

한국 반도체 기술 네트워크 연구: 데이터 기반 접근법

김기윤*

이성주**

최근 국가 간 반도체 기술 경쟁이 치열해지며 한국의 핵심 산업 중 하나인 반도체 산업의 기술경쟁력 확보 및 국가 간 기술동맹을 위한 정부의 노력이 강조되고 있다. 이에 본 연구는 특허정보를 활용하여 반도체 분야 국가 기술경쟁력 수준과 국가 간 협력 현황을 분석하고 궁극적으로는 기술 정책 수립을 지원하고자 한다. 이를 위해 첫째, 특허의 양적, 질적 분석을 통해 반도체 산업의 국가 간 기술력을 비교하였으며, 둘째, 서로 다른 국적의 출원인 또는 연구자와 공동 출원되거나 발명된 특허를 통해 반도체 산업 내 국가 간 기술 협력 동향을 파악하였다. 연구 결과로 국내 반도체 산업의 기술력 강화, 글로벌 기술 협력 활성화, 그리고 국내외 인재 확보를 위한 정책의 필요성을 제시하였다.

주제어: 반도체, 기술협력, 특허분석

* 서울대학교에서 산업공학 학사학위를 취득하고, 현재 서울대학교 산업공학과 석사과정에 재학 중이다. 주요 관심 분야는 기술 로드맵, 특허 분석, 기술 정책 등이다(E-mail: goodmind15@snu.ac.kr).

** 교신저자, 서울대학교에서 공학 박사학위를 취득하고, 현재 서울대학교 산업공학과 교수로 있다. 주요 관심 분야는 혁신정책, 기술경영 등이다(E-mail: sungjoolee@snu.ac.kr).

I. 서론

과학기술정보통신부(2023)는 반도체가 2013년 이후 한국 수출 품목 1위를 유지하는 핵심 주력 산업이며, 반도체 미래 기술 로드맵을 발표하는 추진 배경에 대해 반도체 기술이 세계적으로 진행되는 기술 패권 경쟁에서 한국의 경제 안보와 국가 경쟁력에 직결되는 핵심 기술임을 강조하였다. 또한, 반도체 기술은 국정과제에 초격차 전략 기술 육성 대상 중 하나로 선정되었으며(대한민국 정부, 2022), 특허청(2022)은 제 2022-257호 공고를 통해 반도체 기술 관련 특허를 우선심사신청 대상으로 선정하는 등 국가 차원에서 반도체 기술 경쟁력 확보를 위해 노력이 활발하게 이뤄지고 있다. 특히, 한국은 메모리 반도체 산업에서는 가장 높은 시장 점유율을 가지지만 반도체 산업에서 가장 많은 부분을 차지하는 비메모리 반도체 산업에서는 미국, 유럽, 대만 등 주요 경쟁국들에 밀리는 상황에서(김양팽, 2023), 과학기술정보통신부는 '메모리 반도체 초격차 유지'와 '시스템 반도체 역량 확대'를 반도체 미래 기술 로드맵의 핵심 목표로 명시하였다(과학기술정보통신부, 2023).

반도체 산업에서의 기술 경쟁력 확보를 위한 정부의 지원 전략은 다른 국가들의 사례에서도 찾을 수 있다. 미국 정부는 2022년 미국 내 반도체 제조 시설에 대한 재정적인 지원을 통해 자국의 기술 경쟁력을 강화하고 미국인이 중국 기업의 반도체 기술 개발에 참여하는 것을 금지하는 내용을 포함하는 법안(CHIPS and Science Act)을 제정하였다(Luo & Van Assche, 2023). 중국 정부가 기술 자립성을 높이기 위해 수행한 Made in China 2025 전략에서는 반도체 자급률을 높이는 것이 핵심 목표였다(Grimes & Du, 2022). 유럽연합은 유럽 반도체 법을 통해 반도체 공급망에서의 자급률을 개선하기 위한 노력을 시도하고 있으며 일본은 반도체 공급망 안정을 위해 TSMC 같은 주요 글로벌 반도체 기업들을 자국에 유치하기 위한 막대한 자금 지원 정책을 추진하였다(허재철 외, 2022: 176-213). 대만 정부는 2023년 반도체를 비롯한 첨단 기술에 대한 R&D 투자 금액에 높은 수준의 세액공제 부여하는 법을 제정해 자국의 반도체 기업들을 지원하였다(KOTRA 해외시장뉴스, 2023). 즉, 반도체 기술이 국가들에 있어 미래의 핵심 기술로 여겨지고 있으며 기술 경쟁력 확보를 위해 각국의 정부 정책이 중요한 역할을 하고 있음을 확인하였다.

한편, 국제 연구 협력은 국가의 기술 경쟁력 확보를 위한 전략 중 하나이다. 연구자들은 국제 연구 협력을 통해 다른 연구자의 아이디어와 연구 역량을 공유하거나 프로젝트에 들어가는 비용 부담을 낮춤으로써 고가의 자원을 활용하는 등의 기회를 얻을 수 있다(Wagner, 2006). 최근, Chen et al.(2019)은 국제 연구 협력에 관한 연구의

발전 과정을 분석하면서 국가 정책에서 국제 연구 협력이 차지하는 중요성이 증가하고 있음을 강조하였다. 특히, 범국가적 문제 해결과 국제 표준 수립 과정에서 국제 연구 협력이 필요해짐에 따라(Haustein et al., 2011) 정부의 국제 협력 지원 정책이 가지는 중요성 또한 증가하고 있다. 이러한 점에서, 효과적인 국제 연구 협력을 위한 과학 기술 정책 수립은 한국의 미래 기술경쟁력 확보에 필요한 과정이다.

따라서, 본 연구는 향후 한국의 핵심 기술인 반도체 기술 발전을 위한 정책 수립을 지원하기 위해 중요한 반도체 기술 파악, 주요 기술 분야를 선도하는 국가와 출원인 도출, 그리고 최신 반도체 국제 기술 협력 동향 분석을 목표로 하였다. 이를 위해 미국 특허청에 2018년에서 2022년 사이에 출원된 반도체 등록 특허를 분석해 주요 기술을 도출하였으며, 도출된 주요 기술과 현재 한국 특허청이 우선심사신청 대상으로 선정한 반도체 기술에서의 특허 기술력 상위 국가들을 분석하고 한국의 특허 기술력과 비교하였다. 또한, 기술 협력을 정의하는 과정에서 출원인과 발명자의 국적 정보를 모두 활용해 하나의 정보만을 사용했던 이전 연구(Ortega et al., 2011; Liu et al., 2017; Pinto et al., 2019; Fiori et al., 2022)보다 기술 협력을 더 넓게 분석하였다. 이번 연구를 통해 한국의 반도체 기술 현황을 다른 국가들과 다양한 관점에서 비교함으로써 반도체 기술에 대한 과학기술 정책의 방향을 결정하는 데 도움이 될 것으로 기대하였다.

II. 문헌 검토

1. 반도체 산업 연구

우선, 반도체 산업에서의 경영 전략과 동향에 관한 연구가 국가 간 협력보다 특정 국가의 정부 또는 기관의 전략을 분석하는데 집중된 것을 확인하였다. 이러한 연구는 특정 국가의 정부와 기업 차원에서 수행했던 기술 혁신 전략에 대한 사례 분석(Chen & Swell, 1996; 김민식, 2012), 시장의 증감 주기를 기반으로 이익을 많이 얻었던 반도체 기업의 투자 전략 분석(Tan & Matthew, 2010), 논문의 저자 정보를 활용해 기술 발전 과정에서 R&D 협업이 어떻게 진화하였는지 기관 관점에서 분석한 연구(Kapoor & McGrath, 2014) 등을 포함한다. 최근에는 미국과 중국의 반도체 기술 패권 경쟁을 반영한 반도체 산업 전망에 관한 연구도 진행되었는데, Grimes & Du(2022)는 향후 미국의 견제 정책으로 인해 중국의 반도체 자급뿐 아니라 세계적으

로도 반도체 기술 혁신에 부정적인 영향을 줄 수 있음을 주장하였으며, Luo & Van Asche(2023)는 반도체 산업이 기술 민족주의적인 성격으로 전환되는 상황에서 다국적 기업이 취할 수 있는 지정학적 관점에서의 전략을 제시하였다.

