



국내 반도체 장비산업의 기술경쟁력 향상을 위한 정부의 R&D 지원정책 방향

강현규[†] · 홍주표^{*}

[†]한국과학기술기획평가원(KISTEP), ^{*}한국기술교육대학교

1. 서 론

반도체 산업은 우리나라의 주력 기간산업이다. 반도체는 우리나라 전체 수출 중 2007년 10.5%(390억 달러), 2008년에는 8.1%(258억 달러)의 비중을 차지했다.

반도체 생산은 5개국이 총 생산량의 95% 이상을 차지하는 가운데 한국은 2008년 약 9.2%의 점유율을 차지하며 세계 3위(국가별 순위)의 생산 규모를 보였다. 특히 메모리는 1994년 이후 한국이 부동의 1위를 차지하여 왔고, 2009년 2분기에는 약 55.8%의 시장점유율을 차지하였다.

반도체 산업은 대표적인 장치산업이다. 반도체 기업들은 매출액의 약 20% 정도를 반도체 장비 구입에 사용한다. 반도체 산업은 제품주기가 짧으며 매년 제품의 집적도가 배증하므로, 지속적으로 대규모의 설비 투자 및 연구개발 투자가 소요된다. 따라서 안정적인 생산기반 확보, 신제품 적기 개발 및 양산을 위한 효율적인 반도체 장비의 선정 및 확보가 반도체 사업의 성과를 좌우하는 중요한 요인으로 작용한다. 최근 메모리 반도체의 세계적 공급 과잉과 기업간 가격 경쟁이 치열해짐에 따라 국내 장비업체의 경쟁력 제고의 필요성이 증대되고 있다.

우리나라의 메모리 반도체 기업들은 세계최고이나, 세계 10대 반도체 장비기업은 전무한 상황이다. 세계 50위권 내에도 국내 장비기업은 1개사(세메스)에 불과하다. 장비·재료 산업은 반도체 시장의 20% 이상을 차지하는 핵심 후방산업이나, 국내 기업의 경쟁력은 미흡하여 대부분의 장비를 외국 기업들로부터 수입하고 있다. 장비·재료 시장의 규모는 지속적으로 성장하고 있으나, 미국, 일본의 대형 기업들이 대부분의 시장을 차지하고 있으며, 시장 점유율이 더욱 확대되는 추세이다.

이러한 국내 반도체 소자기업과 장비기업의 극심한

불균형은 우리나라 반도체 산업의 경쟁력을 저해하는 핵심 문제 중 하나이다. 대규모 공정장비 및 자동화설비에 대한 의존도가 높고, 원가경쟁력이 중요한 반도체 산업의 특성상 장비산업의 경쟁력은 반도체 기업에도 크게 영향을 준다. 세계 수위를 다투는 우리나라 메모리 기업의 반도체 공정 라인은 외산 장비가 장악하고 있으며, 반도체 경기가 어려울 때일수록 장비의 높은 수입 의존도는 소자기업의 생산원가에 많은 부담을 준다. 그동안 국내 장비기업의 꾸준한 기술개발 노력에 의해 국산화에 성공한 전공정 장비도 주요 부품은 외산이 차지하여 부품 내재화율이 50~60% 수준에 머무르는 상황이다.

2008년 기준, 반도체 장비의 국산화율은 21.1%에 불과하다. 조립용 장비와 검사용 장비의 국산화율은 각각 41.4%, 41.5%로 높은 수준이나 전공정 장비의 국산화율은 11.1%에 불과한 실정이다. 후공정 장비가 가격에 의해 구매경쟁력이 결정되는 반면, 전공정 장비는 부품 성능이 구매 의사를 결정하는 첨단 제품이지만 부품의 기술력 격차가 큰 탓에 미국, 일본, 유럽의 선진 장비기업에 안방 시장을 내주고 있다. 일반적으로 반도체 장비군별 투자 비중은 전공정이 70%로서 가장 큰 비중을 차지한다. 검사·조립 등 후공정장비는 국산화가 많이 되어 있으나, 시장규모가 크고 첨단기술이 필요한 전공정장비는 선진국의 기술이전 기피로 국산화가 미흡한 실정이다.

2000년대 들어 반도체 회로 미세화 및 웨이퍼 대형화에 따라 관련 기술개발의 양상이 변화하고 있다. 과거에는 반도체 소자기업이 단독으로 공정기술 위주로 반도체 제조기술을 개발하였으나, 마이크로 시대에서 나노시대로 접어들면서 공정 및 장비기술과 관련하여 장비·재료기업과의 공동 개발의 중요성이 크게 증대되고 있다. 또한 미세 공정의 적용으로 공정의 난이도가 높아짐에 따라 첨단장비·공정제어(AEC/APC, Advanced equipment control/Advanced process control)와 관련된 장비의 수요가 증가하고 있다.

[†]E-mail : hkkang@kistep.re.kr

불황기일수록 R&D투자의 효과가 크기 때문에 현재와 같은 경기침체 시에 정부의 R&D 관련 지원이 어느 때보다 절실하다. R&D투자는 통상 2~3년이 지나야 효과를 발휘하므로, 경기침체 속에서도 투자를 게을리하지 않아야 침체에서 빠져나온 이후에도 승부수를 띄울 수가 있다. R&D를 등한시한 기업은 경기가 되살아났을 때 우위에 서기 어렵다. 반도체 장비산업의 경우, 국내 거대수요기업과 연계하여 기술개발 시 규모의 경제 및 학습효과로 단기간에 국제경쟁력 확보가 가능할 것이다.

