지식재산연구
Journal of Intellectual Property

지식재산연구 20권 1호, 2025년 3월, 145-175면
Journal of Intellectual Property Volume 20, Issue 1, March 2025, Pages 145-175.
https://doi.org/10.34122/jip.2025.20.1.6

Print ISSN 1975-5945
Online ISSN 2733-8487

RESEARCH ARTICLE

Problem-Solution based Patent Analysis for Identifying Semiconductor Technology Trends

Mingyu Kim[1], Youngjin Seol[2], Seunghyun Lee[3], Janghyeok Yoon[4]

[1]Master's Student, Department of Industrial Engineering, Konkuk University, Republic of Korea
[2]PhD Student, Department of Industrial Engineering, Konkuk University, Republic of Korea
[3]PhD Student, Department of Industrial Engineering, Konkuk University, Republic of Korea
[4]Professor, Department of Industrial Engineering, Konkuk University, Republic of Korea

Corresponding Author: Janghyeok Yoon (janghyoon@konkuk.ac.kr)

ABSTRACT

Semiconductor technology serves as a vital national economic asset and the foundation for advanced industries, making its trend analysis crucial for R&D strategies and technological opportunity identification. Although numerous semiconductor technology trend analyses have been conducted, systematic analysis of technology trends by linking technological problems and solutions included in patent documents to understand the context and direction of technology development remains insufficient. Therefore, this study identifies technological problems (Problem) and corresponding implementation approaches (Solution) from patent documents and proposes a Problem-Solution-based method for analyzing technology trends.

Specifically, we (1) collect domestic registered patents in the semiconductor field using a patent search formula, (2) extract Problem and Solution elements from the patent specifications using prompt engineering with large language models, (3) organize Problem and Solution area by clustering similar elements, and (4) construct a Problem-Solution network and positioning map to analyze semiconductor technology trends. By applying large language models and a Problem-Solution approach, this study presents a novel method for conducting technology trend analyses in the semiconductor field. This study analyzes problem-solving patterns by linking technical problems and solutions that comprise semiconductor technology. The results can contribute to supporting strategic decision-making by researchers and companies in the semiconductor field.

KEYWORDS

Patent analysis, Semiconductor, Technology trends, Problem-Solution analysis, Text mining

Open Access

Received: February 03, 2025
Revised: February 22, 2025
Accepted: February 27, 2025
Published: March 30, 2025

Funding: The author received manuscript fees for this article from Korea Institute of Intellectual Property.

Conflict of interest: No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

© 2025 Korea Institute of Intellectual Property

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

원저

특허의 Problem-Solution 분석을 활용한 반도체 기술 동향분석

김민규[1], 설영진[2], 이승현[3], 윤장혁[4]

[1]건국대학교 산업공학과 석사과정
[2]건국대학교 산업공학과 박사과정
[3]건국대학교 산업공학과 박사과정
[4]건국대학교 산업공학과 교수

교신저자: 윤장혁(janghyoon@konkuk.ac.kr)

차례

1. 서론

2. 관련 연구
 2.1. 반도체 기술
 2.2. 텍스트 정보 기반 연구
 2.3. Problem-Solution 특허 분석

3. 분석 절차
 3.1. 반도체 관련 특허 데이터 수집
 3.2. Problem, Solution 요소 추출
 3.3. Problem, Solution 영역 구성
 3.4. Problem-Solution 네트워크 구성 및 포지셔닝 맵 형성

4. 연구 결과
 4.1. RQ1: 반도체 기술에 내재된 기술적 문제와 해결방안은 어떻게 변화하는가?
 4.2. RQ2: 반도체 기술을 구성하는 기술적 문제와 해결방안 사이의 주요 패턴은 무엇이고, 이는 시간에 따라 어떻게 변화하는가?
 4.3. RQ3: 반도체 기술을 선도하는 주체들의 협력적 경쟁 관계의 동향은 어떠한가?

5. 결론 및 추후 연구

국문초록

반도체 기술은 첨단산업의 근간이 되는 국가 경제의 핵심 자산으로, 반도체 기술 동향분석은 R&D 전략 수립 및 기술기회 선점을 위한 필수적인 전략적 활동이다. 다수의 반도체 기술 동향분석 연구가 수행되었으나, 기술개발의 맥락과 방향성을 파악하기 위해 특허 문서에 포함된 기술적 문제와 해결방안을 연계하여 기술 동향을 체계적으로 분석하려는 시도는 미흡하였다. 따라서, 본 연구는 특허 문서로부터 기술적 문제(Problem)와 이를 해결하는 방안(Solution)을 식별하고, Problem-Solution 기반의 기술 동향분석 방법을 제시한다. 구체적으로, 1) 특허 검색식을 활용하여 반도체 관련 국내 등록 특허를 수집하고, 2) 대규모 언어모델을 활용한 프롬프트 엔지니어링을 통해 특허명세서의 텍스트로부터 Problem, Solution 요소를 추출한 다음, 3) 유사한 요소들을 군집화하여 Problem, Solution 영역을 구성한 후, 4) Problem-Solution 네트워크와 Problem, Solution 포지셔닝 맵을 구축한 뒤, 이를 통해 반도체 기술 동향을 분석한다. 본 연구는 Problem-Solution 연계 방법과 대규모 언어모델을 활용하여 기술개발 과정에서의 문제 해결 체계를 반영한 반도체 기술 동향분석을 수행한다. 본 연구는 반도체 기술을 구성하는 기술적 문제와 해결방안을 연계하여 문제 해결 패턴을 분석하였으며, 연구 결과물은 반도체 분야의 연구자 및 기업의 전략적 의사결정을 지원하는 데 기여할 수 있다.

주제어

특허 분석, 반도체, 기술 동향, Problem-Solution 분석, 텍스트 마이닝

1. 서론

반도체 기술은 글로벌 산업 경쟁력의 핵심 동력이자 국제 경제 안보의 중심에 자리하며, 전략적·경제적 중요성이 증가하고 있다.[1] 반도체는 전류의 흐름을 제어하여 정보 저장, 처리 등을 수행함으로써 컴퓨터, 스마트폰 등 전자기기의 작동에 활용되며 인공지능, 자율주행차를 비롯한 첨단기술 분야의 핵심으로 자리 잡고 있다.[2] 반도체의 소형화와 성능 향상으로 인해 스마트 디바이스와 같은 일상생활 기기부터 자율주행차와 같은 미래 모빌리티에 이르기까지 반도체가 활용되는 산업 분야가 확장되고 있으며,[3] 이에 따라 반도체 기술에 대한 관심과 수요도 증가하고 있다. 미국의 글로벌 컨설팅 기업 'McKinsey'의 자료에 따르면, 2021년 반도체 시장 규모는 약 6,000억 달러에 달했으며, 매년 6~8%의 성장률을 기록해 2030년에는 1조 달러 규모에 도달될 것으로 예상된다.[4]

현대 및 미래 산업의 근간인 반도체 기술은 빠르게 발전하고 있으며, 시장에서 경쟁 우위를 확보하거나 국가적 또는 기업별 R&D 전략을 수립하기 위해서는 반도체 산업의 발전에 발맞춰 기술 동향을 파악하는 것이 중요하다.[5] 기술 동향분석은 기술 발전 과정 및 핵심 기술 추세를 파악하기 위한 방법으로 특허, 학술 논문, 기술 보고서 등이 원천데이터로 활용된다.[6][7] 특히, 특허는 발명에 대한 구체적이고 신뢰성 있는 기술 정보를 제공하므로 반도체 기술 동향분석을 위한 연구들이 특허를 기반으로 활발히 수행됐다.

특허 기반의 반도체 기술 동향분석 연구는 크게 서지정보 기반 연구와 텍스트 정보 기반 연구로 구분할 수 있다. 우선, 서지정보 기반 연구들은 특허 문서 내 기술 분류코드와 특허 간 인용관계와 같은 서지정보를 활용하여 기술 분야의 전반적인 변화와 흐름을 파악하였다.[8][9] 기술은 여러 요소기술이 유기적으로 연결되어 구성되어 있으므로,[10][11] 기술에 대한 상세한 이해를 얻기 위해서는 기술을 구성하는 요소기술들을 체계적으로 분석하는 것이 요구된다. 텍스트 정보 기반 연구에서는 진화 이론,[12] 클러스터링,[13] 토픽모델링[14]을 적용하여 특허 초록, 청구항 등

1) Chad P. Bown, "How the United States marched the semiconductor industry into its trade war with China", *East Asian Economic Review*, Vol.24 No.4(2020), pp. 349-388.
2) Nayem Hossain et al., "Advances and significances of nanoparticles in semiconductor applications-A review", *Results in Engineering*, Vol.19(2023), 101347.
3) Prashis Raghuwanshi, "Revolutionizing semiconductor design and manufacturing with AI", *Journal of Knowledge Learning and Science Technology*, Vol.3 No.3(2024), pp. 272-277.
4) Ondrej Burkacky et al., "The semiconductor decade: A trillion-dollar industry", McKinsey & Company, 2022, pp. 1-3.
5) Wouter Boon & Jakob Edler, "Demand, challenges, and innovation. Making sense of new trends in innovation policy", *Science and Public Policy*, Vol.45 No.4(2018), pp. 435-447.
6) Mary Ellen Mogee, "Using patent data for technology analysis and planning", *Research-Technology Management*, Vol.34 No.4(1991), pp. 43-49.
7) Oleg Ena et al., "A methodology for technology trend monitoring: the case of semantic technologies", *Scientometrics*, Vol.108(2016), pp. 1013-1041.
8) Chien Che Chiu & Hsin-Ning Su, "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, 2014, pp. 3621-3634.
9) Flavia Filippin, "Do main paths reflect technological trajectories? Applying main path analysis to the semiconductor manufacturing industry", *Scientometrics*, Vol.126 No.8(2021), pp. 6443-6477.
10) Rebecca Henderson & Kim Clark, "Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms", *Administrative science quarterly*, Vol.35 No.1(1990), pp. 9-30.
11) W. Brian Arthur, "The structure of invention", *Research policy*, Vol.36 No.2(2007), pp. 274-287.
12) Ming-Yeu Wang et al., "Identifying technology trends for R&D planning using TRIZ and text mining", *R&d Management*, Vol.40 No.5(2010), pp. 491-509.
13) Kosuke Watahiki et al., "Technology Trends and Characteristics of Patent Information

의 텍스트 정보로부터 상세한 기술 정보를 분석하여 기술 추세 및 발전 과정을 파악하였다. 해당 선행연구들은 특허의 텍스트 정보로부터 기술과 관련된 요소기술을 분석하기 위해 키워드 추출 알고리즘인 Rapid Automatic Keyword Extraction(RAKE), spaCy, Bidirectional Encoder Representations from Transformers(BERT) 등을 활용하여 기술적으로 유효한 키워드를 선별하고, 클러스터링 및 토픽모델링 기법을 통해 요소기술을 분석하였다.

선행연구들은 특허정보를 활용해 반도체 분야의 기술 동향을 분석해 주요 기술 흐름과 발전 방향을 파악했음에도 불구하고, 여전히 개선할 부분이 존재한다. 우선, 선행연구들은 반도체 기술 동향을 분석하는 데 있어 기술을 구성하는 요소기술 간의 관계를 충분히 고려하지 못했다. 기술은 여러 요소기술의 조합으로 이루어지며, 각 요소기술 간의 상호작용은 기술개발과 발전 과정에서 중요한 역할을 한다. 기술 동향을 분석하기 위해서는 기술이 개발되는 배경과 요소기술 간의 관계를 분석하여, 요소들이 어떻게 연계되고 발전되는지를 파악하는 것이 중요하다. 따라서, 본 연구는 특허 텍스트로부터 기술의 개발 배경과 이를 활용하는 주요 기술을 추출하고, 이들 간의 관계를 분석하여 반도체 기술 동향을 파악고자 한다. 또한, 반도체 분야의 특허 텍스트는 복잡한 기술 및 특허 용어로 구성되어 있어, 선행연구에서 사용된 단순 키워드 추출 방식만으로는 기술적 문맥과 세부 사항을 반영하여 요소기술을 정의하는 데 한계가 있다. 특히, 반도체가 활용된 첨단산업 분야의 특허는 높은 기술 전문성을 지니기 때문에, 요소기술을 효과적으로 추출하기 위해서는 기술의 세부 사항과 전문 기술 용어가 충분히 고려되어야 한다. 기존 키워드 추출 방식은 본 연구의 한국 특허 텍스트에서 형태소, 복합 명사 구조를 충분히 반영하지 못하여 키워드를 효과적으로 식별하는 데 한계가 있다. 또한, 대용량 특허 텍스트에서 키워드의 임베딩 간 유사도 비교 방법은 명사 및 명사구 형태의 요소기술을 추출하는 데 있어 효과적이지 않다. 따라서, 본 연구는 대규모 언어모델이 사용자의 분석 목적에 부합하도록 프롬프트 엔지니어링을 수행한다. 이를 통해 특허 텍스트에서 첨단기술의 세부 특성과 문맥적 정보를 충분히 반영한 요소기술을 분석한다.

