

## 포토폴리머 홀로그래프의 실용적 응용을 위한 그 열적 특성 분석

김정희<sup>†</sup> · 이행수 · 김 남

충북대학교 전기전자컴퓨터 공학부  
Ⓣ 361-763 청주시 개신동 학연산 804

전석희

인천대학교 전자공학과  
Ⓣ 402-749 인천시 남구 도화동 177

(2004년 8월 18일 받음, 2005년 3월 30일 수정본 받음)

본 논문에서는 포토폴리머에 기록된 Bragg 회절 격자의 열적 특성을 측정하였다. 532 nm의 Nd:YAG 레이저를 이용하여 DuPont HRF-150-38 필름에 홀로그래프 격자를 기록하고, 온도 노출 조건에 따라 회절효율을 측정하였다. 열 노출 후 홀로그래프 기록에서는 100°C이하에서 70% 이상의 높은 회절 효율을 보인 반면 더 높은 온도에서는 급격히 떨어졌다. 홀로그래프 기록 후 열 노출에서는 UV 정착 효과에 따라 100°C까지는 10% 정도의 효율 증가를 보여주었지만, 120°C이상에서는 홀로그래프가 지워지는 현상이 관찰되었다.

주제어 : Bragg grating, photopolymer, diffraction efficiency, UV light, hologram.

### I. 서 론

초기 홀로그래프 기록용 매질은 은염(silver halide), DCG(dichromated gelatin), 포토레지스트(photoresist), 포토크롬(photochromics), 열감응 플라스틱(photo thermoplastic) 등이 사용되었다. 이들 감광재료들은 우수한 광학적 성능에도 불구하고 모두 복잡한 습식처리를 거쳐야 하고 온도, 압력, 습도 등의 환경적 변화에 민감해 내구성이 약한 단점이 있다.<sup>[1]</sup> 이러한 문제를 보완하기 위한 매질로 LiNbO<sub>3</sub>, BaTiO<sub>3</sub> 등과 같은 광굴절 결정과 포토폴리머가 개발되었다. 광굴절 결정은 은염 재료에 비해서 감도는 낮지만 1 cm 두께의 결정으로 성장할 수 있으며, 각도 선택도가 매우 뛰어나고 홀로그래프 재생 영상이 매우 우수하다. 이러한 특성들 때문에 홀로그래픽 메모리,<sup>[2]</sup> 광 연결,<sup>[3]</sup> 광학 필터<sup>[4]</sup> 등과 같은 다양한 분야에 사용되고 있다. 반면에 홀로그래프를 재생하는 동안에 정보가 지워지는 문제점이 있으며, 가격이 비싸고 결정 형태의 기록 매질로써 유연성을 요구하는 광학소자 제작에는 적합하지 않다.

포토폴리머는 은염, DCG, 포토레지스트 등에 비해 높은 신뢰성, 필름 두께의 조절 가능성, 건식처리, 매우 긴 사용기간, 그리고 매우 중요한 생산 조건인 낮은 가격 등의 이상적인 홀로그래프 특성<sup>[5,6]</sup>으로 인해 광학소자용 감광재료로 널리 사용되고 있다. 포토폴리머는 DuPont사 의해 최초로 상용화되면서 디지털 홀로그래픽 메모리,<sup>[7]</sup> 광통신용 WDM demultiplexer,<sup>[8-10]</sup> 홀로그래픽 광 보안,<sup>[11,12]</sup> 광학소자<sup>[13]</sup> 등과 같은

다양한 응용분야에서 활발히 연구되고 있으며 포토폴리머의 회절 효율, 감광도, 파장 및 각도 선택성, 신호대 잡음비 등의 광학적 특성을 분석하기 위한 많은 실험들이 진행되어왔다. 그러나 중요한 환경적 요소인 온도특성에 대한 연구는 거의 보고되지 않고 있으며, DuPont사의 제품 사양에도 정확한 내용은 나와 있지 않다. 온도 특성은 포토폴리머를 이용한 상용화된 광학 소자의 제작이나 개발에 있어 내구성을 결정짓는 매우 중요한 사양 중에 하나이다. 본 논문에서는 이를 위해 포토폴리머에 이광파 결합을 통해 Bragg 회절 격자를 기록하고 전기 오븐을 이용하여 열 노출온도에 따른 다양한 실험을 수행하였다. 2장에서는 기본적인 포토폴리머의 구조 및 기록 메커니즘을 기술하였으며, 3장에서는 듀폰사의 HRF-150-38 포토폴리머의 열 노출 전과 후로 나누어 홀로그래프의 회절 효율 특성을 분석하였다.