특허 분석을 통해 반도체 기술을 분석한 연구 또한 기술의 진화 과정(Shi et al., 2010; 남대경·최경현, 2018)과 산업, 기술에 대한 동향 분석(Chiu & Su, 2014; Cho & Ju, 2023)을 주로 다루고 있었다. Shih et al.(2010)은 특허 지표를 활용해서 서로 다른 기간에서의 기술 동향을 도출하고 변화과정에 대한 패턴을 분석하는 프레임워크를 제안하면서 대만의 반도체 기업 기술경쟁력 변화를 분석하였으며, 남대경·최경현(2018)은 미국 특허청에 등록된 차량용 반도체 특허에 대해 토픽 모델링 분석을 수행해 시간에 따른 기술 발전 흐름을 분석하였다. 동향 분석에 관한 연구로는 Chiu & Su(2014)가 미국 특허청에 등록된 반도체 특허에 대해 특허 출원 수, 발명자 수, 인용 네트워크 등 여러 종류의 특허 지도를 구축해 글로벌 반도체 산업을 분석하였으며, Cho & Ju(2023)는 특허의 IPC(International Patent Classification, 국제특허분류) 코드 기반 네트워크와 토픽 모델링을 통해 현재 반도체 산업에서 어떠한 AI 관련 기술이 떠오르고 있는지 확인하였다. 따라서, 본 연구는 특허 데이터를 활용해 반도체 산업의 기술 동향을 국가 간 협력 관점에 집중해 분석함으로써 반도체 기술 협력에 관한 연구 공백을 해결하고자 하였다.

2. 특허 분석과 네트워크 분석

특허는 기술 인텔리전스 도출을 위한 연구에서 신뢰성 있는 기술 정보를 분석하기 위한 데이터로 활발하게 연구됐다(An et al., 2018). 우선, 미시적인 관점에서 특허 혹은 기술 자체의 영향력이나 가치를 평가하기 위한 연구들이 진행되었다. 예를 들어, 특허의 피인용 지수를 기반으로 기술의 영향력을 분석하거나(Aristodemou & Tietze, 2018) 특허의 인용 특허 및 연구 논문의 정보를 IPC 코드와 결합해 기술의 신규성을 평가하는 연구(Verhoeven et al., 2016) 등을 확인할 수 있다. 거시적인 관점에서 기술의 상호 작용 혹은 발전 동향들을 분석한 연구는 기술 수명 주기(Huang et al., 2022), 대학과 산업체의 기술 협력(Motohashi & Muramatsu, 2012), 기술 진화 과정(Huang et al., 2020) 등의 분석을 포함한다. 최근에는 머신러닝과 딥러닝 기법을 활용해 기술의 융합 방향을 예측하거나(Cho et al., 2021) 출원된 특허의 피인용 정도를 예측하는 연구(Chung and Sohn, 2020)처럼 기술과 산업의 미래를 예측하기 위한 연구가 이뤄졌다.

이러한 특허 분석 방법론 중 기술 동향을 분석하는 대표적인 방법의 하나로 네트워크 분석이 매우 활발하게 사용되고 있다. 예를 들어, 텍스트 분석을 통해 특허에서 키워드나 기술 주제를 도출하고 이를 네트워크의 형태로 구축해 기술 동향을 분석한 연구(Yoon et al., 2011; Wang & Hsu, 2021), 특허의 인용 관계를 네트워크로 구축해 기술의 확산과 흡수 과정(Chang et al., 2009) 또는 핵심 기술과 유망 기술을 분석한 연구(Cho & Shih, 2011), 특허의 분류 코드 동시 출현 빈도를 네트워크로 구축해 미래 기술 융합 분야를 예측한 연구(Cho et al., 2021) 등 목적에 따라 네트워크가 다양한 방법으로 구축되어 연구에 활용되고 있었다.

특허 네트워크 분석은 기술 협력 분석을 목표로 하는 연구에도 활용되었다. 특허는 출원인과 발명자 정보를 포함하기 때문에 공동 출원인(Liu et al., 2017; Fiori et al., 2022) 혹은 발명자(Ortega, 2011; Pinto et al., 2019) 정보를 네트워크로 구축해 기술 협력 분석이 이뤄졌다. 최근에는 특허 네트워크와 다른 데이터를 사용해 구축한 네트워크를 결합해 기술 협력을 분석하는 연구도 확인할 수 있었는데, 예를 들어 Fiori et al.(2022)는 임상 데이터를 함께 활용해 제약 분야에서의 기술 협력을 분석하였다. 본 연구도 특허의 출원인과 발명자 정보를 활용해 기술 협력 네트워크를 구축하고 분석했으나, 이전 연구와는 달리 서로 다른 국적을 가진 출원인과 발명자가 함께 특허를 출원하는 것도 국가 간 기술 협력으로 해석해 더 넓은 관점에서 국제 기술 협력을 분석했다.

Ⅲ. 연구방법

1. 데이터 수집

본 연구에서는 특허청(2022)가 발표한 우선심사신청 대상 반도체 CPC(Cooperative Patent Classification, 협력적 특허분류)로 선정된 H01L(반도체 소자, 제조), G11C(반도체 장치 관련 회로), G01R(반도체 장치 검사), H05K(인쇄회로기판), H01S(반도체 레이저), G03F(포토리소그래피 공정), C23C(증착 공정), H01J(플라즈마 공정), B24B(연마 공정), B41J(잉크젯 인쇄), C30B(단결정 성장) 중 하나를 포함하면서 semiconductor라는 단어를 특허의 제목, 요약, 혹은 청구항에 가지는 특허를 수집해 분석하였다. 특허청이 선정한 CPC는 한국 정부가 현재 중요하다고 판단한 기술 분야로 가정해 특허 수집의 기준으로 결정하였으며, 해당 CPC만으로 특허를 수집했을 때

반도체 이외의 기술도 포함된 것을 확인해 “semiconductor*”라는 검색 조건을 추가하였다. 특허 검색은 WISDOMAIN을 이용하였으며 패밀리 특허 중복 제거 후 2018년에서 2022년 사이에 미국 특허청에 출원된 등록 특허 33,865건의 특허를 수집하였다. 미국 반도체산업협회가 발간한 보고서(SIA, 2023)에 의하면 2022년 기준 미국의 반도체 시장 점유율은 약 48%로 세계에서 가장 높은 비중을 차지하였기 때문에 미국 특허청을 분석 대상으로 한정해도 충분히 의미 있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대하였다.

2. 주요 반도체 CPC 도출

본 연구에서는 특허의 CPC 코드를 노드로, CPC가 함께 등장하였을 경우 엣지로 연결하는 네트워크를 구축하고 해당 네트워크에서 다른 CPC에 비해 중요하다고 판단되는 CPC를 중심성 분석을 통해 선정하였다. 이는 기술 발전 과정에서 최근 다른 기술들과 많이 연관되는 기술들이 향후 산업에서의 기반 기술로 이어질 가능성이 높다고 판단했기 때문이며, 실제로 CPC 네트워크를 구축하고 중심성 분석을 수행해 최근 집중적으로 다루지는 CPC를 도출한 선행연구도 확인했다(Chang, 2017; Cho & Ju, 2023).

