

MEMS 공정과 다이싱 공정을 융합한 반능동형 3세대 패치 시스템용 초미세 바늘 제조 신공정 연구

Micro Needle Manufacturing Novel Process Research for 3G Semi-Active Patch System using MEMS and Dicing Convergence Process

*전태용^{1,2}, #이해진¹, 이나규¹, 송경함¹, 박진호¹

*H. Y. Jeon¹, #H. J. Lee(nalhl@kitech.re.kr)², N. K. Lee¹, S. J. Song¹, J. h. Park¹
¹ 한국생산기술연구원, ² 연세대학교

Key words : MEMS, Dicing, Microneedle, Transdermal Drug Delivery System

1. 서론

피부는 신체에서 가장 넓은 면적을 차지하므로 약물 전달경로로서 매우 매력적이라 할 수 있다. 피부를 통한 약물 전달에서 가장 큰 장벽은 Stratum Corneum 이라고 하는 두께 ~20 μm 의 최 외각 층이다. 자체의 수분 차단성 (Diffusion Coefficient ~10⁻¹⁰ m²/s) 때문에 약물의 확산을 방해한다. 500Da 이상의 고분자 물질이나 친수성인 약물의 경우에는 거의 투과를 시키지 않으며 투과가 가능한 약물은 매우 느리게 투과를 시킨다.

경피를 물리적으로 뚫어 약물을 전달하는 주사기는 널리 이용되고 있으나 약물농도 조절의 어려움과 심각한 스트레스 및 전문적인 투여자의 도움을 받아야 한다는 단점이 있다¹⁾. 이는 미세바늘을 이용하여 μm 스케일의 구멍을 생성하여, 신경이 분포하지 않는 표피층 및 신경이 분포하더라도 극히 일부의 신경만 자극하므로 통증이 거의 없는 진피층까지 침투가 가능하도록 제작이 가능하고, 고분자 물질 및 친수성의 약물도 투과가 가능하므로, 피부를 통한 약물 전달에 있어서 효과적인 방법으로 떠오르고 있다²⁾.

미세 바늘을 제작하는데, 실리콘, 금속, 플라스틱, 생분해성 등의 재료를 바탕으로 다양한 가공기법들이 시도되어 왔다. 미세바늘 마스터 형상은 일반적인 기계가공으로는 제작이 어렵기 때문에, 자외선이나 레이저, x-ray 등의 빛을 이용하는 미세 가공 기술들로 제작되고 있다. 이 중에서 레이저를 이용한 방법은 금속 시트에 직접 2 차원 바늘을 가공할 수 있는 장점이 있지만, 3 차원의 예리한 바늘끝을 형성하지 못해서 바늘의 피부 삽입이 용이하지 않고 레이저는 점광을 스캔하면서 형상가공을 하기 때문에 단품생산에는 유리하나 대량생산에는 부적합하다. X-ray 를 이용한 방법은 고종횡비의 3 차원 구조물을 구현 할 수 있는 장점이 있지만, 싱크로트론 X-ray 는 전세계적으로 인프라가 많이 갖추어져 있지 않아서(대한민국에서는 포항방사광 가속기가 유일함) 자유롭게 이용할 수 없으며, 사용료도 고가이다. 또한 X-ray 노광용 마스크의 제작 비용도 비싸기 때문에 X-ray 를 이용한 방법은 마스터 형상을 제작하는 것을 고려한다고 하더라도 제작 단가가 비싸기 때문에 대량 생산 시스템에 부적합하다. 반면에 자외선은 미세 가공 공정뿐만 아니라 반도체 공정에서도 자외선 사진 식각 공정에서 가장 보편적으로 이용되고 있는 광원으로써, 쉽게 이용할 수 있으며 대량 생산이 가능한 공정이다³⁾.

양산이 가능한 solid 미세바늘을 제작하는데 필요한 사출금형용 몰드 미세바늘 마스터 형상을 제작하기 위해서 본 연구에서는 MEMS 기술 중에서 자외선을 이용하는 자외선 사진 식각 기술을 이용하여 미세바늘 마스터 형상을 만들고 다이싱 공정을 이용하여 3 차원의 날카로운 바늘 끝을 갖는 대량생산에 필요한 사출금형용 몰드를 만들 수 있다.

