차세대 홀로그래픽 응용을 위한 포토폴리머의 발전

김희연[1] · 박상현[1] · 정석주[2] · 최봉근[2] · 서동선[1] · 홍상진[1*]
명지대학교 전자공학과[1] · KT 중앙연구소[2]

Advances in Photopolymer for the Next Generation Holographic Applications

Hee-Youn Kim[1], Sang-Hyun Park[1], Suk-Ju Jung[2], Bong-keun Choi[2], Dong-Sun Seo[1] and Sang Jeen Hong[1*]
Department of Electronic Engineering, Myongji University[1] and Advanced Technology LAB of KT[2]
*E-mail: samhong@mju.ac.kr

Abstract : 본 논문에서는 홀로그래피용 감광물질로서, 앞으로 가장 발전가능성이 있다고 기대되는 photopolymer에 대해서 언급하고자 한다. 홀로그램은 물체에서 방출되는 빛의 파면에 대한 정보를 기록하는 필름을 말하며 이러한 홀로그램을 이용한 기술을 홀로그래피라고 한다. 먼저 홀로그램 및 홀로그래피의 개념과 원리에 대해 서술하고 현재 사용되고 있는 홀로그래피용 감광물질인 silver-halide나 dichromatic gelatin 등에 대해 소개한다. 이와 비교하여 photopolymer가 가지는 특성과 장점을 기술하고 photopolymer를 기반으로 한 holography의 발전에 따른 차세대 holographic applications에 대해 알아본다.

Key Words: photopolymer, holographic applications

1. 서 론

1990년대에 들어서자 멀티미디어 시대의 도래와 함께 많은 정보를 기억하고 빠른 데이터 시스템의 전달이 요구됨에 따라 홀로그래피에 대한 관심이 증가하기 시작했다.

홀로그래피는 1947년 물리학자 Dennis Gabor에 의해 발견된 이후 계속 연구되어온 분야로써 현재는 홀로그래픽 기록이 실용화 단계에 많이 근접해 있으며, 우리가 미처 깨닫지 못하는 상당부분에 홀로그래피 기술이 응용되고 있다[1]. 이러한 기술의 바탕이 되는 홀로그래피의 감광물질에 대해서 알아보고 그 중에서 앞으로 가장 발전가능성이 있다고 생각되는 포토폴리머에 대해 기술한다.

2. 홀로그램

2.1 홀로그래피의 개념과 원리

홀로그램은 그리스어의 holos(전체)와 gramma(씌여진 것)의 합성어로서 간섭무늬의 형태로 물체에서 방출되는 빛의 파면에 대한 정보를 기록하는 필름을 말하며 이러한 홀로그램을 기록하는 기술을 홀로그래피라 한다.

처음 홀로그래피에 사용되었던 빛은 일반 가시광으로 그 효과가 미미하였으나 1960년대 레이져의 발명으로 홀로그래픽 기록의 연구가 매우 활발해졌다.

홀로그래피의 원리는 레이저에서 나온 광선을 2개로 나눠 하나의 빛은 직접 스크린을 비추게 하고, 다른 하나의 빛은 우리가 보려고 하는 물체에 비추는 것이다. 이 때 직접 스크린을 비추는 빛을 기준광, 물체를 비추는 빛을 물체광이라고 한다. 반사되어 나오는 변형되지 않은 기준광이 물체광과 간섭을 일으키며 이 때의 간섭무늬가 스크린에 저장된다. 재생시 사용하는 광선은 기록시와 같은 진동수를 가진 파동만이 3차원으로 재현되므로 기록시 사용된 기준광과 반드시 정확히 일치해야 한다. 그림 1은 홀로그램의 원리를 나타낸다.

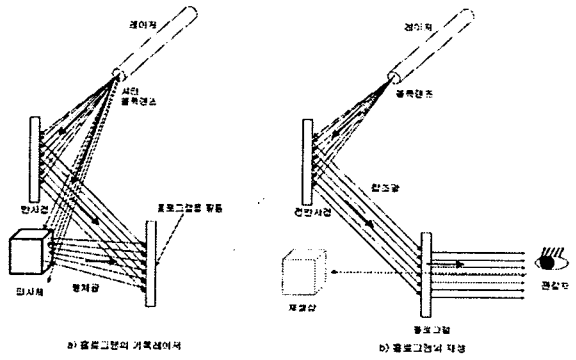

그림 1. 홀로그램의 원리

2.2 홀로그래피에 사용되고 있는 감광물질의 종류

현재 홀로그램의 감광재료로써 많이 사용되는 것으로 은염(silver-halide emulsion)이나 dichromatic gelatin, 포토레지스트 등이 있고 이 외에도 $LiNbO_3$, BSO, 포토폴리머 등이 있다.

감광물질 중 가장 많이 쓰이는 것은 은염(silver halide)이며 다이크로매틱 젤라틴(dichromatic gelatin)은 회절효율(diffraction efficiency)이 가장 높은 감광 물질이다. 홀로그램의 회절 효율은 상 재생을 위해 조명한 광량과 실제 재생상이 가지는 광량의 비율을 나타내므로, 값이 클수록 재

생상의 밝기가 밝다. 다이크로매틱 젤라틴의 경우 이 값이 1에 가까우므로 가장 밝은 상을 재생시킨다. 다이크로매틱 젤라틴은 그 재생상의 밝기를 이용해 크기가 작은 액세서

표1. 홀로그래피용 감광재료

감광재료		해상력 (lines/mm)	감도 (μJ/㎠)	기록된 홀로그램의 회절효율		파장영역
				투과형	반사형	
은염	아그파 10E56	3,000	1	40~75	20~70	녹~청
	코닥 649F	2,000	50			녹~청
	일포드 SP696T	3,000	50			적
다이크로매틱젤라틴		5,000	~1,000	약 100	약 100	청
포토폴리머		10,000	~1,000	약 100.	약 100	청
포토서모플라스틱		1,000	10	약 30	-	녹~청
포토레지스터		5,000	10,000	10~30	-	청
포토크로믹스		5,000	10,000	수 %	-	청
광굴절률		5,000	1,000	20~30	-	청

리(accessary)용 홀로그램 제작에 많이 응용된다. 홀로그래피용으로 사용되는 감광재료에 대한 재료적 성질이 표 1에 나타나 있다.