본 연구는 특허명세서에서 기술적 문제를 의미하는 '해결하려는 과제'를 Problem으로 정의하고 이를 해결하는 방안을 포함하는 대표 청구항을 Solution으로 정의한다. 이를 토대로, 반도체 관련 특허를 활용하여 반도체 기술 동향을 분석한 후, 분석 결과를 통해 다음과 같은 세 가지 연구 질문(Research Question; RQ)에 대한 해답을 제시한다.

- RQ1: 반도체 기술에 내재된 기술적 문제와 해결방안은 어떻게 변화하는가?
- RQ2: 반도체 기술을 구성하는 기술적 문제와 해결방안 사이의 주요 패턴은 무엇이고, 이는 시간에 따라 어떻게 변화하는가?
- RQ3: 반도체 기술을 선도하는 주체들의 협력적 경쟁 관계의 동향은 어떠한가?

본 연구는 이지호 외 4인[15]이 제시한 Problem-Solution 특허 분석 방법론을 기반으로 대규모 언어모델을 활용해 특허로부터 추출한 Problem, Solution 요소를 활용하여 반도체 기술 동향을 분석한다. 구체적인 연구 절차는 다음과 같다. 1) 반도체 기술 분야의 국내 등록 특허를 수집한 후, 2) 대규모 언어모델을 활용한 프롬프트 엔지니어링을 통해 특허명세서로부터

Disclosure in Advanced Semiconductor Photoresist", 2022 International Symposium on Semiconductor Manufacturing (ISSM), 2022, pp. 1-4.

14) 김현경 외 2인, "BERTopic을 활용한 텍스트마이닝 기반 인공지능 반도체 기술 및 연구동향 분석", 「Journal of Information Technology Applications & Management」, 제31권 제1호(2024), 139-161면.

15) 이지호 외 4인, "특허의 Problem-Solution 텍스트 마이닝을 활용한 기술경쟁정보 분석 방법", 「지식재산연구」, 제13권 제3호(2018), 171-204면.

Problem, Solution 요소를 추출한 뒤, 3) 클러스터링 알고리즘을 통해 기술적으로 유사한 요소들을 분류해 Problem, Solution 영역을 구성하고, 4) 구성한 영역을 바탕으로 Problem-Solution 네트워크 및 Problem, Solution 포지셔닝 맵을 구축하여 영역과 영역 내 요소 간 관계를 분석하여 반도체 기술 동향을 파악한다.

본 연구는 대규모 언어모델을 활용하여 반도체 분야의 특허에서 기술적 맥락을 반영해 연구자의 목적에 부합하는 요소기술을 효과적으로 분석함으로써 반도체 기술 동향 분석 연구에 학술적 기여점을 가진다. 대규모 언어모델은 사전에 학습한 방대한 정보를 기반으로, 다양한 첨단 사업 분야에서 전문가의 개입과 정보의 손실을 최소화하면서 키워드를 추출할 수 있는 장점이 존재한다.[16][17] 따라서 대규모 언어모델은 단순 키워드 추출을 넘어 기술 간의 연계성과 의미를 고려한 요소기술 식별이 가능하여 기술 맥락을 반영한 요소기술을 기반으로 기술 동향에 대한 구체적인 결과를 제공할 수 있다. 또한, 연구 결과의 활용성 측면에서 본 연구는 특허 명세서의 항목별 기재 내용을 분석하여 특허가 해결하고자 하는 문제점과 기술적 해결 방안을 Problem-Solution 구조로 정리한다. 이를 기반으로 기술 동향분석을 수행하여 반도체 분야에서 반복적으로 등장하는 문제점과 해결방안을 체계적으로 비교할 수 있으며, 시간 경과에 따른 문제 해결 패턴을 도출할 수 있다. 이러한 분석은 반도체 분야에서 기술적 문제에 대응하는 부상하고 있는 기술을 조기에 파악할 수 있게 하며, 특허 권리 이전이나 특허 수명 연장 등 지식 재산 관리와 관련된 기업의 의사결정에 유용한 정보를 제공한다. 나아가, 기술개발을 선도하는 주요 출원인과 기술개발 요소의 관계를 분석하여 반도체 산업 내 기술 포화·공백 영역을 식별할 수 있다. 이는 협력 및 경쟁 관계에 대한 정보를 바탕으로 적절한 기술 파트너를 선정하는 데 유용한 인사이트를 제공할 수 있다.

본 논문의 구성과 내용은 다음과 같다. 먼저 논문의 2장에서는 본 연구에서 분석하고자 하는 반도체 기술의 간략한 배경 지식 및 기술 동향 그리고 Problem-Solution 특허 분석 기반 선행연구를 소개한다. 다음으로 3장에서는 본 연구가 제시하는 분석 절차에 대해 상세히 설명한다. 다음으로 4장에서는 분석 절차를 토대로 분석한 결과를 통해 연구 질문에 대한 해답을 제시한다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결론과 추후 연구 방향을 서술한다.

2. 관련 연구

2.1. 반도체 기술

반도체는 외부 조건인 전압과 온도에 따라 전도도가 변하는 특성을 지닌 물질로, 이러한 특성을 통해 트랜지스터, 집적 회로, 다이오드 등 다양한 전자 부품의 핵심 재료로 활용된다.[18] 반도체는 불순물 농도를 조절하여 전기적 특성을 정밀하게 제어함으로써,[19] Dynamic Random Access Memory(DRAM), High Bandwidth Memory(HBM) 그리고 NAND Flash와 같은 고성능 메모리 소자의 스위칭 및 증폭 기능을 구현한다. 예를 들어, DRAM은 행과 열로 구성된 메모리 셀의 구조를 기반으로 특정 행을 활성화하여 데이터를 읽거나 쓰는 방식으로 작동한다.[20]

16) Jaewoong Choi & Byungju Lee, “Accelerating materials language processing with large language models”, *Communications Materials*, Vol.5(2024), 13.
17) Qiao Jin et al., “Genegpt: augmenting large language models with domain tools for improved access to biomedical information”, *Bioinformatics*, Vol.40 No.2(2024), btae075.
18) Vadiraj KT & S.L. Belagali, “Characterization of polyaniline for optical and electrical properties”, *IOSR Journal of Applied Chemistry*, Vol.8 No.1(2015), pp. 53-56.
19) Md. Atikur Rahman, “A review on semiconductors including applications and temperature effects in semiconductors”, *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, Vol.7 No.1(2014), pp. 50-70.

HBM은 베이스 로직 다이와 Through Silicon Via(TSV)로 연결된 다중 코어 DRAM 다이의 3D 구조를 통해 고속 데이터 전송과 낮은 전력 소비, 높은 안정성을 제공한다.[21] 또한, NAND Flash는 플로팅 게이트 또는 전하 트랩 셀로 구성된 메모리 셀 구조로 높은 데이터 저장 밀도, 데이터 보존성과 내구성을 갖추고 있다.[22] 한편, 프로세서, 컨트롤러와 같은 시스템 반도체는 이러한 메모리 소자와 효율적으로 통신하며 데이터를 처리하고 관리함으로써, 고성능 컴퓨팅과 실시간 데이터 처리, 저전력 설계를 지원함으로써 시스템 성능 향상에 기여한다.[23] 반도체의 전기적 특성과 구조 제어를 통해 고속 데이터 처리, 저장 등 다양한 기능을 구현할 수 있어 인공지능, 자율주행차 등 여러 첨단산업 분야에서 반도체 기술이 널리 활용되고 있다.

2.2. 텍스트 정보 기반 연구

반도체 기술 추세 및 핵심 기술의 변화를 파악하기 위해, 특허의 텍스트를 활용한 기술 동향 분석 연구들이 다수 수행되었으며, 이들 연구는 특허 텍스트에서 식별한 요소기술을 바탕으로 반도체 기술 동향을 분석하였다. Wang et al.[24]은 특허 초록에서 Magnetic Random-Access Memory (MRAM) 관련 특허를 선별한 뒤, KeyGraph 알고리즘을 통해 기술적 시나리오를 도출하였다. 이를 바탕으로 The Theory of Inventive Problem-Solving(TRIZ)의 진화 패턴과 MRAM 기술의 경향 및 진화 단계를 비교 분석하여 R&D 잠재력 및 전략을 식별하였다. 또한, Watahiki et al.[25]은 일본 특허의 File Index(FI) 및 F-term을 통해 분류한 포토레지스트 관련 특허의 심사 상태와 초록을 BERT를 활용하여 분석해 텍스트의 특징을 추출하였다. 이를 통해 심사 상태별로 특정 키워드와 문장 패턴이 차별적으로 나타남을 확인하였으며, 반도체 기술 미세화 과정에서 정보 공개와 기술 발전 간 상관성을 파악하였다. 김현경 외 2인[26]은 BERTopic을 통해 AI 반도체 관련 학술 논문의 초록 및 특허의 청구항을 분석하여 주요 인공지능 기술 토픽 및 기술개발 흐름을 파악하였다.

텍스트 정보 기반 선행연구들은 특허의 텍스트 정보로부터 기술을 구성하는 요소기술을 추출하여 반도체 기술 동향을 분석하였다. 하지만, 반도체 기술은 여러 요소기술의 조합으로 구성되어 있어, 요소기술의 활용 방안 및 상호작용을 파악하기 위해서는 기술개발 배경과 해결방안을 연계하여 동향을 분석하는 과정이 요구된다. 또한, 반도체 기술과 같은 첨단기술의 세부 특성을 반영하기 위해서는 텍스트 내 문맥과 기술 관련 사전지식을 고려한 요소기술 추출 방법이 필요하다.

따라서 본 연구는 특허의 텍스트를 활용해 기술적 문제와 이를 해결하기 위한 요소기술을 연계하여 반도체 기술 동향을 분석한다. 다음으로, 대규모 언어모델을 활용하여 반도체 기술의 세

20) Yebin Lee et al., “Partial row activation for low-power dram system”, 2017 IEEE International Symposium on High Performance Computer Architecture (HPCA), 2017, pp. 217-228.
21) Hongshin Jun et al., “Hbm (high bandwidth memory) dram technology and architecture”, 2017 IEEE International Memory Workshop (IMW), 2017. pp. 1-4.
22) Michele Fabiano & Gianluca Furano, “NAND flash storage technology for mission-critical space applications”, *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, Vol.28 No.9(2013), pp. 30-36.
23) Onur Mutlu et al., “Processing data where it makes sense: Enabling in-memory computation”, *Microprocessors and Microsystems*, Vol.67(2019), pp. 28-41.
24) Ming-Yeu Wang et al., “Identifying technology trends for R&D planning using TRIZ and text mining”, *R&d Management*, Vol.40 No.5(2010), pp. 491-509.
25) Kosuke Watahiki et al., “Technology Trends and Characteristics of Patent Information Disclosure in Advanced Semiconductor Photoresist”, 2022 International Symposium on Semiconductor Manufacturing (ISSM), 2022, pp. 1-4.
26) 김현경 외 2인, “BERTopic을 활용한 텍스트마이닝 기반 인공지능 반도체 기술 및 연구동향 분석”, 「Journal of Information Technology Applications & Management」, 제31권 제1호(2024), 139-161면.

부적 특성을 반영한 Problem, Solution 요소를 추출하고, 추출된 요소들을 군집화해 유사한 Problem, Solution 영역을 식별한다. 이후, Problem, Solution 영역을 통해 네트워크 및 포지셔닝 맵을 구축하고, 영역과 영역 내 요소 간의 관계를 분석하여 반도체 기술 동향을 제시한다.