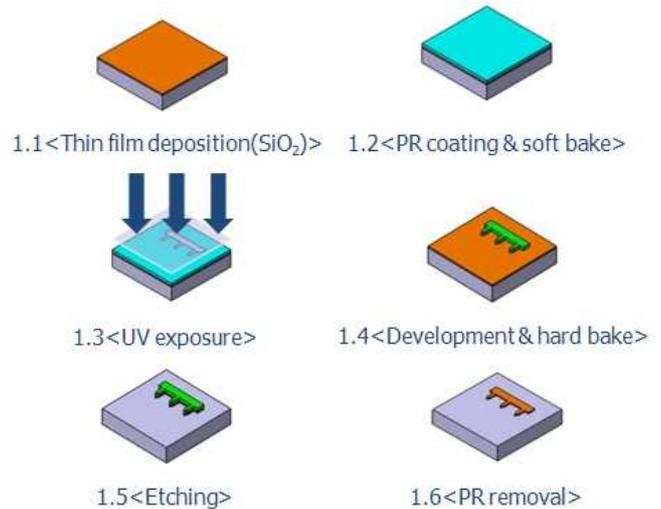


Fig.1 MEMS Process

2. MEMS 공정

Fig. 1 은 MEMS 공정을 이용한 사출금형용 몰드 제작을 위한 미세 바늘 제작과정을 나타낸다. 우선 SiO₂ 를 증착한다. 그 위에 액상의 감광제를 회전도포하여 1~2 μm 두께로 형성하고, 소프트 베이크 하여 감광제 속의 용제를 제거하여 감광제가 끈적거리지 않도록 한다. 감광제가 코팅된 기판에 마스크 정렬 후 자외선을 쬐어주면, 빛을 받은 부분만 현상액에 녹게 된다. 감광제와 기판의 접착력을 향상시키고 감광제를 보다 단단히 하기 위해 하드 베이크를 실시한 후 에칭 용액에 넣으면 감광제의 보호막 역할로 인해 감광제가 없는 부분만 식각이 된다. 마지막으로 에칭시 마스크 역할을 수행한 감광제를 제거하는 공정으로 MEMS 공정이 마무리 된다.

이와 같은 공정은 미세바늘을 형성하는 목적으로 사용되기 때문에 먼지가 적은 클린룸에서 작업이 이루어져야 하며, 감광제를 이용하는 공정은 감광제가 조명에 의해서 감응하는 것을 방지하기 위해서 파장이 긴 yellow room 에서 행해져야 한다.

3. 다이싱 공정

MEMS 공정으로 제작된 마스터 형상은 다이싱 공정을 통하여 피부삽입이 용이한 3 차원의 날카로운 바늘 끝을 얻을 수 있다.

다이싱 블레이드를 이용한 니들부 가공공정에서 가장 어려운 부분이 니들의 바늘부 끝단과 블레이드를 정렬하여 다이싱을 하는 공정이다. 본 연구에서는 Fig.2 와 같은 다이싱 공정의 정렬문제를 해결하기 위하여 실험적으로 다이싱 공정장비의 정렬기준을 맞추었다.

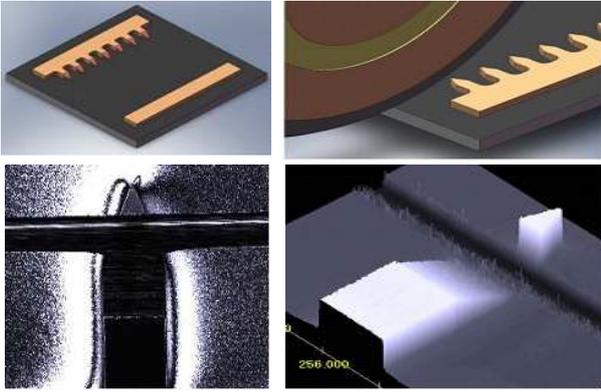


Fig.2 Dicing Process

4. 전기도금 및 사출

기본적인 MEMS 공정으로 제작되는 구조물은 대부분 실리콘이나 깨지기 쉬운 재질이기에 강도가 약하여 이를 성형 몰드로 이용하여 고분자 구조물을 대량생산하기 어렵다. 따라서 연성이 있고 강도가 좋은 금속 재질의 몰드가 요구되므로 기본적인 MEMS 공정으로 미세구조물을 형성하고 그 구조물 위에 전기도금 하여 미세 패터닝 금속 구조물을 얻는다.