2.3 Photopolymer의 특성과 장점

포토폴리머의 경우는 일종의 광경화성 고분자로 감도가 낮으나 현상이 필요 없어 앞으로 가장 기대되는 감광물질이다. 기존의 사진건판과는 달리 wet process와 같은 화학적 처리가 필요없이 self-develop과 fixing이 이루어지며, 위상 홀로그램이 바로 만들어지므로 회절 효율이 아주 높다. 최근에는 녹색과 적색 레이저에도 감광되도록 개발되었다. 광굴절률(Photorefractive) 결정의 경우 그 크기가 작아서 상의 기록보다는 메모리용으로 많이 연구되고 있다.

높은 감도, 고분해능, 간단한 실시간 처리공정, 저렴한 가격 등의 장점 이외에도 미세정밀가공이 가능하고, 종래의 열에 의한 작업(열반응)보다 상당한 에너지 및 원료의 절감이 이루어지며 작은 설치 공간에서 작업을 깨끗이 신속, 정확하게 수행할 수 있는 장점을 가진다[2].

2.4 포토폴리머를 이용한 홀로그래피의 연구현황 및 응용분야

현재는 홀로그램을 이용한 3D 영상장치의 다시점 영상 스크린 개발과, 다기능 광소자 개발이 활발하다. 최근에는 대용량 영상신호처리에 적합한 홀로그래픽 신호처리기술이 연구되고 있다. 지난 수십년간 미국의 연구소들을 중심으로 홀로그래피 메모리 기술의 연구가 진행되면서, 홀로그래피 메모리의 실용화에 커다란 장벽으로 생각되어 왔던 이상적인 저장물질의 부재 문제가 최근 포토폴리머를 중심으로 해결되었다[3]. 현재 미국의 InPhase Technologies 와 IBM, 일본의 Optware, SONY, Toshiba, Matsusita 및 NTT, 유럽의 Optilink 등이 홀로그래피 메모리 실용화 개발을 진행중이다.

현재 홀로그램은 예술 작품, 광고물, 실내 디자인, 쇼윈도우 전시 목적으로 많이 이용되며, 특히 엠보싱 홀로그램은 대량생산이 가능하므로 잡지나 서적의 표지, 그리고 보안을 목적으로 하는 신용카드의 로고에 많이 이용되고 있다. 기타 실시간 정보처리, 공간필터 등의 광학 부품 제작과 같은 과학분야에서의 응용과 3차원 TV 및 영화로의 응용을 볼 수 있다. 또한 최근에는 자동차의 계기판을 주행중에 쳐다보지 않아도 운전자의 눈앞에 주행정보를 나타내주는 HUD (Head Up Display)시스템에 홀로그래피 방법이 응용되기 시작했다.

3. 결론 : 차세대 holographic application의 발전방향

현재 홀로그램이 가진 문제점은 시야각의 제한, 대형화, 대량생산의 어려움, 고출력 레이저와 고해상도를 가진 감광물질의 부재 등과 더불어 물체의 자연색(natural color) 재생에 있다.

앞으로 이러한 문제들이 해결됨에 따라 홀로그램의 전시분야, 과학 및 기술분야, 산업분야로의 응용이 급속도로 진행될 것으로 기대된다. 현재 개발 진행중인 홀로그래픽 디지털 데이터 저장 개념의 HDDS(Holographic Digital Data Storage)를 이용하면 공상 과학 영화에서나 볼 수 있는 손목시계형 영상저장장치도 구현할 수 있다. 즉 손목시계 내부에 수 십 장의 DVD를 저장할 수 있는 소형 HDDS를 장착, 홀로그램 등 다양한 영상정보를 걸어다니면서도 볼 수 있게 된다. 특히 의료분야에 HDDS가 적용되면, 환자의 의료 정보를 3차원으로 보여줌으로써 의료진이 원격지나 온라인에서도 환자를 정확하게 진단하고 처방할 수 있는 길이 열리게 될 것으로 기대된다. 또한 HDDS와 같은 대용량 저장장치의 발달로 데이터 음성, 영상 등 모든 신호를 하나의 통합된 통신망을 통해 전송하는 종합광대역 디지털정보시스템의 구축이 가능하게 되어 실시간 3차원 통신이 현실화 되는 것도 먼 미래의 일은 아니라고 본다.

참고문헌

[1] 임복룡, 김강호, 권경업, 김석원, 김종태, "A Study on the Optimum Conditions for the Fabrication of Hologram," *Journal of Korean Society for Imaging Science*, Vol. 3, No. 1, pp. 11-16, 1997

[2] T.J. Trout, J.J. Schmieg, W.J. Gambogi, and A.M. Weber, "Optical photopolyers: Design and Applications," Adv. Mater., Vol. 10, No. 15, pp. 1219-1224, 1998.

[3] ITFIND 주간기술동향, 통권1132호 pp. 49-53, 2004.

[4] ITFIND 주간기술동향, 통권1168호 pp. 47-53, 2004.

[5] 박진상, 지창환, 양준영, 장주석, 정신일, "Holographic Recording Properties of Photopolymer Films," *Photonics Conference*, 1995, pp. 49-50.