중심성 분석은 특정 노드에 연결된 엣지 정보를 활용해 네트워크상에서 해당 노드의 중요도를 평가하는 기법으로, Freeman(1978/79)이 제시한 노드가 다른 노드와 직접 연결된 정도를 계산한 연결 중심성(Degree centrality), 노드가 다른 노드들을 연결하는 최단 경로에 포함된 정도를 계산한 매개 중심성(Betweenness centrality), 노드와 다른 노드들 사이의 최단 경로 거리 합을 계산해 해당 값이 작을수록 네트워크의 중심에 있다는 근접 중심성(Closeness centrality)이 대표적이다. Bonacich(1987)가 제시한 고유벡터 중심성(Eigenvector centrality) 또한 중심성 분석의 대표적인 방법으로 노드의 중심성을 계산할 때 해당 노드와 연결된 다른 노드들의 중심성을 반영해 높은 중심성을 가진 노드와 많이 연결될수록 네트워크의 중심에 있다고 판단한다.

본 연구는 CPC 네트워크를 분석했던 선행연구(Chang, 2017; Cho & Ju, 2023)에서 사용했던 매개 중심성, 근접 중심성, 그리고 고유벡터 중심성을 활용해 모든 경우에서 상위 중심성 값을 가진 CPC를 주요 CPC로 선정하였다. 연결 중심성은 CPC가 얼마나 다양한 종류의 CPC와 함께 출원되었는지 확인할 수 있으나 네트워크에서 직접 연결되지 않은 CPC들과의 상호 관계를 반영하기 어렵다고 판단해 활용하지 않았다. 매개 중심성은 네트워크에서 여러 기술 분야를 연결하는 데 중요한 역할을 하는 CPC를 판별하며, 인접 중심성과 고유벡터 중심성은 네트워크상에서 다른 기술과 활발

하계 상호작용하는 CPC를 도출하는 역할을 한다(Chang, 2017). 따라서, 본 연구는 수집한 반도체 특허에 대해 CPC 네트워크를 구축하고 3가지 중심성 분석을 수행해 주요 CPC를 도출하였다.

마지막으로, 네트워크 분석으로 도출된 주요 CPC뿐 아니라 특허청에서 우선심사신청 대상으로 선정한 CPC도 주요 CPC로 분류해 분석하였다. CPC 네트워크로 도출된 주요 CPC는 과거에 출원된 특허를 기반으로 하므로 미래에 중요할 것으로 예상되는 기술이 포함되지 않을 가능성이 있으므로, 특허청이 향후 한국에게 중요할 것으로 예상되는 CPC를 우선심사신청 대상으로 선정한 상황을 가정해 미래 유망 기술도 고려하고자 하였다.

3. 주요 CPC별 국가 기술력 평가

주요 CPC 선정 이후 특허 기반 국가별 기술 수준 비교를 위해 Technology strength (기술력) 지표(Chen et al., 2007; Ahn & Yoon, 2020; 엄익천, 2020)를 사용하였다. 특정 출원인의 기술력은 전체 등록 특허의 평균 피인용도에 대해 특정 출원인이 출원한 특허의 평균 피인용도의 상대적인 크기에 해당 출원인이 출원한 특허의 수를 곱해 계산한다. 이는 출원인이 가진 특허의 질적인 측면(특허 피인용 수)과 양적인 측면(특허 출원 수)을 모두 기술력 평가에 반영하기 위함이다(엄익천, 2020).

본 연구에서는 주요 CPC별로 해당 CPC를 포함하는 특허 목록을 구축한 다음, 기술력을 평가하고자 하는 CPC가 포함된 특허 목록에서 특정 국가에 속한 출원인들이 출원한 특허의 수와 특허 전체 평균 피인용도에 대한 해당 국가 특허 평균 피인용도의 상대적인 크기를 곱하는 방식으로 주요 CPC별 국가 기술력을 도출하였다. 또한, 주요 CPC에서 어떠한 국가의 출원인이 높은 기술력을 보유하고 있는지 함께 확인하기 위해 해당 분야의 출원인들이 갖는 기술력도 계산하였다.

4. 반도체 기술 협력 분석

마지막으로는 특허의 출원인 정보와 발명자 정보를 기반으로 최근 반도체 산업에서 국가별 기술 협력이 어느 정도로 활발한지 분석하였다. 서로 다른 국가의 기업 또는 기관이 특허를 공동 출원하였을 때 해당 사례를 '1차 협력'으로 정의하였으며, 출원인뿐 아니라 특허 발명자에 대해서도 다른 국적의 사람들이 기술 개발에 참여했을 경우 해당 사례를 '2차 협력'으로 정의하였다. 기술 협력 분석은 수집한 반도체 특허 전체와 앞서 도출한 주요 반도체 CPC에 대해 수행하였다. 또한, 2차 협력의 수가 높은 국가

들에 대해 해당 협력을 주도하고 있는 출원인을 확인하였다. 이를 통해 특히 관점에서 최근 기술 협력이 활발하게 진행되는 국가들을 도출하고, 한국 반도체 산업이 현재 어떤 국가들과 어느 정도로 기술 협력을 하고 있는지 현황을 분석하였다.

IV. 결과

1. 주요 반도체 CPC에 대한 국가별 기술력 분석

수집한 반도체 특허의 CPC 동시 출현 네트워크를 구축하고 중심성 분석을 수행한 결과는 <표 1>과 같다. 분석 결과 H01L(반도체 소자, 제조), H05K(인쇄회로기판), G01R(반도체 장치 검사), C23C(증착 공정), G02B(광학요소, 광학계, 광학장치), Y02E(온실 가스 감축 관련 에너지 기술), H01J(플라즈마 공정) 7개의 CPC가 모든 중심성 분석에서 중요한 기술로 확인되었다.

<표 1> 중심성 분석 별 상위 10개 CPC

매개 중심성		고유벡터 중심성		근접 중심성	
CPC	값	CPC	값	CPC	값
H01L	26143.07	H01L	1.00	H01L	0.95
H05K	3218.84	H05K	0.76	H05K	0.67
G03F	1146.04	G02B	0.64	C23C	0.61
G01R	1107.10	Y02E	0.63	G02B	0.60
C23C	1043.64	Y02P	0.61	Y02E	0.60
G01N	1008.58	B82Y	0.61	G01R	0.60
G02B	888.98	C23C	0.59	Y02P	0.60
Y02E	876.86	H01J	0.58	G01N	0.60
H01J	844.29	H10K	0.58	B82Y	0.59
H01S	800.12	G01R	0.58	H01J	0.59

해당 7개의 CPC에 대한 국가별, 출원인별 기술력 순위를 확인한 결과는 각각 <표 2>와 <표 3>에 정리하였다. 주요 반도체 기술 분야에서 미국, 일본, 네덜란드가 높은 기술력을 가지고 있으며, 한국, 대만, 중국이 그 뒤를 따르고 있음을 확인하였다. 출원인 관점에서도 미국, 일본, 네덜란드, 한국, 대만 기업이 주요 CPC 기술 분야에서 높

은 기술력을 가졌다고 평가받았다. 특히, 특허에서 가장 큰 비중(약 88%)을 차지하는 H01L의 경우 미국이 가장 높은 기술력을 지닌 국가로 평가되었으나 네덜란드의 ASM, 대만의 Taiwan Semiconductor Manufacturing, 한국의 Samsung Electronics가 가장 높은 기술력을 가진 출원인으로 도출되어 해당 국가의 높은 기술력을 재확인했다. 주목할만한 점으로는 H05K에서 스위스가 높은 기술력을 지녔다고 평가받았는데, 이는 스위스 기업인 Cilag가 해당 기술 분야에서 출원한 특허(US11350978, Flexible neutral electrode)가 피인용 수 146으로 피인용 수 2위인 미국 Reno Technologies의 특허(US10692699, Impedance matching with restricted capacitor switching) 피인용 수 34와 큰 차이를 보였기 때문이다. 그러나, Cilag가 H05K 분야에서 출원한 특허는 1건이었음을 고려할 때 최근 스위스 기업 중 H05K 분야에 가장 많은 관심을 보이는 기업은 해당 CPC에서 스위스 특허의 약 67%를 출원한 ABB일 가능성이 더 높을 것으로 판단했다.