그동안 미흡했던 국내 반도체 장비기업의 기술경쟁력 및 자생력 강화를 위한 정부R&D 지원정책의 마련이 필요하다. 지금까지 반도체 소자 개발을 위한 정부 R&D사업은 많았으나, 반도체 장비 개발을 위한 정부 R&D지원은 미흡하였다. 미래 시장을 선점하기 위해 반도체 장비 관련 기초·원천기술 연구와 신장비 개발을 위한 중장기 R&D사업이 필요하다. 현재의 반도체 장비 관련 정부R&D사업은 반도체 소자기업(삼성전자, 하이닉스 등)의 수요에 의해 모집한 장비기업을 지원하는 수준이며, 이러한 지원 방식은 반도체 소자기업에서 수입하던 장비를 단기적으로 국산화하는 수준에 머무르게 한다. 이제는 단순한 해외 장비의 국산 대체를 넘어 세계 시장을 겨냥해 세계최초의 최첨단 장비 개발을 위한 장비기업의 연구개발역량 제고가 필요하다. 반도체 장비는 디스플레이 및 태양광 소자 생산을 위한 장비와도 밀접하게 연계되어 있으므로, 향후의 경제산업적 파급효과를 고려하여 관련 산업의 육성이 반드시 필요하다.

본 논문에서는 우리나라 반도체 장비산업의 특성을 고려한 특성화된 R&D 지원정책의 방향을 제안하고자 한다.

2. 반도체 장비산업의 특성 및 현황

2.1. 반도체 장비산업의 특성

2.1.1 반도체 장비산업의 범위

반도체 장비는 반도체 회로설계, 실리콘 웨이퍼 제조 등 반도체 제조를 위한 준비 단계부터 웨이퍼를 가공하여 칩을 만들고, 조립 및 검사하는 단계까지의 모든 공정에 이용되는 장비를 의미한다. 또한 반도체 제조장치가 설치되는 클린룸 및 Fab(반도체 공장) 전체, 환경제어에 관련된 각 설비도 넓은 의미의 반도체 제조 설비에 포함된다.

반도체 장비는 전공정(웨이퍼 가공공정), 후공정(조립공정)으로 나누어진 반도체 제조공정에 대응하여 일

반적으로 웨이퍼공정 장비, 조립공정 장비, 검사용 장비로 분류할 수 있다. 상기 분류 외에 전공정 이전 단계에서 일어나는 반도체 설계, 마스크 및 레티클 제조용, 웨이퍼 제조용 장비 등이 있다.

2.1.2 반도체 장비산업의 일반적 특성

반도체 장비산업은 수명주기가 짧은 지식집약적 고부가가치 산업이다. 반도체 장비산업은 반도체 소자 기술개발이 급격히 진행됨에 따라 신제품의 교체주기가 점점 짧아지는 등 적기 시장 진입이 매우 중요한 산업으로서, 매출액 대비 R&D 비용의 비중이 타 산업군에 비해 월등히 높은 편이다. 반도체 장비산업은 한 세대의 장비기술이 완전히 성숙되기 전 다음 세대의 기술로 전환되는 시기가 매우 중요하다.

반도체 장비산업은 종합기술의 집합체로서 타 산업에의 파급효과가 큰 산업이다. 반도체 장비 개발을 위해서는 전기, 전자, 기계, 물리, 화학, 재료, 광학 등 다양한 학문적 기초를 필요로 하며, 초미세, 고집적, 고진공 등을 구현하기 위한 극한기술이 필요한 기술집약적 산업이며 정밀기계, 자동차, 우주항공 및 의료기기 등 다른 정밀가공산업에의 파급효과가 큰 산업이다.

전세계적으로 장비기업은 많고 규모가 작은 반면, 반도체 소자기업의 수는 상대적으로 매우 적고 기업 규모가 크기 때문에 소자기업의 입김이 강한 특징이 있다. 소자기업의 주문에 의해 장비가 생산되므로, 수요기업과의 긴밀한 협력관계 유지가 필수적이다.

효율적 반도체 장비의 선정이 반도체 산업의 성패를 좌우한다. 웨이퍼의 대면적화에 따라 기존의 집적화 기술(shrink technology)보다 생산성(cycle time)이 우선시되고 있으며, 이는 반도체 장비기술이 앞으로 더욱 중요해지는 것을 의미한다. 향후 전개될 450 mm 웨이퍼 도입, 반도체 제조공정의 미세화 및 신재료 도입(구리배선 등)에 따른 기술개발 경쟁이 더더욱 치열하게 전개될 전망이다.

반도체 생산량 증가와 밀접한 관계를 가지며 반도체 산업의 경기와 유사한 사이클을 보인다. 반도체 장비는 계절적 경기 변동보다는 반도체 소자기업들의 설비투자 계획에 의해 직접적인 영향을 받는다. 반도체 생산라인 투자는 일정 기간에 집중되는 특징을 보이므로 이 기간에 장비 납품이 집중되어 매출의 기폭이 심한 편이다. 현재의 글로벌 경제위기로 인해 반도체의 평균 판매가격이 하락함에 따라, 반도체 장비의 투자도 감소하고 있다. Gartner의 조사에 따르면, 반도체 산업의 설비투자는 2008년에 전년 대비 31.7% 감소, 2009년에는 2008년 대비 45.2% 감소하고, 2010년에 회복조짐을

보일 것으로 예상된다.

공동연구개발이 반도체 장비 연구개발의 추세가 되고 있다. 각국의 반도체 연구개발 컨소시엄을 중심으로 차세대 장비에 대한 도전적 사양 요구조건이 발표되고 있으며, 이러한 목표 달성을 위해 반도체 소자업계와 장비업계 및 부품·소재업계와의 공동연구개발의 중요성이 증대되고 있다.

2.1.3 국내 반도체 장비산업의 특성

우리나라의 반도체 장비산업은 반도체 소자 기업을 중심으로 구매선이 수직계열화되는 특징이 있으며, 이러한 경향은 디스플레이 장비산업에서도 유사하게 나타난다. 2000년대 들어 몇몇 장비기업과 반도체 대기업 출자기업에서 주요 전공정 장비 개발을 통해 국산화에 기여하였다. 산업의 특성상 반도체 소자기업과의 긴밀한 협조관계가 필수적이면서도 정보보안에 예민하기 때문에 소자기업을 중심으로 수직계열화되는 경향을 보이게 된다. 반도체 소자기업을 중심으로 한 국내 장비기업의 수직계열화에 의해 계열군간 교차 장비 구매는 적은 상황이어서 국내 장비기업들간의 경쟁기반 확보가 어려운 상황이다. 그동안 소자기업은 관행적으로 협력사가 아니면 해외 기업들로부터 비싼 가격에 장비를 조달하여 왔다.

