

Moulding Method에 의한 Dichromated Gelatine 감광판 제작 및 특성조사

글 : 이혁수, 최용진, 손정영/한국과학기술연구원, 박승한/연세대학교

한국광학회 광정보처리분과와 한국물리학회 및 양자전자분과에서는 '3차원 영상매체기술 국제워크샵 및 제2회 광정보처리 학술발표회'를 지난 6월 13일과 14일 양일간에 걸쳐 광운대에서 개최했다. 발표된 논문들 중 지난 7월호에 게재한 △광영상 압축화 시스템의 성능분석(한종욱/한국전자통신연구원, 김은수/광운대 전자공학과)에 이어 이번에는 △Moulding Method에 의한 Dichromated Gelatine 감광판 제작 및 특성조사(이혁수, 최용진, 손정영/한국과학기술원, 박승한/연세대학교)를 게재하니 관심있는 독자들의 많은 참고 바란다.

-편집자 주-

1. 서론

아직까지도 많은 분야에서 다양한 목적으로 홀로그램에 대한 연구가 행하여지고 있다. 그 대표적인 분야가 Holography를 이용하여 광학소자를 제작하는 것이다. 이러한 홀로그램을 기록하는 감광판으로는 Silver Halide를 이용하는 방법, Photo Polymer를 이용하는 방법, Photo Resister를 이용하는 방법 등 여러 가지 방법이 사용되고 있으나 Holographic Optical Element를 제작하는 많은 부분에 있어서 Dichromated Gelatine이 이용되고 있다. Dichromated Gelatine은 투명성이 좋고, 높

은 회절효율과 높은 해상도를 가지며 주위 환경에도 어느 정도의 안정성을 갖는다는 여러 장점을 갖고 있다. 그러나 이러한 Dichromated Gelatine 감광판도 파장에 대한 반응성이 많이 제한되어있고, 빛에 대한 감도가 약하며, 습기에 약하다는 단점을 갖고 있다. 이러한 Dichromated Gelatine에서 이미지 형성은 현상 과정에서의 Gelatine의 경화로 굴절률의 변화가 일어나 이루어진다고 알려져있다.

이러한 Dichromated Gelatine 감광판 제작 방법으로는 Dip-coating 방식, Doctor Blade 방식, Moulding 방식 등이 있으며 본 연구에서

는 Moulding 방식을 이용하였다. Moulding 방식은 다른 방식에 비해 감광층의 두께를 일정하게 할 수 있다는 장점과 감광층이 고도의 광학특성과 깨끗한 표면을 갖게 할 수 있다는 장점 등을 갖고 있다. 특히 이러한 Moulding 방식은 평면뿐이 아닌 곡면에도 Gelatine을 코팅할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

I. Dichromated Gelatine 감광판 제작

Moulding 방식을 이용한 Dichromated Gelatine 감광판 제작을 위해서는 Mould를 제작하여야 한다. 이번에 제작

된 Mould는 크기 $1.5 \times 30 \times 30 \text{cm}^3$ 의 황동판이 사용되었다. 이러한 Mould는 Gelatine 코팅시 일정한 온도를 유지해 주기 위해서 제작한다. Gelatine 코팅시 코팅면을 40°C 로 유지해주고 코팅이 끝나면 Gelatine을 굳히기 위해 코팅면을 약 10°C 로 유지해 주어 야한다. 이러한 온도 조절 방식으로는 황동판에 4개의 구멍을 뚫어 황동판 내부에 물을 흘림으로 온도를 조절하는 방식을 택했다. 코팅면은 크기 $0.5 \times 28 \times 28 \text{cm}^3$ 의 유리면을 사용하였으며 유리표면을 유기물질을 제거한 후 Gelatine과 분리를 용이하게 하기 위해 dimethyl-dichlosilane을 이용하여 유리표면을 소수성으로 만들어 준다. 제작된 황동 Mould와 코팅 유리면(그림 1)에서 볼 수 있다.