### II. 본 론

#### 2.1. 포토폴리머 구조

그림 1과 같이 DuPont사의 HRF-150-38 포토폴리머는 도포층(cover sheet), 포토폴리머층(photopolymer layer), 기저층(base sheet)의 3층 구조로 되어있다. 도포층은 얇은 PVC로 이루어져 있으며 먼지나 이물질이 포토폴리머층에 들어가는 것을 방지한다. 포토폴리머층은 38 μm의 두께를 가지며 폴리머 바인더(polymeric binder), 모노머(monomer), 개시제(initiator system), 센서타이징 다이(sensitizing dyes)로 구성되어 있다. 폴리머 바인더는 광 폴리머 층을 기저층에 고정시키고, 센서타이징 다이는 반응 파장을 흡수하여 개시제를 상호 작

<sup>†</sup>E-mail: jhkim@osp.chungbuk.ac.kr

용시키며, 개시제는 중합반응을 발생시키는 역할을 한다. 특히, 모노머는 실질적인 정보를 저장하는 역할을 하며 광화학적 반응을 통하여 폴리머로 변함으로써 굴절을 변조를 발생시킨다. 기저층은 50.8  $\mu\text{m}$ 의 두께를 가지며 마일러(Mylar)로 구성되어 포토폴리머층을 지지하는 역할을 한다.

외형적으로 들어나는 매질의 색깔은 그림 1과 같이 옅은 오렌지색을 띄며, 주요 흡수 스펙트럼은 그림 2(a)와 같이 450~550 nm 사이에서 민감한 흡수특성을 나타낸다. 제공된 데이터에 의하면 매질의 현상 속도는 514 nm에서 약 150  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ 이다. 이 필름은 600 nm 이상의 파장에서는 흡수가 없으며, 투과율은 거의 100 %이다. UV에 노출시키면, 염료는 표백되어 모든 모노머가 폴리머로 변하며, 매질의 투과 스펙트럼은 그림 2(b)와 같이 파장에 대해 고역 통과 필터로 나타난다.

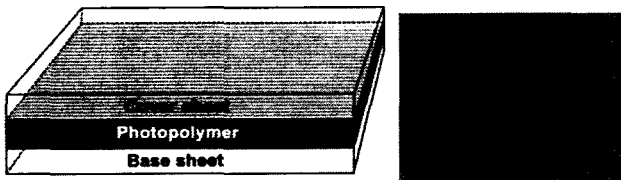
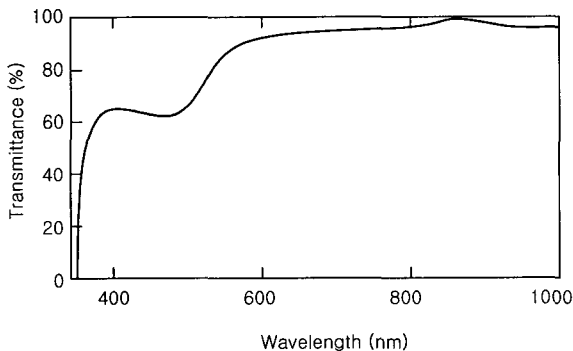
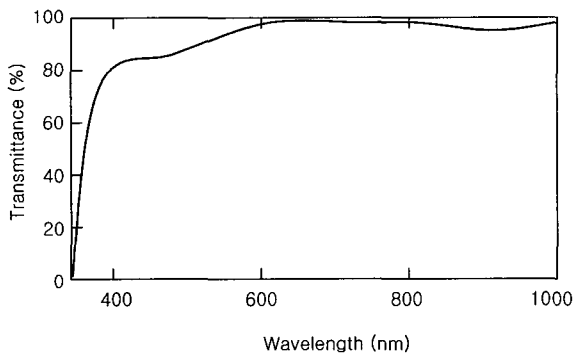


그림 1. DuPont 포토폴리머의 구조 및 외형.



(a) 노출 전 HRF-150-38의 투과율 특성



(b) 노출 후 HRF-150-38 투과율 특성

그림 2. HRF-150-38의 파장에 따른 투과율.

