

특허의 정량적 지표와 동시분류 네트워크를 활용한 반도체 세정장비 분야 국가별 기술경쟁력 분석

윤석훈¹, 지일용^{2*}

¹한국기술교육대학교 반도체디스플레이과학경영학과 석사과정, ²한국기술교육대학교 IT융합과학경영학과 교수

Analyzing Technology Competitiveness by Country in the Semiconductor Cleaning Equipment Sector Using Quantitative Indices and Co-Classification Network

Seok Hoon Yoon¹, Ilyong Ji^{2*}

¹Master's Course, Department of Semiconductor and Display Science and Management, KOREATECH

²Professor, Department of IT Convergence Science and Management, KOREATECH

요 약 한국은 반도체 산업에서의 독보적 우위에도 불구하고, 반도체 장비 분야에서는 두각을 나타내지 못하고 있다. 세정장비는 반도체 장비 중 한 분야로, 반도체 기술의 고도화에 따라 향후 중요성이 더욱 강조되는 분야이다. 본 연구는 특허 정보를 분석하여 한국을 포함한 주요 국가별 세정장비 분야 기술경쟁력을 파악하고 국가별 중점 기술분야를 살펴 보고자 하였다. 이를 위해 최근 10년 간 미국 특허청에 등록된 세정장비 특허를 검색하여, 정량적 특허분석 및 특허 동시분류 네트워크 분석을 실시하였다. 연구 결과, 미국과 일본이 이 분야 기술을 선도하고 있는 것으로 나타났으며, 한국은 이들 선도국에 비해 경쟁력이 크게 뒤쳐짐은 물론, 경쟁국인 대만이나 후발국인 중국에 비해서도 우위에 있다고 보기 어려운 상황이다. 또한 국가별 전문화가 진행되어 있어, 국가 간 협력체제가 원활치 못할 경우 기술장벽으로 작용할 가능성도 없지 않다. 따라서 국내 세정장비 산업의 발전을 위한 적극적인 연구개발과 기술역량 확충이 요구된다.

주제어 : 반도체 장비, 세정장비, 특허분석, 국제특허분류, 네트워크 분석

Abstract Despite its matchless position in the global semiconductor industry, Korea has not distinguished itself in the semiconductor equipment sector. Semiconductor cleaning equipment is one of the semiconductor fabrication equipment, and it is expected to be more important along with the advancement of semiconductor fabrication processes. This study attempts to analyze technology competitiveness of major countries in the sector including Korea, and explore specialty sub-areas of the countries. For this purpose, we collected patents of semiconductor cleaning equipment during the last 10 years from the US patent database, and implemented quantitative patent analysis and co-classification network analysis. The result shows that, the US and Japan have been leading the technological progress in this sector, and Korea's competitiveness has lagged behind not only the leading countries but also its competitors and even latecomers. Therefore, intensive R&D and developing technological capabilities are needed for advancing the country's competitiveness in the sector.

Key Words : Semiconductor equipment, Cleaning equipment, Patent analysis, IPC, Network analysis

*This research was supported by Education and Research Advancement Project of KOREATECH (Project ID: 2019-0259)

*Corresponding Author : Ilyong Ji(iyji@koreatech.ac.kr)

Received October 1, 2019

Revised October 24, 2019

Accepted November 20, 2019

Published November 28, 2019

1. 서론

한국 반도체 산업은 현재 세계시장의 70% 이상을 차지하는 세계 최고 수준에 올라서 있다. 2019년 3분기 현재, 삼성전자는 세계시장 점유율 47%로 세계 1위가 예상되며, SK하이닉스는 27%로 3위가 예상된다[1]. 한국은 두 업체 합계 74%로 최근 일본과의 갈등 상황에서도 큰 흔들림 없는 세계 1위 자리를 유지하고 있다.

이러한 반도체 산업에서의 독보적 우위에도 불구하고, 반도체 장비와 소재 분야에서는 한국 기업들이 두각을 보이지 못하고 있다. 세계 반도체 장비 분야 종합 순위 상위권은 Applied Materials, ASML, Lam Research, Tokyo Electron 등 미국, 유럽, 일본 업체가 장악하고 있다[2]. 특히 노광장비 등 첨단 분야는 이들 선진국 기업들이 독점하고 있는 현실이다.

선진국 업체들이 반도체 장비시장을 장악한 가운데, 한국 기업들은 세정장비 분야에서만큼은 어느 정도의 경쟁력을 확보한 것으로 알려져 있다[3]. 세계 세정 및 식각 장비 시장에서 SEMES가 약 5%의 점유율을 보이고 있으며, 이외의 몇몇 국내 업체들도 세정장비를 생산하고 있다[2]. 최근 반도체 소자가 초고집적화되어 가고 있는 상황에서 세정장비의 중요성은 더욱 부각되고 있으며, 현재 반도체 제조공정의 30% 이상이 세정 공정인 만큼, 이 분야에서의 경쟁력은 미래 반도체 분야 경쟁력을 위해서도 중요하다.

그렇다면 한국 반도체 세정장비 업체들의 기술경쟁력은 어느 정도 수준이며, 세정장비의 어느 세부기술 분야에 중점을 두고 있는가? 전문가들은 국내 세정장비 업체들의 기술력이 해외 선도국의 80~90% 수준이라고 추정하고 있는데[3], 이는 특허 등 객관적인 자료의 분석을 통해 좀 더 확인될 필요가 있다. 또한 반도체 세정장비는 다양한 부품 및 모듈 통합(integrated)된 복합제품시스템(CoPS; Complex Products and Systems)의 대표 사례로, 다양한 기술적 요소가 하나의 제품에 통합(integrated)되어 있는 것으로서[4], 이종기술 간 융합(fusion)[5] 제품으로도 이해할 수 있다. 따라서 다양한 기술 요소 중 한국 기업들은 어떠한 분야에 치중하고 있는지 살펴보고 기술기획을 위한 기초자료로 활용할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 특허 정보를 분석하여 한국의 세정장비 분야 기술경쟁력을 파악하고 한국의 중점 분야를 살펴보고자 한다. 이를 위해 최근 10년 간 미국 특허청에 등록된 세정장비 특허를 검색하여, 정량적 특허분석 및

특히 동시분류 네트워크 분석을 실시한다.