한편, 유일하게 H01J에서는 한국의 특허 기술력 지수가 상위 5개 국가에 포함되지 않았다. 한국은 2018년에서 2022년 사이에 H01J 기술에 해당하는 특허를 66건 등록했으며 그중 Samsung Electronics가 61건으로 가장 많은 특허를 출원하였다. 이는 해당 분야에서 가장 높은 기술력을 가졌다고 평가된 네덜란드의 14건보다 많은 숫자이다. 하지만, 네덜란드의 경우 ASM이 H01J에 해당하는 모든 특허를 출원하였는데 평균 피인용 수가 약 93으로 한국의 0.6과 큰 격차를 보였다. 즉, 해당 기술 분야에서는 다른 국가들이 한국보다 훨씬 기술에 가까운 특허를 더 많이 소유하고 있다고 추론할 수 있었다.

〈표 2〉 네트워크에서의 주요 CPC별 국가 기술력 순위

순위	H01L	H05K	G01R	C23C
1	US	JP	US	NL
	8314.32	315.70	459.13	710.00
2	NL	US	JP	JP
	6776.58	207.52	297.43	88.35
3	JP	CH	KR	US
	5030.11	122.89	93.37	50.87
4	TW	KR	TW	KR
	4053.08	111.86	61.60	7.66
5	KR	TW	CN	TW
	3657.65	87.57	37.54	5.54

순위	G02B	Y02E	H01J
1	US	NL	NL
	327.07	288.31	296.28
2	JP	JP	US
	144.78	103.51	163.99
3	TW	KR	JP
	77.99	98.25	130.46
4	KR	US	CN
	42.77	75.44	11.40
5	CN	CN	TW
	19.50	22.22	10.72

〈표 3〉 네트워크에서의 주요 CPC별 출원인 기술력 순위

CPC	출원인	기술력
H01L	ASM IP Holding	6735.40
	Taiwan Semiconductor Manufacturing	3072.67
	Samsung Electronics	2291.95
H05K	Cilag	107.44
	Samsung Electronics	65.49
	Intel	55.93
G01R	Fuji Electric	73.15
	Invensas Bonding Technologies	70.27
	Atlazo	68.34
C23C	ASM IP Holding	710.00
	Kokusai Electric	78.75
	Lam Research	33.51
G02B	Meta Platforms Technologies	69.82
	Taiwan Semiconductor Manufacturing	61.64
	GlobalFoundries	28.93
Y02E	ASM IP Holding	288.31
	Samsung Display	44.45
	Samsung Electronics	23.98
H01J	ASM IP Holding	293.31
	Applied Materials	92.37
	Tokyo Electron	62.72

한국 특허청이 우선심사대상으로 선정한 CPC에 대한 국가별, 출원인별 기술력 순위를 확인한 결과는 <표 4>, <표 5>와 같다. 국가 관점에서는 미국, 일본, 네덜란드를 한국, 대만, 중국이 뒤따르는 형태였지만, 출원인 관점에서는 G11C(반도체 장치 관련 회로) 분야처럼 한국의 SK Hynix와 Samsung Electronics가 가장 높은 기술력을 가진 경우도 확인되었다. 한편, H01S(반도체 레이저), H01J(플라즈마 공정), B41J(잉크젯 인쇄), C30B(단결정 성장) 분야에서 한국의 기술력 지표가 다른 국가에 비해 낮았음을 확인하였다. 이는 H01S, B41J, C30B의 경우 전체 등록 특허에서 한국이 출원한 특허가 3% 미만의 적은 비중을 차지하는 것이 원인으로 판단하였다.

또한, 앞서 언급했던 국가들을 제외하고 H01S는 독일, B41J는 이탈리아와 이스라엘이 한국보다 높은 기술력 순위를 얻어 해당 국가의 특허 출원인을 추가로 분석하였다. C30B의 경우 독일의 기술력 순위는 5위였으나 기술력 값이 1.52로 매우 낮았기 때문에 확인하지 않았다. 분석 결과 독일의 Osram 계열사, 이탈리아의 STMicroelectronics, 이스라엘의 Landa labs와 HP Scitex에서 각 59건, 9건, 2건, 1건의 특허를 확인하였다. 하지만, 이스라엘의 경우 H01S에서 특허를 3건만 출원하였고 피인용 수가 가장 큰 특허도 4로 상대적으로 낮았기 때문에, 피인용 된 특허가 없더라도 일본 다음으로 가장 많은 특허를 출원한 미국 (12건)과 비교했을 때 향후 미국의 특허가 기술 가치를 인정 받는다면 기술력 순위가 변동될 가능성이 있다. 또한, 이탈리아의 STMicroelectronics와 이스라엘의 HP Scitex는 본사가 각각 스위스, 미국에 존재하기 때문에 해당 국가들의 기술력으로 판단하는 것도 가능할 것이다.

〈표 4〉 한국 특허청 우선심사신청 대상 CPC별 국가 기술력 순위

순위	H01L	G11C	G01R	H05K
1	US	US	US	JP
	8314.32	1340.79	459.13	315.70
2	NL	KR	JP	US
	6776.58	1033.97	297.43	207.52
3	JP	JP	KR	CH
	5030.11	790.14	93.37	122.89
4	TW	TW	TW	KR
	4053.08	183.01	61.60	111.86
5	KR	CN	CN	TW
	3657.65	74.40	37.54	87.57

순위	H01S	G03F	C23C	H01J
1	US 362.64	US 264.04	NL 710.00	NL 296.28
2	JP 313.99	JP 204.63	JP 88.35	US 163.99
3	DE 48.66	TW 150.50	US 50.87	JP 130.46
4	TW, CN 28.46	KR 104.30	KR 7.66	CN 11.40
5		NL 29.04	TW 5.54	TW 10.72
순위	B24B	B41J	C30B	
1	US 76.03	JP 48.04	NL 206.49	
2	JP 29.87	IT 10.98	JP 11.71	
3	KR 21.72	IL 6.86	US 6.07	
4	TW 15.39	TW 4.12	TW, DE 1.52	
5	SG 0.91	US 2.75		

〈표 5〉 한국 특허청 우선심사신청 대상 CPC별 출원인 기술력 순위

CPC	출원인	기술력
H01L	ASM IP Holding	6735.40
	Taiwan Semiconductor Manufacturing	3072.67
	Samsung Electronics	2291.95
G11C	SK Hynix	528.93
	Samsung Electronics	480.60
	Toshiba Memory	365.47
G01R	Fuji Electric	73.15
	Invensas Bonding Technologies	70.27
	Atlazo	68.34
H05K	Cilag	107.44

	Samsung Electronics	65.49
	Intel	55.93
	Apple	63.35
H01S	Nichia	48.66
	Sumitomo Electric Industries, Meta Platforms Technologies	31.21
	Taiwan Semiconductor Manufacturing	138.62
G03F	Samsung Electronics	88.45
	KLA	85.81
	ASM IP Holding	710.00
C23C	Kokusai Electric	78.75
	Lam Research	33.51
	ASM IP Holding	293.31
H01J	Applied Materials	92.37
	Tokyo Electron	62.72
	Invensas Bonding Technologies	46.16
B24B	Nikkiso	12.67
	Ebara	12.67
	Canon	39.80
B41J	STMicroelectronics	10.98
	Landa Labs,	6.86
	Rohm	
	ASM IP Holding	206.49
C30B	Fuji Electric	2.39
	Denso	1.74

