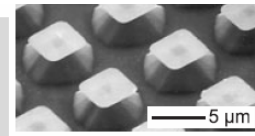


Patterning: Principles and Some New Development

본고에서는 워싱턴대학의 Younan Xia의 나노패터닝관련 최근 리뷰 논문을 소개하고자 한다.

자료출처: Adv. Mater. 2004, 16, 1249

This article provides an overview of various patterning methodologies, and it is organized into three major sections: generation of patterns, replication of patterns, and three-dimensional patterning. Generation of patterns from scratch is usually accomplished by serial techniques that are able to provide arbitrary features. The writing process can be carried out in many different ways. It can be achieved using a rigid stylus; or a focused beam of photons, electrons, and other energetic particles. It can also be accomplished using an electrical or magnetic field; or through localized add-on of materials such as a liquid-like ink from an external source. In addition, some ordered but relatively simple patterns can be formed by means of self-assembly. In replication of patterns, structural information from a mask, master, or stamp is transferred to multiple copies with the use of an appropriate material. The patterned features on a mask are mainly used to direct a flux of radiation or physical matter from a source onto a substrate, whereas a master/stamp serves as the original for replication based on embossing, molding, or printing. The last section of this article deals with three-dimensional patterning, where both vertical and lateral dimensions of a structure need to be precisely controlled to generate well-defined shapes and profiles. The article is illustrated with various examples derived from recent developments in this field.



1. Introduction

정보저장 및 디스플레이, 멤스, 소형센서, 마이크로 유체 소자, 바이오 칩, 광결정 및 광학소자의 제작에 있어서 패터닝 기법이 실질적으로 매우 중요한 요소이다. 이러한 패터닝 기법은 전통은 광식각 공정에서부터 전자빔 식각공정 및 자기조립을 기반으로 하는 바텀업 공정까지 다양한 방법들이 시도되고 있다. 각각의 패터닝 방법들 중에서 특정한 방법을 선택하는 것은 적용기술에 따라서 달라지게 되고, 특히 요구되는 패턴의 크기 및 밀도에 따라서 용이한 방법을 선택해야 한다. 그 외에도 실제적용에 있어서 throughput, overlay accuracy, and resolution등이 고려대상이다. 여기서는 각각에 대해서 세세한 설명보다는 간단한 소개를 중심으로 하고자 하였다.