## 2.2. 광중합 반응 및 격자 기록 메카니즘

일반적으로 포토폴리머에서의 홀로그래프 기록과정은 그림 3과 같이 두 입사빔의 간섭에 의한 회절격자의 생성 과정으로 설명될 수 있다. 앞에서 설명된 것처럼 포토폴리머를 구성하는 가장 중요한 성분은 센서타이징 다이, 모노머, 그리고 폴리머라고 볼 수 있다. 두 입사빔에 의한 노출이 시작되면 센서타이징 다이는 빛을 흡수하여 모노머를 폴리머로 변화시킨다. 즉, 두 입사빔의 간섭에 의해서 보강간섭이 일어난 부분을 밝은 영역으로 상쇄간섭이 일어난 부분을 어두운 영역으로 가정하면, 노출시 밝은 영역에는 많은 에너지가 흡수되어 모노머가 폴리머로 전환되는 중합반응이 활발하게 일어난다. 어두운 영역에서도 중합반응이 일어나지만 밝은 영역과는 반응 속도에서 차이가 생기며, 중합반응 되는 양은 두 입사빔의 세기에 따라 결정된다. 이와 같은 과정으로 인하여 어두운 영역과 밝은 영역 사이에는 모노머의 밀도 변화에 따른 확산 현상이 노출이 시작됨과 동시에 발생한다. 즉, 어두운 영역의 모노머가 밝은 영역으로 이동하여 새로운 중합반응을 일으키게 되며, 정착 과정이 종료될 때까지 또는 사용 가능한 모노머들이 모두 없어질 때까지 계속된다. 이러한 과정이 진행되면서 포토폴리머는 binder-rich 영역과 polymer-rich 영역으로 나누어지며, 두 영역 사이의 굴절을 변화가 발생한다. 즉, binder-rich 영역은 낮은 굴절률을, polymer-rich 영역은 높은 굴절률을 갖게 되므로 두 영역에서의 굴절률 차에 의해서 위상형 홀로그래프가 제작된다. 노출이 끝난 후, 두 입사빔 중의 한 빔 또는 UV 램프를 사용하여 정착 과정을 수행하며 적당한 온도에서의 Heating 과정을 통과하면 굴절을 변조는 더욱 강화된다.

입사되는 노광량이 증가할수록 포토폴리머의 모노머는 광화학적 반응을 하여 그림 4와 같은 광가교(photo-crosslinking) 결합을 이루게 되어 굴절률을 증가시킨다. 기록빔에 반응하기 전의 모노머는 그림 4(a)와 같이 규칙적인 구조를 가지고 있다. 입사하는 노광량이 증가함에 따라 모노머는 중합 반응하여 그림 4(b)와 같이 폴리머로 변하게 되며, 노출이 종료되면 그림 4(c)와 같이 폴리머와 반응하지 않은 모노머

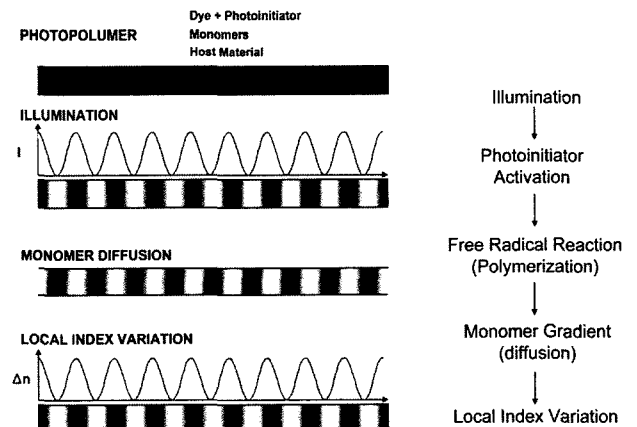


그림 3. 광중합 반응.

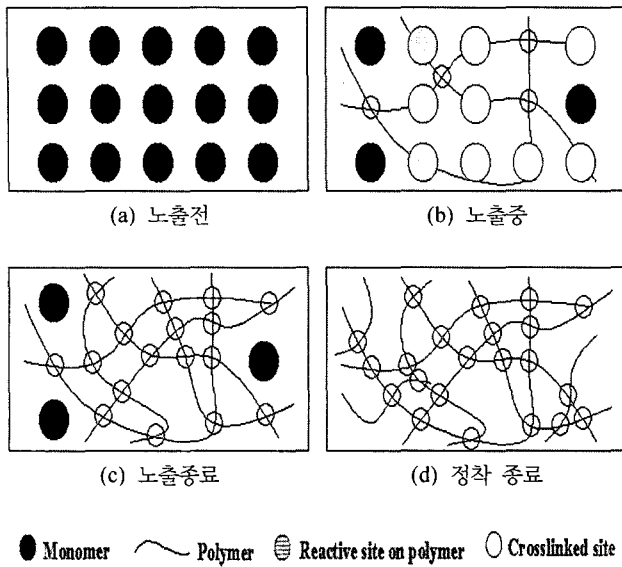


그림 4. 포토폴리머의 광상결합.