2. 이론적 배경

2.1 반도체 세정장비의 혁신이론 관점의 특징

반도체 제조 공정은 회로 설계부터 웨이퍼 제조, 노광, 식각, 증착, 열처리, 측정 및 분석, 조립, 패키지 등 다양한 단계로 구성되어 있다[2]. 세정장비는 이들 각 공정 사이에서 웨이퍼 표면을 세정하여 불순물을 제거하는 목적으로 사용된다[6]. 최근 반도체 소자의 미세화와 고집적화를 위한 기술이 고도화되어 감에 따라, 기술 우위를 점하고 원가를 절감하기 위한 핵심 기술로서 세정장비의 중요성이 점차 증대되어 가고 있다.

세정장비는 반도체 생산을 위해 투입되는 설비로서, Pavitt[7]의 분류 기준에 따르면 전문공급자(specialized suppliers) 산업군에 속하며, Miller *et al.*[8]과 Hobday[9]의 분류에 따르면 복합제품시스템(CoPS; Complex Products and Systems)에 해당한다.

Pavitt[7]은 산업별로 다양한 기술혁신의 유형을 패턴화하기 위하여 1945년부터 1979년까지 영국에서 발생한 중요한 혁신 사례를 수집하여 분석하였다. 분석 결과, 산업분야들은 크게 공급자주도형, 규모집약형, 전문공급자형, 과학기반형 등 네 가지로 구분될 수 있음을 발견하였다. 이 가운데 규모집약형 산업군은 대량 소재 및 조립 산업인 경우가 많고, 사용자들은 가격에 민감한 경우가 많으므로 주요 기술혁신의 궤적은 가격절감이며 이를 위한 공정혁신이 많이 발생한다. 반면 전문공급자형 산업군은 기계 및 계기류 분야가 예시에 해당하며, 사용자들은 가격보다는 제품 자체의 성능에 민감하여, 제품 설계가 주요 기술혁신의 궤적이며, 이를 위한 제품혁신이 많이 발생한다.

Miller *et al.*[8]과 Hobday[4]는 자동차, 가전 등과 같은 대량생산 제품과 대비되는 제품 분류로서 복합제품시스템(CoPS)이라는 분류가 있음을 주장하였다. CoPS란 엔지니어링 집약적인 고가의 자본재로서, 대부분의 경우 소량 주문생산 방식에 의존한다는 점에서 일반적인 상품과 구분된다. Hobday[4]를 비롯한 CoPS 관련 문헌들[9,10]에 의하면 항공기, 잠수함, 발전설비, 통신시스템, 반도체 생산장비, 방위산업제품 등 많은 제품들이 이에 해당한다. CoPS는 일반적인 대량생산제품들에 비해 수많은 부품들이 주문에 의해 복잡하게 통합되어 생산되며, 제품의 개발과 생산에 있어서 높은 수준의 숙련과 지

식을 요구한다. 또한 CoPS는 자본재인 경우가 많고, 소량의 생산자와 구매자로 인해 과점적 혹은 쌍방독과점적인 시장 구조 하에 정치화된 시장 특성을 보이는 경우가 많다.

상기 구분 가운데, DRAM 등과 같은 반도체 자체는 이 가운데 규모집약형 산업군에 속하며, 대량생산 제품에 해당한다. 반면 세정장비를 포함한 반도체 생산 장비는 Pavitt 분류 중 전문공급자형 산업군에 속하며, Hobday의 분류 중 CoPS에 해당하는 것으로 볼 수 있다. 세정장비는 반도체 생산업체가 사용자인 고가의 자본재라는 특성이 있으며, 대량생산이라기보다는 소수의 수요자들로 부터 주문에 따라 소수 기업들에 의해 소량 생산된다. 세정장비는 반도체 생산업체들이 요구하는 최상의 성능을 제공할 필요가 있으므로, 제품의 원가 절감보다는 목표 성능을 달성하는 것이 중요하다. 이러한 목표는 사용자의 요구에 의해 설정되며, 사용자 요구 성능 달성을 위해 수많은 부품과 기술지식이 세정장비라는 하나의 제품에 복합적으로 적용된다.

종합하면, 반도체 세정장비 분야는 사용자 요구성능을 만족시키기 위해 다양한 기술요소가 사용되는 융복합 제품이다. 일반적인 대량생산 제품 분야에서의 경쟁이 생산량, 가격, 마케팅 등 다양한 요소에 의존하는 반면, 세정장비 분야에서는 다양한 요소기술에 대한 이해와 그들 간 통합이 중요하다는 의미이다.

이에 따라, 한국 기업들이 세정장비 분야에서 선도 기업들을 추격하기 위해서는 현재 국내 기술 수준은 어느 정도 수준이며, 다양한 요소기술 분야 중 어느 분야에 강점이 있고 어느 분야가 미흡한지 판단해 보아야 할 필요가 있다.

2.2 특허 분석

특허는 어떤 기술적 창작, 즉 발명에 대하여 출원인에게 독점적 권한을 제공하는 발명인과 정부 간 공적 계약이다[11]. 그러나 특허는 독점적 권한을 보호하는 역할을 함과 동시에, 특허 내용을 공개하는 것을 원칙으로 함으로써[11], 혁신의 주요 지표로 사용되기도 한다.

