

◆특집◆ 최첨단 가공 NTRM

초정밀 가공시스템 기술의 국가 기술 로드맵

박천홍\*, 황경현\*\*

The National Technology Roadmap of Ultra Precision Machining System

Chun Hong Park\*, and Kyung Hyun Hwang\*\*

Key Words : Ultra precision machining system (초정밀가공시스템), Industrial Technology Trends(산업기술동향), National Technology Roadmap(국가기술지도), Future Development Strategies(미래개발전략)

1. 서론

각 산업분야에는 현재 요구되는 최고의 제품 또는 가공기술을 구현함으로써 고부가가치를 창출하는 기술이 존재하며, 이러한 기술은 독점성과 선행성이라는 기술적 특성을 갖는다.

현재 반도체 메모리, 디스플레이산업 등은 우리나라가 세계시장 점유율 1~2 위를 기록할 정도로 세계적인 경쟁력을 갖추고 있으며, 수출의 약 1/3 정도를 차지할 정도로 국내경제에 미치는 파급효과도 막대한 기술시장이지만 경제적인 수요시장의 불안정성과 함께 기술적인 장비의 대외 의존도는 향후 불안요소로 남아있다. 실제로 반도체산업에 있어 장비 국산화율은 15%를 넘지 못하고 있으며, 이를 개선하지 못하면 향후 시장에서의 주도권 지속이 극히 불투명한 상황이라고 할 수 있다. 이들 산업의 특성은 몇몇 고가장비 시장이 제품시장의 절반을 차지할 정도로 장비 의존성이 강하며, 초정밀 가공시스템 기술은 이들 장비기술의 핵심기술로서 배타적이고 고부가가치형의 특성

을 지니고 있다.

이들 산업 이외에도 핵융합로, 에너지 집광장치용 반사경 등의 에너지기반 핵심부품 및 천체관측, 항공우주용 각종 렌즈, 반사경 등의 국가 전략산업용 핵심부품에 있어서도 초정밀 가공시스템은 중추적인 역할을 수행하며 차세대 신기술산업으로의 발전 잠재력을 키워가고 있다. 또한 BT/IT/NT 등 현재 우리가 차세대 신기술로 주목하고 있는 기술분야에 있어서도 실질적인 시장형성을 위해서는 양산설비의 개발이 반드시 선행해야 할 것이며, 이 경우 초정밀 가공시스템기술은 장비/공정기술 개발을 위한 원천기술로서 막대한 파급효과를 미치게 될 것이다.

초정밀 가공기술은 선진국의 기술보호가 가장 심한 분야중의 하나이며 우리나라 산업의 발전기반인 고성능 생산시스템 및 생산기술 개발에 토대가 되므로 국가적 자원을 투입하여 지속적인 자체 개발 또는 공동연구를 통한 기술 경쟁력을 확보하여야 한다. 제한된 국가적 자원을 투입하는데 있어서 투자에 따른 기술개발 목표와 어떤 추진전략이 가능한가를 고찰하는 것은 국민소득 2 만불 달성을 위한 차세대 성장동력의 논의가 활발히 진행되고 있는 이시점에서 타당하다 할 것이다.

본 원고에서는 국가기술지도의 초정밀 가공시스템 기술보고서를 중심으로, 현재 산업동향 및 기술발전 추세를 고찰하고 향후 10 년에 걸쳐 초정밀 가공시스템 분야의 세계 7 대 생산국 진입을

\* 한국기계연구원 공작기계그룹

Tel. 042-868-7117, Fax. 042-868-7180

Email pch657@kimm.re.kr

\*\* 한국기계연구원 선임연구부장

Tel. 042-868-7600, Fax. 042-868-7602

Email hwk@kimm.re.kr

초정밀위치결정기술을 중심으로한 초정밀기계기술, 고정밀연삭기 및 LCD 장비등에 관심을 두고 있다.

실현하기 위한 비전과 세부적인 전략을 제시하고자 한다.

## 2. 초정밀 가공시스템

### 2.1 정의와 범위

초정밀 가공시스템은 각 산업분야에 있어 기계적, 화학적 또는 물리적인 가공원리를 갖는 장치 및 가공기술에 의해 현재 요구되는 최고의 정밀도를 갖는 제품 또는 핵심부품을 구현함으로써 고부가가치를 창출하는 기술로 정의되며, 현재의 산업기술을 고려할 때 그 범위는 다음과 같은 4개 산업분야로 분류할 수 있다.