의 구조를 갖는다. UV 램프를 이용한 정착 과정을 통하여 남아있던 모노머는 폴리머로 변화며 최종적으로 그림 4(d)와 같이 포토폴리머들의 광가교 결합을 이루게 되어 굴절률을 변화시킨다. 이와 같은 광가교 결합은 포토폴리머 부피의 강성률(rigidity)을 변화시켜 수축과 같은 현상을 발생시킨다. 일반적으로 기록매질의 굴절률은 구성 물질들의 밀도에 크게 좌우되므로, 광가교 결합에 의한 포토폴리머의 수축은 노출에 따른 폴리머의 밀도를 높여 굴절률을 증가시키는 역할을 한다. 따라서 노출에 의한 광가교 결합이 종료되면 포토폴리머의 굴절률 변조는 증가하고, 폴리머의 이동성은 감소하게 되어 UV 램프를 이용한 정착 과정을 통해서 홀로그래프 기록이 종료된다.

### III. 실험 결과 및 분석

듀폰사의 HRF-150-38 포토폴리머의 열 특성 실험을 위해 그림 5와 같이 이광파 결합 시스템을 구성하였다. HRF-150-38의 반응 파장대는 Green과 Blue 영역이므로 홀로그래프 기록 광원으로는 COHERENT사의 532 nm의 Nd:YAG 레이저를 사용하였고 회절 효율은 632 nm의 He-Ne 레이저로 측정하였다. 두 기록빔의 세기비는 최대 변조율을 갖는 1:1조건을 적용하였으며, 공기중에서 두 빔의 입사각도는 기록매질의 법선 방향에 대해 30°로 하였다. 포토폴리머는 도포층(cover sheet)를 제거하고 두께가 2 mm인 BK7 재질의 광학 윈도우 위에 부착되었다. 열 처리 과정은 온도 상승시간, 유지시간, 냉각시간을 설정할 수 있는 LINDBERG/BLUE사의 Mechanical Oven이 사용되었다. 홀로그래프 기록을 위해 기록빔의 세기는 3 mW/cm<sup>2</sup>로 설정하였으며, 회절 효율을 측정하기 위한 He-Ne 레이저 출력은 2.2 mW/cm<sup>2</sup>로 조정하였다. 이 때 입사각은 기록시 입사각으로부터 Bragg 조건을 만족하는 각

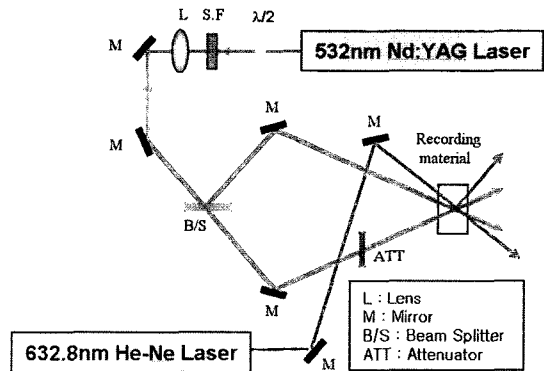


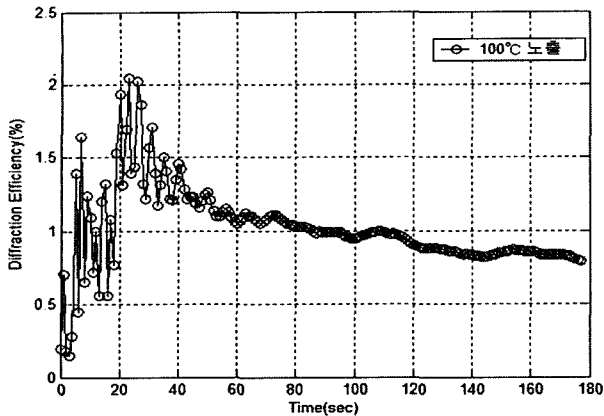
그림 5. 이광파 실험을 위한 광학 시스템.

도를 구했으며, 회절 효율은 검출기의 RS-232C 포트를 통해 PC에서 실시간으로 측정하였다. 포토폴리머의 열 특성 실험은 노출 후 홀로그래프 기록과 홀로그래프 기록 후 노출로 수행되었다.