또한 반도체 소자 대기업이 국내 장비기업을 외산 장비 구매 시 가격 협상에 활용하는 경향이 있다. 기본적인 기술력의 차이로 인해 외산 장비의 성능이 일반적으로 우월하기 때문에 반도체 소자기업은 외산 장비를 선호하나 외산 장비의 높은 가격 때문에 국산 장비를 일부 구매하면서 이를 외산 장비의 가격을 낮추는 협상용으로 활용하기도 한다.

2.2. 반도체 장비산업 현황

2.2.1 반도체 장비 세계시장

세계 반도체 장비 시장규모는 2008년 기준 309억 달러로 반도체 소자시장의 15% 정도의 규모를 차지하고 있다.

세계 10대 반도체 장비기업은 일본이 4개, 미국 4개, 유럽 2개 기업이 포함되어 있으며, 이 10개의 기업이 전체 시장의 60% 이상을 점유하고 있다. 수요기업의 공급라인 다양화 전략에도 불구하고, 선진 기업들의 영향력이 절대적이며, 공정 미세화, 웨이퍼 대규격화로 향후 10대 기업들의 영향력 확대는 지속될 전망이다.

2.2.2 반도체 장비 국내시장

국내 반도체 장비시장은 2008년 기준 52억 달러로

전 세계시장의 16% 수준이다. 2008년 전제 장비 구매 중 수입이 차지하는 비중은 약 78%(40.8억 달러)이며, 국내 공급은 약 22%(11.4억 달러) 정도의 수준을 유지하고 있다.

2008년 공정별 국내 장비시장은 전공정 장비 41.5억 달러(80.1%), 조립과 검사용 장비는 각각 9천만 달러와 5억 달러 규모로서 전공정 장비의 비중이 전체의 80% 이상을 차지하였다. 2008년 주요 공정별 국산화율은 조립장비와 검사용 장비가 각각 41.4%, 41.5%로써 해외 의존율을 낮추었으나, 전공정 장비는 11.1%로써 여전히 해외 의존도가 매우 높다. 국내 장비기업의 대부분이 기술적 접근이 용이한 조립용 장비 위주로 개발에 치중하였기에 국산화율이 상대적으로 높다. 검사용 장비는 일부 제품이 선진국과의 기술력 차이 등으로 여전히 해외 의존도가 높지만, 테스트 핸들러, 프로브 스테이션 등 일부 제품은 국내 기업들의 기술발전으로 국산화율이 크게 상승하였다. 반면, 전공정 장비는 여전히 선진국에 비해 상당한 기술격차를 보이고 있기에 대부분을 미국, 일본 등으로부터의 수입에 의존하고 있다.

국내기업은 선진장비기업에 비해 자본력 한계와 원천특허에 묶여 핵심 장비(부품·소재 포함) 개발에 어려움에 직면해 있다. 또한 자금·인력·개발력 부족과 진입장벽 한계로 투자비 조기 회수를 통한 개발자금 투입의 선순환구조 정착에 애로를 겪고 있다.

2.3. 우리나라 반도체 장비산업의 문제점 및 시사점

2.3.1 기초·원천기술의 부족

국내 장비기업들은 장비 설계 및 제조를 위해 필수적인 기초·원천기술의 부재와 이에 따른 개발역량 부족으로 인해 최신 장비의 연구개발이 미진하다. 이로 인한 장비 개발 지연 및 설비 완성도 미흡으로 인해 장비 판매가 부진하게 되고, 외산 장비의 모방 시 지식재산권 관련 문제가 발생하고 있다.

또한 부품·소재 기술력의 취약으로 인해 핵심 부품·소재의 대부분을 수입에 의존하고 있다. 장비 수출로 벌어들이는 외화의 상당부분은 고부가가치 부품·소재의 구매로 다시 해외로 유출되는 구조적 문제가 발생하고 있다. 특히, 고부가가치 소재 분야는 기술혁신에 소요되는 기간이 매우 길고 시장실패 확률이 높은 대표적 분야로서 국내 중소기업이 독자적으로 연구개발하기는 어려운 상황이다.

따라서 장비기업의 기초·원천기술력 확보를 위한 중장기 정부 R&D사업을 추진할 필요가 있다.

2.3.2 장비 기업 규모의 영세성

신규 장비의 연구개발, 시제품 제작, 시험·평가 등을 위해서는 초기에 많은 자금이 필요하지만 국내 장비기업의 자금력이 취약하여 투자 여력이 부족한 상황이다. 외국 선진 장비기업은 이미 규모의 경제를 이루어 초기 시장선점을 통해 투자비를 조기에 회수하고, 차세대 기술개발에 역량을 집중하는 선순환 구조를 이루고 있다.

따라서 반도체 장비기업에 특화된 펀드 조성 등을 통해 연구개발 투자비 지원과 함께 기업 규모 확대를 위한 M&A 자금의 지원이 필요하다. 또한 개발된 장비의 시험·평가를 위해 성능평가인증사업을 지속적으로 확대하고 나노팹센터를 적극 활용할 필요가 있다.

2.3.3 우수 연구개발인력의 부족

장비의 개발을 위해서는 공정, 기계, 재료 등을 폭넓게 알면서도 개개인별로 특화된 전문 분야를 가진 고급 연구인력이 필요하지만, 반도체 산업 관련 배출인력의 수가 적은데다 영세한 국내 장비기업은 우수 인력의 확보가 어려운 상황이다. 대부분의 국내 우수인력은 대기업인 반도체 소자기업과 외국 장비기업에서 근무하고 있다.