2.3. Problem-Solution 특허 분석

특허는 발명의 기술적 내용을 법적으로 보호하고 공개하는 지식재산권으로, 기술적 과제, 기존 방법의 한계 그리고 이를 해결하는 혁신적 접근 방식에 대한 상세한 기술적 정보를 포함하고 있다.[27] 특허의 기술 정보는 기술개발 과정의 구체적인 배경 및 해결방안을 체계적으로 제시하므로,[28] 특허에 포함된 기술 정보를 활용하여 문제 해결 기반의 Problem-Solution 특허 분석을 할 수 있다. Problem-Solution 특허 분석은 기술적 문제와 이를 해결하는 요소를 연계하여 분석하는 것으로, 기술개발 과정에서 구체적인 문제와 해결방안을 파악할 수 있다. Problem-Solution 특허 분석은 크게 텍스트 구조를 활용하는 연구와 메타 데이터 특성을 활용하는 연구로 분류할 수 있다.[29]

특허 텍스트로부터 Subject-Action-Object(SAO) 구조를 통해 용어를 의미하는 주체(Subject), 대상(Object) 및 용어들 간의 관계를 나타내는 행동(Action)을 식별할 수 있다.[30] 해당 구조는 문제를 의미하는 행동-대상 및 해결을 의미하는 주체와 관계를 파악할 수 있으므로, 이를 Problem-Solution 내용으로 정의할 수 있다.[31] 따라서, SAO 구조 기반으로 특허 내에 기술 정보를 분석하여 기술 동향, 기술기회를 파악하는 여러 연구들이 활발히 수행되었다. Park et al.[32]은 기술 전환 또는 경향의 순서를 제시하는 TRIZ 진화 경향과 SAO분석을 활용하여 기술 이전을 위한 유망 특허를 식별하였다. Choi et al.[33]는 제품 구성 요소, 기술 또는 기능 간의 관계를 나타내는 기술 트리를 개발하기 특허 문서에서 SAO 구조를 추출 및 분석하였다. Yoon et al.[34]은 특허의 구조 및 목적 등 핵심 기술적 개념을 반영하기 위해 SAO 기반의 동적 특허 지도를 구축하여 기술 공백 및 기술적 경쟁을 분석하였다. 또한, Kim and Yoon[35]은 특허의 기능적 정보를 SAO 구조 기반 텍스트 마이닝과 SAO2Vec 기법을 활용하여 기술적 유사성, 시간적 요인 및 특허 침해 유형을 통합적으로 분석하는 정량적 특허 침해 식별 프로세스를 제안하였다.

특허 문서를 구성하는 메타 데이터의 특성을 활용해 기술적 문제 및 해결방안을 파악하여, 이를 바탕으로 Problem-Solution 기반 연구들이 수행되었다. 정재민 외 2인[36]은 특허명세서에

27) Lisa Larrimore Ouellette, “Do patents disclose useful information”, *Harvard Journal of Law & Technology*, Vol.25 No.2(2012), pp. 532-593.

28) Anthony Trippe, “Guidelines for preparing patent landscape reports”, WIPO, 2015, pp. 1-129.

29) 이승현 외 5인, “특허의 Problem-Solution 정보를 활용한 대규모 언어모델 기반 R&D 솔루션 분석 방법”, 「지식재산연구」, 제19권 제3호(2024), 155-180면.

30) Chao Yang et al., “Requirement-oriented core technological components’ identification based on SAO analysis”, *Scientometrics*, Vol.112(2017), pp. 1229-1248.

31) Martin G Moehrle et al., “Patent-based inventor profiles as a basis for human resource decisions in research and development”, *R&d Management*, Vol.35 No.5(2005), pp. 513-524.

32) Hyunseok Park et al., “Identification of promising patents for technology transfers using TRIZ evolution trends”, *Expert Systems with Applications*, Vol.40 No.2(2013), pp. 736-743.

33) Sungchul Choi et al., “An SAO-based text mining approach to building a technology tree for technology planning”, *Expert Systems with Applications*, Vol.39 No.13(2012), pp. 11443-11455.

34) Janghyeok Yoon et al., “Identifying technological competition trends for R&D planning using dynamic patent maps: SAO-based content analysis”, *Scientometrics*, Vol.94(2013), pp. 313-331.

35) Sunhye Kim & Byungun Yoon, “Patent infringement analysis using a text mining technique based on SAO structure”, *Computers in Industry*, Vol.125(2021), 103379.

서 청구항을 문제 요소로 정의하고, 기술 분류코드를 특허가 다루고 있는 기술요소로 정의하였다. 이를 통해 문제 해결 관점에서 특허의 서지정보와 텍스트 정보를 종합적으로 활용하여 기업의 보유 기술과 문제요소 간의 연관관계를 분석하여, 비즈니스와 기술기회를 발굴하는 방법을 제시하였다. 이승현 외 5인[37]은 공통출원서식(Common Application Format; CAF)항목으로부터 추출한 Problem과 Solution 정보를 대규모 언어모델을 통해 파인 튜닝하여 기존에 존재하는 R&D 솔루션을 모색하는 것을 넘어 새로운 R&D 솔루션을 도출하는 방법을 제시하였다.

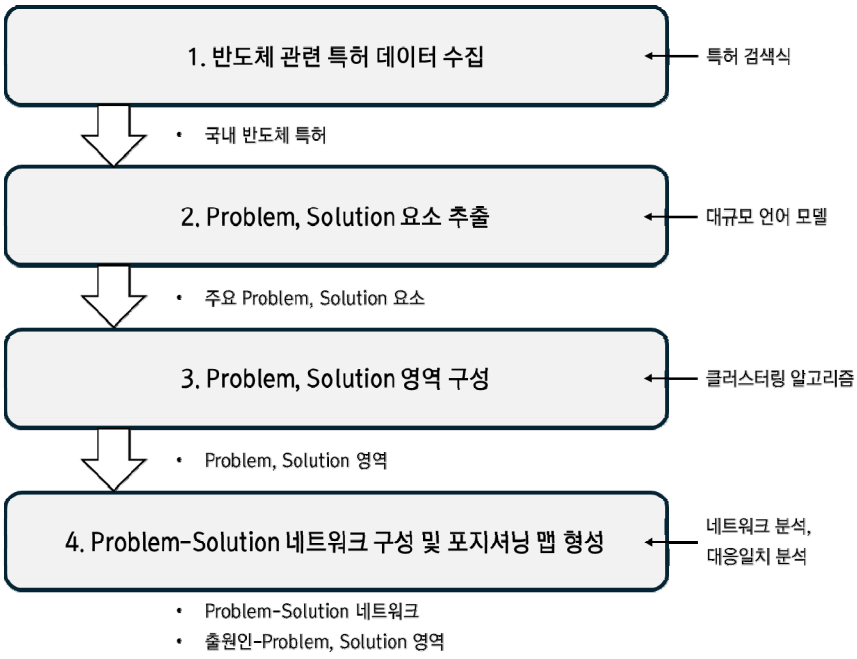
메타 데이터 특성 기반 선행연구들 가운데, 이지호 외 4인[38]은 SAO 등 텍스트 구조 기반 방법론이 특허 문서를 이루는 항목별 특성을 충분히 반영하지 못한다는 한계점을 지적하였다. 앞선 한계점을 해결하기 위해 특허의 CAF 항목에서 '배경 기술' 및 '해결하려는 과제'를 특허가 다루고자 하는 문제인 Problem으로 정의하였으며, '과제의 해결 수단' 항목은 특허를 구성하고 있는 요소기술을 나타내므로 Solution으로 정의하였다. 이를 바탕으로, 특허에서 Problem과 Solution을 추출하여 경쟁기업들의 기술경쟁 동향을 분석하는 새로운 특허 분석 방법을 제안하였다. 해당 방법론은 특허의 메타 데이터 특성을 활용하므로 특허를 보다 효과적으로 분석하였으며, 기술적 문제와 해결방안을 연계하여 분석한 결과를 통해 의사결정자들에게 풍부한 정보를 제공한다. 따라서 본 연구에서는 이지호 외 4인[39]의 방법론을 활용하여 Problem-Solution 분석 기반으로 반도체 기술 동향을 분석하고자 한다. 본 연구는 기존 반도체 기술 동향을 분석한 선행연구들이 시도하지 않았던 접근법인, 기술적 문제와 해결 요소 간의 연계를 통해 문제 해결 패턴을 도출하고, 이를 바탕으로 반도체 분야의 기술 동향을 분석한다. 또한, 대규모 언어모델을 활용하여 식별된 기술 맥락을 반영한 요소를 통해 구체적인 반도체 기술 동향을 분석한다.

3. 분석 절차

본 연구의 반도체 기술 동향분석은 이지호 외 4인[40]이 제시한 Problem-Solution 특허 분석 방법론에 기반하여 총 4단계 분석 절차를 따른다. 1) 먼저, 특허 검색식을 활용하여 국내에 등록된 대량의 반도체 관련 특허를 수집한다. 2) 다음으로, 특허명세서의 항목으로부터 Problem과 Solution을 정의한 뒤, 이로부터 대규모 언어모델 기반 프롬프트 엔지니어링을 활용해 Problem, Solution 요소를 추출한다. 3) 추출된 Problem, Solution 요소를 벡터 임베딩 모델을 적용하여 임베딩 벡터를 생성한 후, 클러스터링 알고리즘을 통해 Problem, Solution 영역을 구성한다. 4) 마지막으로, 구성된 영역을 바탕으로 Problem-Solution 네트워크를 구축한 후 반도체 기술을 구성하는 주요 기술적 문제와 해결방안의 관계를 분석한다. 그리고 대응일치 분석을 통한 Problem, Solution 포지셔닝 맵을 구성하여 기업 간 주요 문제와 해결방안의 관계를 분석하여 반도체 기술 동향을 제시한다.

36) 정재민 외 2인, "비즈니스 기회 발굴을 위한 문제-해결방법 기반의 특허분석 방법", 「지식재산연구」, 제15권 제2호(2020), 187-222면.
37) 이승현 외 5인, "특허의 Problem-Solution 정보를 활용한 대규모 언어모델 기반 R&D 솔루션 분석 방법", 「지식재산연구」, 제19권 제3호(2024), 155-180면.
38) 이지호 외 4인, "특허의 Problem-Solution 텍스트 마이닝을 활용한 기술경쟁정보 분석 방법", 「지식재산연구」, 제13권 제3호(2018), 171-204면.
39) 이지호 외 4인, 위의 논문, 171-204면.
40) 이지호 외 4인, 위의 논문, 171-204면.

<그림1 분석 절차>



3.1. 반도체 관련 특허 데이터 수집

본 연구는 국내 반도체 산업에서 유의미한 기술을 바탕으로 기술 동향을 분석하기 위해, 한국특허청에 등록된 반도체 관련 특허를 활용한다. 국내 특허 데이터는 특허 검색 기능을 담고 있는 WIPS ON(https://www.wipson.com) 혹은 Kipris Plus(https://plus.kipris.or.kr)의 API 등을 활용하여 수집할 수 있다. 특정 기술과 관련된 특허를 검색하기 위해 핵심 키워드 혹은 기술명이 포함된 용어를 검색하는 방법이 널리 사용되고 있다.[41] 본 연구는 반도체 분야의 특허를 수집하기 위해 특허 검색식을 활용하였다. 검색식에 주요 반도체 기술을 반영하기 위해 반도체 산업 현황 보고서[42]를 참고하여, 반도체 소자를 구성하는 메모리 반도체 DRAM, HBM, NAND FLASH와 시스템 반도체 SYSTEM 키워드를 포함하였다. DRAM 관련 세부 키워드는 'DRAM', 'DDR', 'GDDR' 등을 포함하며, HBM 관련 키워드는 'High Bandwidth Memory', 'HBM', '3D Stacking', '3D Stacked', 'Through Silicon Via', 'TSV' 등이 있다. NAND FLASH 관련 키워드는 'Flash Memory', 'NAND Cell', 'Non-Volatile Memory', 'SSD' 등을 포함한다. 그리고, SYSTEM 관련 키워드는 'System Semiconductor', 'Non-Memory Semiconductor', 'FinFET', 'MPU', 'MCU', 'System Chip' 등으로 구성된다. 본 연구는 반도체 기술을 구성하는 세부 키워드를 조합하여 특허 검색식을 구성하였다(부록1).

또한, 이후 분석 과정에서 특허의 CAF 항목들 중 일부 항목을 활용하므로, CAF 항목 중 해결하려는 과제와 대표 청구항을 모두 포함하는 국내 특허를 대상으로 분석을 수행한다. CAF 항목은 2010년부터 국내 특허 문서에 도입되어 본 연구에서는 Kipris Plus의 API를 활용하여 2010년부터 2022년까지 국내에 등록된 반도체 관련 특허를 15,869건을 수집했다. 하지만 특허 검

41) Jongho Lee & Keun Lee, "Is the fourth industrial revolution a continuation of the third industrial revolution or something new under the sun? Analyzing technological regimes using US patent data", *Industrial and Corporate Change*, Vol.30 No.1(2021), pp. 137-159.
42) 이근 외 3인, "'23년 반도체 분야 산업현황 및 경쟁력 분석", (사)경제추격연구소, 2023, 135면.