한국 최근 미국 특허청에 출원한 반도체 특허 중 가장 큰 비중을 차지하는 상위 10개 CPC와 특허 기술력 점수가 가장 높은 상위 10개 CPC는 <표 6>과 같다. 최근 한국의 반도체 관련 특허가 H01L(반도체 소자, 제조), H10B(전자 메모리 소자), G11C(반도체 장치 관련 회로), H10K(유기 전기 교체 소자), G06F(전기에 의한 디지털 데이터 처리), B82Y(나노 구조 관련 기술), G09G(가변 정보를 나타내는 정적 수단을 사용하여 표시 장치를 제어하기 위한 장치 또는 회로)에 집중되고 있음을 확인하였다. 이후, 해당 CPC에서 높은 기술력을 가진 한국 출원인을 도출해 최근 국내 반도체 기술 개발을 주도했던 기관을 확인하였다 <표 7>. G11C에서는 SK Hynix가 가장 높은 기술력을 보였으며, 다른 CPC에서는 Samsung 계열사가 가장 높은 기술력을 보였다. 또한, 두 기업과 다른 국내 반도체 출원인 사이에 기술력 차이가 큰 것을 확인하였다.

〈표 6〉 한국 반도체 특허 출원 수, 기술력 상위 10개 CPC

순위	특허 출원 수		기술력	
	CPC	(%)	CPC	값
1	H01L	44.08	H01L	3657.65
2	H10B	11.77	G11C	1033.97
3	G11C	11.34	H10B	802.00
4	H10K	3.75	H10K	534.45
5	G06F	3.61	G06F	338.41
6	B82Y	1.92	G09G	144.99
7	G01R	1.56	B82Y	141.28
8	G09G	1.51	Y02P	116.34
9	H10N	1.47	H05K	111.86
10	H03K	1.20	G03F	104.30

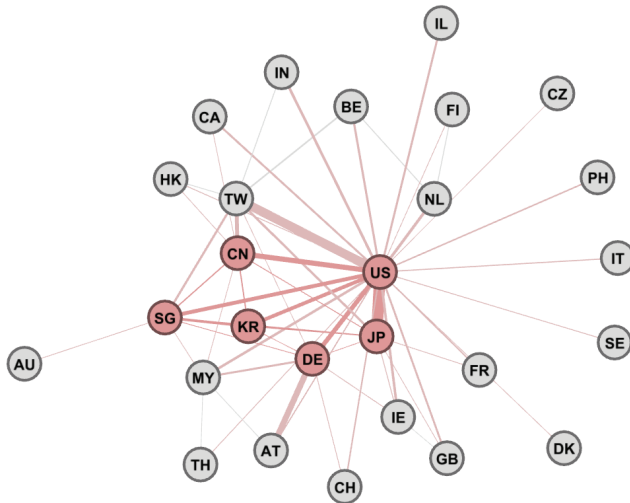
〈표 7〉 한국 반도체 주요 CPC에 대한 국내 출원인 기술력 순위

CPC	출원인	기술력
H10L	Samsung Electronics	2291.95
	Samsung Display	333.95
	SK Hynix	326.05
H10B	Samsung Electronics	588.53
	SK Hynix	188.92
	Seoul National University R&DB Foundation	7.41
G11C	SK Hynix	528.93
	Samsung Electronics	480.60
	Korea University Research and Business Foundation	11.95
H10K	Samsung Display	353.90
	LG Display	117.09
	Samsung Electronics	102.05
G06F	Samsung Electronics	201.08
	SK Hynix	120.16
	Samsung Display	8.83
G09G	Samsung Display	75.19
	Samsung Electronics	33.60
	LG Display	28.63
B82Y	Samsung Electronics	128.40
	Samsung Display	5.33
	LG Display	5.33

2. 국가 간 반도체 기술 협력 분석

〈그림 1〉은 국가 간 공동 출원되거나 발명된 특허에 대한 네트워크이며, 2차 협력 횟수를 기준으로 국가, 출원인 간 기술 협력 순위를 나열한 결과를 〈표 8〉에 정리하였다. 본 연구에서는 특허 출원인 국적이 케이맨제도로 되어 있는 경우를 다수 확인하였는데, 케이맨제도가 기업들의 조세회피처로 사용된다는 기사(한겨레, 2022)를 근거로 케이맨제도에서 출원된 특허는 본사의 국적을 반영해 분석하였다.

〈그림 1〉 국가 간 2차 협력 네트워크 (협력 수 상위 25%)



전체적으로 1차 협력의 수는 적었으나 2차 협력의 수는 많은 것을 알 수 있었다. 예외적으로, 대만과 중국의 경우 연구원 간 기술 협력뿐 아니라 기업 간 기술 협력도 활발하게 이뤄지는 것을 확인하였다. 2차 협력 관점에서 미국은 기술 협력의 중심에 위치해 여러 국가와 공동으로 많은 수의 특허를 출원하고 있으며 일본, 대만과 가장 많은 기술 협력 관계를 구축하였다. 또한, 독일과 오스트리아의 경우 비슷한 문화권으로 인해 기술 협력이 자주 일어나는 것으로 추측하였다.

출원인 관점에서는 미국-대만, 독일-오스트리아 사이의 2차 협력에서 특정 출원인의 비중이 절반을 초과하였으며, 다른 국가들의 경우 상대적으로 기술 협력을 주도하는 기관이 고르게 퍼져있음을 확인하였다. 이때, 대만의 Taiwan Semiconductor

Manufacturing은 미국-대만뿐 아니라 전체 출원인 중에서도 가장 많은 2차 협력 수를 보였는데 대만-중국과의 2차 협력 수도 상위권에 위치해 대만의 국제 기술 협력을 주도하는 기업으로 판단하였다.

〈표 8〉 2차 협력 기준 상위 10개 협력 국가 관계와 그에 대한 출원인 순위

협력 국가	1차 협력	2차 협력	출원인	출원 건수
US-JP	15	617	Micron Technology	188
			Sandisk Technologies	153
			Tokyo Electron	108
US-TW	4	478	Taiwan Semiconductor Manufacturing	242
			Micron Technology	48
			GlobalWafers	32
DE-AT	0	307	Infineon Technologies	184
			Infineon Technologies Austria	116
US-CN	21	260	Institute of Microelectronics Chinese Academy of Sciences	26
			Texas Instruments	24
			Western Digital Technologies	23
US-DE	5	228	GlobalFoundries	51
			Osram Opto Semiconductors	16
			Intel	14
CN-TW	128	191	Fujian Jinhua Integrated Circuit	90
			United Microelectronics	87
			Taiwan Semiconductor Manufacturing	32
US-SG	6	191	Amkor Technology Singapore Holding	42
			Micron Technology	29
			Applied Materials	17
US-KR	9	180	Samsung Electronics	63
			Semiconductor Components Industries	31
			Amkor Technology Singapore Holding	20
US-NL	0	131	ASM IP Holding	50
			NXP	22
			Lumileds	18
US-IN	0	121	Applied Materials	35
			Texas Instruments	18
			Qualcomm	10

이후, 특허 네트워크에서 도출했던 중요 CPC와 한국 특허청이 우선심사신청 대상으로 선정한 CPC를 합친 총 13개의 주요 CPC에 대한 2차 협력 사례를 <표 9>로 정리하였다. 2차 협력의 수가 10보다 적었던 B24B, B41J, C30B와 출원인의 2차 협력 수가 5건 미만 (매년 평균 1건 출원)인 경우 분석을 위한 기술 협력 사례가 부족하다고 판단되어 분석에서 제외하였다. 우선, H01L, G11C를 제외한 CPC들의 경우 2차 협력 사례가 상대적으로 적었다. 또한, H01L의 미국-일본과 충분한 수의 2차 협력을 수행한 출원인이 확인되지 못한 CPC의 기술 협력 사례를 제외한 모든 주요 CPC의 국가 간 상위 2차 협력은 특정 출원인에 편중되어 있었다. 전체적으로는 미국, 일본, 네덜란드, 대만 기업이 해당 주요 CPC의 2차 협력 사례에서 다수 확인되었으며, 한국 기업의 2차 협력 사례는 확인하지 못했다. 다만, Y02E의 경우 중국의 Jinko Solar Technology Development에서 한국인 발명자와 함께 특허를 출원한 사례가 가장 많았다.

