 放送技術研究所,” 130-176, 1998
6. 이봉렬, 이연호, 김상국, “렌티큘러 렌즈를 이용한 입체영상 시스템의 광학적 특성 분석,” 한국광학회, 한국광학회지 제 7 권 제 1 호, 9-16, 1996.

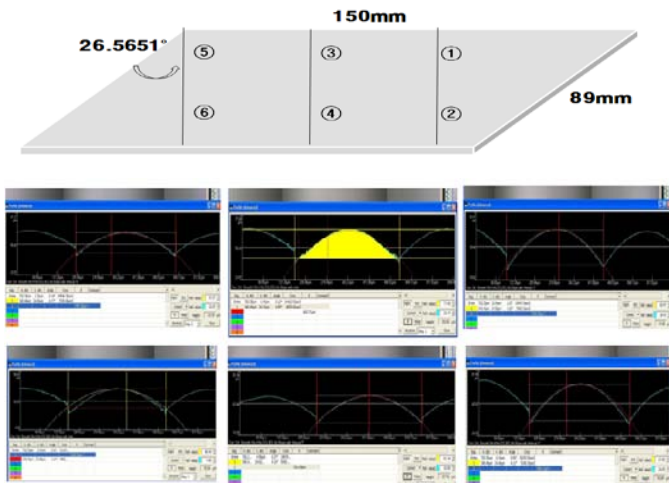


Fig. 4 Measurement of Lenticular Lens