Smith[12]에 의하면, 특허분석 방법은 크게 특허의 청구범위, 발명의 기술적 내용 등을 개별적으로 파악하는 정성적 방법과 특허정보의 각 항목을 수량적으로 분석하는 정량적 방법으로 구분할 수 있다. 이 중 정성적 방법은 개별 특허의 내용을 파악하고 특허의 질을 판단한다는 점에서 기술의 내용을 충실히 반영할 수 있다는 장점이 있는 반면, 평가자의 주관성에 의존하며, 시간 및 비용

이 많이 소요된다는 단점이 존재한다. 이에 비해 정량적 방법은 개별 특허 하나하나를 충실히 평가하는 데에는 한계가 있지만, 각 산업분야별 특허의 양이 급증하여 정성적 분석이 쉽지 않은 상황에서 어떤 기술 분야의 전반적인 동향을 파악하는 데 유리하다.

정량적 방법은 특허 출원건수, 출원인 및 발명자수, 특허분류 등의 건수를 비교하거나 랭킹분석 등을 실시하는 등 통계적으로 접근하는 경우가 많다. 또한 이를 더욱 정교하게 활용한 특허패밀리지수, 피인용지수, 기술우위지수 등 다양한 지수를 개발하여 사용하기도 한다[13-15].

최근에는 단순한 정량적 분석 방법을 넘어서, 데이터마이닝 및 네트워크분석 기법을 활용한 연구가 다양하게 진행되고 있다. 공동 출원인 간 네트워크를 분석하여 협력연구 현황을 분석하거나 [16-17], 특허 발명인 간 네트워크[18-19] 및 특허 간 인용관계[20-21]를 분석하여 기술이전 전략에 활용한 경우가 있다. 또한 특허분류를 활용하여 기술 분야 내 융합도를 측정하는 등의 연구가 존재하기도 한다[11,21]

본 연구에서는 정량적 분석방법 가운데 특허 통계분석과 특허 동시분류 네트워크분석 기법을 사용하여 우리나라 세정장비 기술수준과 중점 기술분야를 확인해 보도록 한다.

3. 연구방법

3.1 자료의 수집 및 연구 절차

본 연구에서는 세정장비 분야 특허 자료를 WIPS (<http://www.wipson.com>)의 데이터베이스로부터 수집하였다. WIPS에서 검색 가능한 특허 데이터베이스 가운데 본 연구에서는 미국 특허 데이터베이스를 선택하였다. 세정장비 분야 국가 간 비교를 위해서는 글로벌 비교가 가능한 데이터베이스를 선택하여야 한다. 현행 PCT(Patent Cooperation Treaty)가 있기는 하나, 이는 해외 특허를 출원하는 루트 중 하나일 뿐이어서 글로벌 특허 현황을 대표한다고 보기 어렵다. 미국 특허 역시 글로벌 현황을 반영하는 데에는 한계가 있으나, 미국은 세계에서 가장 큰 시장을 보유한 국가로, 많은 기업들이 중요한 특허는 미국에 출원하고 있어, 특허분석 분야에서는 오래전부터 국제 비교를 위한 데이터베이스로 활용되어 왔다[12].

검색어는 ((반도체* or semiconduc*) and (기판* or substrat* or 웨이퍼* or wafer*)) and (세정* or

clean*)) AND ((@AD>=20090101))로 하여, 2009년 이후 현재까지의 미국특허를 검색하였으며, 이 가운데 등록된 것만을 분석 대상으로 하였다.

본 연구에서는 수집된 특허를 출원인 국적별로 분류하고 다음과 같은 절차에 따라 분석을 실시한다. 우선 수집된 특허에 대한 정량적 분석을 통해 기술 수준을 분석한다. 그리고 특허별로 부여된 국제특허분류코드(IPC)에 대한 네트워크 분석을 실시하여 국가별 주요 기술분야를 살펴보도록 한다.

3.2 정량적 특허분석

정량적 접근에 따른 특허분석 방법에는 많은 지표들이 사용된다. 지식재산연구원[22]에 따르면 특허정보 분석에 활용되는 지표는 80여 가지가 존재한다. 특허 경쟁력 분석을 위해 이 모든 지표를 사용하는 데에는 한계가 있다. 본 연구에서는 서규원[13]이 제시한 바에 따라 특허 활동력, 특허시장력, 특허영향력 등 3가지 지표로 기술경쟁력을 측정하고자 한다. 이러한 접근방법은 Noh & Ji[14], Kim *et al.*[15] 등의 연구에서도 활용되었다.

우선 특허활동력은 출원된 특허의 수를 의미하는 것으로, 특허 수가 많을수록 많은 특허활동이 이루어지고 있음을 의미한다.

특허시장력은 하나의 특허가 얼마나 많은 국가에 출원되었는지를 나타내 주는 지표로, 평균특허패밀리수(PFS; Patent Family Size) 비율을 사용한다. 이는 많은 국가에 출원된 특허일수록 여러 시장에서 사용될 가능성이 많음을 의미한다.

$$PFS = \frac{\text{해당출원인(국가) 평균 Patent Family 수}}{\text{전체평균 Patent Family 수}}$$

특허영향력은 다른 특허로부터 많이 인용될수록 해당 분야에 대한 영향력이 높은 중요한 특허임을 의미하는 것으로 평균피인용수(CPP; Citation per Patent)로 측정된다. CPP는 아래 식으로 구할 수 있다.

$$CPP = \frac{\text{해당출원인(국가) 총 특허 피인용수}}{\text{해당출원인(국가) 총 특허수}}$$

3.3 특허 동시분류 네트워크 분석

특허자료를 활용한 네트워크 분석은 특허인용 네트워크, 공동출원 네트워크, 동시분류 네트워크 등 다양한 형태가 존재한다. 본 연구에서는 국제특허분류(IPC;

International Patent Classification)을 특허 동시분류 네트워크 분석을 실시한다. 개별 특허에는 최소 1개 이상의 IPC가 부여되는데, 실제 특허 검색을 실시해 보면 2개 이상 다수의 IPC가 부여되어 있는 경우가 대부분이다. 하나의 특허에 동시에 출현한 IPC 간에는 연계(link)가 수립된 것으로 볼 수 있으며, 어떤 부류 내 다수의 특허들 내에 존재하는 동시출현 IPC를 종합하면 해당 부류 내 IPC간 네트워크를 그려 볼 수 있다는 것이다. 이러한 네트워크의 특성을 살펴보면 특정 부류 내 기술부류(IPC) 분포 현황을 효율적으로 분석할 수 있다[23].