색식을 통해 수집한 특허는 노이즈를 포함할 수 있으므로, 반도체 기술과 무관한 특허들은 제거되어야 한다. 먼저, 특허 제목과 초록에 '반도체' 키워드가 포함되었는지를 확인한 뒤, 이후 본 연구진이 직접 특허의 제목과 초록을 검토하여 반도체 관련 특허 여부를 판단하였다. 최종적으로, 9,709건의 특허를 분석에 활용하였다.

3.2. Problem, Solution 요소 추출

본 연구 단계에서는 특허명세서의 항목으로부터 Problem과 Solution을 정의하고, 정의한 항목으로부터 대규모 언어모델 기반 프롬프트 엔지니어링을 활용하여 Problem, Solution 요소를 추출한다. 특허명세서 내에 CAF 항목 중 '해결하려는 과제'는 특허가 해결하고자 하는 핵심 문제와 선행 기술의 한계를 기술하고 있으므로,[43] 이를 Problem으로 정의하였다. '대표 청구항'은 특허가 보호하려는 기술의 핵심 내용과 범위를 규정하고 있을 뿐만 아니라, 발명이 제공하는 구체적인 해결책과 기술적 구현 방식을 설명하고 있다.[44] 따라서 본 연구에서는 대표 청구항을 Solution으로 정의하였다.

Problem과 Solution을 효과적으로 분석하기 위해 전처리를 수행하여 Problem, Solution 요소를 추출한다. 수집한 특허의 '해결하려는 과제'와 대표 청구항의 기술 통계량은 <표1>에 제시되어 있다. 방대한 Problem과 Solution에서 핵심 Problem, Solution 요소를 추출하기 위해 기술 통계량을 고려하여 최대 10개의 주요 명사구를 선별한다. 본 연구에서는 반도체 기술 맥락과 관련 사전 지식을 반영한 요소를 추출하기 위해 대규모 언어모델 기반의 프롬프트 엔지니어링을 적용하였다. 프롬프트 엔지니어링은 'OpenAI'(https://openai.com)의 GPT API, 'Hugging Face'(https://huggingface.co)의 API 등을 활용할 수 있으며, 본 연구는 LLM의 연산 비용과 텍스트 처리 성능을 고려하여 'OpenAI' 의 'GPT-4o_mini' API를 활용하였다. 프롬프트를 구성하는 과정에서 Problem과 Solution의 내용과 구조를 반영하여 Problem, Solution 요소를 추출하는 것이 필요하다. LLM이 없는 정보를 생성하거나 왜곡하는 현상을 방지하기 위해 프롬프트로 제공된 특허 텍스트에서 요소를 추출하도록 하였다. 또한, 프롬프트의 반복적인 수행과 수정을 거쳐 역할 지시, 임무 부여, 강한 지시문과 같은 전략을 반영하여 프롬프트를 구성하였다(그림 2). 이를 통해 Problem과 Solution에서 Problem, Solution 요소를 추출하였으며, 특허에 포함된 평균 Problem 요소 수는 5.9개, 평균 Solution 요소 수는 9.5개로 나타났다. 추출된 Problem, Solution 요소 예시는 <표2> 및 <표3>에 제시되었다.

<표1 '해결하려는 과제', 대표 청구항 텍스트 길이의 기술 통계량>

특허명세서	평균	표준편차	1사분위수	중위수	3사분위수
'해결하려는 과제'	280.9	336.2	117	191	323
대표 청구항	625	493.6	363	503	725

43) 이지호 외 4인, "특허의 Problem-Solution 텍스트 마이닝을 활용한 기술경쟁정보 분석 방법", 「지식재산연구」, 제13권 제3호(2018), 171-204면.

44) Svetlana Sheremetyeva, "Natural language analysis of patent claims", Proceedings of the ACL-2003 workshop on Patent corpus processing, 2003, pp. 66-73.

<그림2 Problem, Solution 요소 추출을 위한 프롬프트>

Input Text

Input: '본 발명을 통해 해결하려는 과제는 온도 조절기 및 전력 조정기를 이용하는 히터 시스템에서 메인 제어부의 제어에 따라 히터 유닛이 초기 구동할 때, 정격 전류의 수십 배에 해당하는 돌입 전류가 발생되는 것을 억제할 수 있는 반도체 제조 장치용 히터 시스템을 제공하는 것이다.'

Input Prompt

System prompt = """
You are a smart and intelligent technical keyword extract system. The keywords you need to extract are nouns or noun phrases. You will be provided with a patent's issues to be solved. and the output format that should be followed, along with examples.
"""

User prompt = "Do you clearly understand your role?"
Assistant prompt = "Yes, I am ready to assist with the keyword extract task. Please provide the necessary information to get started."
Content1 = "To maintain meaning in a technical context, extract both single words and compound terms such as 'semiconductor device' and 'memory cell' "
Content2 = "Extract only semiconductor-related technical keywords up to 10 unique keywords."
Content3 = "If there are redundant or synonymous keywords, consolidate them appropriately."
Content4 = "Only return the specified output format 'Problem: Keyword <> Keyword <>.Keyword, …', If no keywords exist, return '[None]'."

Output Prompt

Output: '온도 조절기' ◊ '전력 조정기' ◊ '히터 시스템' ◊ '메인 제어부' ◊ '히터 유닛' ◊ '정격 전류' ◊ '돌입 전류' ◊ '반도체 제조 장치', …

<표2 Problem 요소 예시>

출원번호	Problem	Problem 요소
1020100029135	본 발명에서는 낸드 플래시 메모리를 테스트를 자동으로 편리하게 할 수 있는 기술을 제공하고자 한다. 특히 테스트를 위한 외부 데이터를 메모리에 입력하지 않고, 메모리에 명령어를 한 번만 입력하고도 테스트를 완료할 수 있는 기술을 제공하고자 한다.	낸드 플래시 메모리, 테스트 방법, 메모리
1020100033391	본 발명은 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 시스템 온 칩에 적용이 용이한 비휘발성 메모리 장치 및 그 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다. 또한, 본 발명은 로직 공정을 기반으로 용이하게 구현할 수 있는 비휘발성 메모리 장치 및 그 제조방법을 제공하는데 다른 목적이 있다.	비휘발성 메모리 장치, 시스템온칩, 비휘발성 메모리
1020100068797	본 발명의 목적은 저전류로 동작하는 액세스 소자들을 사용하여 쓰기가 가능한 자기 랜덤 액세스 메모리 장치 및 그것의 쓰기 방법을 제공함에 있다.	자기 랜덤 액세스 메모리, 쓰기 방법

<표3 Solution 요소 예시>

출원번호	Solution	Solution 요소
1020100029135	메모리 테스트 명령을 입력 받는 단계; 메모리 셀의 프로그램을 위한 시작주소를 입력 받는 단계 상기 메모리 셀에 기록할 데이터 패턴 생성을 위한 패턴정보를 입력받는 단계; 및 상기 패턴정보에 따라 상기 메모리 셀을 프로그램하는 단계를 포함하며, 상기 패턴정보는 상기 시작주소를 포함하는 워드라인에 프로그램될 값에 관한 정보를 포함하는, 메모리 테스트 방법.	기판, 반도체막, 버퍼막, 유기 강유전체막, 게이트 전극, 게이트 절연막, 메모리 트랜지스터, 구동 트랜지스터, 비휘발성 메모리 셀

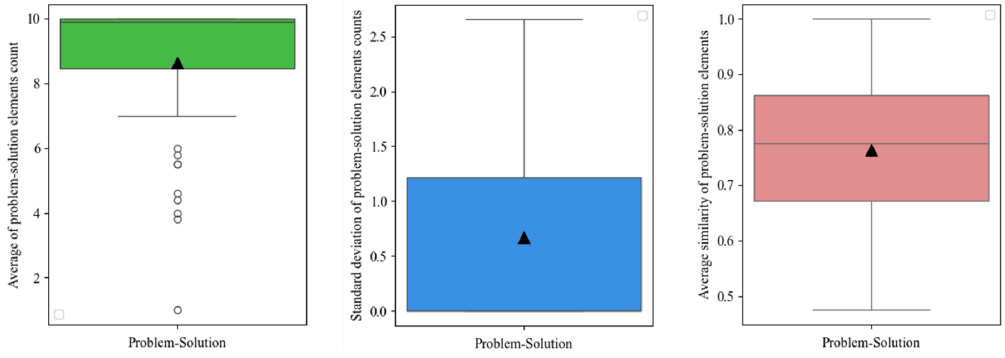
1020100033391	터널링영역과 채널영역을 구비한 기판 상에 형성되어 상기 터널링영역과 상기 채널영역을 동시에 가로지르는 플로팅게이트를 구비한 트랜지스터 및 상기 플로팅게이트에 연결된 캐패시터로 이루어진 단위셀을 포함하는 비휘발성 메모리 장치.	터널링영역, 채널영역, 플로팅게이트, 트랜지스터, 캐패시터, 비휘발성 메모리 장치
1020100068797	메모리 셀; 및 상기 메모리 에 데이터 쓰기를 위한 변위 전류를 발생시키는 시변 전기장을 인가하는 쓰기 회로를 포함하고, 상기 변위 전류에 의해 유도된 시계 또는 반시계 방향의 회전 자기장에 의해 상기 메모리 셀의 자화 방향이 설정되는 자기 랜덤 액세스 메모리 장치.	메모리 셀, 데이터, 변위 전류, 시변 전기장, 쓰기 회로 회전 자기장, 자기 랜덤 액세스 메모리

본 연구의 프롬프트를 검증하기 위해 결과가 일관되게 도출되는지 확인하였다. 먼저, 본 연구에서 사용한 Problem, Solution 100개를 무작위로 추출하였다. 이후, 본 연구의 프롬프트를 동일하게 적용하여 Problem, Solution 요소 추출을 10회 수행하였다. 본 연구에서는 프롬프트 결과의 일관성을 두 가지 관점에서 검증하였다. 우선, 추출된 Problem, Solution 요소의 개수가 일정하게 유지되는지를 확인하였다. 또한, 추출된 Problem, Solution 요소 집합의 일관성을 평균 유사도를 이용하여 파악하였다(식 1). <그림3>은 Problem, Solution 별 추출된 Problem, Solution 요소의 평균 개수 및 표준편차, 그리고 추출된 Problem, Solution 요소 집합 간 평균 유사도를 나타낸 박스 플롯이다. 평균적으로 Problem, Solution 요소가 8.6개 추출되었으며, 표준편차의 평균은 0.6으로 추출된 Problem, Solution 요소의 수 측면에서 일관적으로 이루어졌다. 또한, 집합 간 평균 유사도의 평균은 0.76으로 추출된 요소 집합이 일정 수준의 유사성이 유지되는 것을 확인하였다. 따라서, 본 연구진은 추출되는 요소의 개수와 요소 집합의 일관성 관점에서 제시된 프롬프트가 적합한 것으로 판단하였다.

$$AvgSimilarity = \frac{1}{2}\left(\sum_{x=1}^{10}\frac{|Extractedset_x \cap Extractedset_s|}{|Extractedset_x|} + \sum_{x=1}^{10}\frac{|Extractedset_x \cap Extractedset_s|}{|Extractedset_s|}\right) \quad (1)$$

$Extractedset_x$ = x번째 프롬프트에 추출된 $problem, solution$ 요소 집합
$Extractedset_s$ = 본 연구에서 활용하는 $problem, solution$ 요소 집합

<그림3 프롬프트의 일관성을 검증하기 위한 박스 플롯>



또한, 추출된 Problem, Solution 요소를 통해 기술 동향분석을 효과적으로 진행하기 위하여 전처리하는 과정이 필요하다. 우선, 추출된 명사구 중에서 특수문자, 의성어와 같은 불용어는

Python의 정규표현식을 활용하여 제외하였다. 또한, 전체 문서 내 빈도가 낮아 분석에 유의미한 정보를 제공하지 않는 요소를 배제하였다. Python을 활용하여 특허 문서 내 빈도 분포를 분석한 결과, 전체 요소 중 빈도수가 1인 요소가 80% 이상을 차지하였다. 이러한 낮은 빈도의 요소들은 기술 동향분석에서 유의미한 문제 해결 패턴을 도출하기 어렵기 때문에, 파레토 분포를 통해 빈도수가 1인 요소를 제거하여 상위 키워드 중심으로 주요 기술 동향을 분석한다. 최종적으로 6,195개의 Problem 요소와 6,916개의 Solution 요소 집합을 구성하였다.

