

◆특집◆

# 메조 측정기술의 산업적 중요성

김승우\*

## Meso-Measurement Technology and Its Industrial Importance

Seung-Woo Kim\*

**Key Words :** Precision Metrology(정밀측정), Meso-Measurement Technology(메조 측정기술)

### 1. 서론

오늘날 선진국 경제의 산업적인 특성은 소위 전략제품의 대량생산에의 의존도가 극도로 증대되고 있으며, 이의 국제적 경쟁력을 유지하기 위해 대규모의 투자자본과 기술개발이 집약되고 있다. 지난 20 년간을 돌이켜보면 반도체가 세계시장에서 가장 큰 규모의 전략제품군을 형성하였으며, 이의 급속적인 성장은 측정기술의 획기적인 발전을 유도하여 왔다. 반도체 생산에 요구되는 제반 측정기술들은 "초정밀"을 공통 특성으로 하고 있으며, 반도체의 최소선폭(critical dimension)의 감소와 더불어 원자단위의 측정분해능을 구현하게 되었다. 이제는 이에 대한 제반 측정기술이 나노측정기술(nano-metrology)이라는 기술영역으로 지칭되고 있으며, 이러한 극초정밀 측정기술은 기존의 노광(lithography)을 근거로 한 반도체의 생산기술이 유지되는 한 이와 더불어 지속적인 발전을 계속할 것으로 예측된다.

최근 들어 측정기술의 새로운 영역으로 소위 "메조측정기술"(meso-measurement)이 많은 주목을 받으며 부각되고 있다. 메조측정의 메조(meso-)는 접두사로서 "중간"이라는 의미를 갖는다. 이는 미세하다는 마이크로(micro-)와 대형을 의미하는 마

크로(macro-)의 두 접두사의 중간 영역을 지칭한다. 마이크로측정은 일반적으로 마이크로론 또는 그 이하 수준의 절대정밀도를 구현하는 제반 측정기술을 통칭하며, 매크로측정은 0.1 미터 이상의 측정범위를 갖으며 상대적으로 0.1 밀리미터 수준의 정밀도를 구현하는 측정을 의미한다. 이들에 비교하여 메조측정기술은 마이크로와 매크로 중간의 측정으로 1-10 마이크로 정도 정밀도를 수십 밀리미터 이상의 측정영역에서 효과적인 측정기술을 의미한다.

오늘날 메조측정기술의 부각은 오늘날 전자제품기술의 발전에 기인한다. 대표적인 예가 프린트 회로기판 PCB(printed circuit boards)으로 과거에는 도금된 구리판을 부식하여 원하는 회로기판을 제작하였다. 그러나 오늘날 휴대폰에서와 같이 작은 면적에 많은 회로를 집적하여야 요구에 따라 반도체 생산에 응용되고 있는 노광기술이 도입되고 있으며, 이와 더불어 반도체 칩을 회로기판 표면에 직접 장착하는 새로운 여러 기술들이 개발되고 있다. 또한 플라즈마 디스플레이와 같은 고해상도의 새로운 영상매체의 등장으로 이를 대량생산함에 있어 메조측정기술이 절대적으로 요구되고 있다. 또한 차세대의 주역이 될 MEMS, 마이크로시스템, 밀리구조물에 의한 다양한 신제품의 개발 추세는 메조측정기술의 수요를 더욱 가속적으로 증대시키고 있다.

\* 한국과학기술원 기계공학과  
Tel. 042-869-3217, Fax. 042-869-3095, Email swk@cais.kaist.ac.kr  
공간섭에 의한 초정밀 측정 및 정밀 기계시스템 설계에 대한 연구를 수행하고 있다.

이러한 산업적 수요 전망에도 불구하고 제조 측정기술의 세계적인 수준은 대단히 미약한 수준에 머무르고 있는 실정이다. 이에 대한 가장 큰 이유는 지난 20 년간 반도체 생산의 주도로 인해 측정의 분해능과 정밀도를 향상시키는 마이크로 측정기술의 향상에 연구개발이 집중화되었던 현실을 들 수 있겠지만, 또 다른 주요 이유로는 제조 측정을 효과적으로 구현할 수 있는 기초측정원리의 창출이 어려운 기술적인 문제점도 중요한 원인이다. 그러나 분명한 현실은 제조 측정기술의 대규모 수요는 동 분야에 대한 연구개발을 촉발할 것이며, 이에 대한 국제적인 동향에 발 맞추어 국내의 측정연구 인력과 투자를 신속하게 서둘러야 준비하여야 한다는 점이다. 이를 통해 지난 20 여년간 반도체의 경우에서와 같이 고가로 수입된 선진 측정기술에 무기력하게 전적으로 의존할 수밖에 없었던 불명예와 수직적 손실을 막을 수 있을 것이다.