- lithography, CTC, CMP 등의 전공정장비, packaging 장비, CD 측정기 등의 검사장비, 공정기술로 대표되는 반도체공정용 가공시스템
- 대형 LCD 패널이나 PDP 패널의 제조공정용 장비와 가공기술 그리고 검사장비로 대표되는 디스플레이 제품용 가공시스템
- 정보화 시대에 요구되는 광통신부품, 디지털 정보의 대용량 기록매체, 각종 렌즈 등의 정밀광학부품 및 기타 초소형, 초정밀 메카트로닉스 요소부품 등으로 대표되는 광, 정보, 가전산업용 핵심부품의 가공시스템
- 핵융합로, 천체망원경, 원자가속기, 에너지 집광장치용 반사경 등의 국가 전략기술용 핵심부품의 가공시스템 및 요소기술
- 위의 기술로부터 파급되는 신산업 제품용 공정장비, 검사장비, 공정기술 및 요소기술

### 2.2 대상시장 및 응용분야

초정밀 가공시스템의 기술적 주도권을 갖기 위하여 현재 치열한 기술 개발 경쟁이 진행되고 있거나 가까운 장래에 시장 수요가 급증할 분야는 대략 다음과 같다.

- 선풍 30nm 까지의 DRAM 및 비메모리용 반도체 제조 및 검사장비
- 고분자 필름기판을 채택한 LCD, 유기 EL, 2 백만 화소급의 PDP 등 디스플레이용 평판의 고속 제조 및 검사장비
- 수십 Tbps 급 광전송용 통신접속부품, 수백 GB 급 용량의 정보 저장을 위한 기록 매체, 각종 렌즈 등의 광학부품, 기타 초소형 정밀기계요소 부품 등 10nm 대의 형상정밀도와 수 nm 대의 표

면정도를 요구하는 광, 정보, 가전산업관련 초정밀부품 제조 및 검사장비

- 약 1000 mm 직경에 대해 수십 나노미터대의 형상정밀도를 얻을 수 있는 초정밀 비구면 가공시스템 및 측정시스템

## 3. 관련 산업동향

### 3.1 반도체

현재 세계 반도체 업계는 생존을 위한 치열한 구조조정이 진행 중이다. 선도적인 기업들의 사업 철수 내지는 통폐합을 통하여, 세계적으로 메모리 분야는 삼성전자, 하이닉스 등 국내기업과 일본의 통합 D 램 업체 및 대만기업 등의 주도권 경쟁에 최근 비약적인 발전 및 투자를 거듭하는 중국이 거세게 추격하는 동아시아권 위주의 시장 구도가 형성되고 있다. 비메모리 분야에 있어서는 Intel, IBM 등의 미국 거대기업의 지속적인 주도하에, 정보통신 제품 등에서의 수요를 겨냥한 아시아권 중심의 기존 메모리분야 기업들이 후발 추격하는 형태로 산업시장이 형성될 것으로 전망된다.

이러한 변화와 2001년부터 지속되는 반도체산업의 불황에 따라, 장비시장에서도 기업의 부침(浮沈)이 빠른 속도로 진전되고 있는데 특히 시장성이 큰 전공정장비의 경우, 미국 Applied Materials사의 독점전략과 경기불황으로 노광장비를 제외한 관련 장비업체들은 극도로 위축되고 있는 현황이며, 이에 따라 국내기업의 경우에도 삼성전자나 대만, 중국 등의 라인에 포함되지 못하는 많은 장비 생산업체들이 어려움을 겪고 있다.

### 3.2 디스플레이

차세대 디스플레이에 대한 개발동향은 대형 평판 디스플레이와 휴대가 간편한 접는 디스플레이 쪽으로 집약되고 있다. 평판 디스플레이는 TFT-LCD(초박막 액정표시장치)와 PDP(플라스마 디스플레이)의 두 가지 제품형태로 시장이 형성되고 있으며, 매년 세계 시장규모가 급격히 팽창하고 있는 상황이다. 막대한 시장이 예측되는 휴대용 디스플레이의 경우, 미국의 Sarnoff 사 그리고 국내 LG 전자 등이 자유자재로 접거나 두루마리 형태로 휴대할 수 있는 제품의 2005~2010 년경 출시를 목표로 개발 중에 있다.