<표 9> 주요 CPC별 2차 협력 기준 상위 3개 협력 국가 관계와 그에 대한 출원인 순위

CPC	국가	2차 협력	주요 출원인	출원 건수
H01L	US-JP	502	Sandisk Technologies	146
			Tokyo Electron	108
			Micron Technology	101
	US-TW	452	Taiwan Semiconductor Manufacturing	228
			Micron Technology	48
			Globalwafers	31
	DE-AT	293	Infineon Technologies	171
			Infineon Technologies Austria	116
H05K	US-MY	14	Intel	10
	US-CN	11	-	-
	US-DE	11	-	-
G01R	US-JP	24	Micron Technology	10
	DE-AT	19	Infineon Technologies	17
	US-TW	19	Taiwan Semiconductor Manufacturing	5
C23C	US-NL	35	ASM IP Holding	32
	NL-FI	17	ASM IP Holding	16
	NL-BE	13	ASM IP Holding	13

G02B	US-IN	13	Applied Materials	12
	US-IE	13	Meta Platforms Technologies	10
	US-CA	11	-	-
	US-DE	10	-	-
Y02E	CN-KR	11	Shangrao Jinko Solar Technology Development	11
H01J	US-IN	20	Applied Materials	18
	US-JP	14	Tokyo Electron	9
	US-CN	10	Mattson Technology	10
			Beijing E-Town Semiconductor TEchnology	10
G11C	US-JP	162	Micron Technology	122
			Sandisk Technologies	27
			Kioxia	5
	JP-TW	72	Winbond Electronic	61
			Powerchip Semiconductor Manufacturing	9
H01S	US-TW	24	Taiwan Semiconductor Manufacturing	13
	US-CA	14	-	-
	US-CH	11	IBM	6
	US-IL	30	KLA	30
G03F	US-JP	16	Tokyo Electron	9
	US-NL	15	ASML Netherlands	11

마지막으로, 한국의 2차 협력을 분석한 결과를 <표 10>에 정리하였다. 이전과 같이 출원인의 2차 협력 수가 5건 미만일 경우 분석하지 않았다. 한국은 5,176건의 특허를 출원하였는데 그중 다른 국가의 출원인과 공동으로 특허를 출원한 경우는 19건으로 매우 적었다. 즉, 한국의 반도체 특허는 최근 단독 혹은 국내 기술 협력이 가장 높은 비중을 차지하고 있음을 확인하였다. 2차 협력 관점에서는 미국, 싱가포르, 중국, 일본, 독일과의 기술 협력이 활발히 이뤄지고 있었다.

미국과의 2차 협력은 한국의 Samsung Electronics가 미국인 발명자들과 함께 특허를 출원한 경우가 가장 많았으며, Amkor Technology Singapore의 경우 싱가포르 회사이지만 한국인과 미국인 발명자들이 해당 회사에서 함께 특허를 출원하는 경우가 다수 확인되어 상위권에 위치하였다.

싱가포르와의 2차 협력은 모두 싱가포르 기업에 한국인 발명자가 기술 개발에 참여한 경우였다. STATS ChipPAC은 싱가포르가 본사이지만 2015년 이후 중국 JCET의

자회사가 되었기 때문에(한국경제, 2015) 중국과의 기술 협력으로도 볼 수 있으며 한국의 현대전자가 전신이라는 점에서(동아일보, 2023) 한국인 연구원들이 기술 개발에 참여하고 있는 것으로 추정했다. Amkor Technology 또한 미국이 본사라는 점에서 미국과의 기술 협력으로도 볼 수 있으며 한국의 아남그룹이 전신이라는 점에서(동아일보, 2023) 한국인 발명자들이 많이 포함된 것으로 추정했다. 싱가포르와 마찬가지로 중국과의 2차 협력은 대부분 중국 기업(Shangrao Jinko Solar Technology Development, Suzhou Legin Semiconductor)에 한국인 발명자들이 포함된 경우였다.

일본은 다른 국가와 비교했을 때 상대적으로 한국과의 1차 협력의 비중이 높았으며, 2차 협력을 분석한 결과 한국의 Samsung Electronics가 일본인 발명자와 함께 특허를 출원한 경우가 가장 많았다. 독일의 경우 미국 기업에서 한국인과 독일인 발명자들이 함께 특허를 출원한 경우가 대부분이었다.

〈표 10〉 2차 협력 기준 한국과 협력한 상위 5개 국가와 그에 대한 출원인 순위

협력 국가	1차 협력	2차 협력	출원인	출원 건수
US	9	180	Samsung Electronics	63
			Semiconductor Components Industries	31
			Amkor Technology Singapore Holding	20
SG	0	120	Amkor Technology Singapore Holding	78
			Stats ChipPAC	42
CN	0	43	Suzhou Legin Semiconductor	26
			Shangrao Jinko Solar Technoogy Development	12
JP	7	27	Samsung Electronics	12
DE	0	10	Semiconductor Components Industries	8

V. 논의 및 결론

본 연구 결과는 정부의 과학기술 정책 수립에 있어 다음과 같은 내용을 시사한다. 첫째, 한국은 반도체 주요 기술 분야에서 대부분 다른 국가에 비해 상대적으로 높은 기술력을 가진 것으로 평가되나, H01S(반도체 레이저), H01J(플라즈마 공정), B41J(잉크젯 인쇄), C30B(단결정 성장) 분야 등 기술력이 다른 국가에 비해 낮은 분야 또한 존재한다. H01J의 경우 국내 기업이 특허를 다수 출원하였으나 평균 피인용 수가 낮

았으며, 타 분야의 경우 출원한 특허가 적어 기술력이 낮게 평가되었다. 따라서, 특허 수가 적은 기술에 대해서는 국내 기업들이 해당 기술에 관한 연구를 시작하도록 유도하고, 특허 수가 충분하나 피인용 수가 낮은 기술에 대해서는 해당 기술을 연구하고 있는 기업들이 기술 개발을 지속하도록 보조하는 방향으로 정책이 강화될 수 있을 것이다.

둘째, 주요 반도체 기술 분야에서 강한 기술력을 보였던 미국, 일본, 네덜란드, 대만의 경우 해당 국가의 출원인들이 주요 반도체 기술 분야의 2차 협력도 주도하는 것을 확인하였다. 하지만, 한국의 경우 Y02E(온실 가스 감축 관련 에너지 기술) 분야를 제외한 다른 주요 반도체 기술 분야에서는 2차 협력의 사례를 찾기 힘들었다. 이는 특허 출원의 관점에서 한국이 반도체 산업에서의 다른 주요 국가들보다 기술 협력이 덜 활성화되었다는 것을 의미한다. 그러므로, 국내 반도체 산업에 종사하는 연구원, 기업들이 다른 국가의 연구원, 기업들과 기술적으로 교류할 수 있는 환경을 조성하는 지원 정책이 강화된다면 국내 반도체 기술경쟁력 향상에 기여할 수 있을 것이다.