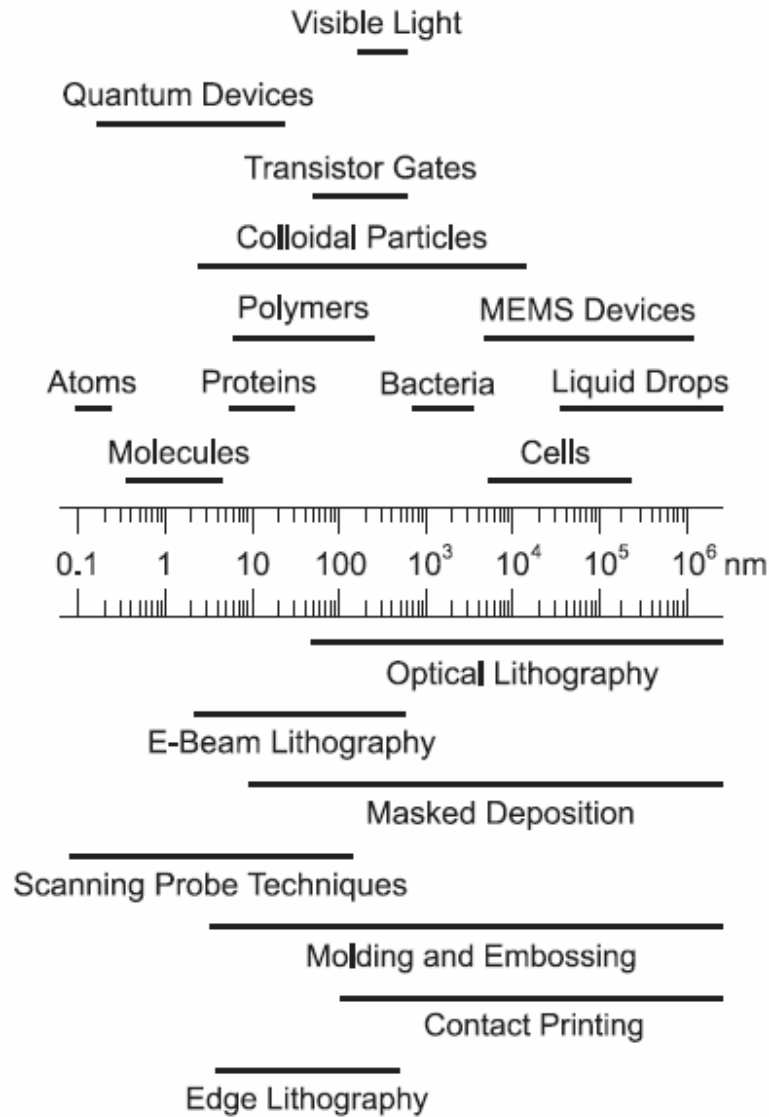


Figure 1. Patterning on various length scales. The scale bar indicates the range of dimensions for a specific object (above the ruler), and the range of feature sizes that have been demonstrated for each type of patterning technique (below the ruler).

한국기계연구원 최대근 (Choi, Dae-Geun)

리소그래피 공정중에서는 AFM tip이나 CNT tip을 사용해서 패터닝이 가능한 SPT (scanning probe techniques)가 가장 정밀한 제작이 가능하나 시간이 오래걸리는 serial 공정이고 그 다음을 E-beam lithography가 수나노부터 패턴제작이 가능하다고 알려져 있다. 소프트 리소그래피와 나노 임프린트 공정이 해당되는 Molding and embossing은 도표상이나 이론적으로는 수나노부터 가능하다고 표시되어져 있으나 실용적인 측면에서 현재 기술수준은 약 20-30nm 부터 가능할것으로 예측된다. 다음으로 shadow mask 를 이용해서 패턴복제를 하는 Masked deposition 기술과 광식각 공정등이 가능하다. 지금까지 가장 많이 사용되고 있는 광식각공정은 (Emersion litho. & EUV 포함) 수십나노 (약50nm) 가 한계인 것 같다. Edge litho는 Xia 와 Whitesides group이 제안한 기술로 일종의 광식각 기술과 소프트리소의 변형인데 사용되는 범위와 고밀도에는 한계가 있는 기술이다.

2. 패터닝

2.1. Top-down

그림 2는 최초 마스터를 제작하는 방법들에 대한 설명이다

최초 패턴을 만드는 방법들로 A,B는 날카로운 팁을 이용해 직접 Contact 에 의해서 패턴을 제작하는 방법이고, C,D는 전자빔,이온빔등 전자, 광자등에 의한 패턴제작공정이다. E, F는 전기장을 이용해서 산화등에 의해서 표면성질을 변형해서 패터닝 하는 방법이며, G, H는 자기장에 의해서 패턴을 제작하는 방법을 보여준다.

그 외에도 그림 3에서 보는 바와 같이 직접 기질위에 물질을 합성하거나 올려놓는 방식으로 패터닝 하는 방법이 있을수 있는데 3A는 빔주변에 반응물질이 반응하는 방식이다.

3B는 잉크젯 프린팅 방식, 3C는 딥펜방식의 패터닝 방법이다.

