

# UV LED 이용한 광경화성수지 응고 실험

## Experiment of Solidifying Photo Sensitive Polymer by using UV LED

#강병훈<sup>1</sup>, \*신성열<sup>1</sup>, 진승은<sup>1</sup>, 임미리<sup>1</sup>, 이수진<sup>2</sup>, 김종수<sup>2</sup>  
 #B. H. Kang<sup>1</sup>(kangb@kpu.ac.kr), \* S. Y. Shin<sup>1</sup>, S. E. Jin<sup>1</sup>, M. L. Im<sup>1</sup>, S. J. Lee<sup>2</sup>, J. S. Kim<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>한국산업기술대학교 기계설계공학과, <sup>2</sup>(주)프로텍 기술연구소

Key words : Rapid Prototype, Photo Sensitive Polymer, Piezo Actuator, UV LED, 3D Microstructure

### 1. 서론

최근 나노/마이크로 공정기술의 발달로 마이크로 단위의 형상 제작 분야에 대한 관심과 투자가 급격히 증가하였고, 특히 첨단 계측 장비, 초소형 측정기구 등이 활발히 발전하면서 정밀도가 높은 제품을 제작하는 여러 연구가 진행 중에 있다. 이에 따라, 3차원 형상을 제작할 수 있는 공정에 대한 연구가 최근 몇 년간 진행되고 있으며, 제품의 CAD Data로부터 플라스틱, 종이, 광경화성 수지, 금속 등의 재료를 이용하여 3차원 형상을 쉽게 제작할 수 있는 쾌속 조형 기술(Rapid Prototype)이 도입되었다. 쾌속 조형기술은 3차원 형상을 2차원의 얇은 판들을 적층시켜 순차적으로 한 층씩 쌓아 올려감에 따라 복잡한 3차원 형상을 빠른 시간 내에 조형 할 수 있는 기술이다. 쾌속 조형 기술에는 플라스틱 용착을 이용한 공정으로는 FDM(Fused Deposition Modeling), 광경화성 수지 경화를 이용하는 공정인 SLA(Stereo Lithography Apparatus), 분말 재료 소결을 이용하는 공정으로는 선택적으로 레이저를 소결 시키는 공정인 SLS(Selective Laser Sintering), 직접식 금속 레이저 소결 공정인 DMLS(Direct Metal Laser Sintering) 3차원 프린터용 공정인 3DP(Three Dimensional Printing), 다중 제트 분사 공정인 MJM(Multi-Jet Modeling) 등이 있다.<sup>[1-5]</sup> 본 연구에서는 기존의 레이저를 이용한 SLA 광조형법과 대비하여 LED UV광원을 이용한 소형화가 가능한 3차원 형상 가공 기술에 대하여 제안 하였다.

### 2. LED광원을 이용한 광조형법(Stereolithography)

#### 2.1 광조형법의 원리

최근 마스크(Mask)를 이용하여 실리콘 웨이퍼 위에 선택적으로 UV자외선을 조사하는 포토리소그래피(Photolithography) 기술은 실리콘 위에 미세한 층(Layer)을 적층하여 원하는 구조물을 제작할 수 있으나 적층 회수에 따라 각각 마스크를 필요로 하기 때문에 비용이 많이 들거나 한계가 있다. 이러한 한계를 극복할 수 있는 방법이 광조형법(Stereolithography)인데 이는 액체 상태인 광경화성수지(Photo Sensitive Liquid Polymer)에 광을 조사시켜 한 층씩 적층시켜 3차원 형상의 구조물(Structure)을 만드는 기술이다. 광조형법의 공정원리는 Fig. 1 을 보면 알 수 있다.

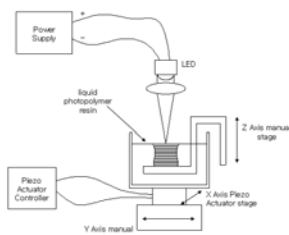


Fig. 1 Configuration of UV LED Stereolithography System

#### 2.2 시스템 구성

현재 대부분의 광조형법공정에 사용되는 광경화성 수지는 200nm ~ 400nm 범위의 UV 자외선 파장의 빛에서 반응을 일으키는 수지가 사용되고 있으며 광 경화를 위한 광원으로는 Ar laser, He-Cd laser 등의 UV 자외선 레이저 빔이나 광섬유와 광학계장치를 이용하여 수은램프, 메탈 할라이드 램프 등을 사용하는 것이 일반적이다.