Dichromated Gelatine 감광판으로는 $0.3 \times 6 \times 6 \text{cm}^3$ 의 유리판을 사용하였다. 유리판에 Dichromated Gelatine을 코팅하기 위해서는 유리판의 세척이 매우 중요하며 세척이 올바르게 되지 않았을 경우 유리판과 Dichromated Gelatine 층과의 분리현상이 일어난다. 유리판과 Dichromated Gelatine과의 접착력을 증가시키기 위해 Sublayer를 코팅한다. Sublayer는 5g의 Gelatine에 0.5g의 KCr

$(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 을 1리터의 Distilled Water에 녹여 만든다. Sublayer 코팅은 유리판을 Dip-Coating 한다. 이렇게 Sublayer를 말리고나서 감광층을 코팅한다.

감광층은 6%의 Gelatine용액에 Gelatine의 3%에 해당하는 Ammonium Dichromate를 녹인 후 여기에 Chromium Complex를 가한다. Chromium Complex는 50%의 Ethylen-diamine 6ml에 5g의 Chromium Acetate를 70°C 중탕으로 녹여 전체를 100ml로 만든다. 이렇게 만들어진 용액 1ml에 7ml의 DI Water로 희석시킨 후 희석된 용액 1ml를 Gelatine 용액에 가한다. 마지막으로 이 코팅후 굳은 Gelatine이 친수성을 갖게 하기 위해 용액에 Wetting을 3-4방울 가한다. 준비된 Gelatine 용액을 종이 필터로 걸러 불순물을 제거시킨다. 이렇게 준비된 용액을 먼지가 $1000 \text{개}/\text{m}^3$ 미만인 Clean Booth에서 40°C 로 유지된 코팅 유리면에 도포하고 지름 0.5mm의 선으로 코팅면의 두께를 조절하고 선 위에 Sublayer가 발린 유리판을 덮는다. 유리판에 도포된 Dichromated Gelatine을 굳히기 위해 황동 Mould에 약 10°C 정도의 물을 흘려준다. 코팅된 판을 코팅 유리판에서

떼어내고 건조시킨다. 코팅면의 두께는 건조되며 20-30배 정도 줄어들기 때문에 우리가 원하는 두께의 Dichromated Gelatine 감광판을 얻을 수 있으며, Dichromated Gelatine 감광판의 두께는 Gelatine의 농도로 조절한다.

홀로그램을 기록하는 방법으로는 그 방식에 따라 Surface Relief를 만드는 것과 감광층에 굴절율을 변화시키는 2가지로 나눌 수 있으며 Surface Relief를 만들기 위해서는 위의 과정까지만으로도 충분하지만 Gelatine내에 굴절율을 변화시키는 방식의 홀로그램을 기록하기 위해서는 위의 과정에 고감광도를 주기 위하여 위의 과정으로 제작된 판을 $90 \sim 100^\circ\text{C}$ 에서 약 30분 가량 열을 가한 후 다음날 13%(mass)의 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 10%의 KNO_3 용액 15ml, Triethanolamin 0.8ml로 1l와 수에서 수침 방울 가해진 감광액에서 7, 8분 담구어 준다. 코팅된 판을 잘 말린 후 Gelatine이 코팅되지 않은 면을 DI Water로 잘 닦아준다.