3.3. Problem, Solution 영역 구성

본 연구 단계에서는 클러스터링 알고리즘을 활용하여 유사한 Problem, Solution 요소를 군집화해 Problem, Solution 영역을 구성한다. 이를 수행하기 위해 텍스트로 구성된 Problem, Solution 요소를 벡터로 변환하는 과정이 요구된다. 벡터 임베딩은 텍스트를 고차원 벡터 공간에 표현하여 텍스트의 의미적 유사성을 파악하는 데 활용할 수 있으며, 명사구로 구성된 요소를 벡터로 변환하는데 적합하다.[45] 본 연구에서는 한국어 사전 학습 Sentence-BERT 기반 언어 모델 'ko-sroberta-multitask'(https://huggingface.co/jhgan/ko-sroberta-multitask)을 활용한 벡터 임베딩을 통해 요소들을 벡터로 변환하였다.

벡터화된 요소 집합으로부터 유사한 벡터들을 범주화하기 위해 비지도학습 기법인 클러스터링 알고리즘을 적용할 수 있다.[46] 대표적인 클러스터링 알고리즘은 K-Means, DBSCAN, Hierarchical Clustering 등이 있으며,[47] 본 연구는 벡터의 유사도 계산과 군집 결과의 해석을 용이하기 위해 Python의 scikit-learn을 통한 K-Means 기법을 이용하여 군집화를 수행하였다. 또한, 군집을 효과적으로 분석하기 위해서는 적절한 군집 수를 결정해야 한다. 군집 수를 결정하는 기법 중 하나인 Elbow Method는 군집을 결정하는 지표를 그래프로 표현하여 직관적으로 시각적인 판단이 가능하여 이를 활용한다.[48] 또한, 코사인 유사도는 고차원 벡터 간 방향적 유사성을 비교하여 군집 간 분리 정도를 평가하는 데 활용될 수 있다.[49] 따라서, 본 연구는 군집의 수를 순차적으로 증가시킴에 따라, 군집의 중심 벡터 간 코사인 유사도를 산출하여 그 변화가 완만해지는 지점을 최적의 군집 수로 결정하였다.

Python을 활용한 Elbow Method 기법을 통해 영역의 수를 2개부터 35개까지 지정하여 평균 코사인 유사도의 변화를 확인하였다. Elbow Method를 기반으로 K의 후보군은 Problem 영역에서는 25, 31, 35과 Solution 영역에서 26, 32, 35가 후보로 도출이 되었다. 각 후보 K값에 대해 반복적으로 클러스터링을 수행한 뒤, Problem, Solution 영역 간 의미적 차이와 레이블링 결과를 종합적으로 검토하였다. 후보 영역의 수가 증가할수록 반도체 기술에서 '데이터', '신

45) Peter D. Turney & Patrick Pantel, "From frequency to meaning: Vector space models of semantics", *Journal of Artificial Intelligence Research*, Vol.37(2010), pp. 141-188.

46) K. A Abdul Nazeer & M. P. Sebastian, "Improving the Accuracy and Efficiency of the k-means Clustering Algorithm", Proceedings of the world congress on engineering, Vol. 1. London, UK: Association of Engineers, 2009, pp. 1-3.

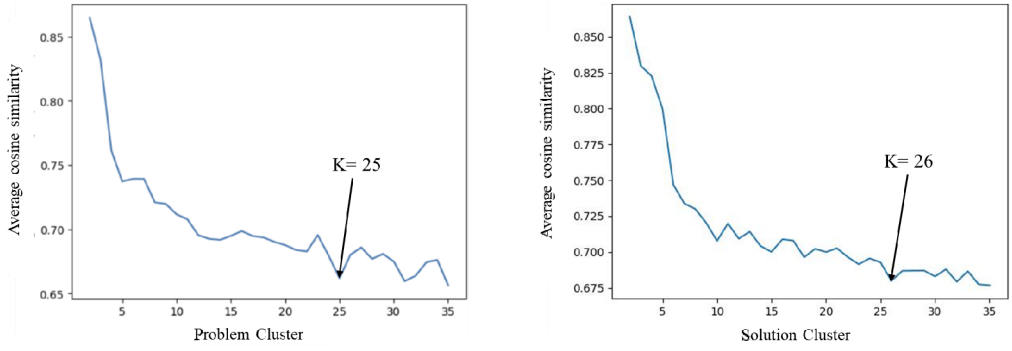
47) Robert Tibshirani et al., "Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic", *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, Vol.63 No.2(2001), pp. 411-423.

48) Syakur Muhammad Ali et al., "Integration k-means clustering method and elbow method for identification of the best customer profile cluster", *IOP conference series: materials science and engineering*, Vol.336(2018), 012017.

49) Amruta Purandare & Ted Pedersen, "Word sense discrimination by clustering contexts in vector and similarity spaces", Proceedings of the eighth conference on computational natural language learning (CoNLL-2004) at HLT-NAACL 2004, Association for Computational Linguistics, 2004, pp. 41-48.

호', '통신' 등 유사한 의미를 가진 Problem, Solution 요소가 과도하게 분산되어 영역을 기술 동향분석에 활용하는 데 어려움을 가지게 된다. 따라서, Problem, Solution 영역의 의미적 일관성을 유지하면서도 구분이 가능한 Problem 영역 수를 25개, Solution 영역 수를 26개로 지정하였다(그림4). 이를 토대로 K-Means 기법을 적용하여 Problem, Solution 요소 집합 내에 요소들을 그룹화해 Problem, Solution 영역을 구성하였다. 영역 별 요소들의 분포를 확인한 결과, 특정 Problem, Solution 영역에서 요소들이 과도하게 집중되어 있었다. 해당 영역에 포함된 요소들을 통해 영역의 특성을 명확히 설명하기 어려워 '기타' 영역으로 레이블링하였다. 다음으로, 나머지 Problem, Solution 영역들은 각 영역의 중심과 가까운 주요 Problem, Solution 요소를 바탕으로 영역의 명칭을 레이블링하였다(표 4, 5). 정의된 Problem, Solution 영역과 주요 요소들에 대한 상세한 설명은 <부록 2>, <부록 3>에서 확인할 수 있다. 예를 들어, Problem 1(데이터 저장 및 처리)은 '데이터 처리', '데이터 저장', '데이터 관리', '데이터 상태', '데이터 세트' 등의 Problem 요소를 포함하고 있어, 해당 Problem 영역을 설명할 수 있는 '데이터 저장 및 처리'로 정의하였다. 또한, Solution 3(메모리 컨트롤러 아키텍처)의 경우 '메모리 장치', '메모리 셀 스트링', '메모리 시스템', '저장 메모리부', '메모리 셀 블록' 등의 Solution 요소들로 구성되었다. 따라서, 이러한 요소들을 통해 해당 영역을 잘 설명할 수 있는 '메모리 컨트롤러 아키텍처'로 레이블링 하였다.

<그림4 Problem, Solution 영역 간 평균 코사인 유사도>



<표4 Problem 영역 레이블링>

영역 번호	Problem 영역	영역 번호	Problem 영역
1	데이터 저장 및 처리	14	메모리 구조 및 시스템
2	전압 제어	15	반도체 소자 설계
3	연산 처리 성능	16	신뢰성 검증
4	제어 장치 및 시스템	17	3차원 집적화
5	열 관리 및 발열 특성	18	반도체 관리 및 복구
6	동작 메커니즘	19	기타
7	스마트 디바이스	20	전력 소자 및 회로 설계
8	에너지 효율	21	전극 계면 소재
9	신호 통신 및 송수신	22	배터리 충전 및 관리
10	차량 주행 및 구동 시스템	23	계측 및 검출
11	전기적 저항 특성	24	영상 및 디스플레이 처리
12	배선 및 인터커넥트	25	전력 관리 및 변환
13	반도체 제조 공정	-	-

<표5 Solution 영역 레이블링>

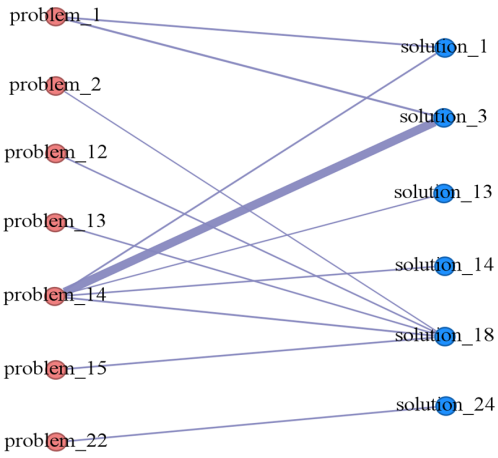
영역 번호	Solution 영역	영역 번호	Solution 영역
1	반도체 데이터 프로세싱	14	워드라인 메모리 액세스
2	전력 관리 시스템	15	반도체 제어 로직 설계
3	메모리 컨트롤러 아키텍처	16	통신 시스템
4	아날로그/디지털 신호처리 회로	17	회로 레이아웃 설계
5	에러 검출 및 복구 시스템	18	게이트 절연막 연결구조
6	금속 및 산화물	19	광센서 신호처리
7	임베디드 프로세서 설계	20	전극 구조 설계
8	반도체 패키지 구조설계	21	기타
9	유체 및 공압 공정	22	SoC 추정
10	전압 제어 및 레귤레이터	23	반도체 소자 다이 패키징
11	가스 분사 및 제어	24	배터리 충전 및 관리
12	구동 모터 제어	25	온도 감지 및 컨트롤러
13	영상처리 프레임 변환	26	물질 특성 분석 및 제어

3.4. Problem-Solution 네트워크 구성 및 포지셔닝 맵 형성

본 연구 단계에서는 Problem, Solution 영역을 이루고 있는 요소들의 동시 발생 빈도를 바탕으로 Problem-Solution 네트워크를 구축하고, 출원인과 요소 간의 대응 일치 분석을 통해 Problem, Solution 포지셔닝 맵을 구성한다. 먼저, 반도체 기술을 구성하는 기술적 문제와 요소기술 간 관계를 통해 Problem-Solution 네트워크를 구축한다. 특허에 포함된 Problem, Solution 요소가 속한 Problem, Solution 영역 간의 연결을 통해 링크를 생성함으로써 Problem-Solution 네트워크를 형성할 수 있다.

본 연구에서는 주된 Problem-Solution 관계를 파악하기 위하여 특허에 포함된 여러 Problem과 Solution 영역 중 가장 높은 빈도를 보이는 영역을 해당 특허의 대표 Problem-Solution 영역으로 정의하였다. 네트워크의 링크는 특허의 대표 Problem 영역과 Solution 영역을 연결하여 구성하였다. 링크의 가중치는 대표 Problem-Solution 영역 쌍이 포함된 특허의 개수를 의미하므로, 가중치가 높을수록 네트워크의 링크가 굵게 나타나며, 이는 기술개발 과정에서 특정 기술적 문제를 해결하기 위해 해당 요소기술이 활발히 활용되는 것을 의미한다. 수많은 Problem-Solution 관계 중 반도체 기술을 구성하는 주요 관계를 효과적으로 분석하기 위해, 네트워크의 가시성 및 해석의 용이성을 높이고자 네트워크 내 전체 링크 가중치 합의 1% 이상인 링크를 사용하였다. Python을 통해 계산된 링크의 가중치를 토대로 Gephi 프로그램을 활용하여 반도체 기술 Problem-Solution 네트워크를 구성하였다(그림 5). 이를 통해 반도체 기술을 구성하는 주요 기술적 문제와 해결방안 간의 관계를 확인할 수 있다. 또한 시간 경과에 따라 네트워크를 분석하여, Ⅳ. 분석 결과에서 반도체 기술을 구성하는 기술적 문제와 해결방안의 연계 양상을 통해 반도체 기술개발의 전반적인 주요 동향을 파악하였다.