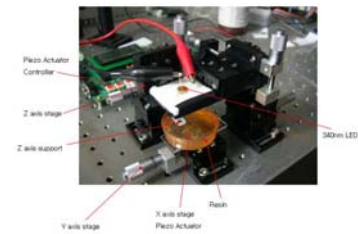


Fig. 2 Picture of the UV LED Stereolithography System

본 연구에서는 위와 같이 일반적으로 사용되는 광원들 보다는 가격이 저렴하고, 설치가 간단한 UV LED를 사용하였고, LED 입력전압을 조절함으로써 레진 응고를 위한 광량(Power)을 조절 하였다. 3차원의 형상을 제작하기위한 제어 가능한 3축 스테이지는 Fig.2와 같이 x축은 피에조 액츄에이터(Piezo Actuator) 타입의 스테이지를 사용 하였고, y축과 z축은 수동 스테이지를 사용하여 실험을 실시하였다. 피에조 액츄에이터의 속도 제어는 입력펄스(pulse),주파수(Frequency)를 조절하여 구동하였다.

본 연구에서 사용한 LED UV 광원의 입력전압에 대한 파워특성을 파악하기 위하여 입력전압을 조절하여 광량을 변화 시키며 광경화성 수지에 접촉되는 위치에 광량 센서를 위치시켜 광량을 측정하였다. 실험에 사용한 310nm, 340nm 파장의 UV LED를 측정된 결과 Fig. 4와 같은 결과를 얻었다.

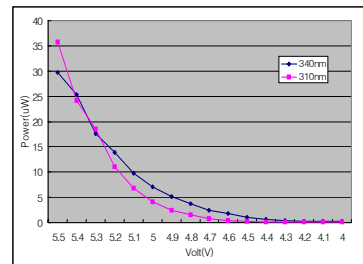


Fig. 3 Power Characteristic Curves of 310nm/340nm UV LED

위 실험은 빛의 초점이 집중되는 부분에 센서를 위치시켜 측정된 결과이며 빛의 모이는 초점의 스팟 사이즈(spot size)의 단위 면적당 광량으로 환산하면 다음과 같다.

$$W = \frac{P}{A} \left( A = \frac{\pi d^2}{4} \right) \dots(1)$$

여기서, 단위면적당 광량은 W, 파워미터에 측정된 값은 P, 스팟의 면적은 A이다. 여기서 스팟 사이즈의 지름을 2mm라고 가정하고 계산한 결과는 table 1과 같다.

Table 1 Power of Unit-Area

Volt(V)	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	5
340nm LED Power(uW/mm <sup>2</sup> )	9.47	8.06	5.62	4.4	3.11	2.23
310nm LED Power(uW/mm <sup>2</sup> )	11.37	7.69	5.91	3.53	2.17	1.30

LED UV 광원을 사용한 쾌속조형 공정을 위해서는 광경화성 수지가 LED UV 광원에 경화하는 특성을 파악할 필요가 있는데 이를 위하여 본 연구에서는 시간, 파장, 광량을 변수로 실험을 실시하였다.

### 3. 3차원 형상 제작을 위한 실험

#### 3.1 광경화성 수지 3차원 면 제작

3차원 형상의 제작을 위해서는 광경화성 수지의 면 위에 제작하고자 하는 제품의 단면 형상대로 경로를 따라 경화시켜 나가야 한다. 이를 위해서는 빛이 조사되는 수지 면 위의 위치가 지속적으로 변경되어야 하는데 본 연구에서는 속도제어에 적합한 피에조 액츄에이터와 수동 스테이지를 사용하여 실험을 하였다.

