

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.5.781>

JCCT 2024-9-93

원자층 증착기술의 특허 경쟁력에 관한 연구: 국가, 세부섹터, 기관 수준의 분석

Study of Patent Competitiveness of Atomic Layer Deposition Technologies: Country, Subsector, and Organization Level Analysis

이승환*, 이희상**

Seunghwan Lee*, Heesang Lee**

요약 최근 몇 년 동안 반도체 산업은 나노 스케일로 전환됨에 따라 다양한 분야에서 중요성이 높아졌다. 본 연구는 반도체 분야의 나노 기술 발전에 중추적인 역할을 하는 원자층 증착(ALD) 기술 영역에서 주요 38개 기관들의 기술 경쟁을 분석하였다. 이를 위해 21년간 주요 국가의 특허청에 등록된 6,414건의 ALD 특허를 바탕으로 기업 간, 국가 간, 세부섹터 간 경쟁력을 분석하였다. 특허 경쟁력 분석을 위해 특허 진입 시기, 특허 성장률, 특허 점유율, RTA, PII 및 PFS 지수 등의 특허지표를 측정하였으며, 관련 있는 특허지표를 2개씩 결합한 2차원 특허 지도를 활용하였다. 본 연구를 통해 기업, 세부섹터, 국가 단위의 특허 경쟁 및 기술 추격에 대한 새로운 사실이 밝혀졌고 실무적으로 유용한 함의가 도출되었다.

주요어 : 원자층 증착(ALD), 특허 분석, 반도체, 기술 추격, 리더십 변화

Abstract In recent years, the semiconductor industry has shifted to the nanoscale, gaining importance in various fields. This study analyzes the technology competition among 38 major players in the area of atomic layer deposition (ALD) technology, which plays a pivotal role in the development of nanotechnology in semiconductors. To do so, we analyzed inter-firm, inter-country, and inter-sector competitiveness based on 6,414 ALD patents registered with patent offices in major countries over 21 years. To measure competitiveness, we used two-dimensional patent maps that combine patent indicators such as patent entry time, patent growth rate, patent share, RTA, PII, and PFS indexes, and related patent indicators. The study reveals new facts about patent competition and technology catch-up at the firm, subsector, and country levels, with practical implications.

Key words : Atomic Layer Deposition (ALD), Patent analysis, Semiconductor, Technological catch-up, Leadership changes

I. 서론

반도체 기술 분야는 그 어떤 기술보다 진화를 앞지르며 비약적인 발전을 거듭해 왔다. 지난 60년 동안 반

도체 업계는 반도체 소자, 특히 트랜지스터의 크기를 줄이기 위해 소형화 기술을 개선하는 데 집중해 왔으며, 이러한 미세화 덕분에 트랜지스터 게이트 길이가 마이크로미터 수준에서 나노미터 규모로 진화하는 비

*정회원, 성균관대학교 기술경영학과 박사과정 (제1저자)
**정회원, 성균관대학교 기술경영학과 정교수 (교신저자)
접수일: 2024년 6월 4일, 수정완료일: 2024년 6월 29일
게재확정일: 2024년 9월 5일

Received: June 4, 2024 / Revised: June 29, 2024

Accepted: September 5, 2024

**Corresponding Author: leehee@skku.edu

Management of Technology, Sungkyunkwan Univ, Korea

약적인 발전을 이루었다[1]. 반도체 시장은 선발주자와 후발주자들의 기술 우위를 잡하기 위해 치열한 경쟁이 벌어지고 있으며, 그 결과 반도체 기술과 산업은 연구의 영역을 넘어 국가 전략 발전의 중추적인 진장으로 부상하고 있다. 특히 미국은 2020년부터 2030년까지 10년간 급증하는 반도체 수요에 대응하기 위한 인센티브 정책 도입을 시작하였으며, 한국과 대만 등 다른 국가들도 마찬가지로 적극적인 지원과 투자를 바탕으로 자국 산업을 뒷받침하고 있다[2,3].

전통적으로 반도체 산업은 높은 기술 문턱과 막대한 투자비용으로 인해 초기 경쟁업체의 시장 진입이 어려웠다. 그러나 최근 AI, 클라우드 컴퓨팅, 자율 시스템의 혁신으로 인해 패러다임의 변화가 촉발되면서 국경을 초월한 치열한 경쟁이 촉발되고 각국은 기술 경쟁에 공격적으로 뛰어들고 있다. 이러한 치열한 경쟁은 반도체 칩제조업체, 장비업체, 재료업체, 대학 및 연구소의 다양한 전략적 추구에서 생생하게 드러난다. 한국, 대만, 중국과 같은 국가들은 선도적인 칩제조업체들의 경쟁적 역동성을 통해 전통적인 산업 강자인 미국과 일본의 강력한 도전자로 부상하였으며, 반대로 반도체 장비 및 재료 분야는 미국과 EU의 선도기업들이 계속해서 주도하고 있다[2].

반도체 제조 공정은 웨이퍼 제작, 조립 및 패키징, 테스트로 통합적으로 구성되며, 해당 공정 내에서 반도체 박막 증착 공정은 분자 수준에서 원하는 전도성 또는 절연 특성을 부여하기 위해 박막을 세심하게 쌓아 올리는 핵심 기술로, 핵심 반도체 기술 중 초석에 해당한다[4]. 반도체 박막 증착 기술은 원자층 증착(Atomic Layer Deposition: ALD), 물리 기상 증착(Physical Vapor Deposition: PVD), 화학 기상 증착(Chemical Vapor Deposition: CVD) 등의 기술이 포함되며, ALD 기술은 고품질의 박막 증착을 위한 현존하는 가장 진보된 공정 기술로 평가받고 있다[5]. 나노미터 이하 두께의 박막 균일성과 제어에서 탁월한 정밀도를 자랑하는 ALD 기술은 나노미터 이하 박막 증착에 대한 시장 요구 사항이 증가함에 따라 반도체 분야를 넘어 환경, 에너지, 항공우주, 생명공학 등 광범위한 분야에 적용되고 있다[6]. 1970년대에 연구개발이 진행된 ALD 기술은 1994년 최초 특허 만료 이후 수십 년 동안 크게 발전해 왔으며, ALD 시장은 2020년부터 연평균 12%의 성장률을 보이며 크게 도약할 것으로 전망된다[7].

특허는 발명을 공개하는 대가로 부여되는 법적 권리로, 특허권자는 일정기간 동안 타인이 공개 발명을 제조, 활용 또는 판매하지 못하도록 배제할 수 있는 권한을 부여받는다[8]. 개인은 일반적으로 자신의 혁신적인 창작물을 보호하기 위해 특허를 취득하지만, 기업, 연구소 및 대학은 특허를 단순한 보호 수단뿐만 아니라 기술 지배력을 확보하기 위한 핵심적인 지적 자산으로 활용한다. 기본적으로 특허는 경쟁사나 외부 기관의 복제로부터 장벽을 형성하여 기술 발전의 개발, 관리 및 상용화를 위한 중요한 도구로 사용된다. 따라서 특허를 통해 특허를 보유하고 있는 주체는 기술 혁신과 연구개발(R&D)에서의 역량을 드러낼 수 있으며, 특허 자산 관리는 미래 제품 개발과 구현을 구상하기 위한 전략적 자산이 된다. 특허는 시간이 지남에 따라 독점 기술의 진화를 모니터링 할 수 있는 가장 신뢰할 수 있는 도구이며, 경쟁자의 특허 환경을 경계함으로써, 특허를 가지고 있는 주체는 기술 혁신 전략을 디자인할 수 있다. 마지막으로, 특허는 기술적 활동력을 상징하고 기술혁신 생태계의 다양한 이해관계자를 하나로 묶는 커뮤니케이션 채널 역할을 하며, 특허는 발명가를 인정하고 자극하는 동시에 고객과 투자자에게 혁신에 대한 의지를 알리는 수단으로서 여겨진다. 이러한 인식은 동종 기업과의 기술 거래 및 교차 라이선스 계약을 촉진함으로써 전략적 제휴를 구축하는 데 도움이 된다[9]. 특허 창출은 첫째, 강력한 R&D 투자를 통해 기술 우위를 유지하는 데 필수적이며, 둘째, 특허 획득은 기술 혁신을 위한 보호막을 제공하며[10], 셋째, 특허 활동의 변동은 종종 R&D 노력의 변화를 나타내는 것으로 해석된다[11].

본 연구는 ALD 기술 분야의 기업, 연구소, 대학 간의 기술 경쟁을 심층적으로 분석하고, 국제 특허를 활용하여 선발주자와 후발주자가 리더십을 확보하거나 되찾기 위해 어떻게 노력하는지 평가한다. 본 연구의 목적은 다양한 국가와 세부섹터에 걸쳐있는 기업, 연구소, 대학 간의 추격과 리더십의 다이내믹스를 탐구함으로써 ALD 기술에 관련된 경쟁력을 분석하는 것이다. 분석 초기에는 선발주자와 후발주자의 리더십과 추격 궤적에 초점을 맞추었고, 이후에는 정량적 및 정성적 지표를 기반으로 특허 경쟁 상황을 분석하였다. 분석 대상은 6개 국가와 4개 세부섹터로 분류된 38개 주요 기관(기업, 연구소, 대학 등)을 대상으로 하였으며, 2003

년부터 2023년까지 21년에 걸친 데이터는 횡단면 분석과 추세 분석을 위해 네 가지 시간적 단계로 세분화되었다.