본 연구에서는 세정장비 분야 국가별 IPC 네트워크 분석을 실시한다. 세부적으로는 네트워크 내 연결정도중심성(degree centrality)을 분석하여, 해당 국가 특허의 대표 기술을 파악한다. 연결정도 중심성은 하나의 노드가 다른 노드와 얼마나 많은 연결을 가지고 있는냐에 관련된 것으로[24], Park *et al.*[25], Yun & Ji[21] 등의 연구에서 어떤 네트워크를 잘 대표할 수 있는 노드를 파악하는 데 사용되었다. 본 연구에서도 IPC 네트워크의 연결정도중심성을 활용하도록 하며, 아래의 식을 사용한다. 여기서 여기서 $C_D(i)$ 는 노드 i 에 연결된 링크의 수이고, n 은 네트워크 내 전체 노드 수이다. 이러한 분석을 위해 본 연구에서는 Netminer 4.0 소프트웨어를 사용하였다.

$$C'_D(i) = C_D(i)/(n-1)$$

4. 연구결과

4.1 정량적 특허분석에 따른 기술수준

2009년 1월 1일 이후 출원된 세정장비 관련 미국 특허로 현재 등록일자가 확인된 것은 총 701건이다. Fig. 1과 같이 연도별로는 2009년 0건, 2010년 7건에서 지

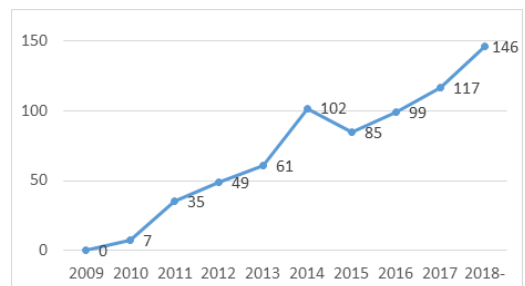


Fig. 1. Number of Patents by Year

속적으로 증가하여 2017년에는 117건, 2018~19년에는 146건에 달하였다. (특허의 심사가 완료되고 등록되기까지는 시간이 소요되어 최근 등록특허가 많지 않음을 감안하여 2018년과 2019년은 통합하였다).

국가별 출원현황과 특허활동력, 특허시장력, 특허영향력은 아래의 Table 1에 정리되어 있다. 2009년이후 미국에 출원된 특허 701건 중 가장 많은 수를 차지하는 국가(출원인 국적 기준)는 미국(US)과 일본(JP)이다. 자료 자체가 미국 특허인 영향도 있겠으나, 미국이 압도적으로 많은 207건을 기록하였다. 일본은 자국 특허청이 아님에도 불구하고 총 207건을 기록하여 특허활동력이 가장 높은 것으로 판단된다. 그 뒤를 잇는 국가는 대만(TW)으로 총 140건을 등록하였다. 한국(KR)은 중국(CN)의 50건에도 못 미치는 47건을 등록하여 미국, 일본, 대만 등과 큰 격차를 보였다. 이외에 영국령 케이만제도(KY)에서 출원된 특허가 17건 있으나, 케이만제도는 자국 기업이 되기보다는 다국적기업의 출원인 것으로 판단되어 본 분석에서는 제외하였다.

특허시장력을 나타내는 PFS로 볼 때에는 미국, 일본이 1 이상을 차지함으로써, 다른 국가들에 비해 상대적으로 많은 국가에 특허를 출원한 것으로 나타났다. 반면 중국(0.91), 한국(0.84), 대만(0.59)은 1 이하로 나타나 다양한 시장에 걸친 특허활동이 미국, 일본 등에 비해 미흡한 것으로 나타났다.

CPP로 측정된 특허영향력은 전체 특허 701건의 평균 3.59로 나타났다. 국가별로 볼 때 미국 특허는 5.79로, 피인용 비율이 매우 높은 것으로 분석되었다. 이외 국가들의 특허는 모두 3.59 미만으로, 한국(2.89), 대만(2.81), 일본(2.55)이 2.5~3 사이였으며, 중국은 1점대로 많은 인용을 받지 못하는 것으로 나타났다.

종합적으로 볼 때, 미국과 일본은 특허활동력, 특허시장력, 특허영향력 등 모든 분야에서 다른 국가들에 비해 높은 수준을 보이고 있다. 즉 이들 두 국가가 세정장비 분야 기술경쟁력이 가장 앞선다는 것이다. 미국과 일본 다음으로는 대만의 경쟁력이 높다고 볼 수 있다. 대만은 특허시장력(PFS)은 비록 가장 낮으나, 총 140건의 특허를 등록하여 중국이나 한국보다 월등히 높은 수준이며, 특허영향력(CPP)도 기타 국가에 비해 높은 수준이다. 이외에 한국과 중국은 특허영향력을 제외한 특허활동력과 특허시장력에서 비슷한 수준으로 판단된다.