디스플레이용 생산장비의 경우 아직, 일본기업

이 장비 시장을 주도하고 있으나, 반도체에 비해 상대적으로 빠르게 국산화개발이 추진되고 있다. LCD의 경우, 평판 치수의 대영역화, PDP의 경우 제조방식에 따른 장비 메카니즘의 변화가 급격하여 아직 세계적으로 제조 수출의 안정화가 이루어지지 않고 있다. 따라서, 현재, 국내 기업들의 시장 진출도 매우 활발한 편이며, 대형 평판의 고속 제조 및 이에 따른 수출 향상이 향후 장비시장의 주도권 장악의 선행 조건이 될 전망이다.

### 3.3 광, 정보, 가전분야

광, 정보, 가전산업 기술은 전자 기술과의 연계 및 서로간의 기술이 복합화되어 광범위한 제품에 적용되고 있다. 기술적으로는 전자 기술과 무선 통신의 급격한 발달로 정보통신 환경이 이동통신에서 다시 개인 통신망으로 발전을 거듭하고 있으며, 이에 따라 초경량화, 초정밀화 및 초고속화의 성능을 만족하는 부품의 양산화 제조기술이 요구되고 있다. 광, 정보분야 등에 있어서 대용량 디지털 정보의 신속하고 정확한 전달과 기록을 위한 광통신 핵심부품의 경우, 세계적으로 이슈가 되고 있는 마이크로/나노기술의 실용화에 가장 근접한 시장으로서 향후 기술과급에 의한 시장 확대의 기대가 가장 큰 분야이다.

### 3.4 전략기술분야

전략기술분야는 산업 측면에서의 대형 시장은 형성하고 있지 않으나 각 산업으로의 기술적 파급효과가 가장 큰 분야로 항상 선진국에 의해 주도되고 있는 기술분야이다. 현재, 미국은 정부가 주도하여 대규모의 광학센터를 구성하고 NIST 등의 연구소 및 정부기관, 관련 업체, 학계를 공동으로 참여시켜 이들 대형시스템의 핵심기술인 광학계의 설계, 제조기술 및 측정기술을 장기간 개발하고 있으며, 이를 이용하여 각종 고품질, 고기능 렌즈 생산뿐 아니라 국방 무기관련 렌즈 제작에 적용하고 있다.

## 4. 기술개발 동향 및 기술수준

### 4.1 반도체

1997년 Intel이 주축이 되어 AMD 및 Motorola와 공동으로 EUV LLC(Limited Liability Company)라는 EUV 노광장비 개발 및 상용화 지원 그룹이 발

족되었다. 미국 정부와 EUV LLC는 총 2억 5천만 달러에 달하는 EUV 노광장비 연구비를 공동 부담하기로 협정(CRADA)을 맺었으며 그 뒤 Infineon과 Micron이 EUV LLC에 합류하였고, EUV LLC의 회원사는 개발된 EUV 노광장비의 우선 사용권리를 가지도록 되어있다.

EUV 노광장비의 실제 연구는 Lawrence Livermore, Sandia, Lawrence Berkeley의 세 국립연구소가 맡고 있으며 이들을 묶어 VNL(Virtual National Laboratory)이라 한다. VNL은 시작품 제작을 끝낸 상태이며 이 시작품으로 70nm를 성공하였고 2003년에 55nm 선폭 가공을 목표로 하고 있으며 궁극적으로는 30nm의 선폭 가공이 가능한 EUV 노광장비의 개발을 추진 중에 있다.

차세대 노광장비에 대한 국제적인 연구동향은 지역적으로 다소 차이가 있다. 일본에서는 EBDW와 1배 XPL에 대한 연구가 활발하고 유럽은 IPL에 관심이 많으며 EPL은 미국과 일본에서 활발한 상황이다. EUV 노광장비는 세 지역 모두에서 각광받는 차세대 노광장비의 후보로 주목받고 있다. IBM은 PREVAIL이라는 EPL 시스템을 개발하여 100nm 가공을 실현하였으며 세계 3대 노광장비 메이커인 Nikon은 IBM의 PREVAIL을 기본으로 EPL 노광장비의 상용화를 추진중이다. EUV 노광장비보다 3년 앞서 상용화하는 것을 목표로 하고 있다. EPL이나 EUVL 모두 생산성의 문제를 안고 있으며 현재 기술로는 시간당 80매의 웨이퍼를 가공할 수 없다. 하지만 EUVL이 EPL에 비해 생산성에서는 앞서는 것으로 알려져 있다.