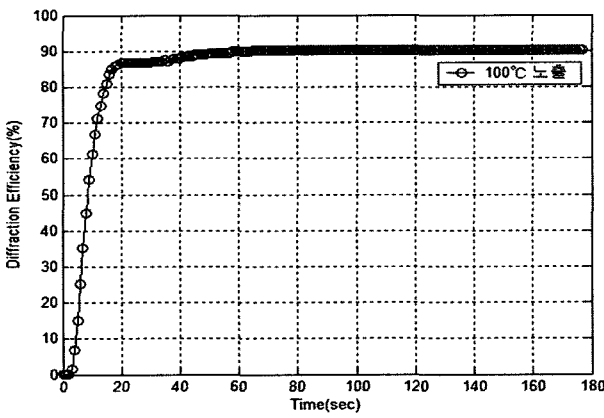
#### 3.1. 포토폴리머에 열 노출 후 홀로그래프 기록

그림 6은 포토폴리머에 열 노출을 수행한 후에 냉각 유무에 따른 회절 효율을 측정한 그래프이다. 열 노출은 전기 오븐의 온도가 충분히 안정화 된 상태에서 포토폴리머가 부착된 광학 윈도우를 넣고 100°C에서 30분 동안 수행되었다. 그림 6(a)는 전기 오븐에서 바로 꺼내어 열이 남아 있는 상태에서 홀로그래프를 기록하면서 시간에 따라 회절 효율을 측정한 값이며, 그림 6(b)는 상온에서 충분히 열을 식힌 다음 측정한 값이다. 실험 결과 포토폴리머에 열이 남아 있는 상태에서 기록을 할 경우 기록 초기부터 매우 불안정한 반응을 보이다가 이후 식으면서 안정화 되지만 더 이상의 회절 효율 증가는 발생하지 않았다. 반면에 상온에서 충분히 냉각시킨 포토폴리머는 열 노출을 수행하지 않고 회절격자를 기록할 때와 비슷한 형태의 효율곡선을 보여주고 있다. 따라서 열 노출이 수행되었을 경우 포토폴리머를 충분히 냉각시켜야 함을 알 수 있다.

포토폴리머의 열 노출 온도에 따른 특성을 분석하기 위해 그림 6과 동일한 조건에서 홀로그래프 격자를 기록하고 상온에서 충분히 냉각시킨 후에 회절 효율을 측정하였다. 그림 7



(a)



(b)

그림 6. 열 노출 후 냉각 유무에 따른 회절 효율 (a) 냉각 완료 전 (b) 냉각 완료 후.

은 노출 온도를 100~200°C까지 10°C 또는 20°C 간격으로 변화시키면서 노출 시간에 따라 측정한 그래프이다. 포토폴리머에 노출되는 온도가 높아짐에 따라 기록된 홀로그램 격자의 회절 효율이 급격하게 감소함을 알 수 있다. 노출 온도가 100°C에는 ±10%의 변화를 가지고 70%까지 완만하게 감소하는 반면에, 120°C를 넘게 되면 매우 급격하게 감소하고 있다. 200°C가 넘게 되면 불과 3분 만에 격자가 완전히 지워짐을 알 수 있다. 결국 포토폴리머를 이용한 광학소자를 개발할 때 100°C 이상의 환경에서 사용하기 위해서는 별도의 냉각 시스템이 필요할 것으로 사료된다.

지금까지는 열 노출을 위해 온도를 설정하고 원하는 온도에서 포토폴리머를 넣고 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 전기 오븐은 상승시간을 설정할 수 있으므로 상승 시간에 변화를 주면서 회절 효율을 측정하였다. 상승 시간은 노출 에너지 양과 관련됨으로 분당 온도 상승시간이 느릴수록 포토폴리머에 축적되는 열에너지가 증가하여 회절 효율이 감소될 것으로 예측되었다. 그림 8은 비교적 열 노출에 안정적인 100°C와 불안정한 160°C에서 측정한 실험 결과이다. 예측과 동일하게 두 그래프 모두 상승 속도가 느릴수록 회절 효율 저하는 심하게 나타났다. 따라서 설정 온도가 충분히 안정화

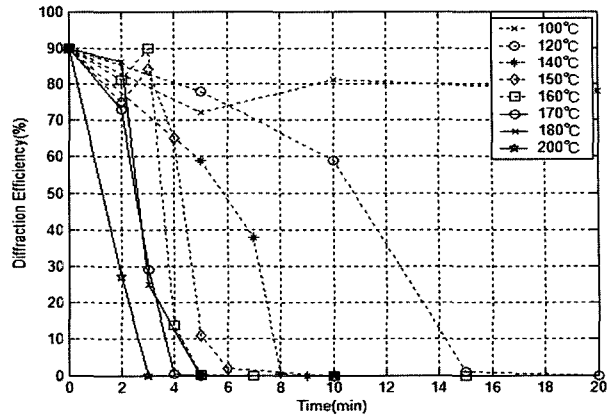
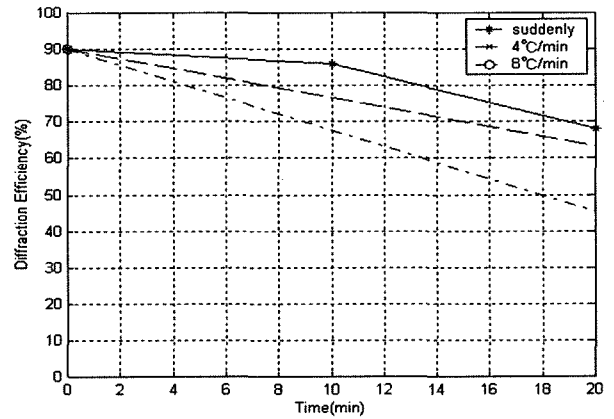
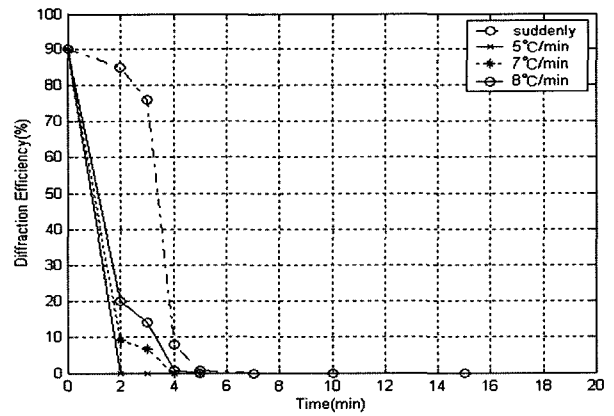