Table 1. Result of Quantitative Analysis

	US	JP	TW	CN	KR	ALL
No.	207	207	140	50	47	701
PFS	1.03	1.27	0.59	0.91	0.84	1.00
CPP	5.79	2.55	2.81	1.36	2.89	3.59

4.2 특허 동시분류 네트워크 분석 결과

본 연구에서는 우선 전체 특허 701건에 대한 동시분류 네트워크 분석을 실시하고, Park *et al.*[25], Yun & Ji[21] 등의 연구에서와 마찬가지로 각 국가별 특허를 따로 모아 국가별 분석을 실시하였다. Fig. 2는 전체 701건에 대한 네트워크를 그림으로 표시한 것이며, Table 2와 3은 연결정도중심성 분석 결과로, 각 분석 단위별 연결정도중심성 0.1 이상인 IPC만 정리한 표이다.

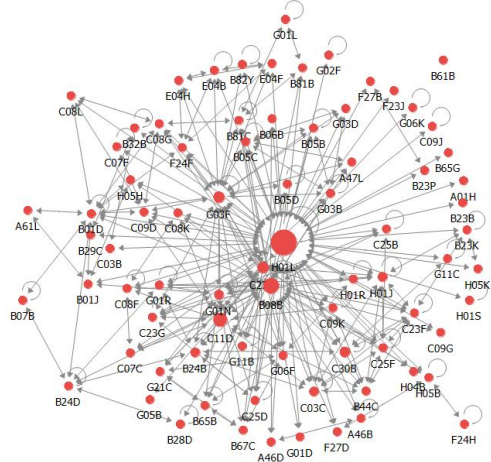


Fig. 2. Co-Classification Network

모든 분석단위에서 공통적으로 H01L이 “반도체 장치”를 의미하는 H01L이 가장 높은 연결정도중심성을 보이고 있다. 이를 제외하고 볼 때, 세계(ALL)와 미국, 일본, 대만은 대략 비슷한 패턴을 보이고 있다. H01L을 제외할 때, B08B와 G03F가 이들 세 국가에서 공통적으로 가장 높게 나타난다. 이외에 C23C와 B01D가 세계, 미국, 일본, 대만에서 공통적으로 높은 순위이다. 이외에는 국가별로 다른 IPC들이 등장하고 있다. 중국은 H01L 외에 C03C, C23F, B44C, C25F, B24B 등이 높은 순위이며 이들은 세계 분석결과에서 대략 0.1~0.15 내외에서 발견된다. 한국은 H01L 외에 세계와 상이한 패턴을 보여준다.

Table 2. Degree Centrality over 0.1 : All, US and JP

All		US		JP	
H01L	0.9103	H01L	0.7442	H01L	0.8478
B08B	0.5000	B08B	0.5349	B08B	0.4783
G03F	0.3333	G03F	0.2093	G03F	0.3478
C23C	0.2436	G01N	0.1860	C11D	0.1957
G01N	0.1923	H01J	0.1860	C23C	0.1739
B01D	0.1538	C11D	0.1628	C08G	0.1522
C11D	0.1410	C23C	0.1628	C09D	0.1304
C23F	0.1154	B01D	0.1395	B81C	0.1304
B24B	0.1154	B24D	0.1395	C03C	0.1304
H01J	0.1154	B24B	0.1395	B05C	0.1304
C03C	0.1154	C23G	0.1395	C23F	0.1304
C09D	0.1026	C03C	0.1395	B44C	0.1304
C25F	0.1026	G01R	0.1395	C09K	0.1304
B44C	0.1026	B01J	0.1163	C30B	0.1087
G06F	0.1026	C23F	0.1163	B01D	0.1087
		C25D	0.1163	C25F	0.1087
		B44C	0.1163	G03B	0.1087

Table 3. Degree Centrality over 0.1 : TW, CN and KR

TW		CN		KR	
H01L	0.8387	H01L	0.5385	H01L	0.8667
B08B	0.4194	C03C	0.3077	C23C	0.4667
G03F	0.2258	C23F	0.2308	B65B	0.4000
B05C	0.1290	B44C	0.2308	B67C	0.4000
B01D	0.1290	C25F	0.2308	G21C	0.4000
A47L	0.1290	B24B	0.2308	G01N	0.4000
B05B	0.1290	B81B	0.1538	G06F	0.4000
C23C	0.1290	B81C	0.1538	C11D	0.1333
		B08B	0.1538	C30B	0.1333
		C25D	0.1538	B08B	0.1333
		B05B	0.1538		

국가별로 볼 때 일본, 대만, 중국, 한국은 각각의 분야에 전문화가 상당 수준 진행된 것으로 보인다. 먼저 일본은 세계 및 미국과 유사하게 B08B(청소 및 오염방지), G03F(사진제판법에 의한 요철화 또는 패턴화 표면의 제조) 등 반도체 공정 중 세정을 의미하는 IPC가 상위권에 있는 가운데, C11D, C23C, C08G, C09D, C03C 등이 높은 중심성을 보여주고 있다. Table 4의 IPC별 설명을 참고할 때, 이들은 주로 공정용 소재, 화학물질 등인 것으로 확인된다. 즉 일본은 세정장비 일반 기술 외에 화학 및 소재 기술에 전문화되어 있다는 의미로 해석된다.

대만도 B08B, G03F의 중심성이 가장 높은 가운데, B05C, B01D, B05B 등이 높은 중심성을 보이고 있다. 이들은 각각 액체 또는 타우동성 물질을 표면에 작용시키기 위한 장치일반, 분리, 노즐 등을 의미하는 것으로서 일반적인 세정공정의 기계적 장치로 볼 수 있다.

중국은 세계 순위와는 다른 가운데, C03C, C23F, C25F, B24B 등으로 주로 표면처리 및 세정 방법에 관한 특허가 많은 것으로 분석된다.