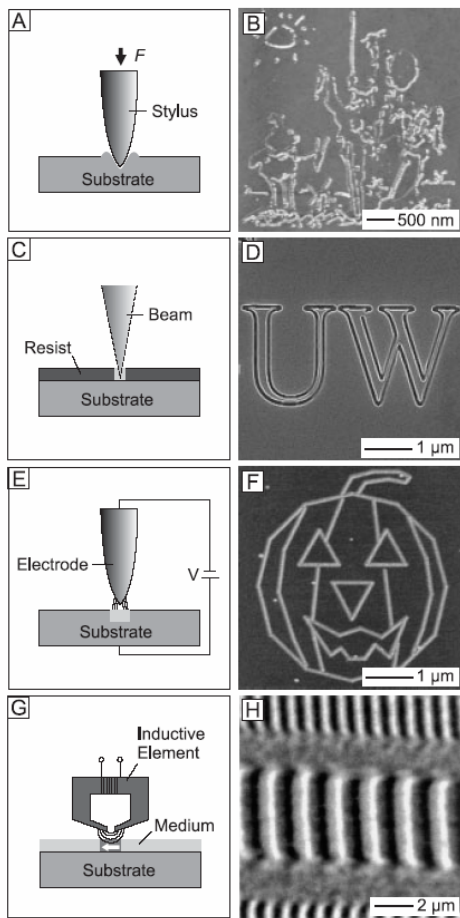


그림 2

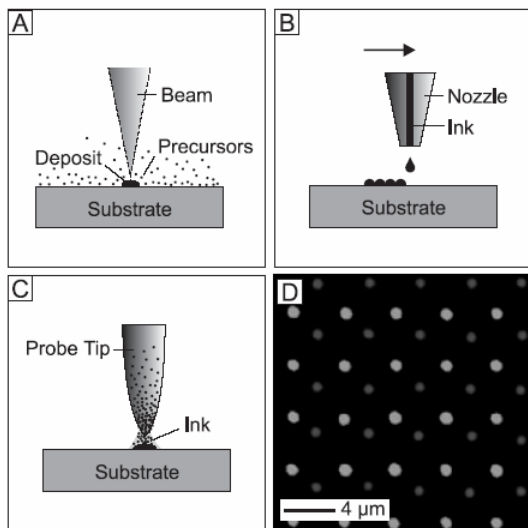


그림 3

2.2 Self-Assembly

자기조립법은 나노 미터 스케일에서 저비용으로 패턴이 가능하다는 장점이 있으며 기본적인 building block이라는 작은 반복단위들을 화학적, 물리적 힘을 이용하여 규칙적으로 배열하는 것을 기본으로 한다. 특히 자연계에 존재하는 생체 친화적 바이오 물질이 이런 성질을 가지고 있으며 중력,외부장,모세관힘,엔트로피 상호인력등을 적절히 조절하면 원하는 구조를 만들수가 있다. 지금까지 패턴닝에 가장 많이 응용된 분야는 블록공중합체와 구형입자 시스템이다. 블록 공중합체란 서로 성질이 다른 두가지 이상의 고분자 단위들이 (fragment) 화학적인 공유결합에 의해서 연결되어있는 고분자를 말하며, 각 단위의 성질 및 길이 조절을 통해 모양 및 패턴크기를 조절이 가능하다. 구형입자의 경우 모세관힘, 엔트로피 및 depletion interaction등을 적절히 조절하면 규칙적인 패턴제조가 가능하며 역시 입자의 크기에 따라 패턴의 크기 조절이 가능한 장점이 있다.