그림 7. 노출 온도에 따른 회절 효율.



(a)



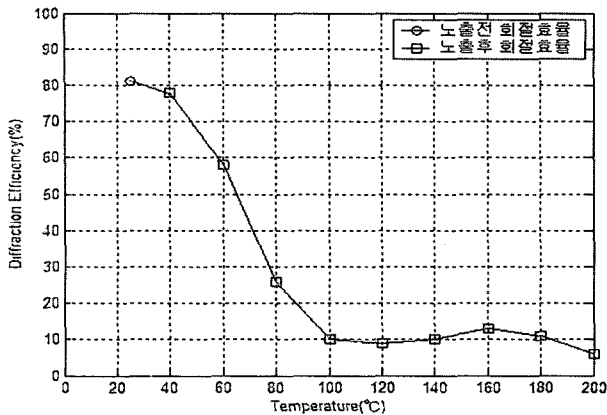
(b)

그림 8. 온도 상승 시간에 따른 회절 효율 측정 (a) 노출온도 100°C (b) 노출온도 160°C.

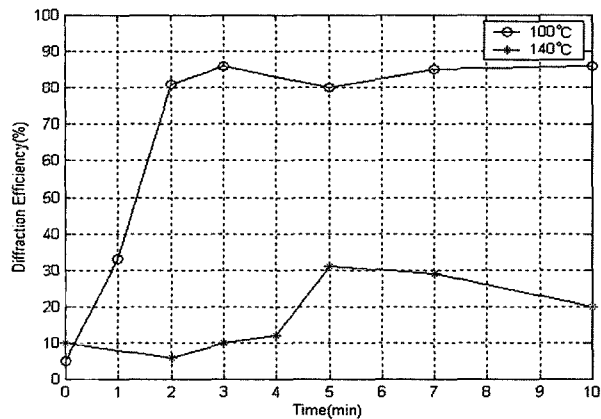
된 후에 열을 가하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

### 3.2. 홀로그램 기록 후 열 노출

2장에서 언급했듯이 포토폴리머에 홀로그램을 기록한 다음 굴절률 변조를 강화시키기 위해 UV 정착(fixing)을 수행한다. 본 실험에서는 홀로그램 기록 후 UV 정착 유무에 따



(a)



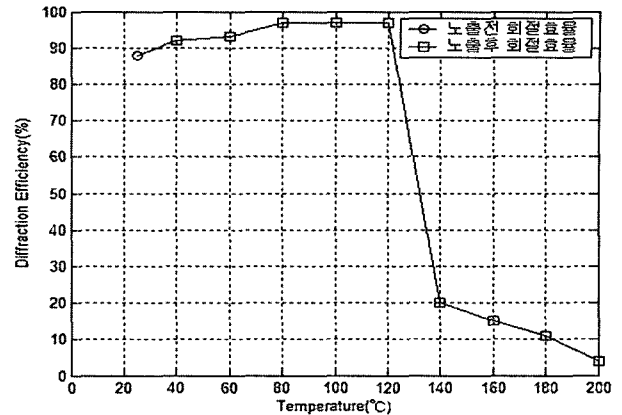
(b)

그림 9. UV 정착에 따른 회절 효율 분석 (a) UV 정착 미수행, (b) UV 정착 수행.