II. 선행 연구

기술 리더십이란 업계의 선발주자가 특정기술에서 가장 먼저 기술 발전을 이끌어 내는 역량이나 성과로 정의되며, 기술 추격은 후발주자가 선발주자와의 기술 격차를 좁히려는 과정과 결과를 의미한다. 기술 리더십과 추격에 대한 연구는 국가와 기업의 관점에서 광범위하게, 다음과 같은 주제로 다양한 측면에서 진행되어 왔다.

첫째, 초기에는 특정 기술 및 산업의 국가별 추격과 주기적 패턴에 초점을 맞춘 연구가 진행되었다. 예를 들어, 1970년대와 80년대 일본의 전자 및 자동차 분야에서의 산업 부상과 1990년대 후반부터 한국의 전자, 자동차, 조선 산업 분야에서의 발전에 대한 연구가 진행되었다[12,13]. 또한 2000년대 후반 중국은 한국, 일본, 미국을 대상으로 전통적인 주력 산업과 신흥 부문에 초점을 맞춘 추격 연구가 진행되었다[14]. 선발주자와 후발주자간의 국가 단위의 추격 사이클 연구 역시 다양한 산업군에서 수행되었으며, 국가 단위의 추격 사이클이 나타난 대표적인 산업들은 철강, 자동차, 조선, 반도체, TV 등이 있었다. 이 중 추격 사이클이 완성된 산업들은 선발국가에서 후발국가로 주도권이 이전되었음을 확인할 수 있었다[12]. 이러한 전환은 선발주자가 후발주자에게 주도권을 넘겨주는 현상으로 추격 사이클의 정점에 있는 산업으로 나타났다.

둘째, 국가 간의 리더십과 추격의 단계별 진행에 관한 연구들이 진행되었다. Landini 외(2017)는 후발주자가 선발주자가 되는 과정을 세 가지 단계로 구분하여 설명하였으며, 처음에는 후발주자가 비용 우위를 활용하여 기술적 열세를 완화하는 진입 단계, 이후에는 투자, 학습, 점진적인 경쟁력 확보를 통해 선발주자를 추격하는 동시에 시장 리더십을 목표로 하는 추격 단계, 마지막으로 후발주자의 쇠퇴가 시작되는 쇠퇴 단계로 강조하였다[13]. 선발주자가 기술, 생산, 마케팅에서 우위를 유지하는 데 실패하면 후발주자에게 리더십을 넘겨주고, 후발주자는 선발주자가 개척한 지식과 기술의 혜택을 사용하여 국제적인 선도 기업으로 발전하게 된

다[15]. 반대로 선발주자는 후발주자가 축적된 기술 및 지식의 이점을 활용하는 경향을 보이지만, 이후 선발주자의 위상은 하락하게 된다. 또한 후발주자의 가격 경쟁력으로부터 시작되는 국가 차원의 추격 현상은 매우 흥미로운 특징을 보여준다. 이는 새로운 수요 창출을 촉진하여 후발주자가 선발주자를 추월할 수 있는 풍부한 기회를 제공하며, 이러한 초기 가격 경쟁력 추격 현상에 관한 연구의 예로는 한국과 대만의 하이테크 부문, 중국의 통신 산업, 인도의 제약 및 자동차 산업 등이 있다[15,16].

기업 간 리더십과 추격에 관한 연구는 기업이 각자의 비즈니스 환경에 대응하여 보유하고 있는 역량을 활용하는 전략을 펼친다는 점에서 가격 경쟁력을 가장 중요한 요인으로 보는 국가 차원의 리더십과 추격 역학을 연구하는 것과는 차이가 있다.

셋째, 기업 수준의 추격과 리더십은 국가 차원의 논의와는 다른 기술 경쟁 전략에 초점을 맞추고 있다. 이른바 후발주자 기업들은 선발주자 기업들의 지식을 흡수한 후 개선 또는 혁신에 참여함으로써, 기술 추격의 발판을 시작한다[17]. 성공적인 후발주자들은 기술 및 시장 침투에서의 초기 불리함에도 불구하고, 엄격한 기술 분석과 특허에서 파생되는 비용 우위를 통해 경쟁 우위를 확보하고자 한다. 이들은 경쟁 우위 확보를 위해 더 많은 자원을 투입하고 기술 혁신을 촉발하여, 생산 품질과 제품 신뢰성을 높이면, 선발주자와 점진적으로 간격을 좁히게 된다[17]. 이 과정에서 후발주자는 새로운 시장 틈새를 개척하고, 선발주자에게 도전하며, 비즈니스 환경을 재편하기 위해 노력한다. 선발주자의 경우 지속적인 경쟁 우위 유지를 위해 점진적인 혁신에 전념하는 반면, 후발주자는 파괴적인 제품을 지향하여 보다 과감한 전략을 채택한다[18]. 후발주자의 파괴적 기술 혁신 전략은 시장 점유율을 확보할 뿐만 아니라 때때로 선발주자의 자리를 빼앗을 수 있는 힘을 확보하게 한다. 후발주자들은 기술 혁신에 적극적으로 참여하기 위해 기술에 대한 우수한 흡수 능력과 발전된 이해력을 보이며 새로운 지식을 창출한다[19]. 반대로 선발주자들은 획기적인 기술 혁신보다 안정적인 진화를 우선시하지만, 초기 기술의 성공으로 인한 안일함과 후발주자의 추격 가능성을 과소평가하여 몰락할 수 있다고 지적된다[20].

둘째, 기업 수준의 리더십과 추격에 대한 연구는 집

단적 지식이나 노하우의 축적이 기술 발전으로 이어지는 기술 추격과 거래성과나 시장 점유율과 관련된 시장 추격을 구분하여 서로 다른 이해와 단계적 전략이 필요하다고 주장하는 연구들이 주류를 형성하고 있다[13]. Vernon(2017)의 연구에 따르면 후발주자는 일시적으로 시장에서의 성과를 따라잡을 수 있지만, 장기적으로 추격 노력을 지속하고 확대하려면 기술 역량적인 관점에서 개선되어야 한다고 주장하였으며[21], Christensen(1992)이 제시한 S-곡선 이론에 따르면[22], 기술 주기가 짧을수록 추격 활동의 성공률이 높아지며[23], 후발주자가 성공적으로 시장 리더십으로 전환할 수 있는 이유는 지속적인 기회와 높은 수익을 제공하는 기술 혁신으로부터 시작된다고 언급하였다[24]. 또한 기술 수명주기와 보유 기술의 기업활동에서의 중요성은 서로 달라서 특허 전략 수립 및 운영 조직이 모두 필요하다고 주장하였다[25]. 텔레비전 분야에서 Samsung과 Sony의 경쟁 구도는 이러한 주장을 효과적으로 보여주었으며, 1980년대에 후발주자였던 Sony는 당시 글로벌 리더였던 미국 기업들을 상대로 먼저 기술적 우위를 확보하고 이후 시장 지배력을 확보하였다. 2000년대 이후, Samsung이 먼저 기술 혁신에서 Sony를 앞지르고 이를 바탕으로 매출과 시장 가치에서 우위를 확보하였다[26]. Park(2006) 연구에서는 한국 대기업들이 해외 주문자 상표 부착 생산(OEM) 방식으로부터의 얻은 기술을 기반으로 혁신 역량을 연마하고 가능한 모든 자원을 글로벌 시장 경쟁력을 갖춘 제품에 투입하는 전략을 사용한다는 사실을 밝혀냈다[23]. 또 다른 연구에서는 한국 대기업들은 자동차부터 휴대폰을 포함한 IT 및 조선에 이르기까지 제조업에 크게 의존하는 분야에서 기술력과 시장 추격력을 단계적으로 확보할 수 있었다고 주장하였다[12].

셋째, 기업 간 리더십과 추격 역학을 탐구하는 문헌에 따르면 선발주자와 후발주자간의 추격관계는 기술, 수요, 제도적 틀의 도움으로 형성될 수도 있다고 설명하였다. 새로운 기술 출현이나 산업 환경의 변화가 후발주자에게 기회를 넓히거나 좁힐 수 있다고 가정하며, 국가 제도와 공공 정책 개입의 변화는 새로운 시장 진입자가 선발주자에 도전하고 잠재적으로 그들을 능가할 수 있는 환경을 조성할 수 있다. 그로 인해 시장 수요의 변동은 후발기업의 추격 가능성을 증폭시키거나 감소시킬 수 있다고 제시하였다[27,28]. 따라서 후

발주자가 제품 혁신에 성공하고 확장을 위한 제도적 이점을 추가로 보유하면, 선발주자를 능가할 확률이 크게 유리하다[29].

III. 경쟁력 관련 특허지표

특허는 응용 연구 성과 및 제품 개발 역량과 가장 직접적인 연관이 있는 것으로 알려져 있으며, 아이디어 단계에서 특허로 전환되는 과정에는 특허 출원 단계, 특허 등록, 라이선스 등의 경로를 통한 최종 특허 상용화 등 여러 단계가 포함된다. 특히, 특허 출원에서 등록으로의 전환은 엄격한 심사 과정을 거쳐 등록 특허에 훨씬 더 높은 기술적 가치를 부여하며, 출원된 특허 중 일부만 등록에 성공한다[30]. 라이선싱과 같은 상업화 작업은 대부분 내부에서 이루어지기 때문에 기업 혹은 대학 및 연구소의 특허 활동에 대한 가시성이 제한적이다.

