

전통 유리공예 원리로 만든 마이크로 렌즈

일본 이화학연구소(RIKEN) 생명기능과학연구센터 연구팀은 박판 유리에 형성된 미세 구멍 속 기체를 열로 팽창시켜 렌즈 기능을 하는 '유리 미소 돔' 구조를 단시간에 높은 정밀도로 대량 제작하는 방법을 개발했다고 밝혔다.

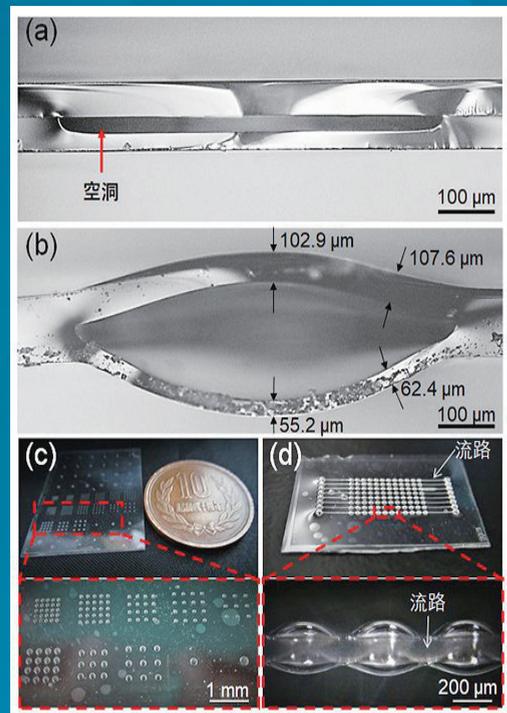
이 연구는 차세대 산업으로 주목받는 분석용 광학 소자와 마이크로 화학 반응이나 의료용 세포 분리 분석 검사 장치, 기판 내장 카메라의 정밀 마이크로 렌즈로 활용될 수 있다는 점에서 기대를 모으고 있다.

연구팀은 얇은 미세한 홈이 있는 유리를 임시로 붙여 임시로 미세한 구멍을 만들었다. 유리 공예 원리를 이용해 유리 기판 사이 미세한 틈 속 공기를 팽창시켰다. 천천히 냉각하는 단계는 설계 치수대로 유리 미소 돔 구조를 형성할 수 있음을 입증했다. 두께 100~250마이크로미터(μm) 유리 판을 사용해 지름 30~1000 μm 의 미세 돔 구조를 만들어 그대로 쓰면 오목렌즈로 사용할 수 있고 충전액을 넣으면 볼록렌즈(돋보기)로 쓸 수 있다. 이렇게 만든 렌즈는 고온에서도 버티고, 산이나 유기 용매에서도 렌즈 기능이 상실되지 않는 것으로 확인됐다.

이번 연구는 국제학술지 '어플라이드 피직스 레터' 인터넷판에 12월 26일에 소개됐다. 이화학연구소는 이 기술을 마이크로 렌즈, 마이크로 렌즈 어레이 전자 몰드 및 마이크로 렌즈의 제조 방법으로 특허를 출원하기도 했다. 곤충의 겹눈과 유사한 투명하고 미세한 돔 구조와 그 집합체는 뛰어난 렌즈 기능이 있어 광학과 생명과학 등은 물론 스마트폰 카메라 센서 모듈 부품에 활용되고 있다. 최근에는 장치가 고성능이면서 작아지고 있어 마이크로 렌즈 제조 기술이 요구되고 있다.

플라스틱 재료는 대량 제작이 쉽지만 유리보다 내구성이 떨어지고 투명도도 떨어진다. 폐플라스틱을 배출하기 때문에 환경 부담의 문제도 있다. 이런 이유로 최근에는 유리 마이크로 렌즈 수요가 늘고 있다. 하지만 유리 역시 미세 가공 과정에서 수고와 시간, 비용이 많이 소요되기 때문에 고정밀 가공을 단시간에 대량으로 생산하는 것이 어렵다.

연구팀은 밀폐된 유리 안에 공기가 열을 받으면 팽창하는 원리를 이용해 유리공예 제품을 만드는 방법에 주목했다. 전통 유리 가공 분야에서는 수백 년간 사용되어 온 전통 기술을 마이크로 스케일 가공에 적용한 것이다. 얇은 유리판에 아주 작은 돔 구조를 정확하고 빠르게, 간편하게 대량 생산하는 기술이다.



(a)박판 유리 가공 한 미세 구멍. (b)형성된 미소 돔 구조, 돔 구조의 중앙부의 유리는 주변에 비해 얇아진다. (c)지름이 다양한 유리 돔 구조. (d)충전액을 주입하기 위한 유로.