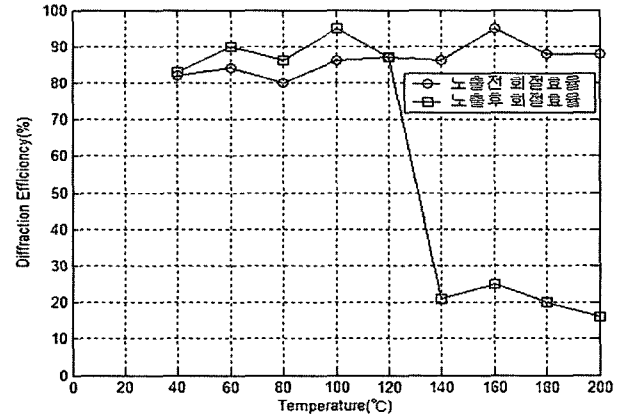
른 열 노출 효과를 분석하기 위해 출력이 8 W이고, 파장이 366 nm인 UV 램프를 포토폴리머로부터 약 25 cm 정도 떨어진 위치에서 고정하였다.

그림 9(a)는 100°C에서 UV 정착을 수행하지 않고 바로 열 노출을 수행한 결과를 보여준다. 그래프에서 보듯이 UV 정착이 수행되지 않는 상태에서는 열 노출 온도가 높아짐에 따라 회절 효율이 급격히 감소하다가 100°C 이상이 되면 10%까지 떨어졌다. 적절한 정착시간을 찾기 위해서 그림 7의 실험결과로부터 비교적 안정적인 100°C와 불안정한 140°C영역을 설정하고 UV 노출 시간을 변화시키면서 회절 효율을 측정하였다. 그림 9(b)와 같이 100°C 영역에서는 회절 효율이 UV 정착 시간이 증가함에 따라 80%까지 증가하다가 약 2분이 경과한 후에 포화상태로 안정화된 반면, 140°C의 높은 온도에서는 UV 정착 효과가 거의 나타나지 않았다.

마지막으로 홀로그래프 기록 후 열 노출 온도에 따른 영향을 분석하기 위해 위와 동일한 조건에서 2분 동안 UV정착을 수행하고 두 가지 방법으로 회절 효율을 측정하였다. 그림 10(a)는 하나의 홀로그래프를 포토폴리머에 기록하고 20°C간격으로 계속해서 설정된 온도에서 회절 효율 측정한 그래프이다. 그림 10(b)는 한 장의 폴리머에 홀로그래프를 기록하고



(a)



(b)

그림 10. 홀로그래프 기록후 열 노출 특성 (a) 동일한 홀로그래프 사용, (b) 새로운 홀로그래프 사용.

설정온도에서 회절 효율을 측정하고 다시 새로운 폴리머로 교체 후 동일한 과정을 반복하였다. UV 정착을 한 두 종류의 실험에서 전체적인 회절 효율 곡선은 거의 동일한 특성을 보여주었다. UV 정착 후 열 노출에 의해 회절 효율은 약 100°C까지 10% 정도로 증가하였지만 120°C까지 천천히 감소하여 초기 회절 효율과 비슷한 값을 유지하였다. 그러나 120°C가 넘게 되면 이후 급격하게 감소하였다. 따라서 2장에서 언급한 열 정착에 의한 굴절률 변조 강화의 적당한 열 노출 온도는 100°C이하이며, 120°C 이상의 온도에서는 UV 정착을 수행하더라도 홀로그래프가 지워지는 것이 확인되었다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 최근 홀로그래프 기록 매질로 널리 사용되고 있고 디지털 광정보 저장, 광 보안, 광통신용 WDM demultiplexer, 회절광학소자 등의 다양한 응용분야를 갖고 있는 포토폴리머의 열적 특성을 실험하였다. 열 특성 실험을 위해 이광과 결합구조에서 Bragg 격자를 투과형으로 제작하고, 전기 오븐을 이용하여 열 노출 전후로 나누어 회절 효율 특성을 분석하였다. 열 노출 후 홀로그래프 기록 조건에서는 포토