본 연구는 기술혁신을 위한 특허 경쟁력 연구의 대상으로 최근 가장 주목받고 있는 산업 중 하나인 반도체 산업의 제조공정 혁신의 핵심기술인 ALD 기술의 등록된 특허에 초점을 맞추었다. 따라서 특허 데이터는 2003년대 1월1일부터 2023년 12월 31일까지 21년 기간에 걸쳐 97개 국가의 특허청에 등록된 ALD 특허를 Wipson 데이터베이스(<http://wipson.com>)를 통해 수집하였다. "(반도체* or semiconduc*) and (원자층* or (ALD* and Atomi*))" 특허 검색 키워드를 통해 검색한 결과, 기업, 연구소, 대학, 개인이 출원한 9,673건의 ALD 특허가 확인되었으며, 해당 건수는 여러 국가의 특허청에서 중복된 특허를 제거한 건수이다. 본 연구가 ALD 특허의 주요 기관 간의 경쟁 현황에 초점을 맞추었기 때문에 검색된 9,673건의 특허 중 21년 동안 47개 미만의 ALD 특허를 보유한 법인이나 개인은 제외하고 47개 이상의 특허를 등록한 28개의 기업과 10개의 대학의 6,414개의 특허를 분석 자료로 결정하였다. 상위 38개 기업, 대학 또는 연구소가 보유한 특허는 6,414개로 검색된 9,673개의 특허 중 약 66.3%를 차지하여 이들이 ALD 특허 경쟁의 주요 기관이라고 할 수 있었다. 이들 38개 ALD 기술 분야의 상위권 기관이 등록한 특허는 한국(2,469개), 일본(1,023개), 미국(1,541개), EU(608개), 타이완(500개), 중국(273개) 등 6개 국가에 분포되어 있었다.

본 연구에서는 선행연구에서 특히 경쟁력을 비교하는데 사용하였던 특허 진입시기(Entry Year), 특허 점유율(Patent Share), 연평균 성장률(Compound Annual Growth Rate: CAGR), 기술 우위지수(Revealed Technological Advantage: RTA), 특허 영향력 지수(Patent Impact Index: PII), 패밀리 특허 지수 (Patent Family Size: PFS) 등 6가지 특허지표를 사용하였다. 특허 진입시기, 특허 점유율, 연평균 성장률은 각각 기관의 특허 참여 시점, 특허 자산 규모, 성장률을 정량적으로 평가하기 위한 지표이며, RTA, PII, PFS 등의 지수는 각각 특허 강점, 영향력, 경제적 가치에 대한 정성적 지표이다. 이러한 특허지수에 대한 정의와 공식은 다음과 같다.

특허 점유율 지표는 상대적 시장 지위를 반영하며, 방정식(1)에 표시된 것처럼 각 기관의 ALD 특허수를 38개 기관들의 ALD 특허수 합계로 나눈 값으로 계산된다[31].

$$Patent\ Share = \frac{N_i}{N} \times 100 \quad (1)$$

N = Number of total patents, N_i = Number of i-company patents

n년 동안의 연평균 성장률(CAGR)은 방정식(2)에 표시된 것처럼 총 성장률의 n제곱근을 통해 도출되며[32], 특정기간 동안 ALD 특허 등록의 연평균 성장률을 계산해준다. 여기서 n은 기관의 최초 ALD 특허 등록부터 2023년까지의 년수로 정의된다.

$$CAGR_{(n)} = \left(\frac{Ending\ Value}{Beginning\ Value} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (2)$$

기술 우위지수(RTA)는 기술 혁신 노력 및 전문화를 설명하며, 기술 집중 상태를 측정하는 효과적인 지표이다[33]. 해당지수는 방정식(3)에서 볼 수 있듯이, 분자는 38개 기관 전체의 특허 총합 대비 특정기간 동안 기술 j에 대해 특허 보유자인 i가 등록한 특허의 비율을 나타내며, 분모는 ALD 관련 특허뿐만 아니라 모든 분야의 모든 기술에 대해 특허 보유자가 등록한 특허수를 나타낸다[33].

$$RTA_{i,j} = (\Pi_j / \sum_i \Pi_j) / (\sum_j \Pi_j / \sum_i \sum_j \Pi_j) \quad (3)$$

특허 영향력 지수(PII)는 특허의 인용 횟수로부터 도출되며, 방정식(4)에 표시된 것처럼 특허수와 인용 횟수

를 사용하여 정의된다[34]. PII는 기술 분야에 대한 영향력을 설명하며, 이 값이 높을수록 해당 특허는 기술적 영향력이 큰 고품질의 특허로 해석된다[34].

$$PII_a = \left(\frac{C_a / N_a}{C_t / N_t} \right) \quad (4)$$

C_a =Forward citation patent number of a patents
 N_a =Number of a patents
 C_t =Forward citation patent number of total patents
 N_t =Number of total patents

패밀리 특허는(PFS) 공통 우선권 주장을 기반으로 하나의 특허가 서로 관련된 여러 국가에 등록된 특허를 나타낸다. 패밀리 특허수가 많을수록 심사수수료와 특허유지비용이 높아지기 때문에 특허의 경제적 가치를 나타내는 적절한 지표이며[35,36], 패밀리 특허 방정식은 (5)와 같다.

$$PFS = \frac{Average\ family\ patent\ of\ specific\ agent}{Allaverage\ family\ patent} \quad (5)$$

IV. 연구결과

1. ALD 특허 추격 분석

표 1에서는 38개 기업, 학교 및 연구소의 누적 특허수와 6개의 특허지표를 나타낸다. 여기서 C는 칩제조업체, E는 장비업체, M은 재료업체, R은 대학 및 연구소를 나타낸다. 지난 21년간 ALD 특허를 가장 많이 출원한 기관은 Samsung, TEL, SK Hymix, AMAT, TSMC 등이며, 이들 상위 5개 기관들의 특허수는 38개 기관 전체가 보유한 특허수의 47.4%를 차지하였다. 한편 38개 기관들의 연평균 CAGR(n)은 26.7%이었다.

1) 기관 수준의 특허 추격 분석

본 연구는 2003년부터 2023년까지 21년의 분석기간을 4단계로 나누었다. 표 1에는 각 기관의 특허 등록 첫 해인 특허 진입시기가 명시되어 있다. 2003년부터 2007년 사이인 1단계에 38개 기관 중 31개 기관이 최초로 ALD 특허를 등록한 것으로 나타나, 본 연구에서는 이들 31개 기관을 선발주자로, 나머지 7개 기관을 후발주자로 분류하였다. 후발주자들 중 총 5개 기관은 2단계에 특허 시장에 진입했고, 3단계 1개, 4단계 1개 기관

이 ALD 특허 시장에 진입하였다. CAGR(n)을 분석하면 후발진입자 중 중국 기관들은 ALD 특허 등록 분야에서 빠르게 발전하며 두각을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 예를 들면 YMTC는 2018년에 ALD 특허 등록을 시작하여 2023년까지 연평균 70.1%의 놀라운 성장률을 기록하였고, 2016년에 ALD 기술 영역에 뛰어들어 BEIJING NMC도 이후 연평균 68.8%의 높은 성장률을 달성하였다.

그림 1은 2003년부터 2023년까지 21년간 38개 기관들의 ALD 특허 출원을 4단계로 구분하여 전체 ALD 특허수의 변화를 보여준다. 2003년부터 2007년(1단계)까지 특허 등록이 급증한 후, 2008년부터 감소세로 전환되어 2012년(2단계)까지 정체되는 것을 볼 수 있다. 이후 2013년부터 2017년(3단계)까지는 특허 등록이 정체된 후 2018년부터 2023년(4단계)까지 특허 등록이 뚜렷하게 다시 증가하는 것이 특징이다.

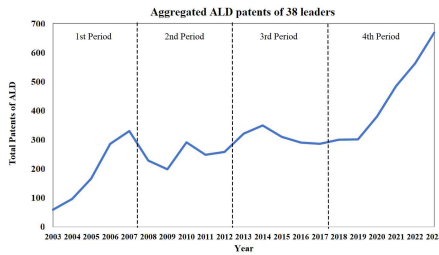


그림 1. 38개 기관의 전체 ALD 특허 동향
Figure 1. The trend of total ALD patents of 38 players

2) 국가 수준의 ALD 특허 추격 분석

ALD 기술을 국가 간 핵심 전략 자산으로 간주하여 표 1에 나타나는 38개 기관의 국적(설립 국가 및 본사 소재지)에 따라 분류하면 국가별 경쟁 양상을 분석할 수 있다. 비교 결과, 한국 16개 기관은 2,469건의 특허를 보유하여 선두로 확인되었고 미국 7개 기관은 1,541개의 특허를 획득하며 2위를 차지하였다. 그 뒤를 이어 일본 6개 기관은 1,023개, EU 3개 기관은 608개의 특허를 보유하여 각각 3위와 4위에 올랐다. 2개 기관이 있는 대만은 500개의 특허를, 4개 기관이 있는 중국이 273개의 특허를 보유하였다.

각 국의 특허수를 연도별로 나누어 그린 그림 2에서 알 수 있듯이 2003년부터 2007년까지 1단계에서는 한국이 일본, 미국, 대만, EU, 중국의 4배가 넘는 특허수를

확보하며 확실한 리더이었고, 미국과 일본이 2위 자리를 놓고 경쟁했다. 2008년부터 2012년까지의 2단계를 보면 일본이 뚜렷한 상승세를 보이며 미국을 제치고 2011년 2위를 차지한 것을 알 수 있다. 이러한 일본의 기세는 2015년을 제외하고 2017년까지 이어졌다. 한편 미국은 2019년을 제외한 2003년부터 2위와 3위를 반복하다가 2021년부터 1위로 올라와 선두 자리를 굳건히 지킨 반면에 한국은 2위로 밀려났고, 2023년에서 EU에 추월당해 3위에 머무르고 있어 후발국가들에게 추격을 허용한 것을 알 수 있다. 해당 기간 동안 일본, 대만은 특허 집계에서 4, 5위를 번갈아 가며 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 반면, 중국은 이 경쟁의 무대에 뒤늦게 뛰어들어 격차를 좁히기 위한 노력을 시작했지만, 2023년까지도 중국의 특허 실적은 상위 5개 경쟁국의 특허 실적에 미치지 못했다.