특히, 주요 반도체 기술 분야에서의 국가 간 2차 협력은 대부분 큰 비중을 차지하는 특정 출원인이 존재하는 것을 확인하였다. 이에 대해 반도체 산업의 경우 각 기술 분야에서 특정 출원인이 다른 출원인들보다 더 강한 필요성을 느끼고 해외 연구원들을 적극적으로 활용하는 경우가 많은 것으로 판단된다. 해당 출원인 중 기술력이 높거나 특허 출원을 활발하게 하는 경우 2차 협력을 적극적으로 활용하는 기관일 가능성이 높으므로 향후 해당 기관의 기술 협력 전략이 가지는 목적과 구체적인 프로세스를 분석한다면 그 결과를 정책 수립에 반영해 국내에도 적용할 수 있을 것이다.

마지막으로, 반도체 특허의 경우 1차 협력보다 2차 협력이 기술 협력에서 더 큰 비중을 차지하고 있었다. 이는 반도체 기술이 현재 기업 또는 기관 사이의 공동 연구보다는 특정 기업 또는 기관이 해외의 연구원들을 고용해 반도체 기술을 개발하는 형태로 발전하고 있음을 보여준다. 특히 한국과 미국, 일본 사이의 기술 협력을 분석했을 때 한국 기업에서 미국, 일본 국적의 발명자들과 함께 협력한 경우는 큰 비중을 차지했던 반면, 중국의 경우 중국 기업에 한국 국적의 발명자들이 포함된 경우가 대부분이었던 것을 고려하면 반도체 분야의 후발 국가가 기술 격차를 좁히기 위해 선두 국가의 인재들과 기술 협력을 활발히 맺고 있음을 알 수 있다. 즉, 향후 반도체 기술 협력 정책을 수립할 때 국내외에서 우수한 연구 역량을 가진 인재를 확보하기 위한 정책이 중요해졌다. 특히, 현재 한국의 기술 협력은 미국, 일본, 중국에 집중되어 있었는데, 한국의 기술력이 상대적으로 낮은 반도체 기술 분야에서 높은 기술력을 가진 다른 국가의 연구원들과도 기술 협력을 장려한다면 한국의 반도체 기술 영역을 확장하는 데 유

용한 기회가 될 수 있을 것이다.

하지만, 본 연구는 다음과 같은 한계점을 포함하고 있다. 첫째, 특허를 미국 특허청에 한정해 수집했기 때문에 중국, 일본, 대만, 한국 등 반도체 산업의 주요 국가에 등록된 특허를 온전히 반영하지 못했다. 향후 다른 국가에 등록된 특허 DB를 추가로 분석한다면 더 유의미한 CPC 네트워크와 기술 협력 관계를 분석할 수 있을 것이다. 둘째, 협력의 범위를 특허 출원에 한정해 무역 등 다른 유형의 국가 간 교류를 반영하지 못했다. 반도체 상품 자체에 대한 무역 혹은 반도체 제조에 필요한 원자재에 대한 무역 데이터를 활용한다면 반도체 산업에서의 기술 협력을 더 다양한 관점에서 해석할 수 있을 것이다. 마지막으로, 세부적인 정책 수립을 위해서는 앞으로 한국이 반도체 산업에서 어떠한 국가와 협력이 강화 혹은 약화할 것인지, 혹은 어떠한 국가와 협력이 새로 생길 것인지 예측을 할 수 있는 연구가 진행되어야 한다. 따라서, 향후 링크 예측 등의 방법을 통해 반도체 기술 네트워크상에서 한국의 미래 기술 협력 동향을 예측할 수 있는 연구가 추가로 진행하면 좋을 것이다.

■ 참고문헌

- 과학기술정보통신부. 2023. 《반도체 미래기술 로드맵》.
- 김민식. 2012. “반도체 IP 산업에서 지식기반 기업의 기술혁신 전략에 대한 사례연구.” 《기술혁신학회지》, 15(3): 500-532.
- 김양팽. 2023. “국내외 반도체산업 정세와 경기 전망.” 《월간 KIET 산업경제》, 299: 7-18.
- 남대경 · 최경현. 2018. “토픽모델 및 특허분석을 통한 차량용 반도체 기술 추세 분석.” 《기술혁신학회지》, 21(3): 1155-1178.
- 대한민국 정부. 2022. 《윤석열정부 120대 국정과제》.
- 《동아일보》. 2023. “첨단특화단지 지정 땀 ‘글로벌 반도체 패키징 허브’ 가능.” 4월 11일.
- 엄익천. 2020. “미국 등록특허를 활용한 한국 기술경쟁력의 역동성 분석.” 《과학기술 정책》, 3(1): 87-126.
- 특허청. 2022. 《특허청 공고 제2022-257호》.
- 《한겨레》. 2022. “조세회피처 자금 국내 유입 급증…케이맨제도 투자, 미국 이어 2 위.” 8월 16일.
- 《한국경제》. 2015. “‘시스템 반도체 1위 넘보는 중국…패키징社 인수.’ 1월 25일.
- 허재철 · 연원호 · 김상배 · 김연규 · 김홍규 · 박성빈 · 이승주 · 이준구 · 이왕휘. 2023. “미중 전력경쟁 시대 지정학적 리스크와 경제안보”. 《[KIEP] 연구보고서》, 22(1): 1-302.
- 《KIPRIS》. “CPC 분류표(국/영문)” http://www.kipris.or.kr/kpat/remocon/frame.jsp?kind=2&start=IPC&IPC_CODE=undefined. 검색일 2024년 3월 10일.
- 《KOTRA 해외시장뉴스》. 2023. “‘대만형 칩스법’ 본격 시행.” 8월 18일.
- Ahn, Sang-Jin, & Yoon, Ho Young. 2020. “‘Green chasm’ in clean-tech for air pollution: Patent evidence of a long innovation cycle and a technological level gap.” *Journal of cleaner production*, 272: 122726.
- An, Jaehyeong, Kim, Kyuwoong, Mortara, Letizia, & Lee, Sungjoo. 2018. “Deriving technology intelligence from patents: Preposition-based semantic analysis.” *Journal of Informetrics*, 12(1): 217-236.
- Aristodemou, Leonidas, & Tietze, Frank. 2018. “Citations as a measure of technological impact: A review of forward citation-based measures.” *World patent information*, 53: 39-44.

- Bonacich, Phillip. 1972. "Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification." *Journal of mathematical sociology*, 2(1): 113-120.
- Chang, Shann-Bin, Lai, Kuei-Kuei, & Chang, Shu-Min. 2009. "Exploring technology diffusion and classification of business methods: Using the patent citation network." *Technological Forecasting and Social Change*, 76(1): 107-117.
- Chang, Shu-Hao. 2017. "The technology networks and development trends of university-industry collaborative patents." *Technological Forecasting and Social Change*, 118: 107-113.
- Chen, Cheng-Fen, & Sewell, Graham. 1996. "Strategies for technological development in South Korea and Taiwan: the case of semiconductors." *Research Policy*, 25(5): 759-783.
- Chen, Dar-Zen, Lin, Wen-Yau, & Huang, Mu-Hsuan. 2007. "Using Essential Patent Index and Essential Technological Strength to evaluate industrial technological innovation competitiveness." *Scientometrics*, 71(1): 101-116.
- Chen, Kaihua, Zhang, Yi, & Fu, Xiaolan. 2019. "International research collaboration: An emerging domain of innovation studies?." *Research Policy*, 48(1): 149-168.
- Chiu, Chien-Che, & Su, Hsing-Ning. 2014. "Analysis of patent portfolio and knowledge flow of the global semiconductor industry." *Proceedings of PICMET'14 Conference: Portland International Center for Management of Engineering and Technology; Infrastructure and Service Integration*: 3621-3634.
- Cho, Insu, & Ju, Yonghan. 2023. "Text mining method to identify artificial intelligence technologies for the semiconductor industry in Korea." *World Patent Information*, 74: 102212.
- Cho, Joon Hyung, Lee, Jungpyo, & Sohn, So Young. 2021. "Predicting future technological convergence patterns based on machine learning using link prediction." *Scientometrics*, 126: 5413-5429.
- Cho, Ta-Shun, & Shih, Hsin-Yu. 2011. "Patent citation network analysis of core and emerging technologies in Taiwan: 1997-2008."