## 2. 기술의 정의

먼저 제조 측정기술의 연구개발을 유도함에 있어서 이에 대한 기술적 정의를 규정하여야 할 필요가 있다. 그림 1 은 이를 위한 하나의 도표를 보여주고 있다. 측정의 성능을 표현할 때 사용되는 가장 의미 있는 지수는 정밀도(precision)과 영역(range)이다. 이를 기준으로 산업용으로 요구되는 측정은 그림에서와 같이 크게 네 개의 군으로 구분할 수 있다. 먼저 나노측정(nano-metrology)은 오늘날 과학기술의 하나의 큰 축을 이루는 나노테크놀로지에 대응하는 측정기술 군으로 정밀도가 수십 나노미터에서부터 작게는 원자단위의 옹그스롱에 이른다. 반면, 높은 정밀도에 비해 측정영역은 수 마이크로에서 수 백 마이크로로 한정되는 것이 일반적이다. 다음의 마이크로 측정(micro-measurement)은 반도체와 광부품들과 같은 정밀제품의 측정에 요구되며, 0.1 - 10 마이크로미터의 정밀도이며 측정영역은 수 밀리미터가 일반적이나 광학부품의 경우 1 미터에 이르기도 한다. 그리고 매크로측정은 대형 기계류 부품등에 요구되는 측정기술들로 1 미터의 이상의 측정영역에서 수십 마이크로미터의 측정정밀도가 요구된다. 마지막으로 제조 측정기술의 경우는 1-10 마이크로미터의 측정정밀도를 작게는 수 밀리미터에서 1 미터의, 영역에서 구현될 수 있음을 목표로 한다. 사실상 제조 측정기

술의 산업적 수요가 부가되기 전에도 마이크로와 매크로 사이의 성능을 갖는 측정기술이 부재하고 있음이 학자들 사이에서 지적되었으나 이에 대한 연구개발은 현실적인 이유로 활성화되지는 못하였다.

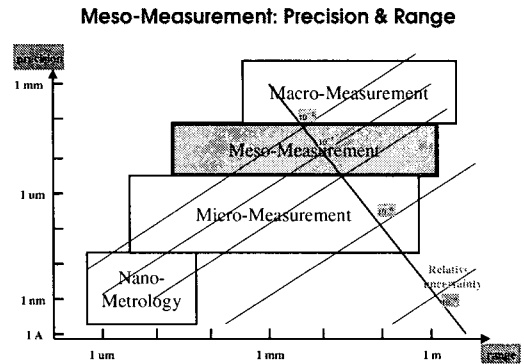


그림 1. 제조 측정의 기술적 정의

## 3. 현 연구 동향

미조 측정기술중 가장 중요한 의미를 갖는 분야가 비접촉 삼차원 형상 측정이다. 이는 생산되는 제품의 치수를 공정중에 검사하고 허용공차내에 가공이 되고 있는가를 확인하는 작업에 필요하게 된다. 이를 위해서는 반드시 비접촉 측정이 요구된다. 그림 2 는 현재 전세계적으로 활발히 연구되고 있는 비접촉 삼차원 측정기술을 측정영역의 크기 관점에서 도표화한 결과이다. 제조 측정기술에 속한 기술은 공초점광학현미경(confocal optical microscopy), 모아레(moire), 그리고 자동초점광학현미경기술 autofocus optical microscopy)를 대표적으로 들 수 있다. 이들의 측정영역은 수십 마이크로에서부터 수십 밀리미터에 걸쳐있으며, 측정점일도는 측정영역의 대략 1/1000 에 해당된다. 현재 이들 기술은 제조 산업제품 분야의 생산에 증가로 인해 연구개발의 진행과 함께 성능이 개선되고 있다. 그러나 이들 기술들의 공통적인 한계는 측정 깊이에 있어서 많은 제한을 갖고있어 측정대상물이 폭에 비해 깊이/높이가 큰 경우에는 측정에 어려운 문제점을 갖는다. 또한 측정대상물이 수직에 가까운 경사가 급한 경우나 표면 반사가 경반사의 성질을 갖는 경우에도 여러 실제적인 제한점을 갖는

다. 그리고 측정의 정밀도가 측정영역의 1/1000 정도에 미치고 있어 이에 대한 획기적인 개선이 요구되고 있다.