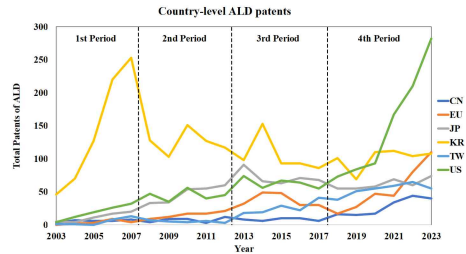


그림 2. 국가별 ALD 특허 비교
Figure 2. Comparisons of country-level ALD patents

3) 세부섹터 수준의 ALD 특허 추격 분석

그림 3에서는 반도체 산업과 관련된 칩제조업체, 장비업체, 소재업체, 연구소 및 대학 등 4개의 세부섹터로 구분하여 세부섹터 간의 특허 리더십 경쟁을 분석하였다. 그림 3에 보듯이 4개의 단계별로 세부섹터 간의 뚜렷한 추격 추세가 관찰되었다. 2003년부터 2007년까지 1단계에서는 칩제조업체가 장비, 소재업체 및 대학, 연구소보다 특허 점유율에서 매년 상당한 우위를 유지했다. 그러나 2008년부터 2012년까지는 장비업체가 상승세를 타기 시작하여 연간 특허 등록 건수에서 칩제조업체와의 격차를 좁혀 나갔다. 2013년에 마침내 칩제조업체와 동등한 수준에 도달하였고, 2017년까지 칩 및 장비제조업체가 특허 점유율에서 번갈아 가며 1위를 차지하였다. 하지만 2018년부터 시작된 4단계에서는 장비업체의 우세가 두드러졌으며, 2023년에는 큰 격차를 보인다.

표 1. 38개 기관에 대한 ALD 특허 통계

Table 1. ALD patent statistics by the company for 38 players

Rank	Company (subsector) [Country]	Accumulated Patents	Entry Year	CAGR of Accumulated Patents	Patents Share	RTA	PII	PFS
1	Samsung (C) [KR]	760	2003	24.8%	12%	0.555	0.632	0.104
2	TEL (E) [JP]	688	2005	38.3%	11%	2.371	1.039	0.149
3	SK Hynix (C) [KR]	612	2003	16.1%	10%	0.850	0.251	0.057
4	AMAT (E) [US]	529	2003	32.2%	8%	2.357	4.169	0.119
5	TSMC (C) [TW]	454	2003	35.8%	7%	0.702	1.036	0.074
6	ASM (E) [EU]	420	2004	32.5%	7%	15.110	5.660	0.078
7	LAM (E) [US]	355	2005	33.3%	6%	5.485	2.020	0.094
8	MICRON (C) [US]	261	2004	23.1%	4%	1.047	0.997	0.039
9	IBM (C) [US]	175	2003	29.5%	3%	0.625	0.587	0.027
10	WONIK (E) [KR]	157	2003	24.4%	2%	7.766	0.510	0.016
11	Intel (C) [US]	113	2003	26.7%	2%	0.655	1.022	0.025
12	Hanyang (R) [KR]	107	2005	26.4%	2%	3.441	0.214	0.009
13	INTERMOLECULAR (M) [US]	105	2008	36.4%	2%	2.430	3.596	0.016
14	KOKUSAI (E) [JP]	103	2007	33.6%	2%	2.175	0.475	0.018
15	KRICT (R) [KR]	93	2005	25.3%	1%	4.777	0.250	0.006
16	KC TECH (E) [KR]	90	2007	26.9%	1%	3.128	0.518	0.005
17	JUSUNG (E) [KR]	88	2003	25.1%	1%	3.812	0.357	0.007
18	DB Hitek (C) [KR]	87	2003	25.0%	1%	0.389	0.049	0.009
19	AIR LIQUID (M) [US]	83	2010	40.5%	1%	11.798	0.719	0.022
20	BEIJING NMC (E) [CN]	78	2016	68.8%	1%	1.724	0.086	0.009
21	SEMICON MANUF (C) [CN]	73	2007	30.8%	1%	0.261	0.245	0.006
22	Yonsei (R) [KR]	72	2007	33.0%	1%	2.548	0.268	0.005
23	CAS (R) [CN]	72	2008	35.7%	1%	0.830	0.188	0.005
24	Sungkyunkwan (R) [KR]	68	2003	23.5%	1%	2.891	0.898	0.006
25	ETRI (R) [KR]	65	2003	9.8%	1%	1.278	0.337	0.006
26	G.F. (C) [US]	63	2004	24.4%	1%	0.488	0.870	0.009
27	TES (E) [KR]	63	2011	41.2%	1%	8.217	0.047	0.005
28	FUJITSU (C) [JP]	62	2004	24.3%	1%	0.411	0.263	0.006
29	Sony (C) [JP]	60	2006	22.1%	1%	0.269	0.388	0.012
30	RENESAS (C) [JP]	57	2004	23.7%	1%	0.168	0.479	0.009
31	YMTC (C) [CN]	57	2018	70.1%	1%	1.086	0.159	0.009
32	KIST (R) [KR]	54	2003	17.9%	1%	1.998	0.139	0.004
33	Panasonic (C) [JP]	53	2003	12.5%	1%	0.198	0.087	0.011
34	POSTECH (R) [KR]	52	2004	16.2%	1%	2.487	0.146	0.004
35	KAIST (R) [KR]	48	2007	23.6%	1%	0.962	0.273	0.004
36	UMC (C) [TW]	46	2004	22.3%	1%	0.471	0.345	0.004
37	SEOUL NATIONAL (R) [KR]	46	2004	22.3%	1%	1.430	0.165	0.004
38	Eastman (C) [US]	45	2008	28.9%	1%	3.957	1.122	0.008
Median		81	N/A	25.9%	1.26%	1.577	0.373	0.009
Total/Average		Total 6,414	N/A	CAGR 26.7%	Total 100%	Average 2.662	Average 0.805	Average 0.026

C: Chipmakers, E: Equipment company, M: Material company, R: University or Research institute
 KR: Korea, JP: Japan, US: United States, EU: European Union, CN: China, TW: Taiwan

이러한 관찰은 현재 ALD 기술의 진화가 칩제조업체보다 장비업체에 의해 주도되고 있으며 AMAT, LAM, TEL, ASM과 같은 장비업체가 지속적인 연구 노력을 통해 기술 혁신을 주도하고 있다는 사실을 나타낸다.

연구소 및 대학은 2003년부터 2007년까지 장비업체와 비슷한 수준을 보였으나, 2007년 이후 장비업체와는 달리 완만한 상승세를 보여 3위권의 세부섹터 경쟁력을 유지하였다.

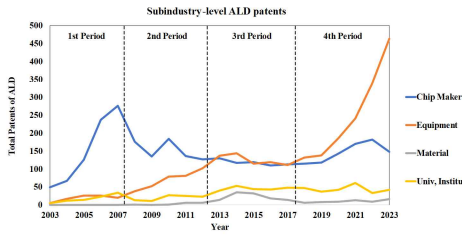


그림 3. 세부섹터 수준의 ALD 특허 비교
Figure 3. Comparisons of subsector-level ALD patents

2. ALD 특허 경쟁력 분석

경영학 분야에서는 2개의 평가지표를 x축, y축으로 하여 4개의 분면으로 구분되는 매트릭스 위에 분석 대상을 위치시켜, 이들의 전략적 포지셔닝을 평가하기 위해 고안된 2차원 매트릭스 분석기법이 널리 사용된다. 이때 2차원 매트릭스의 각 사분면은 성과 수준을 반영하며 X축과 Y축의 구성을 달리하면 다양한 영역에 적용할 수 있다. 본 연구에서는 2차원 매트릭스 분석기법을 사용하여 38개의 기관 각각이 보유한 특허 자산에 대한 기관 간의 경쟁력을 살펴보고, 필요에 따라 6개국 및 4개 세부섹터로 그룹화하여 국가 수준 및 세부섹터 수준으로 분석 범위를 확장하였다. 2차원 매트릭스의 2개 축은 진입 연도, 특허 점유율, 연평균 성장률(CAGR), 기술 우위 지수(RTA), 특허 영향력 지수(PII), 패밀리 특허 지수(PFS) 등 6개의 특허 경쟁력 지표들을 2개씩 묶어 구해지는 15개의 상관계수 중 0.4 이상의 상관계수가 나타나는 5개의 지표 쌍 (index pair)을 사용하였다.

1) ALD 특허의 진입 시기 및 성장 분석

기존 연구에 따르면 특허 분야로의 초기 진입은 기업의 제품 상용화 역량에 유리한 영향을 미치고 기술 리더십에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려진다[37]. 또한 후발주자는 시장 및 기술 선발주자와의 격차를 빠르게 좁히기 위해 기술력 고도화를 가속화해야 한다고 알려져 있다[38]. ALD 특허 분야로의 진입 시기와 특허 성장률을 같이 비교하기 위해 ALD 특허 최초 등록 시점을 X축에, 특허 성장률을 Y축에 표시하는 2차원 특허 매트릭스를 그림 4처럼 그렸다. 그림 4의 X축은 ALD 특허를 최초로 등록한 시점이 2007년까지인지, 2008년 이후인지를 기준으로 나누었다. 38개 기관들의

연평균 성장률(CAGR)의 중앙값은 표 1처럼 25.9%로 확인되었으므로 그림 4의 Y축에 대응하는 CAGR이 25.9% 이상인 기관은 고성장으로, 이보다 낮은 기관은 저성장으로 간주하였다.