따라서 반도체 장비산업 관련 고등교육 및 실무교육에 대한 지원 강화를 통한 고급 장비기술인력의 양성 확대가 필요하다.

2.3.4 연구개발 관련 구심점이 없고 기업간 협력 부족

반도체 소자기업과 장비기업 간, 장비기업들 간, 장비기업과 부품·소재기업 간 협력이 부족하여 정보·기술·인적 교류가 원활하게 이루어지지 않고 있다. 소자기업을 정점으로 하여 장비기업들이 수직계열화되어 있고 계열간 장비 교차 구매 비중이 낮으며, 반도체 소자 대기업이 협력 장비기업의 육성·지원 의지가 낮은 편이다.

반도체 연구개발 컨소시엄을 구성하여 연구개발의 구심점이 되도록 하고 기업간 협력을 활성화해야 한다. 장비기업의 기술력을 높여 세계최고의 장비를 개발하는 것만이 수직계열화된 국내 시장을 뛰어넘어 세계 시장으로 진출할 수 있는 방법이다.

3. 반도체 장비 개발 관련 정부R&D사업 현황 및 추진방향

3.1. 반도체 장비 관련 정부R&D사업 현황 및 문제점

1980년대 후반부터 시작되었던 정부 주도형 반도체

개발사업은 한국의 메모리 반도체 산업의 경쟁력을 올리는데 가장 크게 기여하였다. 반도체, 자동차 등 기간 산업은 민간기업의 주도에 의한 시장경제의 논리로만 진행되었다기 보다는 정부와의 협조를 통한 대기업의 세계 지원 및 협력기업의 연구개발역량 강화 등 협력 관계가 유지되어 왔다. 1982년 상공부에서 최초로 반도체만의 개별특정산업지원정책인 「반도체공업육성세부계획('82~'86)」을 수립하면서 국내 기업에 의한 대량생산체제 및 자립연구개발체제가 갖춰지기 시작하였다. 이를 계기로 1983년 기존의 삼성과 금성 외에 현대전자가 신규 참여하여 동시에 DRAM사업을 본격 투자함으로써 일관생산체제의 메모리시대를 개막하였고, 1992년 64M DRAM을 세계 최초로 개발하여 불과 10년 만에 DRAM분야에서 선진국을 추월하였다.

반도체 산업에 지대한 영향을 주는 장비산업의 중요성과 산업규모에 비해 단독적으로 장비개발을 위한 정부R&D사업은 미흡한 수준이었다. 반도체 관련 대규모 정부R&D사업은 대부분 반도체 소자 개발에 초점이 맞춰져 왔다. 그간 정부에서는 반도체 공정 및 부품·소재 개발 등에는 많은 예산과 각종 지원 정책을 추진해 왔으나, 장비분야는 기존 R&D사업의 일부분으로 취급되어 연간 2~5억원 수준의 소규모, 산발적 지원으로 인해 그 성과가 미비하였다. 장비 개발 관련 과제도 수요기업인 소자기업 중심으로 이루어져, 주로 외산장비의 국산화에 머물러 수요기업의 비용절감 측면에서는 도움이 되나 장비기업의 수익성 극대화에는 크게 도움이 되지 않는 상황이다.

기존의 정부R&D사업에서의 개발 결과물이 사업화에 많은 애로를 겪고 있다는 판단 하에, 정부는 2007년부터 5년간 「나노반도체장비 원천기술상용화사업」을 추진하고 있다. 이 사업은 2015년 반도체 장비 국산화를 50% 달성 기반마련을 위하여 45~22 나노급 차세대 반도체 제조장비 상용화를 목적으로 하며, 원천기술개발에서 발굴, 상용화까지 이어지는 개발사업이다. 상용화 과제당 2년간 연간 10억 내외를 지원하며, 장비기업의 기술경쟁력 제고에 크게 도움이 되고 있으나, 원천기술 개발을 위해서는 지원 금액과 기간을 더 확대하는 것을 고려할 필요가 있다.

반도체 소자기업과 장비·재료기업 간 상생 협력의 일환으로 정부가 2007년 2월부터 주도해 「성능평가협력사업」을 추진하는 것은 장비 국산화에 매우 고무적이며, 이 사업을 통해 양산성능평가 인증된 장비를 반도체 소자기업에서 실제 구입하고 있어 장비기업의 연구개발에 크게 도움이 되고 있다. 성능평가협력사업은 반도체 양산 라인에 장비와 재료 등을 직접 투입, 양산

에 적용 가능한 지에 대한 성능 여부를 반도체 소자기업이 직접 인증하는 사업으로서 실수요기업인 삼성전자, 하이닉스 등에서 성능평가랩을 운영하고 있다. 장비를 개발하더라도 기본적인 성능을 평가할 수 있는 여러 계측장비를 구비할 수 없는 상황에서 대규모 소자기업의 인프라를 활용할 뿐 아니라 미세 패턴 웨이퍼 위에 공정을 진행하여 평가를 할 수 있다는 점에서 특히 고무적이다. 이 사업은 실질적으로 장비기업에 도움을 주는 성공적으로 진행되는 사업으로서 장비 국산화 및 신장비 개발과 반도체 소자기업의 원가절감을 위해 확대가 필요하다.

국내 장비기업의 대부분은 기술력 및 투자 여건이 취약하여 정부의 대규모 기술개발 투자 없이는 현 수준을 탈피하기가 현실적으로 곤란하므로 정부의 지원뿐만 아니라 수요기업인 반도체 소자기업의 협력도 요구된다.