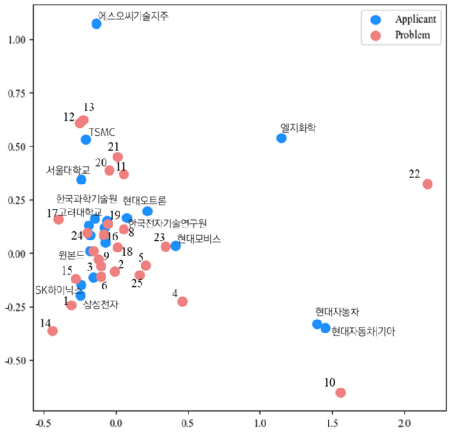
<그림5 Problem-Solution 네트워크>



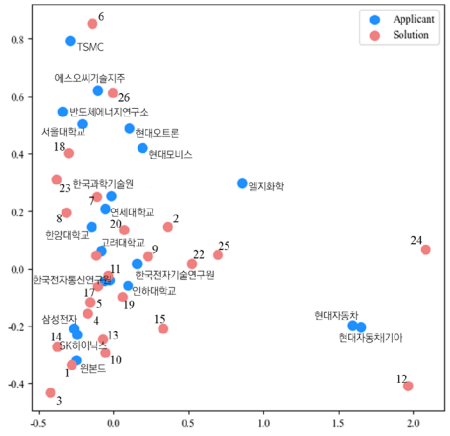
다음으로, 반도체 기술 관련 출원인의 기술 역량을 바탕으로 Problem, Solution 포지셔닝 맵을 구축한다. 국내 반도체 기술을 주도하는 출원인의 기술 동향은 Problem, Solution 포지셔닝 맵을 통해 파악할 수 있다. 출원인의 기술 역량은 특허 출원 건수와 더불어 특허의 Problem, Solution의 점유율을 통해 정의할 수 있다. 주요 출원인은 전체 출원인의 평균 특허 출원 수 78건 기준 2 표준편차 이상인 출원인으로 정의하였으며, 20기관으로 국내외 주요 반도체 기업, 대학 산학협력단이 포함되었다. 대응일치 분석은 범주형 데이터 간의 관계를 시각적으로 탐색하는 통계적 기법으로, 교차표를 기반으로 범주의 유사성과 차이를 공간에 배치하여 패턴이나 구조를 파악할 수 있다.[50] 주요 출원인이 보유한 Problem, Solution 영역을 통해 Python의 prince 라이브러리를 활용한 대응일치 분석을 수행하여 Problem, Solution 포지셔닝 맵을 구성한다(그림 6).

<그림6 Problem, Solution 포지셔닝 맵>

Problem 포지셔닝 맵



Solution 포지셔닝 맵



<그림6>에서 주요 출원인과 Problem, Solution이 근접하게 위치한 것은 출원인의 기술 역량을 바탕으로 해당 Problem, Solution 영역에 집중하고 있음을 나타낸다. 반대로, 출원인과

50) Michael J. Greenacre, "Correspondence analysis", *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, Vol.2 No.5(2010), pp. 613-619.

특정 기술 영역이 멀리 위치한 것은, 해당 출원인이 특정 Problem, Solution 영역에 대한 기술적 관심이나 전문성을 덜 기울이고 있음을 의미한다. 따라서 포지셔닝 맵의 출원인과 Problem, Solution 영역 간의 위치 관계를 종합적으로 분석하면 출원인의 협력 및 경쟁 현황을 파악할 수 있다. 또한, 반도체 기술의 포화, 공백 영역 분석을 통해 기술개발 방향성을 탐색할 수 있다.

4. 분석 결과

본 연구는 국내 반도체 특허를 통해 반도체 기술을 구성하는 기술적 문제와 해결방안을 파악하고 반도체 기술 동향을 분석했다. 분석 결과에서는 3장의 분석 절차를 통해 도출된 결과를 바탕으로 서론에서 제시한 연구 질문에 대한 해답을 도출하고자 한다.

4.1. RQ1: 반도체 기술에 내재된 기술적 문제와 해결방안은 어떻게 변화하는가?

해당 연구 질문은 클러스터링 알고리즘을 통해 분류된 Problem, Solution 영역을 통해 해결할 수 있다. 클러스터링 결과, 개별 특허는 다수의 Problem, Solution 영역에 속한 여러 Problem, Solution 요소들로 구성된다. 본 연구는 반도체 기술의 전반적인 동향을 파악하기 위해, 하나의 특허 내 중복으로 나타나는 Problem, Solution 영역들을 통합하여 분석하였다. 또한 반도체 기술은 지속적으로 관심을 받고 있는 분야로, 전체 분석 기간을 단위 구간으로 나누어 시간 경과에 따른 Problem, Solution 영역의 경향을 확인하였다. 이를 위해 반도체 산업의 현황을 고려하여 단위 구간은 4년으로 설정하고, 1구간은 2010년부터 2013년, 2구간은 2014년부터 2017년으로 구분하였다. 최근 동향을 반영하기 위해 마지막 3구간은 2018년부터 2022년까지 5년으로 설정하였다.

우선, 전체 분석 기간 동안 특허 출원 건수는 1구간 3,460건, 2구간 3,256건, 3구간 2,110건으로, 지속적으로 반도체 기술개발이 꾸준히 이루어졌다. 또한, Problem, Solution 영역별 특허 출원 경향을 분석하여 반도체 기술에 내재된 주요 기술적 문제와 해결방안의 동향을 파악하였다<표6, 7>. <표6>에 제시된 Problem 영역 중 상위 특허 수를 가진 Problem 14(메모리 구조 및 시스템), 8(에너지 효율), 4(제어 장치 및 시스템), 3(연산 처리 성능), 25(전력 관리 및 변환) 영역들은 반도체 기술의 주요 기술적 문제로 주목되어 왔다. 하지만, 이러한 주요 Problem 영역들을 포함하는 전반적인 Problem 영역에서 특허 등록이 감소하는 추세를 보였다. 특히 Problem 14(메모리 구조 및 시스템)와 15(반도체 소자 설계) 영역의 경우 최근 5년간 다른 영역들에 비해 특허 출원이 두드러지게 감소하였다. 이는 반도체 소자 설계나 메모리 구조 개선 관련 기본 아키텍처와 설계 기술이 성숙기에 접어들었음을 보여준다. 반면 Problem 4(제어 장치 및 성능)와 3(연산 처리 성능) 영역은 이전 구간들에 비해 감소하긴 하였으나, 최근 AI, 자율주행차 등 첨단산업의 수요 증가에 따라 해당 영역들의 해결 필요성이 부각되는 것을 반영한다.

<표6 Problem 영역별 특허 출원 현황>

영역 번호	영역 명칭	합계	1구간	2구간	3구간
14	메모리 구조 및 시스템	2764	1378	992	394
8	에너지 효율	1989	718	736	535
4	제어 장치 및 시스템	1846	684	680	482
3	연산 처리 성능	1659	635	587	437

25	전력 관리 및 변환	1563	611	537	415
	...				
15	반도체 소자 설계	1542	733	513	296
	...				
9	신호 통신 및 송수신	1435	462	532	441
1	데이터 저장 및 처리	1406	586	514	306
20	전력 소자 및 회로 설계	1405	521	518	366
	...				
2	전압 제어	1168	482	395	291
	...				
5	열 관리 및 발열 특성	664	218	246	200
17	3차원 집적화	355	126	109	120

<표7 Solution 영역별 특허 출원 현황>

영역 번호	영역 명칭	합계	1구간	2구간	3구간
3	메모리 컨트롤러 아키텍처	3080	1444	1106	530
15	반도체 제어 로직 설계	2468	817	954	697
9	유체 및 공압 공정	2206	774	821	611
17	회로 레이아웃 설계	2088	744	789	555
7	임베디드 프로세서 설계	2080	806	739	535
	...				
23	반도체 소자 다이 패키징	1918	896	635	387
	...				
14	워드라인 메모리 액세스	1470	649	520	301
	...				
1	반도체 데이터 프로세싱	1242	496	463	283
16	통신 시스템	1201	380	436	385
	...				
4	아날로그/디지털 신호처리 회로	1150	451	443	256
	...				
19	전력 관리 시스템	993	341	332	320
	...				
25	온도 감지 및 컨트롤러	398	108	151	139
5	에러 검출 및 복구 시스템	237	75	112	50

이와 더불어, <표6>의 Problem 영역에서 가장 많은 특허 수를 보이는 Problem 14(메모리 구조 및 시스템)와 Problem 1(데이터 저장 및 처리) 영역에 포함된 요소들을 통합적으로 살펴보면, 메모리 데이터의 신뢰성과 처리 효율성에 관한 기술적 문제들이 주로 제기되고 있다. 출원번호 '10-2010-0019023', '10-2015-0117396', '10-2020-0068063' 특허의 해결하려는 과제를 각각 살펴보면, 메모리 셀에서 발생하는 데이터 패턴 편중 현상, 데이터 접근 과정에서 발생할 수 있는 오류·신뢰성 저하 관련 문제 등 여러 기술적 문제가 나타난 것을 확인할 수 있다. 다음으로 Problem 25(전력 관리 및 변환), 2(전압 제어), 20(전력 소자 및 회로 설계)영역은 전력 반도체의 전력 효율성과 안정성 확보에 대한 기술적 문제를 포괄한다. 해당 문제들은 출원번호 '10-2015-0066961', '10-2019-0171305' 특허에서 전력 반도체의 스위칭 동작에서의 전

압 안정성 확보에 관한 핵심 문제로 제시되고 있다. 또한, Problem 4(제어 장치 및 시스템), 3(연산 처리 성능), 9(신호 통신 및 송수신) 영역들은 통합적으로 시스템 반도체에서 복합적인 제어와 고성능 연산을 구현하기 위한 기술적 문제를 포함한다. 출원번호 '10-2017-0097933', '10-2020-0033101', '10-2020-0036159' 특허들은 시스템 반도체의 고도화된 제어 및 처리 성능에 대한 다각적인 기술들을 보여준다. 해당 특허들은 지능형 조명 시스템에서 실시간 제어와 데이터 처리, 데이터 통신의 안정성 확보 그리고 메모리 시스템의 구조적 제약과 성능 간 균형 문제들을 다루고 있다.

<표7>에 제시된 Solution 영역 중 특허 수가 많은 Solution 3(메모리 컨트롤러 아키텍처), 15(반도체 제어 로직 설계), 9(유체 및 공압 공정), 17(회로 레이아웃 설계), 7(임베디드 프로세서 설계) 영역 등이 반도체 기술의 주요 해결방안으로 식별되었다. 마찬가지로 핵심 Solution 영역을 포함하여 전반적인 Solution 영역에서 특허 등록은 감소하는 양상을 보였다. 특히 Solution 3(메모리 컨트롤러 아키텍처), 23(반도체 소자 다이 패키징), 14(워드라인 메모리 액세스) 영역은 최근 들어 특허 출원이 크게 감소하였다. 이는 기존 반도체, 메모리 설계 및 아키텍처의 기술 관련 특허가 다수 출원되었고, 점진적 개선을 통해 기술이 고도화된 것을 반영한다. 반면, Solution 15(반도체 제어 로직 설계), 9(유체 및 공압 공정) 영역은 복잡해진 고성능·고효율 반도체 제조 공정에서 부각 되고 있으며, 최근까지도 꾸준한 특허 출원을 통해 높은 기술적 수요를 확인할 수 있다.

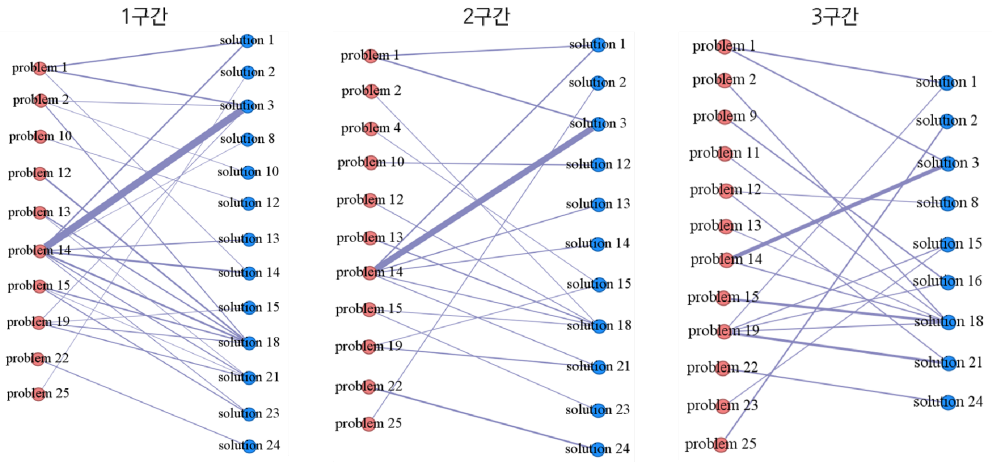
Problem을 해결하는 <표7>의 Solution 영역들을 통합적으로 살펴보면, 먼저 Solution 3(메모리 컨트롤러 아키텍처), 1(반도체 데이터 프로세싱), 14(워드라인 메모리 액세스) 영역은 메모리 구조 전반에서 발생하는 데이터 흐름 및 신호 전달 과정을 다루는 요소기술을 포함한다. 이들을 보유한 출원번호 '10-2011-0068922', '10-2014-0062356', '10-2017-0078437' 특허의 대표 청구항을 살펴보면, 워드라인 그룹별 차등 제어 및 선택적 소거, 에러 정정 코드의 선택적 암호화 그리고 액세스 패턴 기반의 데이터 관리를 통해 메모리의 신뢰성과 효율성을 높이는 해결방안이 제시되었다. 다음으로 Solution 2(전력 관리 시스템), 10(전압 제어 및 레귤레이터), 23(반도체 소자 다이 패키징) 영역은 전력 반도체에서 발생하는 전압 전류 변동을 제어하고, 반도체 칩을 보호·연결하는 다양한 해결방안들을 포함하고 있다. 출원번호 '10-2012-0030980', '10-2016-0077605', '10-2019-0152848' 특허들은 각각 전력 반도체 소자의 전압·전류 감지 및 보호 회로 구현, 소자 구조 최적화를 통한 전계 분포 제어, 과전류 감지 및 차단 기술을 제시하며, 전력 반도체의 안정성과 효율성이 향상되는 기술적 진보를 확인할 수 있다. 또한, Solution 15(반도체 제어 로직 설계), 7(임베디드 프로세서 설계), 4(아날로그/디지털 신호처리 회로), 16(통신 시스템) 영역은 시스템 반도체의 제어 정확성과 통신 효율성을 개선하는 요소기술들로 구성된다. 출원번호 '10-2018-0170068', '10-2019-0082019', '10-2020-0049343' 특허들은 실시간 신호처리를 지원하는 임베디드 제어 시스템, 다중 프로세서 기반 인터럽트 처리 기법, 무선 통신 기반의 스마트 제어 시스템 등을 다루며, 시스템 반도체의 제어 성능과 통신 효율성을 향상시키는 구체적인 방안을 포함한다.