그림 4의 1사분면에 7개, 2사분면에 12개, 3사분면에 19개의 기관이 표시되었다. 진입시기와 연평균 성장률 간의 피어슨 상관 계수는 0.860으로 매우 강한 양의 상관관계를 나타냈으며, 이는 진입시기가 후반인 기관이 특허 등록 증가율이 높아서 치열한 추격을 시도하고 있다는 것을 시사한다. 1사분면에서는 YMTC(31), BEIJING NMC(20), TES(27), AIR LIQUID(19) 등의 기관이 나타났으며, 이들은 ALD 특허 분야에서 후발주자이지만 높은 성장률을 보유한 기관으로 확인되었다. 해당 기관은 ALD 기술 진입이 늦음에도 불구하고 특허 영역에서 무서운 성장세를 보이며 성공적인 추격의 전제 조건을 충족하고 있다. 반면에 TEL(2), AMAT(4), TSMC(5), ASM(6), LAM(7), KOKUSAI(14), Yonsei(22) 등 2사분면의 기관은 ALD 특허 분야의 선발주자이면서도 진입 이후에도 높은 연평균 성장률을 유지하여 꾸준한 특허 성장력을 보여주었다. 한편 3사분면에 속하는 SK Hynix(3), ETRI(25), Panasonic(33), POSTECH(34) 등은 ALD 시장에 조기 진입했음에도 불구하고 성장률 정체에 직면하면서 후발주자들에게 추격의 기회를 주고 있었다.

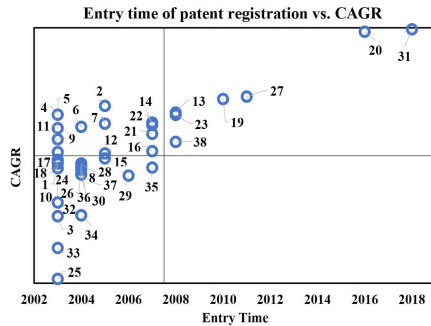


그림 4. 진입 시기 vs. 연평균 성장률
Figure 4. Entry time vs. CAGR

그림 5a와 그림 5b는 각각 그림 4에 나타난 기관이 소속된 국가 또는 세부섹터를 표시한 그림이다. 그림 5a에서 볼 수 있듯이 국가별 분석 결과, 1사분면에는 한국 2개, 미국 1개, EU 2개, 중국 2개 기관이 포진되었다. 특히 중국의 경우 4개 기관 중 2개가, EU는 3개 기

관 중 2개가 포함되어있어 이들 국가의 기관이 시장 진입이 늦었음에도 불구하고 빠른 성장세를 보이고 있음을 알 수 있었다. 미국의 경우 7개의 기관 중 4개가 2사분면에 속해 있는데, 이는 미국이 선발주자이며 높은 성장률을 보여 ALD 특허에서 지속 가능한 경쟁력을 입증하고 있음을 의미한다. 한국은 16개 중 11개 기관이, 일본은 6개 중 4개 기관이 3사분면에 집중되어 있어 ALD 분야의 선발주자지만 성장세가 정체되어 있는 기관이 다수인 것으로 파악된다.

세부섹터 별로 분석해 보면, 그림 4b와 같이 모든 소재업체가 1사분면에 분포해 있다. 이는 소재업체는 ALD 특허에서 후발주자이지만 성장률이 높다는 결론을 내릴 수 있으며, 반대로 칩제조업체는 16개 중 10개 기업이, 학교와 연구소는 10개 중 7개가 3사분면에 포진되어 있어 ALD 부분의 선발주자이지만 성장이 정체된 상태이다.

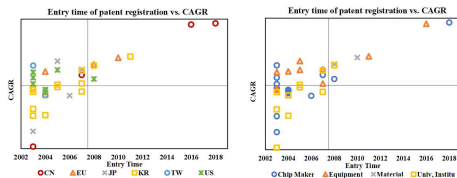


그림 5a (b). 국가 별 (세부섹터 별) 진입 시기 vs. 연평균 성장률
 Figure 5a (b). Entry time vs. CAGR by Countries (by subsector)

2) ALD 특허의 양적 및 질적 경쟁력 분석

기존 연구에 따르면 특허의 품질을 측정하는 특허 영향력 지수(PII)는 특허가 인용되는 빈도를 반영하며, PII 값이 높을수록 기술적 영향력이 크다는 것을 나타낸다[39]. ALD 특허에서 양적, 질적 경쟁력을 모두 갖추고 있는지 확인하기 위해 그림 6과 같이 특허 점유율을 X축으로, 특허 영향력 지수를 Y축으로 하는 2차원 특허 지도를 구축하였으며, 특허 점유율과 PII의 중간값은 표 1에 표시된 것처럼 각각 1.26%와 0.373이다.

조사 대상 38개 기관 중 13개 기관이 그림 5과 같이 1사분면에 위치하여 양적, 질적 경쟁력이 높은 것으로 나타났다. 특허의 질은 높지만 양이 작은 2사분면에는 6개, 양과 질 모두에서 취약한 3사분면에 14개, 특허의 양은 많지만 질이 낮은 4사분면에 5개 기관이 위치하였다. 특허 점유율과 PII 사이의 피어슨 상관계수는 0.409로, 양적 지표와 질적 지표 사이에 비교적 높은 양의

상관관계가 있음을 알 수 있었다. 그림 5의 1사분면에서 속한 기관은 특허수가 많을 뿐만 아니라 특허의 질적 수준도 매우 높다는 것을 알 수 있었다. 1사분면에는 Samsung(1), TEL(2), AMAT(4), TSMC(5), ASM(6), LAM(7) 등이 속해 있으며, 특히 오른쪽 상단에 위치한 AMAT(4), ASM(6), LAM(7) 등은 특허 자산의 양과 우수한 특허 품질로 리더십을 보여주고 있다. 반면에 2사분면에 위치한 AIR LIQUID(19), Eastman(38), Sungkyunkwan(24), G.F(26) 등 6개 기관은 특허수는 많지 않지만 높은 수준의 특허를 보유하고 있다. 또한 4사분면의 SK Hynix(3), Hanyang(12) 등 5개 기관은 특허수는 많지만 질적 지표가 평균 이하로 나타나 특허의 질적 수준을 높여야 할 것으로 보인다. 3사분면에 속하는 TES(27), BEIJING NMC(20), Panasonic(33), YMTC(31), POSTECH(34) 등의 기관은 ALD 기술 특허에 관해 양적, 질적으로 경쟁력이 취약한 것으로 나타났다.

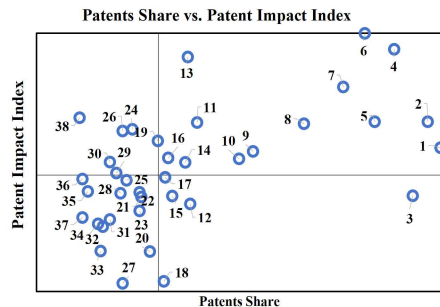


그림 6. 특허 점유율 vs. 특허 영향력 지수
 Figure 6. Patents share vs. PII

국가별 분석 결과를 보여주는 그림 7a를 보면 미국 기관 7개 중 5개가 1사분면에 속해 있어 ALD 특허의 양적, 질적 경쟁력이 높은 것으로 나타났다. 마찬가지로 EU도 3개 기관 중 2개 기관이 1사분면에 속하여 강력한 경쟁력을 보여주었다. 반면 3사분면에는 한국은 16개 기관 중 7개가 위치하고, 중국의 모든 기관이 속해 있어, 한국과 중국은 양적 질적 경쟁력이 약한 기관이 대부분인 것으로 나타났다.

그림 7b의 세부섹터 별 분석에 따르면 1사분면에 장비업체 10개 중 7개, 칩제조업체 16개 중 5개, 소재업체 2개 중 1개가 속해 있어서 다른 세부섹터에 비교하여 장비업체가 ALD 기술 특허에서 양적, 질적으로 우수한

기관이 많은 것을 알 수 있었다. 또한 3사분면에는 5개의 칩제조업체, 7개의 연구소 및 대학이 위치하여 이들은 두 가지 경쟁 지표에서 크게 뒤쳐졌음을 보여주었다. 2개의 소재업체는 1사분면에 1개, 2사분면에 1개 위치함으로써 질적인 면에서만 우수한 특성을 보인다.

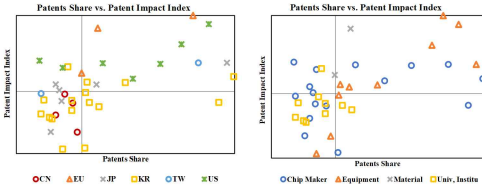


그림 7a (b). 국가 별 (세부섹터 별) 특허 점유율 vs. 특허 영향력 지수
Figure 7a (b). Patents share vs. PII by country (by subsector)

3) ALD 특허의 양적 및 시장 경쟁력 분석

그림 8에서는 특허의 시장 경쟁력을 측정하는 패밀리 특허 지수(PFS)를 양적 경쟁력 지표인 특허 점유율과 함께 사용하였다. 그림 8은 특허 점유율을 X축으로, PFS 지수를 Y축으로 사용하며, 이때 PFS의 중앙값은 0.009로 확인되었다. PFS 지수와 PII 사이의 피어슨 상관관계수는 0.931로, 시장 경쟁력과 양적 경쟁력 지표는 매우 강한 상관관계가 존재하였다.