- Scientometrics*, 89(3): 795-811.
- Fiori, Giovana Maria Lanchoti, Basso, Fernanda Gisele, & Porto, Geciane Silveira. 2022. "Cooperation in R&D in the pharmaceutical industry: Technological and clinical trial networks in oncology." *Technological Forecasting and Social Change*, 176: 121426.
- Freeman, Linton C. 1978/79. "Centrality in social networks conceptual clarification." *Social Networks*, 1: 215-239.
- Grimes, Seamus, & Du, Debin. 2022. "China's emerging role in the global semiconductor value chain." *Telecommunications Policy*, 46(2): 101959.
- Haustein, Stefanie, Tunger, Dirk, Heinrichs, Gerold, & Baelz, Gesa. 2011. "Reasons for and developments in international scientific collaboration: does an Asia-Pacific research area exist from a bibliometric point of view?." *Scientometrics*, 86(3): 727-746.
- Huang, Ying, Li, Ruinan, Zou, Fang, Jiang, Lidan, Porter, Alan L., & Zhang, Lin. 2022. "Technology life cycle analysis: From the dynamic perspective of patent citation networks." *Technological Forecasting and Social Change*, 181: 121760.
- Huang, Ying, Zhu, Fujin, Porter, Alan L., Zhang, Yi, Zhu, Donghua, & Guo, Ying. 2020. "Exploring technology evolution pathways to facilitate technology management: from a technology life cycle perspective." *IEEE Transactions on Engineering Management*, 68(5): 1347-1359.
- Kapoor, Rahul, & McGrath, Patia J. 2014. "Unmasking the interplay between technology evolution and R&D collaboration: evidence from the global semiconductor manufacturing industry, 1990-2010." *Research policy*, 43(3): 555-569.
- Liu, Fengchao, Zhang, Na, & Cao, Cong. 2017. "An evolutionary process of global nanotechnology collaboration: A social network analysis of patents at USPTO." *Scientometrics*, 111: 1449-1465.
- Luo, Yadong, & Van Assche, Ari. 2023. "The rise of techno-geopolitical uncertainty: Implications of the United States CHIPS and Science Act." *Journal of international business studies*, 54(8): 1423-1440.
- Motohashi, Kazuyuki, & Muramatsu, Shingo. 2012. "Examining the university

- industry collaboration policy in Japan: Patent analysis." *Technology in Society*, 34(2): 149-162.
- Ortega, José Luis. 2011. "Collaboration patterns in patent networks and their relationship with the transfer of technology: the case study of the CSIC patents." *Scientometrics*, 87(3): 657-666.
- Park, Chung, & Sohn, So Young. 2020. "Early detection of valuable patents using a deep learning model: Case of semiconductor industry." *Technological Forecasting and Social Change*, 158: 120146.
- Pinto, Pablo E., Vallone, Andres, & Honores, Guillermo. 2019. "The structure of collaboration networks: Findings from three decades of co-invention patents in Chile." *Journal of Informetrics*, 13(4): 100984.
- Semiconductor Industry Association. 2023. "2023 SIA Factbook."
- Shih, Meng-Jung, Liu, Duen-Ren, and Hsu, Ming-Li. 2010. "Discovering competitive intelligence by mining changes in patent trends." *Expert Systems with Applications*, 37(4): 2882-2890.
- Tan, Hao, & Mathews, John A. 2010. "Cyclical industrial dynamics: The case of the global semiconductor industry." *Technological Forecasting and Social Change*, 77(2): 344-353.
- Verhoeven, Dennis, Bakker, Jurriën, & Veugelers, Reinhilde. 2016. "Measuring technological novelty with patent-based indicators." *Research policy*, 45(3): 707-723.
- Wagner, Caroline S. 2006. "International collaboration in science and technology: Promises and pitfalls." *Science and technology policy for development, dialogues at the interface*: 165-176.
- Wang, Juite, & Hsu, Chih-Chi. 2021. "A topic-based patent analytics approach for exploring technological trends in smart manufacturing." *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(1): 110-135.
- Yoon, Janghyeok, Choi, Sungchul, & Kim, Kwangsoo. 2011. "Invention property-function network analysis of patents: a case of silicon-based thin film solar cells." *Scientometrics*, 86(3): 687-703.

〈부록 1〉 논문에서 언급된 반도체 CPC

CPC	설명
B24B	연마 공정
B41J	잉크젯 인쇄
B82Y	나노 구조 관련 기술
C23C	증착 공정
C30B	단결정 성장
G01R	반도체 장치 검사
G02B	광학요소, 광학계, 광학장치
G03F	포토리소그래피 공정
G06F	전기에 의한 디지털 데이터 처리
G09G	가변 정보를 나타내는 정적 수단을 사용하여 표시 장치를 제어하기 위한 장치 또는 회로
G11C	반도체 장치 관련 회로
H01J	플라즈마 공정
H01L	반도체 소자, 제조
H01S	반도체 레이저
H03K	펄스(PULSE) 기술
H05K	인쇄회로기판
H10B	전자 메모리 소자
H10K	유기 전기 고체 소자
H10N	달리 분류되지 않는 전기 고체-상태 소자
Y02E	온실 가스 감축 관련 에너지 기술
Y02P	상품의 생산 또는 공정의 기후 변동 완화 기술

주: 본 연구에서는 CPC가 포함하는 기술을 설명하기 위해 특허청에서 우선심사신청 대
상으로 선정한 CPC의 경우 특허청의 설명을 직접 인용했으며, 다른 CPC들은 한국
특허정보원이 제공하는 특허 검색 서비스 KIPRIS의 ‘CPC 분류표(국/영문)’ 설명을
직접 인용하였다 (KIPRIS).

〈부록 2〉 국가코드 목록

국가코드	국가명
AT	오스트리아
AU	호주
BE	벨기에
CA	캐나다
CH	스위스
CN	중국
CZ	체코
DE	독일
DK	덴마크
FI	핀란드
FR	프랑스
GB	영국
HK	홍콩
IE	아일랜드
IL	이스라엘
IN	인도
IT	이탈리아
JP	일본
KR	대한민국
MY	말레이시아
NL	네덜란드
PH	필리핀
SE	스웨덴
SG	싱가포르
TH	태국
TW	대만
US	미국

Network Analysis for Korean Semiconductor Technology: A Data-driven Approach

Giyun Kim & Sungjoo Lee

Due to recent heated technological competition for the semiconductor among countries, the government's role in securing technological competitiveness and forming technology alliances in the semiconductor industry, one of Korea's core industries, has become important. Therefore, this study aims to analyze technology strengths of countries and global technology cooperation trends in the semiconductor industry through patent analysis, consequently supporting technology policy developments. First, countries' technology strengths in the semiconductor industry were compared regarding both quantitative and qualitative perspectives of patents. Second, global technology cooperation trends were identified from patents with applicants and inventors from different countries. Results suggest the necessity of policies for strengthening technologies, promoting global technology cooperation, and recruiting experts from both inside and outside of the country for Korea's semiconductor industry.

※ Key words: Semiconductor, Technology cooperation, Patent analysis