한국은 다른 국가들에서도 공통적으로 볼 수 있는 C23C 외에, B65B(물품 또는 재료를 포장하기 위한 기계, 기구, 장치 또는 방법), B67C(병, 캔, 통 또는 유사한 용기의 액체 또는 반 액체의 충전), G01N(재료의 화학적 또는 물리적 성질의 검출에 의한 재료의 조사 또는 분석), G06F(전기에 의한 디지털 데이터 처리) 등이 주요 IPC인데, 이들은 직접적인 세정 공정이나 소재라기보다는 세정 장비에 사용되는 기구, 메커니즘, 제어장치 등과 관련된 것으로 이해할 수 있다.

Table 4. Some IPC Descriptions

IPC	Description
A47L	DOMESTIC WASHING OR CLEANING
B01D	Separation
B05B	SPRAYING APPARATUS; ATOMISING APPARATUS; NOZZLES
B05C	APPARATUS FOR APPLYING LIQUIDS OR OTHER FLUENT MATERIALS TO SURFACES, IN GENERAL
B08B	CLEANING IN GENERAL; PREVENTION OF FOULING IN GENERAL
B08B	CLEANING IN GENERAL; PREVENTION OF FOULING IN GENERAL
B24B	MACHINES, DEVICES, OR PROCESSES FOR GRINDING OR POLISHING
B44C	PRODUCING DECORATIVE EFFECTS
B65B	MACHINES, APPARATUS OR DEVICES FOR, OR METHODS OF, PACKAGING ARTICLES OR MATERIALS; UNPACKING
B67C	FILLING WITH LIQUIDS OR SEMILIQUIDS, OR EMPTYING, OF BOTTLES, JARS, CANS, CASKS, BARRELS, OR SIMILAR CONTAINERS, NOT OTHERWISE PROVIDED FOR; FUNNELS
B81C	PROCESSES OR APPARATUS SPECIALLY ADAPTED FOR THE MANUFACTURE OR TREATMENT OF MICROSTRUCTURAL DEVICES OR SYSTEMS
C03C	CHEMICAL COMPOSITION OF GLASSES, GLAZES, OR VITREOUS ENAMELS; SURFACE TREATMENT OF GLASS; SURFACE TREATMENT OF FIBRES OR FILAMENTS MADE FROM GLASS, MINERALS OR SLAGS; JOINING GLASS TO GLASS OR OTHER MATERIALS
C08G	MACROMOLECULAR COMPOUNDS OBTAINED OTHERWISE THAN BY REACTIONS ONLY INVOLVING CARBON-TO-CARBON UNSATURATED BONDS
C09D	COATING COMPOSITIONS, e.g. PAINTS, VARNISHES OR LACQUERS; FILLING PASTES; CHEMICAL PAINT OR INK REMOVERS; INKS; CORRECTING FLUIDS; WOODSTAINS; PASTES OR SOLIDS FOR COLOURING OR PRINTING; USE OF MATERIALS THEREFOR
C11D	DETERGENT COMPOSITIONS; USE OF SINGLE SUBSTANCES AS DETERGENTS; SOAP OR SOAP-MAKING; RESIN SOAPS; RECOVERY OF GLYCEROL
C23C	COATING METALLIC MATERIAL; COATING MATERIAL WITH METALLIC MATERIAL; SURFACE TREATMENT OF METALLIC MATERIAL BY DIFFUSION INTO THE SURFACE, BY CHEMICAL CONVERSION OR SUBSTITUTION; COATING BY VACUUM EVAPORATION, BY SPUTTERING, BY ION IMPLANTATION OR BY CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION, IN GENERAL

C23F	NON-MECHANICAL REMOVAL OF METALLIC MATERIAL FROM SURFACES
C25F	PROCESSES FOR THE ELECTROLYTIC REMOVAL OF MATERIALS FROM OBJECTS; APPARATUS THEREFOR
G01N	INVESTIGATING OR ANALYSING MATERIALS BY DETERMINING THEIR CHEMICAL OR PHYSICAL PROPERTIES
G03F	PHOTOMECHANICAL PRODUCTION OF TEXTURED OR PATTERNED SURFACES
G06F	ELECTRIC DIGITAL DATA PROCESSING
H01J	ELECTRIC DISCHARGE TUBES OR DISCHARGE LAMPS
H01L	Semiconductor Devices

4.3 결과종합

이상의 결과를 종합할 때, 한국은 세정장비 분야에서 세계 선도적인 지위를 차지하는 것으로 보기 어렵다. 우선 특허활동력에 있어서 미국, 일본은 물론 경쟁국인 대만에 비해서도 미흡한 수준이며, 후발국인 중국에 비해서도 특허 수가 적다. 물론 한국 기업들이 출원하기 쉽지 않은 미국 특허인데다가, 세정장비의 주 시장이 한국일 수 있다는 점에서 미국에 출원된 한국 특허가 적다고 볼 수도 있다. 그러나 본 연구를 보완하기 위해 추가적으로 WIPs로부터 미국, 일본, 중국, 한국, 유럽 특허 중 세정장비 특허를 모두 검색해 본 결과, 총 2372건의 세정장비 특허 가운데 중국 특허가 1283건을 차지하고 있어, 각 국가별 국내특허 출원 현황으로 볼 때에도 한국은 중국에 밀리고 있는 상황이다.

이외에 특허영향력에 있어서는 일본과 대만에 비해 약간 높은 수준이나, 큰 차이를 보이지 못하고 있으며, 세계 평균 수준보다 뒤떨어지는 수준이다. 또한 특허 시장력에 있어서도 미국, 일본에 뒤처지고 있어, 국내 세정장비 분야 기술경쟁력이 경쟁국에 뒤처질 우려가 있다.

이러한 상황에서 각 국가별로 전문화가 진행되고 있는 것으로 보여, 이로 인한 우려도 존재한다. 예를 들어 일본은 화학 및 소재 기술에 전문화되어 있는데, 한국은 기구, 메커니즘, 제어장치 등에 주력하는 것으로 보인다. 각 국가별 전문화와 더불어 국가간 협력이 원활할 때에는 국가별 비교우위를 통한 상생효과를 볼 수 있겠으나, 국가간 협력이 원활치 못한 상황이 벌어질 경우에는 기술장벽으로 작용할 우려도 존재한다.