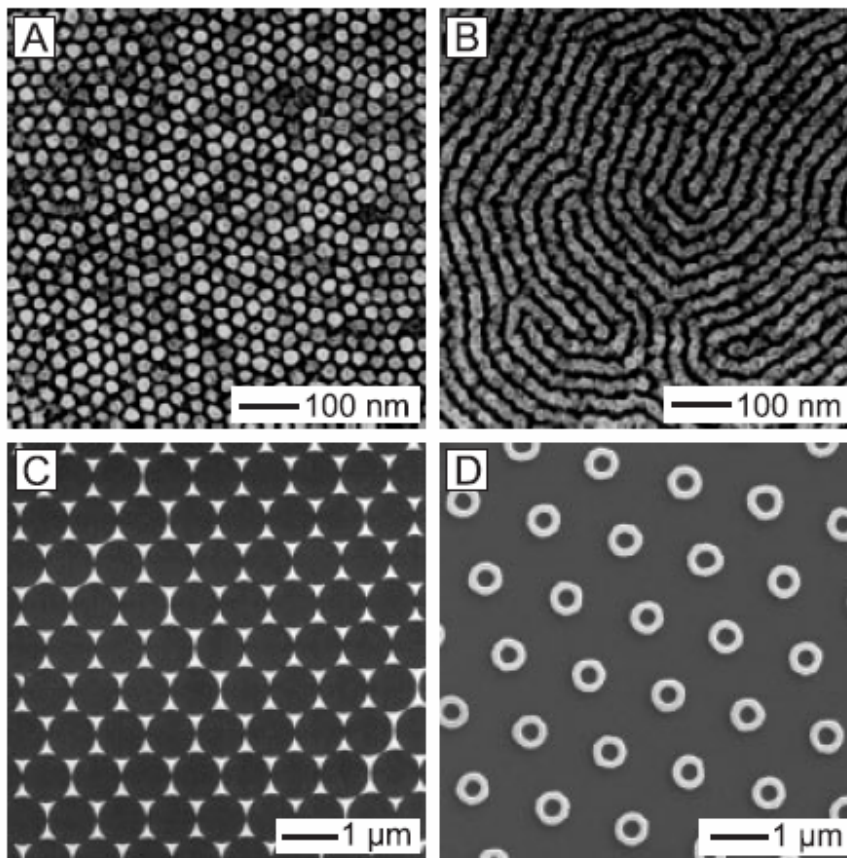


그림 4

그림 4A: 블록공중합체를 이용한 dot 패턴, 4B는 실린더 형태의 패턴 으로 주로 크기가 10나노 부터 50nm 사이의 패터닝에 적용되어 사용되어진다. 그 외 더작은 패턴과 큰 패턴도 가능하지만 각각 문제점이 있어 잘 사용되지는 않는다. 4C와 4D는 구형입자를 이용해서 패터닝을 한거로 RIE등의 에칭공정과 병합되어져 100nm에서 -수마이크로 패턴이 주로 연구되어지고 있다. 두 기술 모두 대면적 무결점 패턴제작이라는 문제점을 해결해야만 실용화 측면에 가까이 접근 할 수 있을것이라 전망되고 많은 사람들이 이 문제를 해결하려고 노력하고 있다.