국내의 경우, 노광장비의 상용화개발은 아직 엄두도 내지 못하고 있으나, 그 외의 전공정장비에 대해서는 시스템집적 반도체 기반기술개발사업(1998-현재)등을 통해 300mm 웨이퍼를 대상으로한 실용화 개발사업을 산학연 공동으로 진행 중에 있다. 현재, 300mm 용 CMP, 첨단 IC packaging 장비, Flipchip die attach 장비, track 장비, prober, 배선 CVD, capacitor CVD, etcher 등의 개발 대상에 포함되어 있다.

### 4.2 디스플레이

LCD/TFT용 제조장비의 경우, 노광장비를 제외한 대부분의 장비에 대한 국산화 개발이 추진되고 있다. 현재, 제 6세대 라인의 제조장비들이 차세대용으로 주 개발의 대상이나, 제 7세대까지를

염두에 둔 대면적화기술이 관건이 되고 있다.

노광장비의 경우에는 일본 Canon 이 시장을 주도하고 있으며 대구경화, 고속화, 대형화에 중점을 두고 있다. 노광용 마스크 제조장비는 스웨덴의 Micronic laser system 거의 독점하고 있으며, 기관 크기의 확대, 1  $\mu\text{m}$  이하의 선폭 제작이 가능한 시스템 개발에 주력하고 있다.

LCD/TFT 공정상에서의 측정, 검사는 Macro 와 Micro 의 두 공정에 의해 이루어진다. Macro 장비는 국산화 개발이 완료된 상태이며, Micro 장비의 경우에는 측정관련 소프트웨어기술 중심으로 국산화 개발이 이루어지고 있다. 이외에도 일본의 여러 업체에서 선폭, 막두께, registration, 형상 및 구조, 결함 검사 장비가 생산되고 있으며 AFM 을 기반으로 한 넓은 범위의 측정영역을 갖는 측정시스템이 미국 Veeco 등에서 개발하여 현장 적용 중에 있다.

유기 EL 의 경우에는 아직 제조라인 자체가 개발단계이며, 대부분의 장비에 대한 국산화개발이 시도되고 있다.

### 4.3 광, 정보, 가전기술

광전송 기술과 관련하여 단일 모드 커넥터 시장은 2002 년경에 최대 수요국인 북미에서의 포화가 예상되어 성장률이 둔화될 것으로 예상되나 아시아-태평양 지역에서의 수요급증으로 꾸준한 성장이 예상된다. 다중모드 커넥터는 북미시장의 90%를 차지하고 있는 미국이 전세계 시장의 50% 이상 점유하고 있는 상황이다.

광학기술과 관련하여 1970 년대부터 미국과 일본을 중심으로 비구면 렌즈의 래핑 및 폴리싱 가공의 자동화 연구가 추진되고 있다.

미국은 정부의 주관 하에 광학관련 센터를 구성하여 정부기관, 관련 업체, 학계를 공동으로 참여시켜 대규모의 연구자금과 인력을 투입하여 장기간 광학관련 기술과 축대칭, 비축대칭 구면, 비구면 가공용 연삭기 개발을 진행하여 각종 고품질, 고기능 렌즈 생산뿐 아니라 국방 무기관련 렌즈 제작에 적용함. 일본은 통산성의 대형 프로젝트 중심으로 연구 개발을 진행하여 현장 적용 중에 있다.

주요 내용으로는 대용량 정보의 전달과 기록을 위한 광통신 핵심부품, 기타 광학부품과 기계요소부품의 초정밀 형상가공과 표면가공기술 및

이에 따른 양산설비기술 확보가 주요 관건이며, 향후 수십 nm 의 형상공차 및 수 nm 의 표면가공 시스템기술 개발을 목표로 진행되고 있다.

### 4.4 전략기술

일본 국립 천문관측대(NAOJ)는 하와이 Mauna Kea 산 정상에 'Subaru'란 광적외선 망원경을 설치하였는데 Subaru 는 유효직경이 8.2m 인 대형 렌즈를 포함하며 이 렌즈의 가공을 위해 자체적으로 초정밀 가공기를 제작하였다. 초정밀 가공기로 제작된 Subaru 는 대형 렌즈임에도 표면조도가 14 nm 일 정도로 초정밀 가공기의 성능이 뛰어나다.