4.2. RQ2: 반도체 기술을 구성하는 기술적 문제와 해결방안 사이의 주요 패턴은 무엇이고, 이는 시간에 따라 어떻게 변화하는가?

<그림7>과 같이 시간 경과에 따른 반도체 기술 Problem-Solution 네트워크를 분석하여, 반도체 기술을 구성하는 기술적 문제와 이를 해결하는 요소 사이의 주요 Problem-Solution 패턴과 변화 양상을 확인할 수 있다. 전체 네트워크 구간에서 Problem-Solution 관계가 집중적

으로 형성된 주요 링크를 통해 반도체 기술의 핵심 문제 해결 양상을 파악할 수 있다. Problem 14(메모리 구조 및 시스템)와 관련된 기술적 문제들은 Solution 3(메모리 컨트롤러 아키텍처)의 적용을 통해 지속적으로 해결되어 왔다. 이러한 관계를 포함하는 출원번호 '10-2012-0104939', '10-2015-7020581', '10-2019-0170005' 특허는 메모리 구조, 성능, 관리 측면에서의 기술적 한계를 극복하기 위해 효율적인 메모리 관리 기법과 최적화된 메모리 아키텍처 설계를 제시하여 기술 발전을 이루었다. 특히, 출원번호 '10-2015-7020581' 특허는 플래시 메모리 셀 프로그래밍 과정 중 전류 미러 회로에서 발생하는 바이어스 전류원의 가변성을 개선하는 방법과 장치를 다루며, 메모리 구조의 효율성과 신뢰성을 향상시키는 방법을 설명하고 있다.

<그림7 반도체 기술 Problem-Solution 네트워크>



전체 네트워크 구간 중 1, 2구간에서는 Problem 14(메모리 구조 및 시스템)와 Solution 3(메모리 컨트롤러 아키텍처) 간의 링크가 강하여, 메모리 시스템과 아키텍처 기술에 대한 높은 연관성을 나타낸다. 반면, 3구간으로 접어들면서 반도체 기술을 구성하는 기술적 문제와 해결방안의 연계가 다각화되는 형태를 보였다. 메모리 시스템과 아키텍처의 Problem-Solution 관계가 지속적으로 발전하는 가운데, Problem 15(반도체 소자 설계)와 Solution 18(게이트 절연막 연결구조)간의 연계성이 강화되었으며, 트랜지스터의 미세화 및 고성능화를 위한 게이트 및 절연 구조 관련 기술개발이 활발히 이루어지고 있다. 또한, Problem 9(신호 통신 및 송수신)와 Solution 16(통신 시스템)간의 관계가 새롭게 주목받고 있다. 이는 데이터 전송 시 신호 왜곡과 시간 변동 문제를 신호 무결성과 지터 제어 기술을 통해 통신 신뢰성을 확보하고 고속 신호 전송 효율이 향상되고 있는 것을 나타낸다. 이를 통해 과거 메모리 구조와 시스템 중심이었던 국내 반도체 기술이 소자의 미세화와 고집적화 기술, 그리고 통신 시스템 설계 등 다양한 영역으로 확장되고 있음을 보여준다.

나아가, 특정 기술적 문제와 연계된 여러 해결방안이 복합적으로 활용되어 문제 해결의 접근 방식이 다각화되는 양상도 파악할 수 있다. Problem 14는 Solution 3과의 주된 문제 해결 관계 외에도 Solution 1(반도체 데이터 프로세싱), 14(워드라인 메모리 액세스), 18(게이트 절연막 연결구조), 23(반도체 소자 다이 패키징) 등 여러 Solution 영역과 결합되었다. 출원번호 '10-2012-0041364' 특허는 메모리 칩의 구성(Solution 3)과 데이터의 흐름 제어 방식(Solution 1)을 통합적으로 활용한 메모리 칩의 테스트 효율성을 향상시키는 기술을 제시하고

있다. 그리고 출원번호 '10-2014-0002697' 특허는 메모리 셀 구성에서 트랜지스터의 구조 설계(Solution 3)와 트랜지스터의 전압 제어(Solution 23)를 결합하여 트랜지스터의 누설 전류를 감소시키고 데이터 보유 시간을 향상시키는 기술을 구현하고 있다. 하지만, 최근 들어서는 Problem 14(메모리 구조 및 시스템)와 여러 Solution 간의 복합적인 양상은 Solution 3(메모리 컨트롤러 아키텍처)과 18(게이트 절연막 연결구조)간의 관계로 집중되고 있다. 또한, Problem 15(반도체 소자 설계)는 Solution 18(게이트 절연막 연결구조)과 23(반도체 소자 다이 패키징)과 연결되었다. 특히 3구간에 들어서면서 Problem 15(반도체 소자 설계)와 Solution 18(게이트 절연막 연결구조)의 링크가 더욱 강해졌다. 이는 반도체 집적회로, 트랜지스터 성능 등 소자 설계 관련 다양한 이슈들을 해결하기 위해 미세공정이 심화됨에 따라 소자의 안정성을 확보하기 위한 게이트 절연막의 제어 기술 비중이 커진 것을 보여준다.

Solution 관점에서 특정 해결방안이 다양한 기술적 문제와 연계됨을 확인함으로써, 해당 해결방안의 다각적인 활용 양상을 파악할 수 있다. Solution 18(게이트 절연만 연결구조)은 Problem 2(전압 제어), 12(배선 및 인터커넥트), 15(반도체 소자 설계) 등 여러 Problem과 연결되었다. 출원번호 '10-2017-7037522' 특허는 커패시터의 절연막 구성 변경을 통해 메모리 셀의 높은 내압과 커패시터의 안정성을 개선하였다. 하지만, 3구간에서 Problem-Solution 관계를 살펴보면, Solution 18(게이트 절연만 연결구조)과 Problem 12(배선 및 인터커넥트)가 아닌 Problem 11(전기적 저항 특성)의 관계가 더 두드러지는 양상이 확인된다. 이는 최근 들어, 반도체 미세화로 인해 게이트 절연막의 상태가 트랜지스터의 전기적 저항 성능에 영향을 미치고, 누설 전류 억제와 임계 전압 안정화와 같은 기술적 문제와의 연계가 높아진 것을 반영한다.

4.3. RQ3: 반도체 기술을 선도하는 주체들의 협력적 경쟁 관계의 동향은 어떠한가?

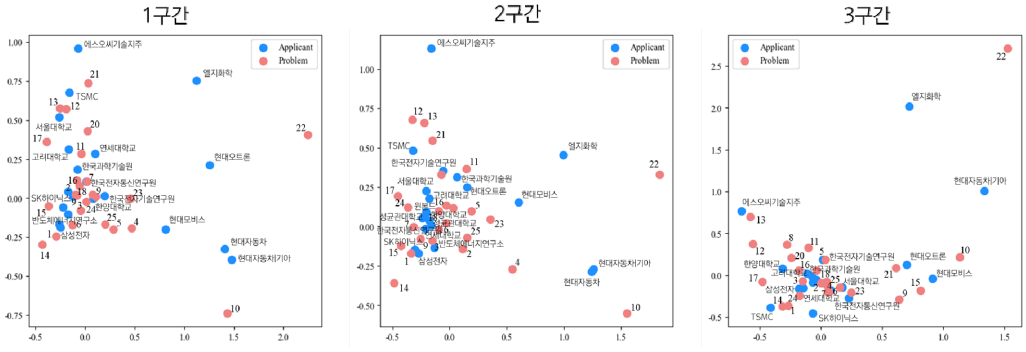
해당 연구 질문은 출원인이 보유한 Problem, Solution을 토대로 구성된 Problem, Solution 포지셔닝 맵을 해석함으로써 해답을 도출할 수 있다. <그림6>에 제시된 Problem 포지셔닝 맵은 반도체 기술을 선도하는 출원인들과 이들이 직면한 기술적 문제 간의 관계를 보여준다. 우선, 삼성전자와 SK하이닉스는 Problem 1(데이터 저장 및 처리), 6(동작 메커니즘), 15(반도체 소자 설계) 등 여러 Problem 영역에 집중하고 있다. 이를 통해 해당 기업들이 보유한 기술 역량을 바탕으로 데이터 프로세싱과 반도체 소자 등 반도체의 성능과 시스템 안정성 향상과 직결되는 기술적 문제에 주력하고 있는 것을 확인할 수 있다. 한편, 현대자동차와 기아는 Problem 10(차량 주행 및 구동 시스템)에 독립적으로 위치한다. 이는 다른 주체들과 차별화하여 차량 주행과 배터리 충전 시스템에 대한 기술적 제약사항을 해결하기 위한 기술개발을 수행하고 있음을 보여준다. 그리고 대학 산학협력단은 Problem 9(신호 통신 및 송수신), 16(신뢰성 검증), 18(반도체 관리 및 복구), 24(영상 및 디스플레이 처리)등 다양한 기술적 문제를 연구하며 여러 기업들과 근접한 위치에 자리하고 있다. 이는 반도체 산업 분야에서 제기되는 기술적 수요에 대응하기 위해 대학 산학협력단이 연구를 수행하고, 나아가 기업들과 협력적인 연구개발을 통해 이들이 직면한 기술적 문제를 함께 해결하는 것을 보여준다.