3.2. 반도체 장비 개발 관련 정부R&D사업 추진방향

특정 산업분야의 국가경쟁력 강화를 위한 정부의 역할은 취약부문을 지원하고 산업기반을 강화하는 정책을 수립하는 것이다. 소자, 장비, 부품·소재 등 반도체 관련 산업에서 소자산업에 비해 상당히 취약한 장비와 부품·소재 산업에 대한 정부의 지원정책 수립이 절실히 필요하다. 특히 단기적인 상업화를 위한 정책보다는 장기적인 관점에서 핵심 기초·원천기술의 연구개발을 통해 산업의 경쟁력을 강화시키는 정책이 필요하다.

특히 삼성전자, 하이닉스와 같은 세계 최고의 기술력과 규모를 가진 메모리 반도체기업을 보유한 장점을 활용할 필요가 있다. 새로운 공정장비 및 부품·소재 기술은 첨단 반도체 소자 제조기술 상의 이슈를 해결하기 위해 발생하므로, 문제 및 필요성 인식은 국내 기업이 빠르게 접근할 수 있으며 대응도 용이하다. 외국 선진 장비기업들도 국내 소자기업으로부터 확보한 정보를 활용하여 장비를 개발하고 판매하므로, 국내 기업은 타이밍이 생명인 반도체 업계에서 의사소통 및 개발 착수에서 더 빠른 시기에 진행 가능한 장점이 있다.

그러나, 선진 장비기업에 비해 규모가 작은 국내 장비기업이 연구개발에 전력하기에는 역량이 상대적으로 많이 부족하므로, 정부의 체계적인 지원이 필요하다. 장비 및 부품·소재기업의 입장에서 R&D지원사업의 기획·추진이 필요하며 산·학·연 전문가들이 쉽게 참여할 수 있는 환경 조성도 필요하다. 원천기술 개발 관점에서 학·연이 주도가 되는 R&D사업은 논문·특허 등의 연구실적은 발생하지만 상용화와 관련된 생산 기술 측면에서는 성과가 거의 없다. 따라서 실제 판매

가 가능한 장비 생산을 할 수 있도록 장비기업 주도의 R&D사업의 기획 및 추진이 필요하다. 이를 위해, 기업 간 컨소시엄 및 전문가 그룹을 구성할 수 있도록 지원하고, 기업들도 사외 전문가 네트워크를 적극 활용하고 참여 전문가에게 보수를 제공할 수 있는 마인드의 함양이 필요하다.

국내 기업에서 개발한 장비 등을 소자기업에서 평가하는 성능평가협력사업에서도, 평가가 단순히 연구개발과제로서의 평가보다는 평가를 통해 더 발전된 제품의 개발로 연계되도록 해야 한다. 이를 위해서는 풍부한 우수인력을 보유한 소자기업과 학·연에서 협력하고 조인을 해 줄 수 있는 전문가들이 폭넓게 참여하도록 동기를 부여하고 쉽게 참여할 수 있는 환경을 조성해야 한다.

정부의 연구개발지원사업은 핵심 기초·원천기술 개발을 목표로 중장기적으로 지원해야 하며, 대·중소기업 상생협력을 촉진할 수 있는 방안의 마련도 필요하다. 정부R&D사업을 통해 개발된 핵심 기술을 바탕으로 차세대 첨단장비 개발⇒시험·평가⇒상용화의 연계가 이루어질 수 있도록 체계적·지속적으로 지원해야 한다. 또한 개발된 장비 및 부품·소재의 시험·평가 시 국내 소자기업뿐만 아니라 나노센터 등이 지원하도록 하는 사업도 검토할 필요가 있다.

4. 반도체 장비기업의 R&D 현황 조사

4.1. 설문조사의 개요

반도체 장비기업의 R&D현황 파악을 위해 전공정 장비기업을 중심으로 총 26개의 기업에 설문을 요청하였으며 18개 기업으로부터 응답지를 회수하여 약 69%의 응답률을 보였다. 설문 응답자는 각 기업의 연구개발 책임자(연구소장 등)를 대상으로 하였으며, 설문조사는 2009년 7월27일부터 8월7일까지 약 2주간 진행되었다.

설문은 2개 부문으로 구성되었으며, 첫 번째 부문은 장비기업의 R&D 수행 시의 애로사항에 관련된 질문이며 두 번째 부문은 정부R&D사업 수행 시 애로사항 및 개선사항에 대해 질문하였다.

4.2. 장비기업의 R&D 수행 시 애로사항

반도체 장비기업에서 장비 연구개발에 있어 느끼는 가장 큰 애로점을 묻는 설문은 총 6개 항목으로 구성되었으며 6개 항목 전체에 대해 순위 기재를 요청하였다. 이 중에서 2순위까지로 선정된 항목을 중요하고 시급성이 높은 항목으로 선정하여 분석하였다. 장비기업

들은 ‘연구개발 인력 확보(72%, 중복응답)’를 가장 큰 애로사항으로 꼽았으며, ‘기초·원천기술력 부족(39%)’, ‘연구개발 자금의 확보(33%)’ 등을 다음으로 선정하였다.

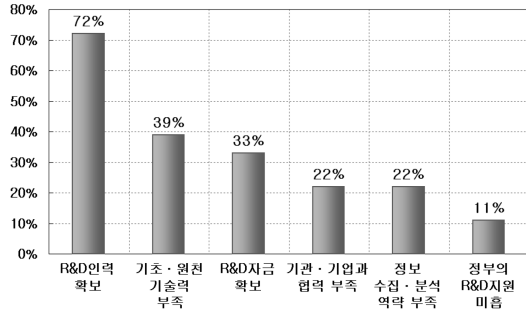


Fig. 1. Problems in R&D of semiconductor equipments.

장비기업들의 연구개발 투자금 조달 방법을 묻는 질문에는 무응답한 1개 기업을 제외한 17개 기업 중 65%가 1순위로 ‘기업 내부 유보금’이라고 응답했으며 ‘정부R&D지원금(24%)’이 두번째로 높은 응답률을 보였다.