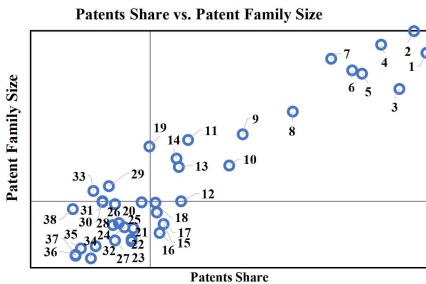


그림 8. 특허 점유율 vs. 패밀리 특허 지수
Figure 8. Patents share vs. PFS

그림 8의 1사분면 13개, 2사분면 3개, 3사분면 17개, 4사분면 5개의 기관이 위치하였으며, 1사분면과 3사분면에 30개 기관이나 위치하는 것은 시장 경쟁력과 양적 경쟁력이 매우 강한 상관관계를 갖는 사실을 반영하는 결과로 해석된다. 1사분면에 위치한 TEL(2), Samsung(1), AMAT(4), TSMC(5), SK Hynix(3) ASM(6), LAM(7), MICRON(8) 등의 기관은 시장 경쟁력과 양적

경쟁력 모두를 갖춘 특허들을 보유하고 있다고 판단할 수 있다. 2사분면에 위치한 AIR LIQUID(19), Sony(29) 등의 기관은 특허 양적인 관점으로는 취약하지만 높은 시장 경쟁력을 가지고 있으며, 반면에 4사분면에 위치한 KRICT(15), KC TECH(16), JUSUNG(17) 등의 기관은 특허 양적으로는 우수하지만, 시장 경쟁력은 저조한 것으로 판단되었다.

국가별 분석의 경우 그림 9a와 같이 미국은 7개 기관 중 5개 기관이 1사분면에 위치하여 시장 및 양적 경쟁력이 우수한 것으로 나타났다. 반면에 한국은 3사분면에 16개 기관 중 8개의 기관이 존재함으로써 양적 경쟁력과 시장 경쟁력이 동시에 저조한 것으로 나타났다. 중국 역시 4개 기관 중 4개가 3사분면에 존재함으로써 양적 경쟁력 및 시장 경쟁력 부분에서 취약함을 보여주었다.

세부섹터 별 분석 결과 그림 9b와 같이 1사분면에 칩제조업체 6개, 장비업체 6개가 포진함으로써 ALD 특허의 시장 및 양적 경쟁력 부분에서 이들이 소재 및 연구소 및 대학에 비해 우월한 경쟁력을 보여준다. 특허 대학과 연구소는 3, 4분면에 모두 위치함으로써 특허 양적 및 시장 경쟁력 수준은 낮게 평가되며, 관련 역량의 제고 방안이 고려되어야 한다고 판단된다.

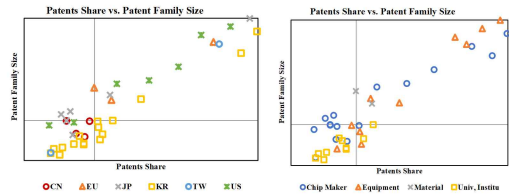


그림 9a (b). 국가 별 (세부섹터 별) 특허 점유율 vs. 패밀리 특허 지수
Figure 9a (b). Patents share vs. PFS by country (by subsector)

4) ALD 특허의 질적 경쟁력 및 기술 전문성 분석

기존 문헌에서는 특정 기관이 기술에 대한 전문성이 높을수록 기술 집중도가 높아져 집중적인 기술 혁신을 통해 기술의 시장 경쟁력이 높아진다고 주장한다[33]. 본 연구는 2차원 특허 지도를 사용하여 상대적 기술 순위(RTA) 지수를 X축으로, 특허 영향력 지수(PII)를 Y축으로 사용하여 분석하였다. 표 1과 같이 ALD 특허에 대한 RTA 지수와 PII의 중앙값은 각각 1.577와 0.373이며, 그림 10처럼 1사분면에 11개, 2사분면에 8개, 3사분

면에 11개, 4사분면에 8개의 기관이 위치하였다. RTA 지수와 PII의 피어슨 상관계수는 0.483로 두 지표는 비교적 높은 양의 상관관계가 있음을 시사하며, 이는 RTA 지수가 높은 기관이 우수한 특허 전문성과 품질을 보유하고 있을 가능성이 높다는 것을 의미한다.

그림 10의 1사분면에 위치하는 TEL(2), ASM(6), AMAT(4), Lam(7), INTERMOLECULAR(13), Eastman(38) 등의 기관은 ALD 기술의 전문성과 질적 지표 모두에서 높은 경쟁력을 갖춘 것으로 해석할 수 있다. 반면에 TSMC(5), MICRON(8), Intel(11), GF(26) 등 2사분면에 속한 기관의 경우 PII 지표는 중앙값 이상이지만, RTA 지표는 1사분면에 속한 기관에 비해 낮은 수준이어서 전문성 강화가 필요한 것으로 판단된다. 3사분면에는 DB Hitek(18), Panasonic(33), SEOUL NATIONAL(37), YMTC(31) 등이 포함되며, 이들은 ALD 기술 전문성과 특허 품질에서 뒤처지는 것으로 나타났다. 마지막으로 4사분면에 속한 TES(27), BEIJING NMC(20), KIST(32), POSTECH(34) 등의 기관은 ALD 전문성을 보유하고 있지만 특허 품질이 뒤쳐져 개선이 필요하다.

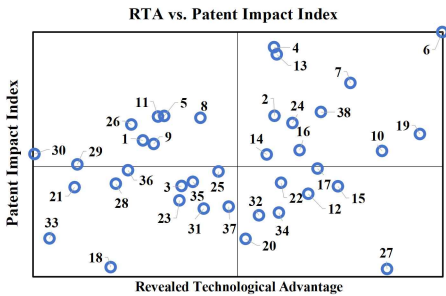


그림 10. 기술 우위지수 vs. 특허 영향력 지수
 Figure 10. RTA vs. PII

그림 11a에 나타난 기관의 국가별 분포를 보면 미국 3개, EU 3개, 한국 3개, 일본 2개 기관이 1사분면에 속해 있다. 특히 EU는 3개 기관 중 3개가 1사분면에 위치하여 모든 기관이 특허 전문성과 질적 경쟁력이 동시에 높은 것으로 확인되었으며, 이에 비해 한국은 16개 기관 중 5개가 3사분면에 위치하여 ALD 특허의 기술 전문성과 질적 경쟁력 모두에서 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났다.

세부섹터 별로 분석한 결과 그림 11b와 같이 기술

전문성과 질적 경쟁력에 세부섹터 별로 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 장비업체는 10개 중 7개가 1사분면에 속하여 두 가지 지표에서 경쟁력이 높은 반면에 칩제조업체는 16개 중 8개가 2사분면에, 3사분면은 7개로 확인되어 ALD 기술 전문성 측면에서 취약한 것으로 나타났다. 대학과 연구소의 경우 1개가 1사분면에 속하고, 4개가 3사분면, 5개가 4사분면에 속하는 것으로 나타났으며, 특히 질적 경쟁력 측면에서는 상대적으로 열위를 보여주었다.

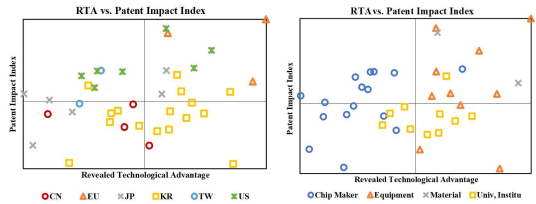


그림 11a (b). 국가 별 (세부섹터 별) 기술 우위지수 vs. 특허 영향력 지수

Figure 11a (b). RTA vs. PII by country (by subsector)

5) ALD 특허의 질적 및 시장 경쟁력 분석

PII 지수를 통해 질적 경쟁력을, PFS 지수를 통해 시장 경쟁력을 그림 12와 같이 2차원 특허 맵으로 분석하였다. PFS 지수와 PII의 피어슨 상관계수는 0.532로 두 지표는 비교적 높은 양의 상관관계가 있음을 나타내며, ALD 특허의 경우 특허의 질적 가치가 높을수록 시장 경쟁력도 높은 경향이 나타났다. 그림 12의 1사분면에는 14개의 기관이 존재하며, Samsung(1), TEL(2), AMAT(4), ASM(6), Lam(7), MICRON(8), TSMC(5) 등이 대표적인 기관으로 확인되었다. 해당 기관은 시장 경쟁력이 우수함과 동시에 보유하고 있는 특허의 가치

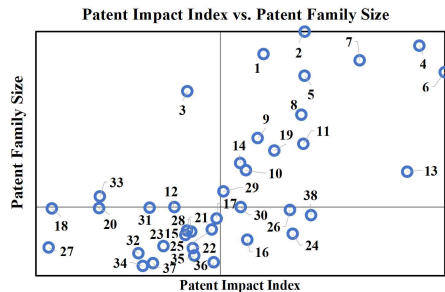


그림 12. 특허 영향력 지수 vs. 패밀리 특허 지수
 Figure 12. PII vs. PFS

가 높다고 해석된다. 반면 17개의 기관이 3사분면에 포진되어 있으며, 이들은 ALD 특허 질적 가치를 높이는 동시에 시장 경쟁력을 높여야 할 것이다. 2사분면에는 3개의 기관이 존재하며 SK Hynix(3), Panasonic(33) 등의 경우 보유하고 있는 특허는 시장 경쟁력에 비해 특허의 가치는 낮은 것으로 해석됨으로써 개선할 필요가 있다.