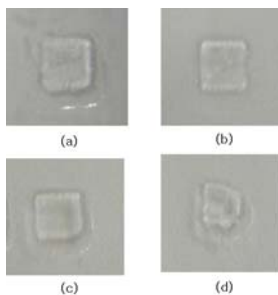


Fig. 4 Picture of the area cured with various time differences (a) 30sec, (b) 20sec, (c) 10sec, (d) 5sec

3차원 형상의 구조물을 적층시켜 제작하기 위해서는 Fig. 9와 같이 플레이트(plate) 위에 수지를 바르고 x축과 y축 방향으로 일정한 간격만큼 옮겨가게 되면 사각형 면을 생성하였다. x축은 피에조스테이지를 이용한 LED 광원의 조사시간을 30초, 20초, 10초, 5초로 가변시키고, y축은 수동 스테이지를 이용하여 0.5mm 스텝(step)씩 y축으로 8회 이동시켜 사각형 형상을 제작하였다.

#### 3.2 광경화성 수지 3차원 형상 제작

3차원의 형상을 제작하기 위해서는 광경화성 수지의 면 위에 제작하고자 하는 제품의 단면 형상대로 경로를 따라 적층시켜 나가야 한다. 그 후, 경화된 수지 위에 수지를 적층시켜 경화시켜 나가야 한다. 이를 위해 x축은 피에조 액츄에이터, y축은 수동 스테이지를 사용하고, 사각형 형상의 단면 생성 후 z축 스테이지를 총 10회 0.2mm씩 내려 같은 방법으로 경화된 단면 위에 적층하여 Fig. 5 과 같은 고체 형상을 제작하였다.<sup>6)</sup> 적층시킨 형상을 SUSS Microtec 사의 Probe Station 광학현미경을 이용하여 20배 확대 관찰하였다.

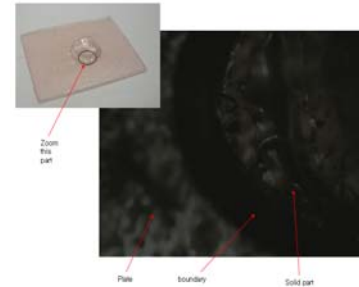


Fig. 5 Picture of ×20 Magnified layered solid shape with photo sensitive polymer

## 4. 결론

현재 활발히 연구되고 있는 광조형법(Stereolithography) 공정의 광원으로 사용되는 UV 자외선 레이저나 메탈 할라이드 램프 등은 장비의 설치가 어렵고, 고가이기 때문에 많은 비용이 든다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 비교적 설치가 쉽고, 비용이 적게 드는 UV LED를 광원으로 광경화성 수지 경화 실험을 하였다. UV LED에서 광경화성 수지를 반응시킬 수 있는 임계노광량(Critical exposure) 이상의 충분한 광량(power)이 발생하면 경화된 수지 면 위에 적층도 가능하여 광조형법 공정의 광원으로써 가능성이 충분히 있다고 본다. 보다 더 정밀한 3차원 미세구조물 제작을 위하여 UV LED 빛의 스팟 사이즈(spot size)를 줄이고, 광량, 파장, 시간에 대한 수지의 경화반응에 대한 더 많은 연구가 필요하다고 본다.

## 참고문헌

1. W. J. Kang, J. A. Kim, S. H. Lee, I. H. Paik, "A study on the manufacture and the performance evaluation of stereolithography system", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 16, No. 4, 1999
2. B. S. Shin, S. B. Yang, W. S. Chang, J. G. Kim, J. M. Kim, "Rapid Manufacturing of 3D-Shaped Microstructures by UV Laswe Ablation", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 21, No. 7, 2004
3. B. G. Loh, W. S. Kim, K. B. Shim, "Fabrication of Micro-channels for wave-micropump using stereolithography and UV photolithography", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 24, No. 12, 2007
4. J. Y. Kim, Y. S. Kim, L. K. Kwac, J.H Han, "Computer simulation and control performance evaluation of ultra precision positioning apparatus using piezo actuator", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, pp118-122, 2000
5. D. G. Ahn, D. Y. Yang, "Principle of Rapid Prototyping and its trends", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 22, No. 10, 2005
6. D. Y. Yang, S. H. Park, T. W. Lim, "Fabrication of three-dimensional microstructures using nano Stereolithography process", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 22, No. 10, 2005