5. 결론

본 연구는 한국을 비롯한 주요 국가의 세정장비 분야 기술경쟁력과 국가별 중점 분야를 살펴보고자 하였다. 이

를 위해 최근 10년 간 미국 특허청에 등록된 세정장비 특허를 검색하여, 정량적 특허분석과 특허분류 네트워크를 실시하였다. 정량적 특허분석을 위해서는 특허활동력, 특허시장력, 특허영향력을 분석하였다.

연구 결과, 종합적으로는 미국과 일본이 이 분야 기술을 선도하고 있는 것으로 나타났으며, 한국은 이들 선도국에 비해 경쟁력이 크게 뒤쳐짐은 물론, 경쟁국인 대만이나 후발국인 중국에 비해서도 우위에 있다고 어려울 수준이다. 특허활동력은 미국, 일본, 대만, 중국, 한국 가운데 가장 낮은 수준이며, 특허영향력에 있어서는 일본이나 대만에 비해 근소하게 앞서고 있으나 여전히 미국이나 세계 평균에는 뒤처진다. 특허시장력은 미국과 일본이 1 이상으로 높게 나타났으나, 한국은 대만, 중국과 함께 1 이하를 기록하였다.

특허 동시분류 네트워크 분석 결과, 세계와 미국, 일본, 대만은 대략적으로 유사한 가운데, 중국과 한국은 다른 패턴을 보이고 있다. 또한 일본, 대만, 중국, 한국은 각 국가별로 대략적인 전문화를 이루고 있는 것으로 판단된다. 특히 일본은 화학 및 소재 분야에 전문화되어 있고, 한국은 기구, 메커니즘, 제어장치 등에 전문화된 것으로 분석되었다.

이상과 같은 결과를 종합할 때, 국내 세정장비 산업의 발전을 위해서는 현재보다 더욱 적극적인 연구개발과 기술역량 확충이 요구된다고 할 수 있다. 그간 한국은 반도체 장비 산업이 잘 발달하지 못한 가운데, 세정장비 분야만큼은 국내 기업들이 어느 정도의 경쟁력을 확보한 것으로 알려져 왔다. 그러나 본 연구 결과, 전반적인 경쟁력 수준이 후발국에 비해서도 우위에 있지 못한 것으로 평가된다. 더욱이 국가별 기술 전문화가 진행되어 있어, 국가간 협력관계가 원활치 못할 경우 자칫 세정장비 분야에서 진입장벽에 막힐 가능성도 존재한다. 따라서, 특허활동이 미흡한 세부기술을 중심으로 기술개발 로드맵을 수립하고 투자를 확충할 필요가 있다. 더욱이 4차 산업혁명 시대에 사물인터넷[26], 블록체인[27], 자율주행자동차[28] 등의 등장으로 반도체를 둘러싼 경쟁이 치열해지는 만큼 이 부부에 대한 적극적인 투자가 요구되는 상황이다.

본 연구는 다음과 같은 한계를 지닌다. 본 연구에서는 특허를 통해 국가별 기술경쟁력과 전문분야를 살펴보았는데, 특허는 그 자체로서 기술혁신을 완전히 대표하지 못한다[12]. 특허는 기본적으로 혁신(innovation)이 아닌 발명(invention)이며, 기업들은 주요 기술지식을 특허로 공개하기도 하지만 기업비밀로 남겨 두기도 하기 때문이다. 또한 본 연구에서는 미국특허를 활용하였는데,

특정 국가의 특허 데이터베이스를 사용함으로써 국가별 특허활동에 대한 왜곡이 발생할 가능성이 없지 않다. 또한 국가별 기술분야를 탐색하기 위해 동시분류 네트워크 분석을 실시하였는데, 이 역시 특허의 기술적 내용을 충실히 보여 주는 데에는 한계가 있다. 이는 업계 전문가들을 중심으로 한 정성적 분석으로 보완될 필요가 있다.

