

## 저진공 Single-step UV 나노임프린트 장치 개발

김기돈\*(한국기계연구원), 정준호(한국기계연구원), 이응숙(한국기계연구원), 도현정(비앤피사이언스), 신흥수(비앤피사이언스), 최우범(비앤피사이언스)

### The Development of Single-Step UV-NIL Tool Using Low Vacuum Environment and Additive Air Pressure

K. D. KIM(KIMM), J. H. Jeong(KIMM), E. S. Lee(KIMM), H. J. Do(BNP Science), H. S. Shin(BNP Science), W. B. Choi (BNP Science)

#### ABSTRACT

UV-NIL is a promising technology for the fabrication of sub-100 nm features. Due to non-uniformity of the residual layer thickness (RLT) and a strong possibility of defects, many UV-NIL processes have been developed and some are commercially available at present, most are based on the "step-and-repeat" nanoimprint technique, which employs a small-area stamp, much smaller than the substrate. This is mainly because, when a large-area stamp is used, it is difficult to obtain acceptable uniform residual layer thickness and/or to avoid defects such as air entrapment. As an attempt to enable UV-NIL with a large-area stamp for high throughput, we propose a new UV-NIL tool that is able to imprint 4 inch wafer in a low vacuum environment at a single step.

**Key Words :** UV nanoimprint (광경화 나노임프린트), Low vacuum environment (저진공 환경), Additive air pressure(부가적 공기압)

#### 1. 서론

나노임프린트(nanoimprint lithography, NIL) 공정 기술은 나노 스케일의 패턴을 경제적으로 대량 생산할 수 있는 장점을 가진 기술로 6 nm 크기의 나노 구조물도 임프린트가 가능하다는 결과들이 발표된 바가 있다. 일반적으로 이와 같은 나노임프린트 공정은 크게 가열에 의한 방식(thermal-type NIL)과 광경화 방식(UV-NIL)으로 나뉘어진다. 가열에 의한 방식은 열가소성수지를 고온으로 가열 후 압력이 가해진 스탬프(stamp)로 나노 구조물을 제작하는 방법이다. 하지만, 높은 압력과 열 영향으로 몰드의 내구성 및 몰드의 변형에 의한 위치 제어에 취약하며, 집적도를 높이기 위한 다층의 제조 방법에 제약이 따른다. 이에 반하여, 본 논문에서 사용하는 광경화 수지를 이용한 나노임프린트공정은 저압과 상온에서 공정 수행이 가능하여 다층 구조 제작에 유리하며, 공정의 안정성 유지가 용이하다.

UV-나노임프린트 공정은 나노크기의 패턴(pattern)을 갖는 투명한 스탬프를 사용하여 박막 수지층 또는 수지 액적을 가압한 상태에서 스탬프를 통과하여 조사된 자외선으로 수지를 경화시켜 Fig. 1 과 같이 웨이퍼(wafer)에 패턴을 전사한다.

대기압환경하에서 UV-나노임프린트공정을 대면적 웨이퍼 임프린트에 적용할 때 공기 함입 결함

을 해결하기 위해 Jeong<sup>(1)</sup> 등은 EPS(elementwise patterned stamp)를 제안하였다. EPS는 패턴이 새겨진 단위 요소와 단위 요소 사이에 채널(channel)이 존재하여 임프린트 시 요소 내부에 있던 공기의 원활한 배출을 가능케 한다. EPS를 사용하여 100 nm 이하의 패턴을 성공적으로 전사하였으나, 이와 같은 EPS에는 공기 배출을 위한 채널이 존재하여 스탬프의 전체 면적으로 모두 패턴으로 형성할 수 없는 단점이 있다. 본 연구에서는 이와 같은 문제점의 해결을 위한 공기의 함입을 억제하고 균일한 잔류층 분포를 얻을 수 있는 UV 임프린트 장치의 개발하였다.

#### 2. 본론

대면적 single-step UV 임프린트 공정을 위하여 4 inch 를 기반으로 하는 저진공 임프린트 장치를 개발하였다. 개발된 임프린트 장치는 Fig. 2 와 같다. 장치는 크게 적층 정렬을 위한 광학시스템, 스탬프 척, 웨이퍼 척으로 구성되어있다. 특히, 웨이퍼 척 부분에는 Fig. 2 와 같이 저진공 환경을 만들 수 있는 O-ring 이 존재하며 진공 접촉에 의하여 임프린트가 수행될 때 부가적인 압력을 웨이퍼의 아래쪽에서 가할 수 있도록 공기가 나오는 부분으로 구성되어있다. (Fig. 3) 설명한 웨이퍼 척은 모터에 의해

구동되는 스테이지 위에 위치하며 반구형 볼에 의해서 O-ring 이 스탬프와 접촉할 때 웨이퍼 칩의 수평을 잡아 주는 시스템으로 구성되어 있다.