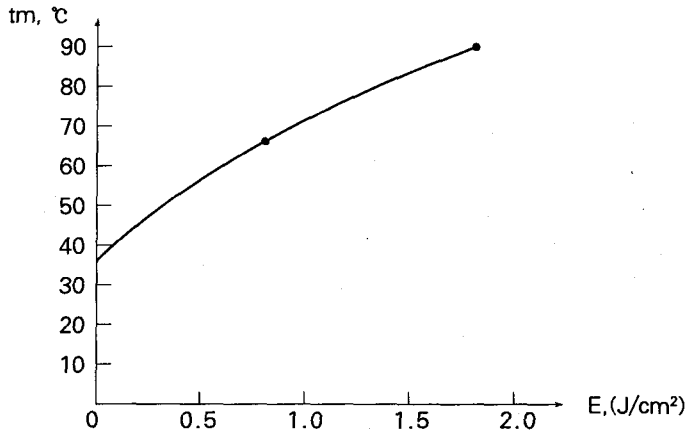
III. Dichromated Gelatine 감광판의 특성조사

Dichromated Gelatine이 홀로그램 기록을 위한 노광 후 어떻게 굴절률 변화를 가져오

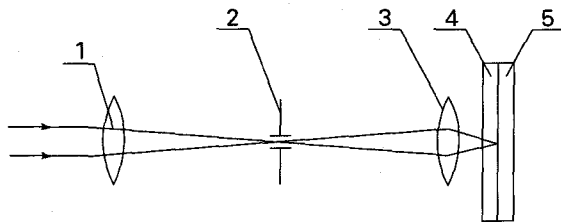
는지에 대해서는 이미 많이 알려져 있다. 본 실험의 목적은 Dichromated Gelatine 감광판에 홀로그램을 기록하는 것이 아니라 감광판에 Surface Relief를 만들어 이를 이용한 광학소자 - 특히 Lenticular - 제작을 위한 것이므로 감광판이 노광 후 Gelatine의 농도, $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}$ 의 Gelatine에 대한 상대 농도, 감광판에 주어지는 에너지의 세기에 따라 감광판의 노광된 부분이 어느 정도의 온도에서 녹기 시작하는가를 조사하였다. 또한 Surface Relief를 만드는데 가장 중요 나 요소 중에 하나로 Gelatine의 건조시 발생하는 Gelatine 내부의 장력이 Gelatine의 농도와 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}$ 의 농도에 따라 어떻게 변화하는가를 조사하였다.

1. 노광된 감광판의 녹는 온도

먼저 감광판이 여러 조건에 따라 어떻게 녹는 온도가 변화하는가를 알아보기 위해, 본 실험에서는 Dichromated Gelatine이 가장 에너지를 잘 흡수하는 파장(UV)과 가까운 파장 488nm의 Ar이온 레이저(파장 488nm)를 광원으로 이용하였다. 레이저 빔을 지름이 약 2.5cm정도 되도록 시준시킨 후 Gelatine 농도 20%, Dichromated Ammonium 3%로 제작된 감광판에 에너지



(그림 1) 노광된 DCG 감광판의 에너지 변화에 따른 녹는 온도(20% Gelatine과 Gelatine의 3% DCA)

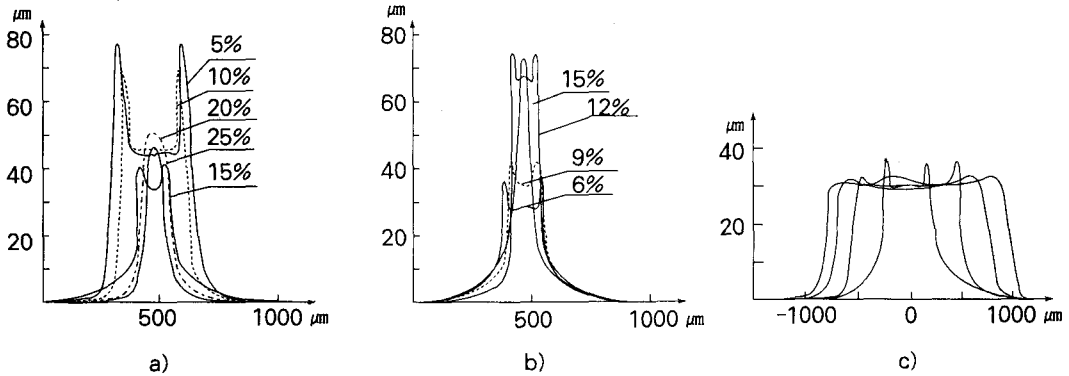


(그림 2) DCG 장력 측정을 위한 실험 구성도

를 바꾸어 가며 조사하였다. 이렇게 다른 에너지에 의해 조사된 각각의 감광판을 약 30°C의 DI Water에 담귀 서서히 가열한다. 감광판의 노광된 부분에 마크를 하여 Gelatine이 녹아 내리며 마크가 없어지는 순간을 노광부분이 녹은 온도로 한다. 이러한 결과로 조사된 빛의 에너지와 노광된 감광판의 녹는 온도 사이에 다음(그림 1)과 같은 관계가 있음을 알 수 있었다.