대량생산에 유리한 사출공정을 위해 다이싱공정 후 전기도금된 구조물을 이용하여 Fig.3 과 같은 사출용 음각 몰드를 제작한다. 제작된 음각몰드로 사출 금형을 제작하여 저렴한 가격에 대량생산에 적합한 미세바늘을 사출할 수 있다. 금형 안의 음각몰드와 스페이서를 타이트하게 고정시키지 못한 경우 Fig.4 같이 사출 시 사출액이 흘러 사출된 모양을 볼 수 있다. 이는 음각몰드와 스페이서 사이의 공간을 제거하여 Fig.5 같이 원하는 형상을 얻을 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 일반적인 취급에 쉽게 변형되지 않는 강성을 지니는 미세바늘을 인체에 무해한 재질로 대량생산하기 위해 MEMS 공정과 다이싱 공정을 융합한 신공정 기술로 3 차원의 날카로운 바늘 끝을 가지는 미세 바늘을 제작하였다.

MEMS 공정을 사용하여 미세바늘 마스터 형상을 만들고 미세바늘 제작 시 어려운 점인 3 차원의 날카로운 바늘 끝은 다이싱 공정을 사용하여 제작하였다. 이는 기존의 특수한 공정 장비 없이 다이싱 공정을 사용하여 제작한 것으로서 저렴하고 간단하며 대량생산에 유리한 신 공정이다.

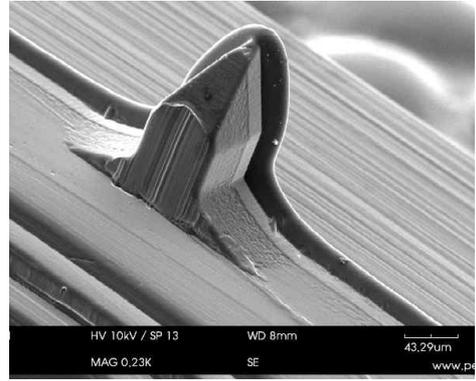


Fig.4 Failure of Microneedle

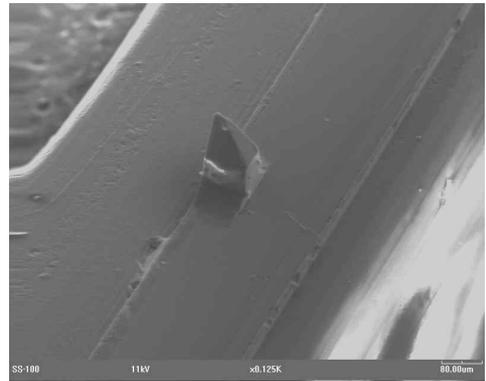


Fig.5 Success of Microneedle

후기

본 연구는 산업기술연구회 협동연구사업 “노인성 질환 예방을 위한 바이오 메디컬 시스템 응용 융합생산기술개발 (B551179-09-02-00)” 과제의 결과로 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 박인백, 하영명, 이석희, “Microstereolithography 와 soft-mold 기법을 이용한 약물형 마이크로 니들 어레이 제작,” 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, 813-814, 2008.
2. Sebastien Henry, Devin V. McAllister, Mark G. Allen, Mark R. Prausnitz, “Microfabricated Microneedles: A Novel Approach to Transdermal Drug Delivery,” Journal of Pharmaceutical Sciences, Vol. 87, No. 8, August, 1998.
3. 한만희, “자외선 경사 노광과 고분자 성형공정을 이용한 미세바늘 제작 공정 개발 및 제작된 미세바늘의 특성 분석,” 박사학위논문.

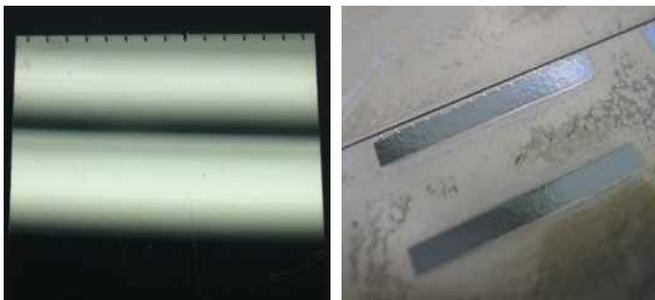


Fig.3 Negative & Positive Mold