공정 순서는 스탬프의 로딩으로 시작되며 반구형 볼에 의하여 수평을 유지한 상태로 스탬프 칩에 스탬프가 고정된다. 이후 웨이퍼가 로딩되고 웨이퍼 밖을 감싸고 있던 O-ring 이 위로 상승한다. 위와 같은 O-ring 의 상승은 스탬프와 웨이퍼 사이에 일정 공간을 확보하게 되고 진공 펌프에 의해서 이 공간은 저진공 환경이 된다. 진공에 의한 스탬프와 웨이퍼의 접촉 전에 광학계를 통하여 스탬프와 웨이퍼의 정렬이 이뤄진다. (Fig. 4) 정렬 후에 O-ring 이 아래로 내려가면서 스탬프와 웨이퍼가 진공 접촉을 한다. 이때 불안정한 접촉 문제를 해결하기 위하여 웨이퍼의 바닥면을 고압의 공기가(0.4 MPa) 채우면서 2 차적인 가압을 한다. 최종적으로 UV 조사되고 수지가 완전히 경화되면 스탬프와 임프린트된 웨이퍼의 이형을 위하여 압축 공기가 분사된다.

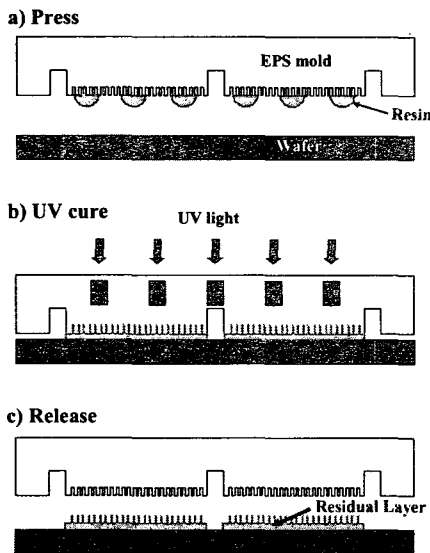


Fig. 1 Schematic imprint process of UV-NIL

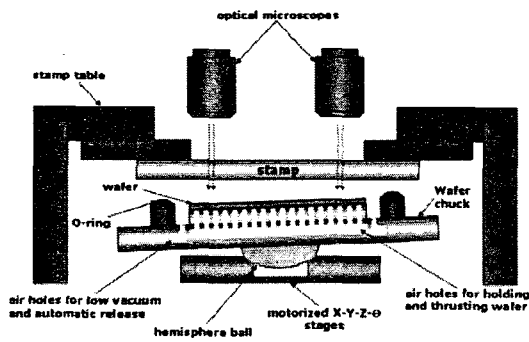


Fig. 2 The operational principle of the proposed UV-NIL

system. This system consists of motorized stages, optical microscopes and wafer chuck including air holes. Imprints are performed in a low vacuum environment with conformal contact between the wafer and the stamp.

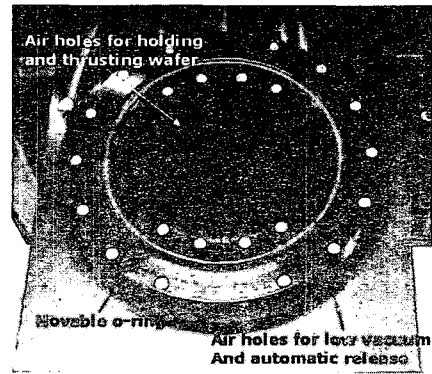


Fig. 3 The wafer chuck consists of movable o-ring used for vacuum chamber and many air holes for holding the wafer, thrusting the wafer, sucking air, and demolding.

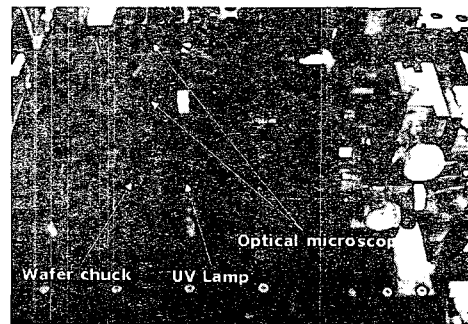


Fig. 4 Optical microscopes used for capturing align marks and automated alignment.

### 3. 결론

대면적 Single-step UV 나노임프린트 공정을 위하여 4 inch 기반의 임프린트 장치를 개발하였다. 본 장치는 자동 패턴 정렬을 위한 광학계 시스템과 공기의 함입을 사전에 방지 할 수 있도록 저진공 환경이 임프린트 공정 수행중에 유지된다. 또한 부가적인 압력을 가하여 잔류층 두께를 편차를 줄이고자 하였다.

### 참고문헌

1. Jeong, J. H., Sim, Y. S., Sohn, H., and Lee, E. S., 2004, "UV-nanoimprint Lithography Using an Elementwise Patterned Stamp," *Microelectron. Eng.*, Vol. 75, pp. 165-171.