차세대 EUV 노광장비에 사용되는 반사경은 십수 나노에서 수 나노 밖에 안되는 파장을 갖는 EUV 빔을 반사시키기 위해 거의 완벽한 거울면을 가져야 하는데, EUV 노광장비를 개발하는 미국 VNL 팀은 몰리브덴과 실리콘을 반사경 모재위에 번갈아가며 40 개 층을 쌓는 기술을 개발하여 EUV 파장 13.5nm 에서 반사율 70%를 달성하고 있다. EUVL 에는 4 개의 반사경이 사용되는데 4 개의 반사율은 모두 동일하여야 하므로 VNL 은 200mm 직경의 반사경 4 개를 동시에 코팅할 수 있는 대형 sputter 를 개발하였다. 몰리브덴과 실리콘을 합한 하나의 층은 30 개의 원자를 쌓은 높이와 같은 것으로 VNL 은 이러한 코팅을 완성하기 위해 defect 크기를 55nm 이하로 제한하여 대형 sputter 를 개발하였다.

## 5. 국가기술지도의 작성

### 5.1 기술영역과 요소기술의 도출

국가기술지도에서는 초정밀가공시스템에 관한 국내기반기술을 확립하기 위해 필요한 기술개발체계를 시스템기술 측면과 요소기술 측면으로 분석하고 두 기술이 상호 보완되어가며 중장기적으로 국내기반을 확보하는 것을 초점으로 하고 있다.

이를 위해, 먼저, 핵심기술들을 중심으로 기술영역을 구분하면, 응용되어지는 공정에 적합하도록 전체시스템을 구성하고 각 요소의 특성을 고려하여 시스템의 성능을 설계/예측하는 시스템 구성 기술, 시스템을 구성하는 운동요소의 설계, 제작, 구동, 제어 및 보정 등을 포괄하는 운동 및 제어 기술, 시스템을 이용하여 제품을 제조하기 위해 필요한 공정기술 및 그에 필요한 요소기술을 포괄

Table 1 Technology classification in ultra precision machining system - Cutting edge and near future technologies

기술영역	최첨단 동향	기술발전 전망
시스템 구성기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 노광장비 12" wafer 0.1<math>\mu</math>m 선폭, 80 매/hr 달성</li> <li>· i-line 평판노광장비 고속화 추진중</li> <li>· 0.1<math>\mu</math>m 형상정밀도 비구면가공기 기술 안정화단계</li> <li>· 0.01<math>^{\circ}</math>C 항온에 의한 정밀도 안정화</li> <li>· 1nm 급 방진기술 활성화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 차세대노광 EUV, EBL 30nm 선폭가공시스템 활성화</li> <li>· 평판노광장비 대면적/고속화/고수율화 지속적 추진</li> <li>· 다공정 복합 기계가공시스템</li> <li>· 고정도/고생산성 지향 In-Situ 측정시스템 복합화</li> <li>· 저열팽창/고감쇠 구조재료 응용 활성화</li> </ul>
운동 및 제어기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>· scanning 방식노광장비스테이지: 10nm/300mm 반복정밀도, 300mm/s 이송속도 달성</li> <li>· 초정밀가공기: 0.1<math>\mu</math>m/300mm 직선운동정밀도 달성</li> <li>· subnano 분해능 feedback 간섭계 상용화</li> <li>· 리니어모터일반화 /<math>\mu</math>m 급 surface motor 상용화 단계</li> <li>· 500MHz 급 고속 controller 상용화</li> <li>· 0.1<math>\mu</math>m 선폭수정 기술/5nm 열변형방지/보정기술 실현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 노광장비 : 진공환경 nm 분해능의 scanning 방식 스테이지기술 지속개발</li> <li>· nm 분해능 다자유도 surface motor 상용화</li> <li>· laser interferometry 이용 sub nano 분해능 고속제어기술</li> <li>· 초고응답 In-Situ 오차보정/제어기술</li> </ul>
공정요소 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 양산가공선폭 90nm</li> <li>· mask 가공선폭 20nm 이내</li> <li>· 가공 형상정밀도 0.1<math>\mu</math>m</li> <li>· 가공 표면조도 2nm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 양산가공선폭 30nm 안정화지향</li> <li>· mask 가공선폭 5nm 안정화지향</li> <li>· 표면조도 향상용 In-Situ 형상보정시스템/공정기술</li> </ul>
측정기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>· wafer CD 측정정밀도 2nm</li> <li>· 측정속도 2wafers/hr</li> <li>· 측정정밀도 5nm/300mm</li> <li>· 3 차원 형상측정영역 300mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· SPM/SEM 응용 장비의 고속/대영역 측정기술</li> <li>· laser interferometry 응용 고분해능/대영역 형상측정기술</li> <li>· 측정축, 이송축의 분리기술에 의한 측정정밀도 안정화</li> </ul>