3. 패턴 복제

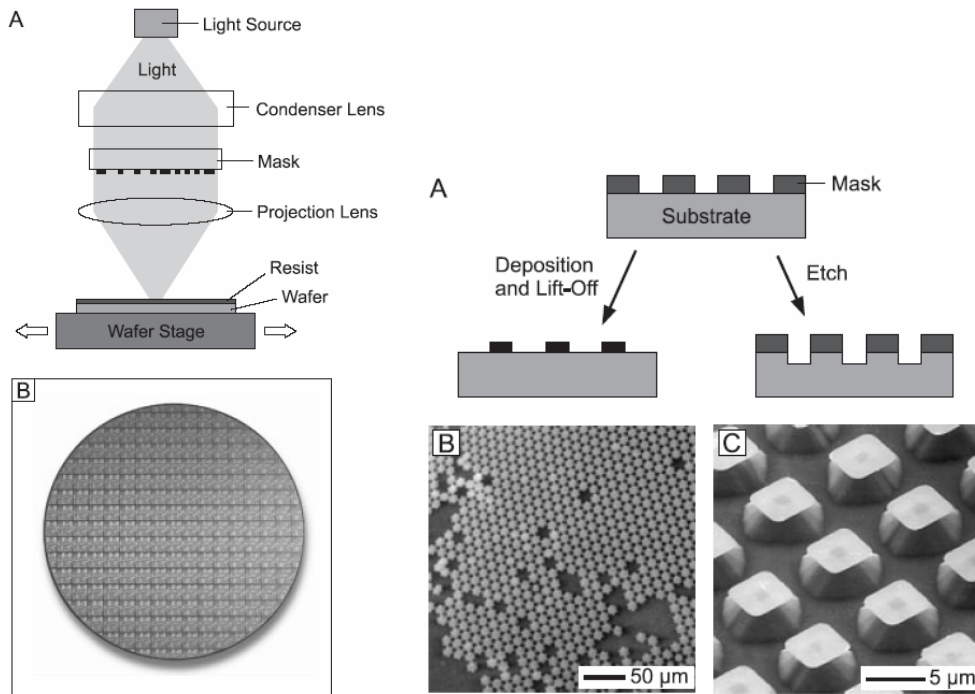


그림5. 마스크를 이용한 패턴 복제방법

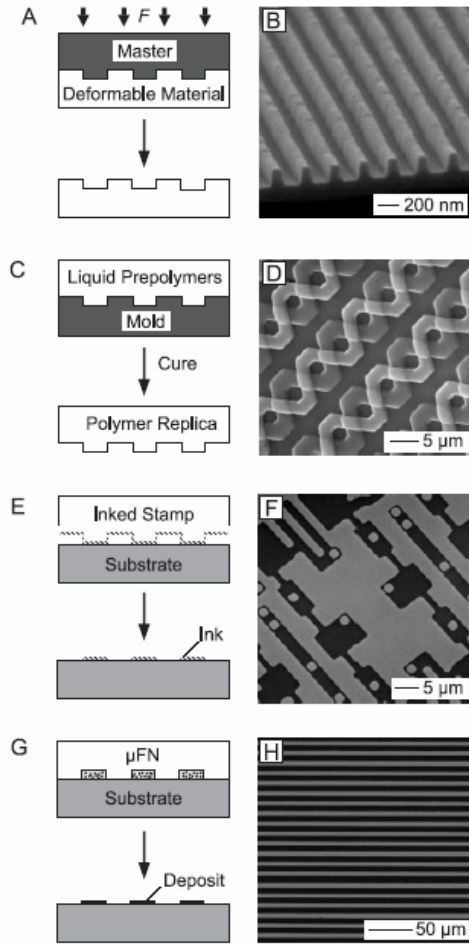


그림 6. 마스터를 이용해서 복제 패턴을 만드는 방법 (주로 임프린트나 소프트리소그래피 기술등이 여기에 해당된다)

4. 3차원 구조물 패터닝

2차원 구조의 제작이 비교적 쉬운 반면 지금까지 많은 시도가 행해졌지만 3차원 패터닝은 여전히 패터닝 분야에서는 큰 도전과제 중의 하나다. 광학적으로 시도된 예는 그림 7A와 같이 Two-photon polymerization이라는 이광자 중합법에 의해서 만드는 방법이 대표적으로 원하는 부분을 3차원으로 패터닝할수 있게된다. 마찬가지로 개념으로 7B는 holography 에 의한 3차원 구조로, 주로 photon의 보강 상쇄 간섭들을, 즉 레이저의 interference 간섭현상을 이용해서 패터닝이 가능하다. 현재는 이 방법이 규칙적인 3차원 구조를 만드는 유력한 방법중의 하나다. 4C는 광식각 공정에 의한 구조이며 4D는 Layer by layer 방법에 의해서 한층씩 쌓아나가는 방법으로 정교한 실험 기술이 요구되어진다. 7E와 F는 구형 콜로이드 입자를 이용해서 규칙적인 3차원 구조의 광결정을 제조한 것으로 Defect control이 관건이다.

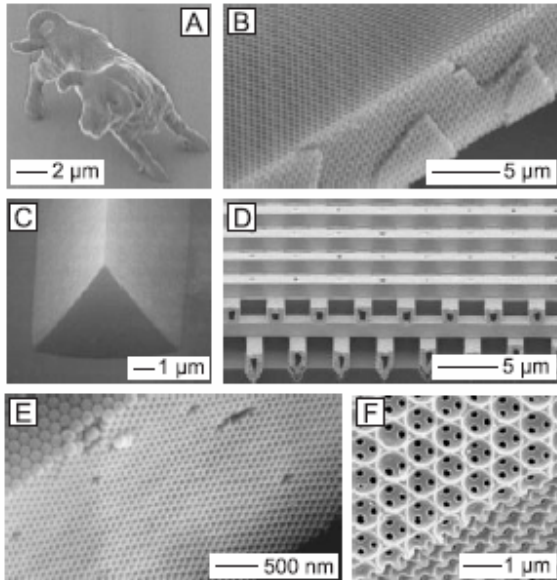


그림 7. 3차원 구조물