REFERENCES

- [1] The Investor. (2019). *Samsung to Retain No.1 in DRAM Market in Q3: Report*. The Investor [Online]. www.theinvestor.co.kr/view.php?ud=20190919000260
- [2] Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes. (2017). *Semiconductor Equipment Technology and Market Trend*, Seoul : Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes.
- [3] Digital Chosun TV. (2019). *80% of Semiconductor Materials and Equipment rely on Import - Need to Nurture Technological Capabilities for Frontend Processing*. Digital Chosun TV [Online]. www.dizzotv.com/site/data/html_dir/2019/07/03/2019070380161.html
- [4] M. Hobday. (1998). Product Complexity, Innovation and Industrial Organisation. *Research Policy*, 26(6), 689-720.
DOI : 10.1016/S0048-7333(97)00044-9
- [5] F. Kodama. (1992, July-August). Technology Fusion and the New R&D. *Harvard Business Review*, 70-78.
- [6] Y. S. Cho & J. Lee. (1999). Cleaner Technologies for Semiconductor Cleaning Processes. *Clean Technology*, 5(1), 62-77.
- [7] K. Pavitt. (1984). Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory. *Research Policy*, 13(6), 343-373.
DOI : 10.1016/0048-7333(84)90018-0
- [8] R. Miller, M. Hobday, T. Leroux-Demers, and X. Olleros. (1995). Innovation in Complex Systems Industries: the Case of Flight Simulation. *Industrial and Corporate Change*, 4(2), 363-400.
DOI : 10.1093/icc/4.2.363
- [9] T. Y. Park & I. Ji. (2015). From Mass Production to Complex Production: Case of the Korean Telecom Equipment Sector. *Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics*, 22(1), 78-102.
DOI : 10.1080/16081625.2015.1010271
- [10] I. Ji & S. H. Lee. (2015). The Patterns of Catch-up and Development in the Latecomer Countries' Defense Industry: The Cases of Korea and Israel. *The Quarterly Journal of Defense Policy Studies*, 31(1), 133-170.
- [11] C. Park. (2008). A Study on Analysis of R&D Activity with Patent Map, *Journal of KIPS*, 13(3), pp.9-14.
- [12] K. Smith. (2005). Measuring Innovation, In J. Fagerberg, D. C. Mowery, R. R. Nelson. *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, 148-177.
DOI : 10.1093/oxfordhb/9780199286805.001.0001
- [13] K. W. Seo. (2011). *Development and Application of Technology Level Evaluation Research Methods Using Patent Information*, Seoul: KISTEP.
- [14] J. S. Noh & I. Ji. (2019). A Comparative Analysis of Convergence Types and Technology Levels of Polymer Technologies in Korea and Other Advanced Countries: Utilizing Patent Information, *Journal of The Korea Convergence Society*, 10(3), 185-192.
DOI : 10.15207/JKCS.2019.10.3.185
- [15] D. Kim, S. H. Cho, J. Lee, M. S. Kim & N. H. Kim. (2018). A Study on the Competitive Analysis of Digital Healthcare in Korea through Patent Analysis. *Journal of Digital Convergence*, 16(9), 229-237.
DOI : 10.14400/JDC.2018.16.9.229
- [16] S. H. Ju. (2016). The effect of mutual cooperation between the Patent applicants on the Technological Innovation in ICT, *Journal of Digital Convergence*, 14(10), 83-93.
DOI: 10.14400/JDC.2016.14.10.83
- [17] S. Lee & S. Chung. (2014). Interaction between Innovation Actors in Innovation Cluster: A Case of Daedeok Innopolis. *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 17(4), 820-844.
- [18] K. Choo. (2016). The Effect of a Co-invention Network on Inventive Productivity of a Firm's Prolific Inventor. *The Journal of Intellectual Property*, 11(2), 183-222.
DOI : 10.34122/jip.2016.06.11.2.183
- [19] J. H. Jeong. (2016). An Analysis of Spatial Determinants of Inventor Networks in Korea. *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 19(1), 1-17.
DOI: 10.23841/egsk.2016.19.1.1
- [20] M. S. Seok, B. Jo & I. Ji. (2015). An Application of Patent Citation Network Analysis for Technology Marketing: A Case of a Public Research Institute. *Journal of the Korea Academic-Industrial Cooperation Society*, 16(5), 3210-3219.
DOI : 10.5762/KAIS.2015.16.5.3210
- [21] N. Yun & I. Ji. (2019). An Analysis of Patent Co-Classification Network for Exploring Core Technologies of Firms: An Application to the Foldable Display Sector. *Journal of the Korea Academic-Industrial Cooperation Society*, 20(4), 382-390.
DOI : 10.5762/KAIS.2019.20.4.382
- [22] KIIP. (2012). *Development of Indicators for IP Competitiveness and Characteristics*. Seoul: Korea Institute of Intellectual Property.
- [23] R. J. W. Tijssen. (1992). A Quantitative Assessment of Interdisciplinary Structures in Science and Technology: Co-classification Analysis of Energy Research. *Research Policy*, 21(1), 27-44.
DOI: 10.1016/0048-7333(92)90025-Y

- [24] S. S. Lee. (2012). *Network Analysis Methods*, Seoul: Nonhyung.
- [25] T. Y. Park, H. Lim, I. Ji. (2018). Identifying potential users of technology for technology transfer using patent citation analysis: a case analysis of a Korean research institute. *Scientometrics*, 116(3), 1541–1558. DOI: 10.1007/s11192-018-2792-9
- [26] Y. S. Jeong. (2017). A Study on Improving Manufacturing Environment Using IoT Technology in Small Business Environment. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(2), 83–90. DOI: 10.22156/CS4SMB.2017.7.2.083
- [27] M. An & Y. Park. (2019). Domestic Blockchain Legislation and Policy Analysis and the Limitations Deriving and Present Improvement Points. *Journal of Convergence for Information Technology*, 9(9), 44–51. DOI : 10.22156/CS4SMB.2019.9.9.044
- [28] M. An and Y. Park. (2019). Identification of Unfavorable Clause and Directionality through the Analysis of Legal System of Autonomous Driving Vehicle in Korea. *Journal of Convergence for Information Technology*, 9(1), 38–44. DOI : 10.22156/CS4SMB.2019.9.1.038

윤 석 훈(Seok Hoon Yun)

[학부원]



- 2010년 2월 : 한국기술교육대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 2009년 12월 ~ 2012년 2월 : 케이씨텍 근무
- 2012년 6월 ~ 2014년 6월 : DK아즈텍 근무
- 2014년 6월 ~ 현재: 케이씨텍 재직중
- 2018년 3월 ~ 현재: 한국기술교육대학교 반도체디스플레이 과학경영학과 석사과정 재학중
- 관심분야 : 기술전략, 기술기획, 기술경영
- E-Mail : tjrgns@koreatech.ac.kr

지 일 용(Ilyong Ji)

[장학원]



- 2003년 9월 : 영국 Surrey대학교 경영대학원(기술경영학 석사)
- 2005년 9월 : 영국 Sussex대학교 SPRU(산업혁신분석 석사)
- 2012년 8월 : KAIST 경영과학과 (경영학 박사)
- 2012년 7월 ~ 2013년 8월 : 산업연구원 부연구위원
- 2013년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 대학원 IT융합과 학경영학과 조교수
- 관심분야 : 기술경영, 과학기술정책, 혁신체제
- E-Mail : iyji@koreatech.ac.kr