또한 노광된 감광판의 녹는 온도가 Gelatine의 농도와

DCA의 농도와는 어떠한 관계가 있는가를 알아보기 위해 Gelatine에 대한 DCA의 상대 농도를 일정하게 하고(9%) Gelatine의 농도를 3, 6, 9, 12, 15%로 바꾸어가며 같은 에너지의 레이저를 조사한 결과 모두 같은 온도에서 녹는 온도를 갖는 것을 알 수 있었다. 반면 Gelatine의 농도를 일정하게 하고(12%) Gelatine에 대한 DCA의 상대 농도를 변화시키며 같은 에너지의 레이저를 조사한 결과 DCA의 농도가 증가할수록 감광판의 녹는 온



(그림 3) Gelatine 내에서의 장력

도가 증가함을 알 수 있었다. 즉, DCA의 Cr^{3+} 이 증가하여 에너지 흡수량이 증가하므로 감광판의 녹는 온도가 증가함을 알 수 있다.

2. Gelatine내의 장력

노광된 Gelatine을 물에서 녹인 후 건조하는 과정에서 Gelatine은 경화된 부분 쪽으로 장력을 받게 되며 이러한 장력이 Gelatine의 농도와 Gelatine에 대한 DCA의 상대 농도와 노광된 부분의 넓이와 어떠한 관계가 있는가를 알아보기 위하여 (그림 2)와 같은 실험을 하였다.

여기서, 1-렌즈 1, 2-간 막 이판, 3-렌즈 2, 4-유리 기판, 5-DCG 감광층을 나타낸다.

렌즈 1로 간 막이판에 초점 지워진 빔을 렌즈 2로 DCG 감광층에 초점 지워지게 하며, Translator를 이용하여 DCG 감광층을 1cm 이동시켜 감광

층에 선을 기록한다. 이러한 방법으로 Gelatine의 농도 9%에 대해 DCA 상대농도 5, 10, 15, 20, 25, 30% 일 때 각각의 선이 건조시 어떻게 장력을 받는지 조사하였으며, Gelatine에 대한 DCA 상대농도 15%에 대해 Gelatine의 농도가 변함에 따라 어떻게 장력을 받는지 조사하였다. 또한 감광판을 좌·우로 이동시켜 빔의 넓이를 조절하여 빔의 넓이에 따라 건조시 Gelatine이 어떻게 장력을 받는지를 조사하였다. 각각의 결과를 (그림 3)의 a), b), c)에 각각 나타내었다.

(그림 3)의 a)에서 볼 수 있듯이 이 경우 빔이 DCG 층의 약 $40\mu m$ 까지 흡수되어 DCG 층을 경화시켰으며 DCA 농도가 낮을 경우 경화된 부분의 좌·우에서 장력이 작용하여 Peak이 생김을 알 수 있고 DCA 농도가 증가할수록 이러

한 장력이 작아지는 것을 알 수 있다. 또한 b)에서 알 수 있듯이 같은 DCA 농도에 대해 Gelatine의 농도가 증가할수록 Gelatine내의 장력이 작아지는 것을 알 수 있다. 또한 c)에서 볼 수 있듯이 경화되는 선의 폭이 증가할수록 선이 받는 Gelatine의 장력이 작아지는 것을 알 수 있다.

IV. 결 론

위의 결과에서 Dichromated Gelatine이 Gelatine의 농도와 Gelatine에 대한 Dichromated Ammonium의 상대 농도에 따라 에너지에 어떻게 반응하는가를 알 수 있었으며, 각각의 경우 DCG 내의 장력이 어떻게 작용하는가를 알 수 있었다. 이러한 결과는 DCG를 이용한 대형 Lenticular 판의 Master 판 제작 등과 같은 광학소자 제작에 유용한 값이다.