하는 공정요소기술, 최종 또는 제조중인 제품의 상태를 측정, 검사, 분석하는 측정기술 등으로 나눌 수 있다. 이들 각 기술영역에 대한 최첨단기술 동향 및 기술발전 전망을 요약하면 Table 1 과 같다.

한편, 각 기술영역별로 핵심기술을 도출하고 각 핵심기술을 구성하는 세부 요소기술들을 정리하면 다음과 같다.

1) 시스템 구성기술

- ① 초정밀장비 구조설계/제작기술  
초정밀 노광장비, 대면적 패턴형성 공정장비, 에너지빔 응용 가공장비, 대형 3 차원 기계가공장비, 마이크로 기계가공장비, 초정밀 복합 공정장비, 초정밀 성형장비 등의 구조설계/해석/제작/조립기술

- ② 초정밀장비 환경제어기술  
초정밀 온도제어기술, 능동/수동 방진제어기술 등

2) 운동 및 제어기술

- ① 초정밀 운동요소 설계/제작기술  
초정밀스테이지설계/제작기술, 다축 마이크로 구동 스테이지 설계/제작기술, 초정밀/초고속 회전체기술 등

② 고속/초정밀 구동기술

초정밀 linear motor, 평면모터기술, 고응답 미세구동/제어기술, 고분해능/고속 controller 기술, 초정밀 동력전달기술, 초정밀 회전구동기술 등

③ 오차저감/보상기술

align, 열변형 등 구조오차 보정기술, 운동오차 보정기술, 가공오차 보정기술, 신구조재 응용기술 등

3) 공정요소기술

- ① 패턴가공 공정 및 요소기술  
차세대 노광공정 기술, 대면적 패턴닝 공정 기술, 고진공 chamber 기술 등
- ② 고속 3 차원 기계가공 공정 및 요소기술  
초정밀 3 차원 기계가공, 마이크로 기계가공, 초평활화 가공, 초정밀 성형가공 기술 등

4) 측정기술

- ① 초정밀 선폭 측정/검사기술  
박막두께/입자 측정시스템, 미세패턴 측정시스템, 광대역/고속 선폭 측정시스템 등
- ② 초정밀 3 차원형상 측정기술  
광대역/고속 형상 측정시스템, 미세 표면형상 측정시스템, 3 차원 운동오차 측정시스템 등

### 5.2 기술 로드맵

4 개 산업분야의 생산시스템용 핵심장비 및 요소기술을 선택적으로 독자 개발하여 2012 년까지 기계장비 전체의 세계시장 점유율을 8%이상 달성 (현재 4% 수준)함으로써 초정밀가공시스템 분야의 세계 7 대 생산국 진입을 실현하는 것을 목표로 한 초정밀 가공시스템 관련 핵심기술의 기술지도를 Fig. 1 에 보이고 있다. 1 단계에서 현재 수행되어지고 있는 대형과제들을 중심으로 요소기술의 향상에 초점을 맞출 필요가 있으며, 이들 요소기술의 응용으로 평판용 노광장비, 초정밀/초소형 광부품가공기등의 국산화가 가능할 것으로 전망된다.

2 단계에는 현재 선진국에서 상용화 개발중인 성능수준의 장비의 국산화가 주요 목표가 될 필요가 있으며, EBL 이나 형상정밀도 10nm 급의 초정밀 비구면가공기가 대표적인 대상이 될 수 있다.

3 단계에 있어서는 2 단계까지의 요소기술을 중심으로 보다 시스템 측면의 개발시도가 활성화 될 필요가 있으며, 2 단계까지의 기술인프라가 충분히 파급될 경우, 선진국 수준의 장비개발이 가능해질 것으로 판단된다. 또한 이러한 기술로드맵의 실현을 위해서는 2 단계까지의 수행에 있어 인프라 측면의 기반 기술을 반드시 병행 개발할 필요가 있다.