국가별로 분석하는 그림 13a에는 미국이 7개 기관 중 5개 기관이, EU는 3개 중 3개가, 일본은 4개 중 3개가 1사분면에 위치해 있어 특허의 질적 및 시장 경쟁력 관점에서 선도국가로 나타났다. 3사분면에는 한국의 16개 기관 중 11개, 중국 4개 기관 중 4개가 포진되어 있어, 한국과 중국은 2개 지표 모두에서 뒤처진 기관이 다수임을 확인할 수 있었다.

세부섹터 별로는 그림 13b와 같이 칩제조업체 6개, 장비업체 6개, 소재업체 2개가 1사분면에 포진되어 있다. 특히 소재업체는 2개의 모든 기관이 1사분면에 있어 질적 및 시장 경쟁력이 높은 것으로 확인되었으며, 반면에 연구소 및 대학은 10개 중 9개가 3사분면에 나타나고 있어 시장 경쟁력 및 특허 질적인 관점에서 취약한 것으로 나타났다.

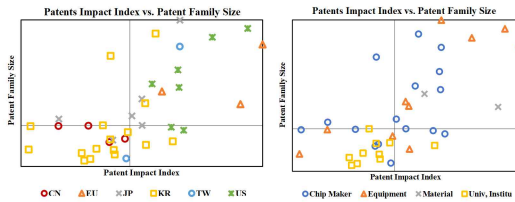


그림 13a (b). 국가 별(세부섹터 별) 특허 영향력 지수 vs. 패밀리 특허 지수
Figure 13a (b). PII vs. PFS by country (by subsector)

V. 결론

본 연구에서는 반도체 공정 기술 중 R&D 혁신의 최전선에 있는 ALD 기술 영역의 특허 성과에 대한 국가 간, 세부섹터 간, 기업 간 경쟁 양상을 분석하였다. 지난 21년 동안 주요 ALD 특허 등록 국가의 특허청에 등록된 ALD 관련 특허에 대한 6가지 특허지표 분석을 통하여 다음과 같은 흥미로운 사실을 발굴하였다.

첫째, 자동차, 철강, 텔레비전 산업 분야에 대한 국가 간 기술 추격에 대한 이전 연구에서는 선발주자에서 후

발주자로 리더십이 전환된 경우가 많이 관찰되었던 것에 비교하여, 본 연구의 ALD 기술에서는 국가 간 뿐만 아니라 세부섹터 간에서도 역시 활발한 리더십 변화가 나타났음을 밝혔다. 즉, 지난 21년 동안 국가 간 뿐만 아니라 세부섹터 간에도 ALD 특허 기술부문에 역동적인 추격과 리더십 전환이 4개 단계 각각에서 뚜렷하게 나타났다. 1단계와 2단계는 한국이, 3단계는 일본이, 4단계는 미국이 리더십을 차지하였고, EU는 4단계에서 한국과 일본을 추월하여 2위로 약진하는 성과를 거두었다. 반면에 중국과 대만은 뒤늦게 진입했음에도 불구하고, 3단계 이후 강력한 추격을 시작했지만 아직 현재 선발주자들을 위협할 수준에 도달하지 못했다. 세부섹터 간 기술 추격을 살펴보면 1, 2단계에는 칩제조업체가 주도하다가 3단계에는 장비업체와 치열한 경쟁이 시작되었고, 4단계 시작부터는 장비업체가 리더십을 차지하여 2020년 이후 상당한 리더십 격차를 보여주고 있다.

둘째, 특허 진입 시기와 특허 연평균 성장률 사이에 뚜렷한 양의 상관관계가 나타났으며, 이는 특허 진입이 늦어질수록 특허 등록이 빠르게 증가하여 후발주자들의 추적이 치열하게 전개되었다는 사실을 밝혀주었다. 하지만 같은 기간에 선발주자 간의 경쟁은 여전히 치열하여 후발주자가 선발주자를 성공적으로 추격하기에는 역부족인 것을 알 수 있었다. 또한 특허 점유율과 PFS 사이에 강한 양의 상관관계가 존재하여 특허의 양적 경쟁력이 높을수록 특허의 시장 경쟁력이 높다는 사실이 확인되었다. 특허 질적지표인 PII와 특허 점유율, RTA, PFS 사이에는 각각 0.409, 0.483, 0.532라는 비교적 높은 양의 상관관계가 관찰되었는데, 해당 결과는 높은 품질의 특허를 보유하고 있는 주체는 특허 점유율, 전문성, 시장경쟁력 역시 높은 경향을 보이는 점을 시사한다.

셋째, 분석단위를 기업수준으로 맞추고 특허 점유율, PII, RTA, PFS 지수 간의 긍정적인 연관성을 사용해 막강한 ALD 특허를 보유한 선발주자들을 찾아낼 수 있었다. TEL(2), AMAT(4), ASM(6), LAM(7), WONIK(10), KOKUSAI(14), AIR LIQUID(19), INTERMOLECULAR(13) 등 8개 기관은 특허 점유율, PII, RTA, PFS 등 상관관계가 높은 4개의 특허지표 모두에서 중앙값 이상의 경쟁력을 보여주었다. 결과적으로 해당 기관들은 질적 특허 강도를 측정하는 PII 및 양적 특허 지배력을 측정하는 특허 점유율, ALD 기술에 대한 기

관의 기술 전문성을 측정하는 RTA 및 시장 경쟁력을 나타내는 PFS에서 모두 우수하여 ALD 기술 분야의 대표적인 특허 강자로 판단되었다.

본 연구는 정책과 경영 측면에서 다음과 같은 함의를 제시한다. 첫째, ALD 특허 경쟁에서 5년을 주기로 기관들간 경쟁 양상이 크게 변화했음을 보여주었다. 이는 최근 중요성이 부각되고 있는 ALD 기술에 대한 공격적인 특허 출원과 등록은 기존 선발주자 뿐만 아니라 후발주자에게도 필수적이고, 단순히 특허수만 확대하는 것이 아니라 경쟁력을 반영하는 다양한 특허지표에서의 성과를 향상시켜야 한다는 사실을 확인시켜 준다. 따라서 국가 및 세부섹터 차원에서 경쟁 전략 역시 이와 같은 치열한 경쟁 상황에 적합한 전략을 사용해야 성공할 가능성이 높아질 것이다. 둘째, 최근 10년 사이에 종전의 칩제조업체가 아닌 반도체 장비업체가 ALD 기술의 리더기관으로 등장하였다는 사실이 확인되었다. 반도체 장비업체는 단순히 칩제조업체의 요구에 대응하는 수준을 넘어 ALD 기술 분야를 선도하고 있으며, 국가적 관점에서는 선도적인 장비업체를 보유한 미국과 EU 기관이 다른 기관보다 상대적 우위를 점하고 있어 국제 경쟁 구도에서 중추적인 역할을 하고 있다고 판단된다. 따라서 장비업체는 기술 우위를 지속적으로 유지하려고 노력해야 하며, 경쟁에서 뒤쳐진 소재 및 칩제조업체는 대학 및 연구소와 협업하여 R&D 투자, 특허 품질 향상, 업계 선도 기업과의 협업 촉진 등을 통해 중장기적인 기회와 전망을 포착해야 할 것이다. 셋째, PII 지수는 특허 점유율, RTA, PFS 지수와 0.4 이상 높은 양의 상관관계를 가지는 것을 알 수 있었다. 이는 곧 특허 질적 경쟁력이 높아지면, 양적 경쟁력, 기술 전문성 및 시장 경쟁력이 높아진다고 해석된다. 따라서 ALD 특허 경쟁력을 높이고자 하는 기관은 질적 전문성을 향상시킴으로써, 다른 경쟁력 지수를 더불어 높일 수 있으므로 PII 지수 개선에 집중하는 특허 전략을 사용할 것을 제안한다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, 기관 간 경쟁과 기술 리더십에만 초점을 맞추다 보니 21년 동안 46개 이하의 ALD 특허를 보유한 법인이나 개인은 제외하였으므로, 등록된 특허 갯수가 적은 강소기관이나 개인이 특허를 통해 ALD 기술에 기여하는 측면은 무시하였다. 하지만 본 연구가 분석한 38개 기관이 등록된 ALD 특허는 6,414개로 같은 기간 동안 등록된 전체 특허

의 약 66.3%를 차지하여 해당 데이터를 바탕으로 연구 범위를 집중해도 ALD 특허의 경쟁력 분석을 위한 데이터 왜곡은 심각하지 않을 것으로 판단했다. 둘째, 특허 품질 평가를 위해 특허 영향력 지수에만 의존했기 때문에 보다 폭넓은 품질에 대한 통찰력이 제한되었을 수 있다. 향후 연구에서는 영향력 있는 특허를 보유한 기관의 전략적 경쟁 포지셔닝과 기술력을 더욱 명확히 밝히기 위해, 특허 활동 및 현재 영향력 지수[39]와 같은 지표를 사용하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단한다. 마지막으로, 특허를 통한 경쟁력은 특허사무소 등록을 통한 특허 보유뿐만 아니라 제품 개발이나 라이선싱과 같은 특허 활용에 따라 달라진다. 하지만 반도체 산업이나 공정기술 분야에서는 특허 활용이 기업 외부에 잘 공개되지 않기 때문에 의미 있는 규모와 범위의 활용 데이터를 확보하기가 쉽지 않다는 어려움이 있었다. 따라서 데이터의 입수가 상대적으로 덜 어려운 제약 산업과 같은 규제 산업의 기관을 대상으로 특허 데이터와 함께 규제 기관(FDA 등)의 제품 활용 데이터를 결합하는 것도 향후 흥미로운 연구 주제가 될 수 있을 것이다.