제2회 광정보처리 학술발표 논문

논문명	발표자
T bps급 광전송을 위한 초고속 및 파장 가변 광펄스 발생기술 (초청논문)	서동선(명지대)
랜드\그루브 방식의 광디스크에서의 cross-talk영향	박성찬, 김영식, 고의석, 김진용(LG전자)
다전극 DFB 레이저에서 longitudinal spatial holeburning을 이용한 초고속 펄스열 생성	김병성, 정영철, 김선호(광운대, KIST)
이득 스위칭 레이저의 RZ 직접변조 특성 분석	이상훈, 서동선(명지대)
KAERI 입체 영상 시스템 개발	박순용, 이용범, 이종민(원자력연구소)
광섬유 스펙클 패턴을 이용한 체적 홀로그래프의 다중화 특성 해석	강용훈, 김기현, 이병호(서울대)
광굴절 MgO : LiNbO ₃ 결정에서 이광과 혼합조건에 따른 이득 특성	이승우, 김준태, 차성도, 신승호(강원대)
광학적 무작용 검출 시스템의 광정보처리에서의 응용(초청논문)	장주석(부경대)
광굴절 재료의 분광학적 특성	김명유, 최상원, 이상훈, 이철우, 황석환, 임기수, 이명규(충북대, KIST, Stanford Univ.)
In-situ study on dynamics of cross linked NLO polymer	정미운, 임동건, 이광섭, 우한영, 문기정, 심홍구(고려대, 한남대, KAIST)
컴퓨터 그래픽을 이용한 홀로그래픽 스테레오그램 제작	최윤선, 김은석, 김남, 서호형(충북대, ETRI)
광리소그래피를 이용한 다중 위상 홀로그래프의 제작	이덕희, 강봉규, 서호영, 이일항(ETRI)
광영상 압축화 시스템의 성능분석	한종욱, 김은수(ETRI, 광운대)
Strain Sensors using fiber Bragg gratings	이병하(KIST)
이진위상 홀로그래프의 설계 및 제작과 응용(초청논문)	서호형(ETRI)
OC-3용 Single Mode ATM 1×9 Transceiver 모듈제작	고준호, 허욱, 김완근, 박문규, 신영근, 이용범(현대전자)
3차원 물체에 대한 HPO홀로그래프의 효과적 계산방법	양훈기, 김은수(광운대)
Holographic transmission type screen for projection of the stereoscopic or multiview color images	신상훈, 김재순, 천윤식, 손정영(KIST, ETRI)
위상공액 홀로그래프를 이용한 미세패턴의 결상 및 초점심도 분석	임용석, 박종훈, 최옥식(영남대)
Moulding Method에 의한 Dichromated Gelatine 감광판 제작 및 특성조사	이혁수, 최용진, 손정영, 박승환(KIST, 연세대)
TIR holography에 의한 위상 공액파 발생 및 미세패턴결상	손영준, 황효창, 권진혁, 최옥식(영남대)
대규모 광신호 연결을 위한 기판-공간 광학계(초청논문)	송석호(ETRI)
전자-홀로그래픽 디스플레이를 위한 홀로그래프 데이터 생성	김성규, 이재인, 조두진, 임동건, 손정영(KIST, 고려대, 연세대, 아주대)
JTC를 이용한 순환고조파 상관계의 실수함수적 구현	정대섭, 류충상, 서춘원, 김은수(광운대)
홀로그래픽 3차원 입체 입출력 시스템 특성분석	김규태, 장광훈, 김수길, 김은수(광운대, 서울대)
LiNbO ₃ 결정에서 광굴절필터 특성분석	안준원, 김정희, 김남, 이권연, 김혜영, 원용협(충북대, 순천대, ETRI)
이동개구를 이용하는 다시야 3차원 영상시스템	전형욱, 신상훈, 윤재형, 손정영(KIST)
다이오드 레이저와 간섭계로 이루어진 시간지연 혼돈계에서의 혼돈제어를 통한 정보의 저장	윤미정, 박금철, 임동건(고려대)