### 5.3 달성전략

기술확보 방법을 결정하기 위하여 기술의 성숙도 및 경쟁력에 대한 포트폴리오 분석이 필요하며, 기술의 위치가 기반기술로서 첨단기술이 아니고 경쟁력이 낮을 경우에는 자체개발보다는 외부에 아웃소싱하는 것이 바람직하며 경쟁력이 높고 신기술일 경우에는 자체개발이 필요하다. 위에서 분

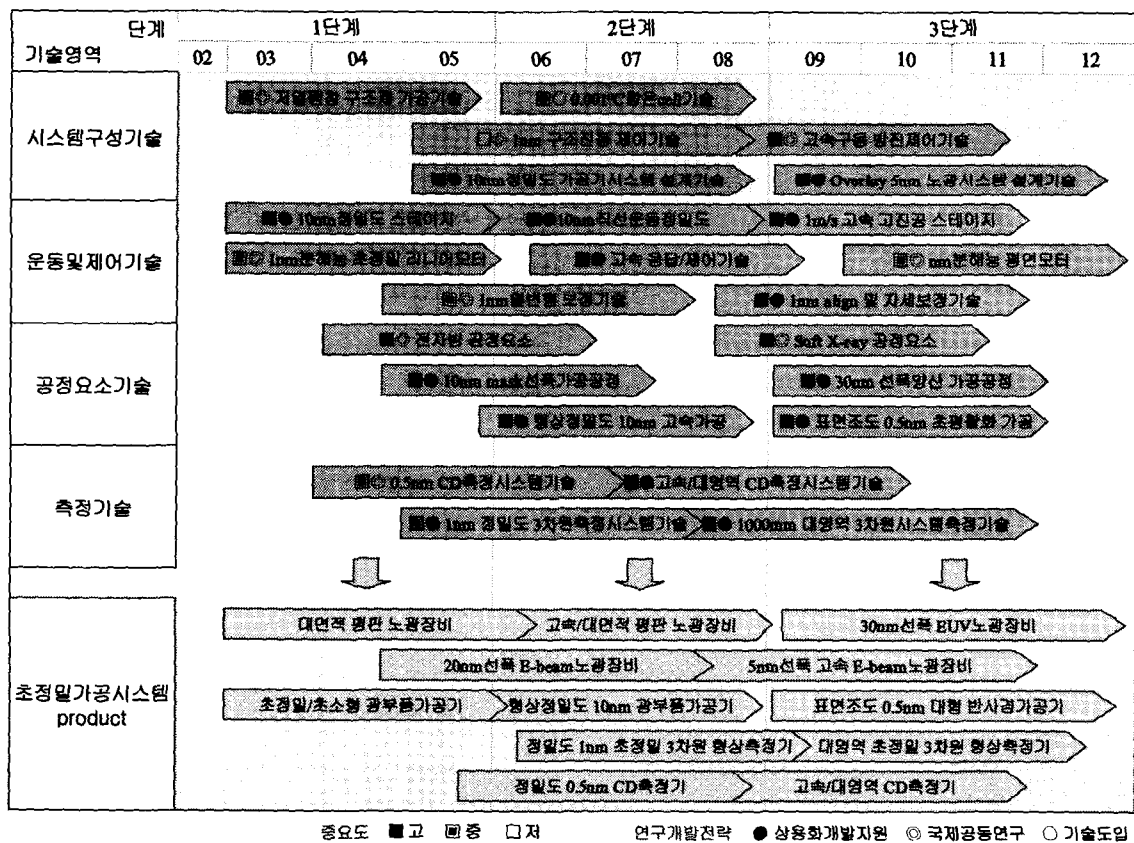


Fig. 1 Technology roadmap of ultra precision machining system

Table 2 Analysis of technology competitiveness and maturity in ultra precision machining system

기술의 성숙도 ↓	Emerging		초정밀장비 구조설계/제작기술 (자체개발)	초정밀 운동요소 기술 (자체개발)		
	Pacing		초정밀선평측정/ 검사기술 (공동연구)	고속/초정밀구동기술 (자체개발)	고속 3 차원기계가공 공정및요소기술 (자체개발)	패턴가공 공정 및 요소기술 (자체개발)
	Key	초정밀장비 환경 제어기술(공동연구 또는 기술도입)	오차저감/보상기술 (공동연구)		초정밀 3 차원 형상 측정기술(자체개발)	
	Base					
		Weak	Tenable		Leader	
우리나라의 경쟁력 →						

류한 9 가지 요소기술에 대하여 기술의 성숙도와 우리나라의 경쟁력을 도표화하여 그에 따른 필요기술의 확보방안을 살펴보면 Table 2 와 같다.