장비 연구개발에 필요로 하는 연구개발 인력의 학력은 ‘박사급(11%)’, ‘석사급(67%)’, ‘대졸·전문대졸(22%)’로 응답하여 78%의 기업이 대학원졸업 이상의 학력을 원하는 것으로 나타났다.

장비기업들의 기초·원천기술력 향상을 위한 추진방법 및 계획에 대해서는 ‘연구개발투자 확대(R&D투자 증대 및 인력 확충)(61%)’, ‘정부R&D사업 참여 확대(28%)’, ‘기술보유 업체의 인수·합병(11%)’의 순으로 응답했다.

장비 연구개발을 위한 관련 기관·기업과의 협력 유형 중 장비기업이 필요로 하는 유형은 ‘반도체 소자기업(삼성전자, 하이닉스 등)과의 협력(61%)’, ‘반도체 장비·부품·소재기업 간의 협력(33%)’을 각각 1, 2순위로 응답한 반면, ‘대학, 정부출연연구소와의 산·학·연 협력’을 꼽은 기업은 1개사(6%)에 불과했다.

4.3. 장비 개발 정부R&D사업 수행 시 애로사항 및 개선사항

반도체 장비 개발 관련 정부R&D사업(국책과제)에 참여한 경험이 있는 기업들을 대상(16개사)으로 정부 R&D사업 수행 시의 애로사항을 질문하였다. 총 6개 항목에 대해 중복으로 2개 항목을 선택해 줄 것을 요청하였다.

장비기업들은 ‘대기업과 중소기업의 상생협력 부족

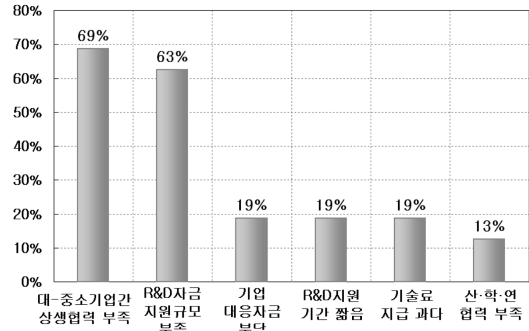


Fig. 2. Problems in conducting government R&D projects.

(69%, 중복응답)’과 ‘R&D자금 지원규모 부족(63%)’을 가장 큰 애로사항으로 꼽았다. 대기업-중소기업간의 상생협력 부족은 일반적인 중소기업의 문제이지만, 장비기업들은 장비 개발에서도 수요기업인 반도체 소자기업과 긴밀한 협력을 필요로 하는 것으로 판단된다. 또한 규모가 영세하여 연구개발비 확보가 어려운 국내 장비기업들은 정부R&D 지원 규모를 좀 더 확대해 주기를 원하고 있는 것으로 나타났다.

이외에 ‘정부R&D지원금에 대한 기업의 대응자금 부담(19%)’과 ‘R&D지원 기간이 짧음(19%)’, ‘기술료 지급 과다(19%)’, 그리고 ‘산학연 협력 부족(13%)’도 애로사항으로 꼽았다.

장비 연구개발을 위한 정부 R&D사업에 대한 개선사항으로는 ‘R&D 지원 기간의 연장’, ‘과제에 대한 공정하고 철저한 평가’, ‘지속적인 정부 지원’, ‘장비개발 과제에의 소자기업 참여 확대’, ‘정부R&D사업 기업 참여기준의 완화’ 등이 논의되었다.

5. 정책방향

정부 정책의 기본방향은 세계 10위 이내의 반도체 장비기업 육성을 목표로 정부의 R&D지원을 확대하는 것이다.

5.1. 기초·원천기술 중심의 중장기 장비개발사업의 기획 및 지원 확대

5.1.1 필요성

반도체 생산성 향상을 위한 회로 미세화 및 웨이퍼 구径의 대형화에 따라 기초·원천기술을 확보하지 못하면 점점 더 난이도가 높아지는 공정조건을 만족하는 장비의 개발이 불가능하다. 장비기업에서도 기초·원천기술 및 지식의 필요성에 대해 인지하고 있으나 자금·인력의 영세성으로 인해 선행연구에 대한 투자를 하지

못하는 실정이다. 국내 장비기업이 외산 장비를 모방하여 개발할 경우에는 지식재산권 문제가 발생한다. 또한 고부가가치 핵심 부품·소재의 해외의존도가 높아 장비 자체의 고부가가치화는 요원한 실정이다. 그동안 반도체 산업과 관련된 정부R&D사업은 반도체 소자 개발을 위한 사업이 대부분이었으며, 장비개발을 위한 R&D사업은 미미한 수준이었다.

5.1.2 추진내용

진공, 재료, 광학, 플라즈마 등 반도체 장비 개발의 가장 기본이 되는 기초·원천기술 개발 및 이를 이용한 장비 설계기술 개발을 위한 중장기 정부R&D사업의 추진 및 지원을 확대한다.

기술 로드맵 등을 조사·분석하여 향후 중요성이 증가하거나 새롭게 출현하고 있는 공정을 실현할 수 있는 장비를 선택하고 집중 투자하여 세계 최초 개발을 목표로 하는 R&D사업을 추진한다. 정부가 지원하는 반도체 장비 R&D사업은 외산 장비의 국산화나 개발 완료된 장비의 양산을 지원하는 것이 아닌 새로운 장비를 개발하는 것을 목적으로 추진해야 한다. 신개념의 반도체 개발 시 공정개발과 함께 장비 개발도 동시에 이루어지도록 할 필요가 있다.

반도체 제조 공정의 난이도 증대에 따라 필요성이 급증하고 있는 실시간 첨단 공정·장비 모니터링 및 제어(AEC/APC) 기술 및 이와 관련된 장비·기기·S/W 연구개발사업을 추진한다.

장비R&D에 수요 대기업과 장비기업이 공동 참여하여 장비산업의 자립기반을 확보하고, 고부가가치 전공정 장비 위주의 연구개발을 추진하여 동반발전체제를 구축하도록 해야 한다.