폴리머가 충분히 냉각된 상태에서 100℃까지는 70% 정도로 높은 회절 효율을 유지한 반면에 더 높은 온도에서는 매우 급격한 감소를 보여주었다. 이것은 인가된 열에너지에 의해 모노머가 폴리머로 열중합을 일으키면서 광중합에 필요한 모노머의 소진으로 추측된다. 기록 후 열 노출에서는 UV 정착을 수행한 폴리머의 경우 100℃까지 10%의 효율 증가를 보였지만 120℃ 이상에서는 동일하게 격자의 회절효율이 급격히 감소하였다. 이는 광중합에 의해 굴절률 변조를 유도했던 폴리머들이 과도한 열 노출에 의해 폴리머의 사슬이 끊어지거나 서로 다른 결합을 형성함으로써 홀로그램이 지워지는 것으로 예측된다. 하지만 결과적으로 두 조건 모두 100℃의 고온에서도 우수한 회절 효율을 보여줌으로써 열적으로 안정된 소자 제작이 가능함을 보여주었으며, 별도의 냉각 시스템을 구성한다면 120℃ 이상의 고온에서도 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 논문은 2001년도 인천대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1] 윤병호, 김남, "은염 홀로그래픽 회절 격자의 제작에서 표백과 노광량의 촉매작용에 관한 새로운 해석," 한국광학회지, 제7권 4호, pp. 314-321, 1996.
- [2] 김정희, 안준원, 김 남, 이권연, "홀로그래픽 광메모리에서 이진 영상처리를 이용한 컬러 영상 기록 및 복원," 대한전자공학회, D편 제36권 11호, pp. 71-81, 1999.
- [3] J. J. Hopfield, "Neural networks and physical systems with emergent collective computation abilities," *Proc. Natl. Sci., U.S.A.*, pp. 2554-2558, 1982.
- [4] 이권연, 안준원, 김 남, "홀로그래픽 부피 격자를 이용한 1×16 DMUX," *대한 전자공학회논문지*, SD편 제37권 5호, pp. 31-38, 2000.
- [5] A. M. Weber, W. K. Smothers, T. J. Trout, and D. J. Mickish, "Hologram recording in DuPont's new photopolymer materials," *SPIE*, vol. 1212, pp. 30-39, 1990.
- [6] B. M. Monroe, W. K. Smothers, D. E. Keys, R. R. Krebs, D. J. Mickish, A. F. Harrington, S. R. Schicker, M. K. Armstrong, D. M. T. Chan, and C. I. Weathers, "Improved photopolymers for holographic recording. I. Imaging properties," *J. Imaging Science*, vol. 35, no. 1, pp. 19-25, 1991.
- [7] A. Pu and D. Psaltis, "High-density recording in photopolymer based holographic three-dimension disks," *Appl. Opt.*, vol. 35, no. 14, pp. 2389-2398, 1996.
- [8] O. Beyer, I. Nee, F. Havermeier, and K. Buse, "Holographic recording of Bragg gratings for wavelength division multiplexing in diped and partially polymerized poly(methyl methacrylate)," *Appl. Opt.*, vol. 42, no. 1, pp. 30-37, 2003.
- [9] S. Han, T. Kim, S. Chung, and B. Lee, "Dispersion characteristics of holographic multiple-channel demultiplexers," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 16, no. 8, pp. 1897-1881, 2004.
- [10] K.-Y. Lee, J.-W. An, and N. Kim, "Experimental demonstration of 50 GHz-spaced 42-channel volume holographic demultiplexer," *Electronics Letters*, vol. 38, pp. 730-732, 2002.
- [11] Jung-Hoi Kim, Jae-Kwang Choi, Jun-Won An, Nam Kim, "Demonstration of holographic smart card system with use of the optical memory technology," *Optical Society of America. IS&T/SPIE's 15th Annual Symposium. Electronic Imaging, 5005A : Practical Holography XVII*, pp. 106, 2003.
- [12] J. S. Yoon, N. Kim, "Triple encryption packing scheme for preserving from the reproduction and protecting the information," *The Japan Society of Applied Physics*, vol. 41, no. 3B, pp. L305-306, 2002.
- [13] William J. Gambogi, Andrew M. Weber and T. John Trout, "Advances and applications of DuPont holographic photopolymers," *SPIE*, vol. 2043, pp. 2-13, 1993.

## Analysis of thermal properties of the photopolymer hologram for practical applications

Jung hoi Kim<sup>†</sup>, Hang su Lee, and Nam Kim

*Dept. of Computer&Communication Eng., Chungbuk Nat'l Univ.  
Industrial Technology Research Park 804, 12, Gaesindong Cheongju Chungbuk 361-736, Korea*

<sup>†</sup>*E-mail: jhkim@osp.chungbuk.ac.kr*

Seok hee Jeon

*Electronic Engineering Department, Incheon University  
177 Dohwa-dong Namgu Incheon, Korea 402-749*

(Received Juny August 18, 2004, Revised manuscript January March 30, 2005)

This paper presents the thermal characteristics of a Bragg grating recorded in photopolymer. We record hologram gratings using a 532 nm Nd : YAG laser in DuPont HRF 150-38 photopolymer films and analyze the diffraction efficiency versus thermal exposure conditions. For the case of recording after heating, the diffraction efficiency of the hologram is more than 70% at 100 °C but is decreased exponentially at temperatures over 100°C. It is observed in the recording before heating that the diffraction efficiency of the hologram fixed by a UV light is increased to approximately 10% at 100°C, but the holograms are erased at temperatures over 120°C.

OCIS Codes : 050.1950, 090.1970, 090.2900, 160.5470.