는 메조측정기술의 역할이 지극히 증대될 것으로 예상되며, 이에 대비하여 국내의 생산기술의 경쟁

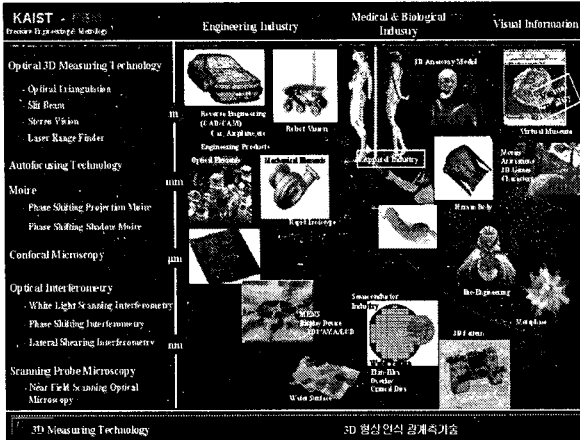


그림 2. 비접촉 삼차원 측정기술의 연구현황.

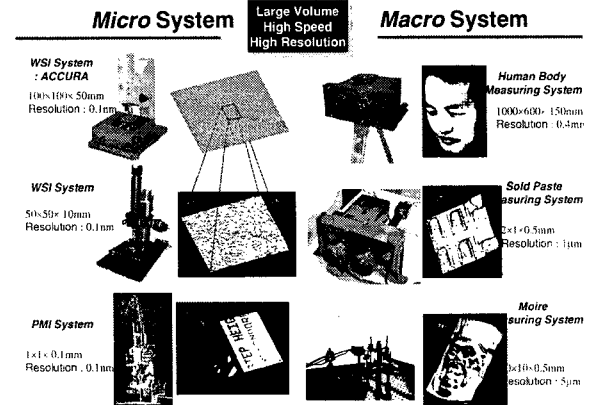


그림 3. 메조측정기술의 기술전망.

메조측정기술의 연구개발의 또 하나의 주류가 앞서 설명한 원리들외에 이미 마이크로나 마크로 측정에서 안정된 성능을 메조측정영역으로의 확장을 들 수 있다. 그림 3 은 이러한 경우의 두 예를 보여준다. 하나는 레이저위상간섭계(laser phase measuring interferometry)로 이는 이제까지 마이크로 영역에서의 측정을 주로 하여 왔다. 그러나 최근에는 백색광(white light)을 이용한 주사간섭계의 개발로 측정의 깊이를 수 밀리미터까지 성공적으로 확장하였다. 앞으로도 이에 대한 연구개발이 지속될 것으로 예상되며, 이는 메조측정의 핵심적인 역할을 담당할 측정기술로 예견되고 있다. 또 하나의 예는 주사식 모아레(projection moire)로 이는 오랫동안 마크로 영역에서의 측정에 주로 활용되어 왔다. 그러나 최근에는 미세격자를 이용한 모아레 간섭기술이 가능하여지면서 회로기판의 납형상을 측정하는 핵심기술로 각광을 받고 있다. 이상의 두 대표적인 예 뿐만 아니라 기존의 측정 성능을 획기적으로 개선하는 사례가 많이 등장할 것으로 예상되고 있다.

4. 결론

이상의 설명을 요약하면 앞으로의 전자 및 통신 그리고 신규로 등장하는 핵심전략 제품의 생산에

력의 확보를 위해서는 메조측정기술에 대한 연구인력과 자본의 투자가 절실히 요청된다는 점이다. 이러한 측정기술의 상향적 변화를 직시하고 국내의 학교, 연구소 그리고 산업계는 국가사업과 민간 연구개발 사업을 통해 이에 대한 조속한 연구개발의 착수가 필수적으로 수행되어야 할 것이다. 끝으로 메조측정기술에 대한 국외의 준비동향에 관심이 있는 분은 다음의 참고문헌에 수록된 자료들을 세부적으로 참조하기 바란다.

참고문헌

1. Manufacturing three-dimensional components and devices at the Meso and Micro scales, a NIST/NSF workshop, May 1999.
2. ATP workshop on MEMs, November 1999.
3. NC/Israel workshop: Micro-Electro-Mechanical Systems technology, design and application, May 2000.
4. T. Masuzawa, "State of the art of micromachining," CIRP keynote, August 2000.
5. H. Van Brussel et al, "Assembly of Microsystems," CIRP keynote, August 2000.
6. MST news, various editions, 2000.