5.2. 반도체 산업 분야 기술인력 육성 강화

5.2.1 필요성

반도체 소자 대기업을 제외한 반도체 산업 관련 중소기업은 우수 인력의 확보에 매우 애를 먹고 있으며, 우수 고급인력은 조건이 좋은 외국계 기업으로 많이 유출되고 있는 상황이다.

5.2.2 추진내용

반도체 소자 및 장비·재료와 관련된 기술인력 육성 사업을 추진한다. 이를 위한 일환으로 나노종합팹센터, 나노소자특화팹센터 등에 반도체 산업 분야 고급인력 양성을 위한 교육기능을 강화한다.

한국기술교육대학교 반도체장비기술교육센터에 대한 지원을 강화하여 장비기업에서 요구하는 기술인력

의 양성을 확대한다. 이를 위해 현재 반도체 기업의 양산라인에서 사용하는 최신 장비 도입을 위한 지원을 강화한다.

반도체 장비 관련 학과가 개설된 전문대학·대학교에 관련 기업과의 연계를 통한 맞춤형 교육과정을 마련하고 산·학 협력을 촉진한다.

5.3. 반도체 연구개발 컨소시엄 구성·운영 지원

5.3.1 필요성

우리나라에는 한국반도체산업협회, 한국반도체연구조합, 진공연구조합 등의 반도체 산업 관련 단체가 있으나, 국내외 기술·시장 동향 파악, 국책사업 안내, 학술적 지원 등에 그치고 주도적으로 반도체 산업의 기술개발을 이끌어가는 역할과 기능이 부족한 상황이다.

장비기업과 소자기업의 실무담당자들 사이에 의견교환이 원활하게 이루어지지 않기 때문에 장비기업은 소자기업이 필요로 하는 장비를 개발하는 데 어려움을 겪고 있으므로 공동 연구개발 조직을 통한 의견교환의 활성화가 필요하다.

5.3.2 추진내용

미국의 SEMATECH, 일본의 SELETE와 같은 한국형 반도체 연구개발 컨소시엄의 구성 및 운영을 지원한다. 이를 위해 컨소시엄의 설립 비용 및 초기 몇 년간의 운영비용의 일부를 정부에서 지원하는 것이 필요하다. 미국의 경우를 살펴보면, 1970년대 후반부터 반도체 산업에서 일본의 세력이 커지고 미국의 위상이 약해짐에 따라, 미국 정부는 1987년 국방부 주도로 비영리 반도체 연구개발 컨소시엄인 SEMATECH을 설립하였다. SEMATECH 설립 시 미국 국방부는 설립 비용의 절반을 부담하였으며, 10년간 운영 예산을 지원하였다. 현재 정부지원은 중단되었으나, SEMATECH의 시설이 위치한 텍사스 주와 뉴욕 주로부터 지원금을 받고 있다. 미국의 SEMATECH은 2~3년 주기로 반도체 산업의 혁신을 주도하여 반도체의 성능 향상과 가격 저하를 동시에 이루어내는데 기여하여 매우 성공적이라는 평가를 받고 있다.

기존 단체들을 통합하여 연구개발 컨소시엄을 설립하고 기술개발과 관련된 기능 및 역할을 강화한다. 신설된 연구개발 컨소시엄은 SEMATECH(미국), SELETE(일본), IMEC(벨기에) 등 해외 반도체 연구개발 컨소시엄과 연계하여 정보 공유 및 공동연구를 기획하고, 해외 컨소시엄들의 최신 기술개발 현황 및 기술 로드맵을 입수·분석하여 관련 기업 및 기관에 배포한다. 반도체 관련 산업 발전을 위한 전략 수립과 함께 연구개발사

업을 기획하고 추진한다. 또한 반도체 관련 산업의 중소기업 육성에 중점을 둔 정책을 개발하고 반도체 관련 산업 발전을 위한 관련 기업들의 의견을 모아 정부 및 지자체에 제안한다. 반도체 소자의 발전방향 및 시장에 대한 전망 및 예측의 결과를 반도체 장비·재료 기업에 제공하고 국내 기업에서 집중 개발할 장비를 선정하고 관련 기업들과 연구개발 수행체제를 결성하여 세계최초의 장비 개발을 주도한다. 국내외 반도체 개발·양산 현황 조사 및 전망을 통해 시급히 국산화가 필요한 장비를 선정하고 반도체 소자기업과 장비기업의 연계를 통한 장비 국산화를 지원한다. 나노종합팹센터, 나노소자특화팹센터 등을 활용하여 신공정, 신장비, 신재료에 대한 연구개발 및 시험·평가를 추진한다. 반도체 산업 관련 국내 개발 기술의 국제 표준화 및 국제 특허 출원을 지원한다. 반도체 소자, 장비, 부품·소재 등에 관련된 국제 학회, 세미나, 포럼 등을 개최하여 최신 이슈 및 기술에 대한 정보를 공유할 수 있는 기회를 마련한다. 그리고 반도체와 제조 공정이 유사한 평판 디스플레이 및 태양광 소자(Solar cell) 산업과의 기술 이전 및 교류를 주도한다.

중장기적으로는 반도체 연구개발 컨소시엄을 지원할 수 있는 전담 연구소의 설립이 필요하다. 반도체 산업 발전을 위한 R&D 정책 및 전략 수립을 위한 정책연구소와 국내외 최신 동향을 파악하고 분석하여 제공하는 기술정보센터를 구축한다. 또한 신재료, 신공정의 연구개발 및 장비의 개발부터 양산성 검증을 위한 시험·평가를 추진할 수 있는 연구팹을 구축한다.

5.4. 반도체 장비 중소기업 육성을 위한 펀드 조성

5.4.1 필요성

세계 50위권에 드는 장비기업이 1개사에 불과한 국내 반도체 장비산업의 영세성으로 인해, 비용이 많이 소요되는 중장기 연구개발이나 유사 장비기업 간의 인수·합병(M&A)은 어려운 실정이다. 국내 장비기업간, 그리고 국내 기업이 주축이 된 외국 유망벤처기업과의 M&A 활성화를 통해 중견기업으로 성장할 수 있도록 하여 연구개발의 부담을 덜도록 할 필요가 있다.