유리 미세 돔을 만드는 방법은 간단하다. 먼저 불화수소로 유리를 녹이는 에칭을 통해 유리 기판에 얇은 구멍이를 만든다. 여기에 유리를 덮어 구멍이를 밀폐시킨다. 이 상태에서 압력을 떨어뜨리고 고온으로 가열하면 텅 빈 구멍 속 공기가 팽창하면서 판 유리가 돔 형태로 부풀어 오른다. 돔 형태로 부풀어 오르는 부위를 빼고는 다른 부분은 붙어 있는 상태다. 설계한 모습에 가까워지면 가열을 멈추고 진공 상태에서 서서히 식히면 형상이 유지된 채 미세 돔 구조가 완성된다.

공기가 들어있는 틈 사이로 충전액을 넣지 않으면 유리판 두께 차이만으로 렌즈 역할을 한다. 예를 들어 열팽창을 하면서 렌즈 중앙부의 유리 두께가 더 얇아지면 두 겹의 유리판이 형성되면서 이중 오목 렌즈(정확히는 볼록 오목 렌즈)이 된다. 관찰하는 대상물은 실제보다 작아 보이는 축소렌즈로서 기능을 한다.

유리처럼 공기보다 큰 굴절률을 가진 액체를 넣으면 두 개 볼록 렌즈가 형성된다. 대상물이 실제보다 더 커 보이기 때문에 확대렌즈 기능을 한다. 액체를 주입하면 유리렌즈와 완벽히 똑같지는 않다. 하지만 렌즈 외부는 유리이기 때문에 물리적인 강도나 화학적인 내성은 유리나 같은 성질을 유지한다.

연구팀은 유리 두께와 움푹 팬 부분의 지름과 깊이에 따라 돔 구조가 어떻게 바뀌는지 알아봤다. 그 결과 유리판 두께가 얇고 오

목하게 파인 깊이가 깊을수록 돔이 도드라지게 부풀어 오르는 것으로 나타났다. 이는 유리 경도와 두께를 이론적으로 계산한 것과 잘 일치하는 결과다. 미소 돔 구조 설계가 쉽고 재현성이 뛰어난 것을 확인할 수 있었다. 표면 형상 측정기에 의한 측정하여 돔 구조는 매우 깨끗한 범중형의 3차원 구조와 단면 형상을 가진 것으로 나타났다.

연구팀은 마지막으로 이렇게 만든 유리렌즈가 고온과 강산·유기 용매의 환경에서도 사용할 수 있는지를 확인했다. 그 결과, 핫 플레이트에서 300도 이상으로 가열한 유리 렌즈는 충전액이 있어도 기능을 유지하는 것으로 나타났다. 강산인 황산과 유기 용제의 아세톤 속에서도 속이 찻거나 비어있는 렌즈 모두 기능을 하고 형태를 유지하는 것으로 나타났다. 연구팀은 이런 방식으로 미세 유리 렌즈를 단시간에 다량으로 생산할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 유리로 제작하기 때문에 장기 안정성이 우수하고 극한 조건에서 사용할 수 있어 다양한 산업적 용도로 쓸 수 있을 것으로 전망했다.

연구팀은 지금까지 개발한 유리의 특징을 살려 마이크로 유체 칩이나 세포나 조직 등의 다양한 생체 시료 분석 연구를 진행하고 있다. 이 렌즈는 미세한 채널에 집어넣을 수 있는 크기이기 때문에 바이오 시료 분석에 매우 유용할 것으로 기대를 모으고 있다.

3D 프린팅, 30초 만에 할 수 있다

일본 이화학연구소(RIKEN) 생명기능과학연구센터 연구팀은 박판 유리에 형성된 미세 구멍 속 기체를 열로 팽창시켜 렌즈 기능을 하는 ‘유리 미소 돔’ 구조를 단시간에 높은 정밀도로 대량 제작하는 방법을 개발했다고 밝혔다.

제작 시간을 단축할 수 있는 3차원(D) 프린팅 기술이 등장했다. 물성이 부드러운 물건 출력이 가능해 소형 의료기기 제작에 활용될 전망이다. 최근 스위스 로잔연방공과대 연구진은 2cm 크기 물체를 30초 만에 3D 프린팅하는 기술을 공개했다. 기존 설계와 출력률 사이 오차 값은 80μm로, 머리카락 한 올 크기 차이 정밀도를 구현한다. 기술 원리는 이렇다. 특정한 레이저를 쬐을 때 빛이 닿은 부분만 굳는 광경화 수지를 원통 안에 넣는다. 원통은 제자리에서 빙글빙글 돌고, 물체 모양을 머금은 빛이 원통 속으로 들어간다. 서서히 원하는 물체 모양이 나타나고, 30초 이후에는 완성품이 출력된다.

연구진이 발표한 기술은 기존 3D 프린팅 기술과는 상당히 차별화됐다. 이미 빛과 광경화 수지를 활용한 디지털 광원 처리(DLP) 방