현재, 초정밀가공시스템에 있어서 국내기술은, 전반적으로 공정기술 기반은 확보되어 있으면서도 장비의 해외의존도가 심화되어 기술적 난이도가 높아지는 각 단계마다 제품 공정기술의 확보가 선진국에 비해 늦어지는 현상이 되풀이되고 있으며, 따라서 근본적으로 산업경쟁력을 향상시키기 위해서는 각 제품 공정기술의 추이에 부합하는 장비기술의 동시 확보에 주력해야 할 것으로 판단된다.

### 6. 맺음말

국가기술지도에서는, 급속한 성장률을 지속할 것으로 예측되는 반도체, 전자, 정보산업 등의 생산시스템용 초정밀 가공장비 및 요소기술을 선택적으로 독자 개발하여, 2012 년 까지 기계장비 전체의 세계시장 점유율을 8%이상 달성(현재 4% 수준)함으로써 동분야의 세계 7 대 생산국 진입하는 것을 목표로 설정하였다. 또한 그 목표를 달성하기 위해, 시장과 기술력면에서 국가적 차원의 투자여건에 적합한 4 개의 산업분야에 대한 기술개발 추진전략을 제시하였으며, 이를 위해, 4 개의 기술영역 및 9 개의 핵심기술을 도출하고 기술전망

을 토대로 향후 10 년간의 기술로드맵을 제시하였다. 완성된 기술지도는 우리나라 기반주력산업에 있어서 핵심기술별 기회와 위협요인, 기술적 대안과 실행전략을 담고 있어 정부연구개발 기획의 가이드라인 및 민간 연구개발의 참고 자료로 활용됨으로써 전략적 역할 분담을 통한 국가자원의 효율성 제고가 기대된다. 또, 국가과학기술위원회에서 주관하는 연구개발 예산 사전조정외의 참고 자료로 활용되어 전략적 자원 배분에도 기여할 것으로 기대한다.

### 후기

본 원고는 과기부에서 시행하고 김태형(대우종합기계), 송창규(기계연), 엄태봉(표준연), 이득우(부산대), 정해빈(범광기전), 주종남(서울대), 최현중(생기원) 기획위원 등이 같이 참여한 바 있는 '2003 년 국가기술지도(초정밀가공시스템 기술 보고서)'를 중심으로 작성되었습니다.

### 참고문헌

1. Korea Institute of Science and Technology Evaluation and Planning, "Conference Notes for the 2<sup>nd</sup> Step National Technology Roadmap," 2002
2. Korea Institute for Industrial Economics and Trade,

- “A Vision for the 2010 Industry Development,”  
2001
3. Korea Institute of Industrial Technology Evaluation and Planning, The Ministry of Commerce, Industry and Energy, “Report on the Optical Fiber Roadmap,” 2001
  4. Korea Institute of Industrial Technology Evaluation and Planning, The Ministry of Commerce, Industry and Energy, “Report on the Digital Home Appliances Roadmap,” 2001
  5. N. Taniguchi, "On the basic concept of nanotechnology," proceedings of ICPE, Tokyo, 1974.
  6. N. Taniguchi, "The state of the art of nanotechnology for processing of ultraprecision and ultrafine products," ASPE, Vol 16 No.1, pp5-24, 1994.
  7. International Technology Roadmap for Semiconductors, 2001 edition, SEMATECH.
  8. Keith Diefendorff, “EXTREME LITHOGRAPHY - Intel Backs EUV for Next-Generation Lithography,” Microprocessor report, June 19, 2000, pp. 1-10.
  9. C. W. Gwyn, R. Stulen, D. Sweeney, and D. Attwood, “Extreme ultraviolet lithography,” J. Vac. Sci. Technol. B, Vol. 16, No. 6, Nov/Dec 1998.
  10. The Ministry of Science and Technology, “Development of an Ultra Precision Machine Tools for Non-spherical Machining,” 1995.
  11. The Ministry of Finance and Economy, “Extraction of the Essential Technology for the 1<sup>st</sup> Step National Technology Roadmap,” 2002