5.4.2 추진내용

우리나라의 기간산업인 반도체 산업에의 파급효과를 고려하여, 모태펀드 등으로부터 반도체 장비 중소기업에 집중 투자하는 특성화된 펀드 조성을 검토한다. 조성된 펀드로 자금부족으로 연구개발 및 우수인력 채용에 어려움을 겪는 반도체 장비 중소기업의 연구개발 투자비 및 운영자금을 지원한다. 또한 장비 중소기업의

대형화를 위해 기업 간 M&A 활성화를 위한 펀드의 투자를 확대하고 M&A 시 기업 가치에 대한 평가를 철저히 수행하도록 한다.

5.5. 나노팹센터를 국산 반도체 장비 시험·평가센터로 육성

5.5.1 필요성

국내 반도체 장비 중소기업이 어렵게 장비를 개발한 후에라도 개발된 장비의 양산성 검증 및 개선점 발굴을 위한 시험·평가를 자체적으로 수행하기는 어려운 실정이다.

나노종합팹센터(대전)와 나노소자특화팹센터(수원) 등은 반도체 기업 및 장비기업과 근거리에 위치하며, 시험·평가 관련 기능이 추가될 경우에 관련 일자리 창출에도 기여하게 된다.

반도체 소자기업은 검증된 장비·부품만을 요구하므로, 국내에서의 엄격한 시험·평가를 통해 국산 장비·부품의 신뢰성을 높이고 이를 홍보함으로써 해외로 시장을 확대할 필요가 있다.

5.5.2 추진내용

나노팹센터에서 저렴한 비용으로 시험·평가를 수행하고 장비의 개선점을 기업에 피드백하여 장비의 완벽성 확립을 추구한다.

나노팹센터의 신규 설비 구매 시 동일 사양이라면 가급적 국산 장비의 우선 구매를 장려한다.

정부가 주도하는 성능평가협력사업의 인증기관에 소자기업과 함께 나노팹센터를 추가하여 개발단계에 따른 시험·평가를 분리하는 것을 고려한다. 나노팹센터에서는 상용화 이전의 연구개발 단계를, 소자기업에서는 상용화 단계의 장비를 시험·평가할 수 있도록 지원을 확대한다. 장비기업, 나노팹센터, 소자기업 간 장비 개발을 위한 산·연 협력 체제를 구축하여 장비 개발부터 시제품 개발, 시험·평가, 상용화 제품 생산까지 협력을 유도한다.

5.6. 대기업(반도체 소자기업)과 중소기업(장비기업) 간 상생협력 촉진 지원

5.6.1 필요성

우리나라의 경우 반도체 기업은 규모와 기술력 면에서 세계 최고 수준인데 반해, 장비기업은 영세하고 기술력도 낮아 모든 면에서 반도체 기업에 의존할 수밖에 없는 상황이다. 장비 중소기업의 성패는 소자 대기업에 비해 열악한 인력과 기술수준을 어떻게 끌어올리느냐에 달려 있다.

또한 기술력이 우수한 국내 장비기업이 규모의 경제를 실현하기 위해서는 반도체 대기업 중심의 수직계열화를 벗어나야 한다.

5.6.2 추진내용

대기업이 협력 중소기업에 생산설비 개선자금의 무이자 지원 등 설비 자금 지원 시 지원금에 대해 세제혜택을 부여한다.

대기업이 대학과 중소기업에 지급한 외부위탁 연구개발비를 세액공제해 주는 산학협력 특별세액공제제도를 확대한다.

대기업이 협력 중소기업에 대한 인력, 기술, 경영, 품질·공정 개선, 마케팅 지원 및 협력기업 인력교육, 기술이전 시 인센티브를 부여한다.

반도체 소자기업이 구매선 계열화를 벗어나 성능·품질이 좋은 국산 장비를 구매하도록 장려함으로써 기술력있는 장비기업의 대형화를 유도한다. 이를 위해 소자기업이 평가·인증한 장비가 실제 구매까지 이어지는 성능평가협력사업에 대한 지원을 확대하여 계열간 교차구매 활성화를 유도한다.

참고문헌

1. 김용희, 「반도체장비산업의 동향과 과제」, LG경제연

구원, 1997. 8.
 2. 전국경제인연합회, 「R&D투자를 통한 기업의 불황극복 사례와 시사점」, 이슈페이퍼, 제134호, 2009. 5.
 3. 한국과학기술기획평가원, 「하이닉스 반도체 혁신사례 분석 및 평가 연구」, 2006. 12.
 4. 한국반도체산업협회, 「반도체 장비·재료 산업동향」, 2009. 4.
 5. 한국반도체산업협회, 「반도체 장비·재료 산업현황보고」, 2009. 5.
 6. 한국반도체연구조합, 한국과학기술기획평가원, 「반도체 장비개발사업 추진방안 연구」, 2006. 12.
 7. Gartner, 「Forecast: Semiconductor Capital Equipment Recovery Possible in 2010」, 2009. 3.
 8. Gartner, 「Market Share: Semiconductor Manufacturing Equipment Contracted Sharply in 2008」, 2009. 4.
 9. Kenneth Flamm, 「Economic Impacts of International R&D Coordination: SEMATECH and the International Technology Roadmap」, 21st Century Innovation System for Japan and the United States: Lessons from a Decade of Change, Tokyo, 2006. 1.
 10. Mark Durkan, 「Optimizing Memory Operations at the Leading Edge」, Keynote Speech at International Symposium on Semiconductor Manufacturing, CA, USA, 2007.
 11. The Wall Street Journal, 「R&D Spending Holds Steady in Slump」, 2009. 4. 6.