References

- [1] Kamal, K. Y. (2022). The Silicon Age: Trends in Semiconductor Devices Industry. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 15(1), 110 - 115. <https://doi.org/10.25103/jestr.151.14>
- [2] Varas, A., Varadarajan, R., Goodrich, J., & Yinug, F. (2020). Government incentives and US competitiveness in semiconductor manufacturing. Boston Consulting Group, 53-58.
- [3] Bown, C. P. (2021). The US - China trade war and phase one agreement. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3810026>
- [4] Duan, X., Niu, C., Sahi, V., Chen, J., Parce, J. W., Empedocles, S., & Goldman, J. L. (2003). High-performance thin-film transistors using semiconductor nanowires and nanoribbons. *Nature*, 425(6955), 274 - 278. <https://doi.org/10.1038/nature01996>
- [5] Leskelä, M., & Ritala, M. (2002). Atomic layer deposition (ALD): from precursors to thin film structures. *Thin Solid Films*, 409(1), 138 - 146. [https://doi.org/10.1016/s0040-6090\(02\)00117-7](https://doi.org/10.1016/s0040-6090(02)00117-7)
- [6] Zhang, J., Li, Y., Cao, K., & Chen, R. (2022).

- Advances in atomic layer deposition. *Nanomanufacturing and Metrology*, 5(3), 191-208.
- [7] YOLE (2021). Atomic layer deposition equipment for more than more. <https://medias.yolegroup.com/uploads/2021/11/YINTR21231-Atomic-Layer-Deposition-Equipment-for-More-than-Moore-2021-Flyer.pdf>. Accessed March 19, 2024.
- [8] Chen, Y.-S., & Chang, K.-C. (2010). The relationship between a firm's patent quality and its market value – The case of US pharmaceutical industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(1), 20 - 33. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.06.003>
- [9] Tijssen, R. J. W. (2001). Global and domestic utilization of industrial relevant science: patent citation analysis of science - technology interactions and knowledge flows. *Research Policy*, 30(1), 35 - 54. [https://doi.org/10.1016/s0048-7333\(99\)00080-3](https://doi.org/10.1016/s0048-7333(99)00080-3)
- [10] Schuhmacher, A., Gassmann, O., & Hinder, M. (2016). Changing R&D models in research-based pharmaceutical companies. *Journal of Translational Medicine*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s12967-016-0838-4>
- [11] Ernst, H. (1998). Patent portfolios for strategic R&D planning. *Journal of Engineering and Technology Management*, 15(4), 279 - 308. [https://doi.org/10.1016/s0923-4748\(98\)00018-6](https://doi.org/10.1016/s0923-4748(98)00018-6)
- [12] Lee, K., & Ki, J. (2017). Rise of latecomers and catch-up cycles in the world steel industry. *Research Policy*, 46(2), 365 - 375. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.09.010>
- [13] Landini, F., Lee, K., & Malerba, F. (2017). A history-friendly model of the successive changes in industrial leadership and the catch-up by latecomers. *Research Policy*, 46(2), 431 - 446. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.09.005>
- [14] Altenburg, T., Schmitz, H., & Stamm, A. (2008). Breakthrough? China's and India's Transition from Production to Innovation. *World Development*, 36(2), 325 - 344. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2007.06.011>
- [15] Lee, K., Lim, C., & Song, W. (2005). Emerging digital technology as a window of opportunity and technological leapfrogging: catch-up in digital TV by the Korean firms. *International Journal of Technology Management*, 29(1/2), 40. <https://doi.org/10.1504/ijtm.2005.006004>
- [16] Guennif, S., & Ramani, S. V. (2012). Explaining divergence in catching-up in pharma between India and Brazil using the NSI framework. *Research Policy*, 41(2), 430 - 441. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.09.005>
- [17] Mathews, J. A. (2006). Catch-up strategies and the latecomer effect in industrial development. *New Political Economy*, 11(3), 313 - 335. <https://doi.org/10.1080/13563460600840142>
- [18] Zhang, Z., Li, X., Xiong, J., Yan, J., Xu, L., & Wang, R. (2021). A global race to dominate the internet of things: how China caught up. *Journal of Business Strategy*, 43(4), 199 - 209. <https://doi.org/10.1108/jbs-11-2020-0269>
- [19] Wang, F., Chen, J., Wang, Y., Lutao, N., & Vanhaverbeke, W. (2014). The effect of R&D novelty and openness decision on firms' catch-up performance: Empirical evidence from China. *Technovation*, 34(1), 21 - 30. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2013.09.005>
- [20] Hansen, U. E., & Ockwell, D. (2014). Learning and technological capability building in emerging economies: The case of the biomass power equipment industry in Malaysia. *Technovation*, 34(10), 617 - 630. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2014.07.003>
- [21] Vernon, R. (2017). International Investment and International Trade in the Product Cycle. *International Business*, 99 - 116. <https://doi.org/10.4324/9781315199689-6>
- [22] Christensen, C. M. (1992). Exploring the limits of the technology S curve. part I: Component technologies. *Production and Operations Management*, 1(4), 334 - 357. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.1992.tb00001.x>
- [23] Park, K.-H., & Lee, K. (2006). Linking the technological regime to the technological catch-up: analyzing Korea and Taiwan using the US patent data. *Industrial and Corporate Change*, 15(4), 715 - 753. <https://doi.org/10.1093/icc/dt1016>
- [24] Breschi, S., Malerba, F., & Orsenigo, L. (2000). Technological Regimes and Schumpeterian Patterns of Innovation. *The Economic Journal*, 110(463), 388 - 410. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00530>
- [25] Kim, H. A., & Cha, W. K. (2021). A study on the systematic operation of the innovative patent strategy framework and the application plan of patent big data to secure competitive advantage. *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, 7(2), 351 - 357. <https://doi.org/10.17703/JCCT.2021.7.2.351>
- [26] Joo, S. H., & Lee, K. (2010). Samsung's catch-up with Sony: an analysis using US patent data. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 15(3),

- 271 - 287. <https://doi.org/10.1080/13547860.2010.494907>
- [27]Lee, K., & Malerba, F. (2017). Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. *Research Policy*, 46(2), 338 - 351. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.09.006>
- [28]Shin, J.-S. (2017). Dynamic catch-up strategy, capability expansion and changing windows of opportunity in the memory industry. *Research Policy*, 46(2), 404 - 416. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.09.009>
- [29]Choung, J.-Y., Hwang, H.-R., & Choi, J. K. (2016). Post catch-up system transition failure: the case of ICT technology development in Korea. *Asian Journal of Technology Innovation*, 24(sup1), 78 - 102. <https://doi.org/10.1080/19761597.2016.1207422>
- [30]Ernst, H. (1995). Patenting strategies in the German mechanical engineering industry and their relationship to company performance. *Technovation*, 15(4), 225 - 240. [https://doi.org/10.1016/0166-4972\(95\)96605-s](https://doi.org/10.1016/0166-4972(95)96605-s)
- [31]Malerba, F., & Orsenigo, L. (1996). Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific. *Research Policy*, 25(3), 451 - 478. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(95\)00840-3](https://doi.org/10.1016/0048-7333(95)00840-3)
- [32]Korotky, S. K. (2013). Semi-empirical description and projections of Internet traffic trends using a hyperbolic compound annual growth rate. *Bell Labs Technical Journal*, 18(3), 5 - 21. <https://doi.org/10.1002/bltj.21625>
- [33]Soete, L. (1987). The impact of technological innovation on international trade patterns: The evidence reconsidered. *Output Measurement in Science and Technology*, 47 - 76. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-70330-9.50007-0>
- [34]Schubert, A., & Braun, T. (1986). Relative indicators and relational charts for comparative assessment of publication output and citation impact. *Scientometrics*, 9(5 - 6), 281 - 291. <https://doi.org/10.1007/bf02017249>
- [35]Harhoff, D., Scherer, F. M., & Vopel, K. (2003). Citations, family size, opposition and the value of patent rights. *Research Policy*, 32(8), 1343-1363. [https://doi.org/10.1016/s0048-7333\(02\)00124-5](https://doi.org/10.1016/s0048-7333(02)00124-5)
- [36]Hong, K., & LEE, H. (2019). Analysis on Indoor Garden Technology Trends Based on Patent Search. *International Journal of Advanced Culture Technology*, 7(4), 40 - 48. <https://doi.org/10.17703/IJACT.2019.7.4.40>
- [37]Lee, G. K. (2009). Understanding the timing of 'fast-second' entry and the relevance of capabilities in invention vs. commercialization. *Research Policy*, 38(1), 86 - 95. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.09.005>
- [38]Lee, K. (2005). Making a Technological Catch up: Barriers and opportunities. *Asian Journal of Technology Innovation*, 13(2), 97 - 131. <https://doi.org/10.1080/19761597.2005.9668610>
- [39]Chen, D.-Z., Lin, W.-Y. C., & Huang, M.-H. (2007). Using Essential Patent Index and Essential Technological Strength to evaluate industrial technological innovation competitiveness. *Scientometrics*, 71(1), 101 - 116. <https://doi.org/10.1007/s11192-007-1655-6>

※ 본 논문은 정부(2021년도 과학기술보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2021R1F1A1063690).