또한, <그림6>의 Solution 포지셔닝 맵은 반도체 기술을 선도하는 주요 주체들과 이들이 보유한 기술적 해결방안 간의 관계를 보여준다. Problem-Solution 포지셔닝 맵을 연계하여 살펴보면, 각 주체가 어느 영역에서 경쟁하고 협력하는 관계를 형성하고 있는지 파악할 수 있다. 삼성전자와 SK하이닉스는 Solution 4(아날로그/디지털 신호처리 회로), 5(에러 검출 및 복구 시스템), 13(영상처리 프레임 변환), 14(워드라인 메모리 액세스)등 메모리 반도체의 신뢰성 향

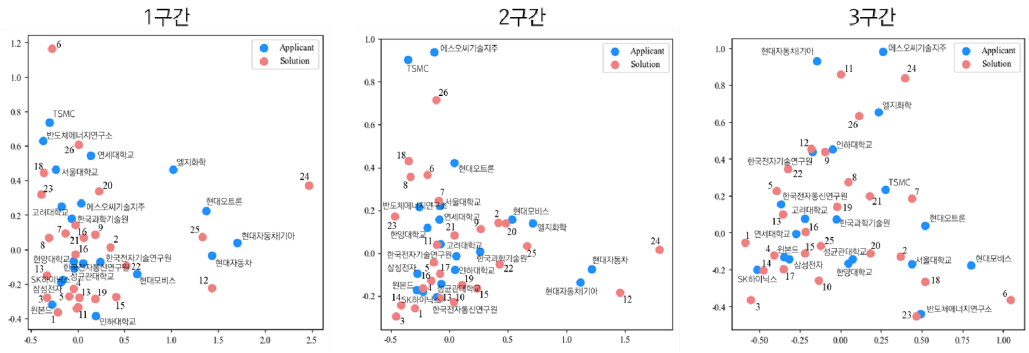
상과 성능 최적화를 위한 여러 Solution 영역에 집중하고 있다. 이는 두 주체가 메모리 반도체 분야에서 직면한 기술적 과제들을 해결하기 위해 다각적인 기술개발 전략을 구사하고 있는 것을 시사한다. 따라서, Problem-Solution 측면에서 두 주체는 경쟁 관계에 놓여 있으면서도, 유사한 기술적 문제에 대해 상호 보완적인 해결방안을 마련함으로써 반도체 산업 전반의 기술 혁신을 이끄는 협력적 경쟁 구도를 형성하고 있는 것을 확인할 수 있다. 한편, Solution 측면에서도 현대자동차와 기아는 Solution 12(구동 모터 제어), 24(배터리 충전 및 관리)에 독보적인 위치에 자리하고 있다. 이는 차량 구동 시스템 및 모터 제어와 배터리 충전에 관한 고유한 반도체 관련 기술 역량을 확보하고 있는 것을 반영한다. 따라서 두 주체는 자체 기술 역량을 바탕으로 차량 주행과 배터리 충전에 관련 문제를 해결함으로써 해당 산업 분야에서 차별화된 경쟁력을 확보하고 있는 것을 파악할 수 있다. 또한, 대학 산학협력단은 Solution 11(가스 분사 및 제어), 17(회로 레이아웃 설계), 19(광센서 신호처리) 등 다수의 Solution 영역과 밀접하게 위치한다. 해당 Solution은 반도체 제조 공정의 최적화와 품질 관리 등 산업 현장에서 요구되는 포괄적 기술들로 구성되어 있다. Problem-Solution 영역에서 기업과 근접한 위치에 있는 산학협력단은 특화된 기술 역량을 바탕으로 기업들의 다양한 기술적 문제를 해결하는 역할을 수행하고 있음을 확인할 수 있다.

<그림8>과 <그림9>의 구간 별 Problem, Solution 포지셔닝 맵을 분석하면, 시간 경과에 따라 각 주체의 관심 영역이 어떻게 이동하고 확장되었는지를 파악할 수 있다. 앞선 주요 주체들 이외에도 TSMC는 1,2 구간에서는 Problem 12(배선 및 인터커넥트), 13(반도체 제조 공정), 21(전극 계면 소재) 영역과 같은 파운드리 공정 혁신에 초점을 맞추었다. 하지만, 최근 3구간에서는 Problem 1(데이터 저장 및 처리), Problem 14(메모리 구조 및 시스템), Problem 24(영상 및 디스플레이 처리)등 메모리 및 디스플레이 관련 기술로 관심 영역을 확장하는 양상을 보인다. 한편, Solution 측면에서도 1, 2 구간에서는 Solution 26(물질 특성 분석 및 제어)에 집중하였지만, 최근 들어서는 Solution 7(임베디드 프로세스 설계), 8(반도체 패키지 구조설계) 등 고성능 패키징과 SoC 통합 기술로 역량을 확장하고 있다. 또한 현대오트론은 초기에 Solution 25(온도 감지 및 컨트롤러)에서 2구간 Solution 6(금속 및 산화물), 7(임베디드 프로세서 설계), 18(게이트 절연막 연결구조)를 거쳐, 최근 Solution 2(전력 관리 시스템) 등 차량용 반도체에 대한 기술 역량을 확장하고 있다.

<그림8 구간 별 Problem 포지셔닝 맵>



<그림9 구간 별 Solution 포지셔닝 맵>



5. 결론 및 추후 연구

본 연구는 특허의 Problem-Solution 기술 정보를 활용하여 국내 반도체 기술 동향을 분석하였다. 먼저, 특허 검색식을 통해 국내 등록된 반도체 특허를 수집하였으며, 특허명세서의 메타 데이터 특성을 기반으로 Problem, Solution을 정의하였다. 이후, 특허의 Problem, Solution으로부터 Problem, Solution 요소를 추출하고, 유사한 요소들을 군집화해 25개의 Problem 영역과 26개의 Solution 영역을 정의하였다. 마지막으로, Problem과 Solution 영역 간의 동시 출현 관계를 기반으로 반도체 기술 Problem-Solution 네트워크를 구성하였고, 대응일치 분석을 활용하여 Problem, Solution 포지셔닝 맵을 구축하였다. 분석 결과, 반도체 기술을 구성하는 주요 기술적 문제로 Problem 14(메모리 구조 및 시스템), 8(에너지 효율), 4(제어 장치 및 시스템), 3(연산 처리 성능)과 해결하는 방안으로는 Solution 3(메모리 컨트롤러 아키텍처), 15(반도체 제어 로직 설계), 9(유체 및 공압 공정), 17(회로 레이아웃 설계) 등을 식별하였다. 또한, 기술개발이 진행됨에 따라 발생하는 주요 기술적 문제와 해결방안의 패턴 및 변화 양상을 살펴보기 위해 Problem-Solution 네트워크의 가중치 변화를 확인하였다. 전체 1, 2구간에서 Problem 14(메모리 구조 및 시스템)과 Solution 3(메모리 컨트롤러 아키텍처) 간의 강한 연계성을 통해 메모리 시스템과 아키텍처 중심 기술개발이 활발하였다. 최근 3구간에서 Problem 15(반도체 소자 설계)와 Solution 18(게이트 절연막 연결 구조) 간의 관계가 강화되었으며, 여러 Problem-Solution 간의 관계가 확대되면서 기술적 초점이 다각화되는 양상을 보였다. 그리고 Problem, Solution 포지셔닝 맵을 활용하여 국내외 주요 반도체 기업과 산학협력단 등 반도체 기술개발 주체들과 Problem, Solution 간의 관계를 분석하여 반도체 기술의 포화·공백 영역을 식별하였다. 주요 기업인 삼성전자, SK하이닉스는 반도체 제조 공정, 현대차·기아는 차량용 반도체 등 주요 주체들이 특정 기술 영역에서 협력적 경쟁 관계를 형성하고 있음을 확인하였다. 또한. 대학 산학협력단은 Problem 9(신호 통신), 24(영상 및 디스플레이 처리) 등 여러 기술적 수요에 대응하기 위해 Solution 17(회로 레이아웃 설계), 19(광센서 신호처리) 등 반도체 제조 공정에서 요구되는 기술을 활용해 기업들과 협력적 연구개발을 수행하는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 학술적 관점에서 대규모 언어모델을 활용해 연구자가 반도체 분야 특허의 요소기술을 목적에 맞게 효과적으로 식별하여 기술 동향을 분석하였다. 대규모 언어모델을 통해 추출한 요소기술은 기술 간의 연계성과 의미를 고려할 수 있어, 기술 맥락을 반영한 요소기술을 기반으로 구체적인 기술 동향 분석 결과를 제공한다. 또한, 연구 결과의 활용 측면에서 본 연구는 특허 명세서의 항목별 기재 내용을 Problem-Solution 구조로 정리하여 기술 동향을 분석하였

다. 반도체 분야에서 빈번하게 등장하는 기술적 문제점과 해결방안을 체계적으로 비교할 수 있으며, 시간 경과에 따른 문제 해결 패턴을 식별하였다. 이를 통해 반도체 분야에서 부상하고 있는 기술을 조기에 파악하여, 기존 기업이 보유한 기술을 지식 재산 관리를 위한 의사 결정 정보로 활용할 수 있다. 마지막으로, 반도체 분야의 주요 출원인과 기술 개발 요소의 관계를 통한 반도체 산업 내 기술 포화·공백 영역을 통해 의사 결정자에게 적합한 기술 파트너를 선정하는 데 유용한 인사이트를 제공한다.

본 연구의 분석 방법론과 결과를 고려할 때, 각 측면에서 개선이 필요한 부분이 존재한다. 우선, 분석 방법론 측면에서 본 연구는 반도체 기술 관련 키워드를 포함한 특허 검색식을 활용하여 국내 반도체 특허를 수집하고 기술 동향을 분석하였다. 하지만, 특허 검색식은 키워드에 따라 분석 대상이 일부 특허에 국한될 가능성이 있으며, 검색식의 타당성에 대한 정량적인 평가하는 데에도 한계가 존재하였다. 따라서, 향후 연구에서는 보다 포괄적인 데이터 수집 방안을 마련하고, 특허 검색식에 대한 검증하는 과정이 필요하다. 또한, 본 연구는 Problem, Soltuion 요소를 추출하기 위해 'GPT-4o_mini'를 활용하였다. LLM의 특성상 동일한 프롬프트를 적용하더라도 'GPT-4o', 'Claude' 등 모델의 종류에 따라 상이한 결과가 도출된다. 추후 연구에서는 여러 모델에 걸쳐 결과의 재현성을 확보하기 위해 프롬프트 설계 고도화와 모델 튜닝을 고려할 필요가 있다.

기술 동향 결과 측면에서, 본 연구는 Problem-Solution 구조를 통해 반도체 기술 동향에서 주로 나타나는 문제 해결 패턴을 분석하고, 기술 발전 과정에서 문제와 해결방안 유형의 변화를 파악하였다. 다만, 반도체 기술은 여러 요소기술들이 결합되어 발전하므로 단일한 문제 해결 방식으로 설명되기 어렵다. 따라서, 추후 연구에서는 Problem 간의 상호 연관성과 Solution 간의 관계를 추가적으로 분석하여 보다 심층적인 기술 동향 결과를 제공할 수 있다. 그리고, 본 연구는 Problem, Solution 포지셔닝 맵의 시각화 자료를 중심으로 정성적 해석에 초점을 맞추었으나, 추후 연구에는 출원인별 점유율, 특허 인용 등과 같은 정량적 데이터를 추가적으로 반영한다면 보다 객관적인 분석을 수행할 수 있을 것이다. 마지막으로, 반도체 기술은 국내뿐만 아니라 세계적으로 관심을 받고 중요한 기술이므로, 추후 연구에서는 USPTO, JPO 등 여러 국가에 등록된 특허를 포함해 이들의 공통 메타 데이터를 활용하여 분석할 필요가 있다. 또한 특허 이외에도 논문, 기술 보고서 등 다양한 데이터를 활용한다면, 글로벌 기술 경향을 반영하여 기술 동향에 대해 더욱 풍부한 결과를 제시할 것으로 보인다.

참고문헌

학술지(국내 및 동양)

김현경 외 2인, "BERTopic을 활용한 텍스트마이닝 기반 인공지능 반도체 기술 및 연구동향 분석", 「Journal of Information Technology Applications & Management」, 제31권 제1호(2024).

이승현 외 5인, "특허의 Problem-Solution 정보를 활용한 대규모 언어모델 기반 R&D 솔루션 분석 방법", 「지식재산연구」, 제19권 제3호(2024).

이지호 외 4인, "특허의 Problem-Solution 텍스트 마이닝을 활용한 기술경쟁정보 분석 방법", 「지식재산연구」, 제13권 제3호(2018).

정재민 외 2인, "비즈니스 기회 발굴을 위한 문제-해결방법 기반의 특허분석 방법", 「지식재산연구」, 제15권 제2호(2020).

학술지(서양)

Chad P. Bown, "How the United States marched the semiconductor industry into its trade war with China", *East Asian Economic Review*, Vol.24 No.4(2020).

Chao Yang et al., "Requirement-oriented core technological components' identification based on SAO analysis", *Scientometrics*, Vol.112(2017).

Flavia Filippin, "Do main paths reflect technological trajectories? Applying main path analysis to the semiconductor manufacturing industry", *Scientometrics*, Vol.126 No.8(2021).

Hyunseok Park et al., "Identification of promising patents for technology transfers using TRIZ evolution trends", *Expert Systems with Applications*, Vol.40 No.2(2013).

Jaewoong Choi & Byungju Lee, "Accelerating materials language processing with large language models", *Communications Materials*, Vol.5(2024).

Janghyeok Yoon et al., "Identifying technological competition trends for R&D planning using dyna mic patent maps: SAO-based content analysis", *Scientometrics*, Vol.94(2013).

Jongho Lee & Keun Lee, "Is the fourth industrial revolution a continuation of the third industrial revolution or something new under the sun? Analyzing technological regimes using US patent data", *Industrial and Corporate Change*, Vol.30 No.1(2021).

Lisa Larrimore Ouellette, "Do patents disclose useful information", *Harvard Journal of Law & Techn ology*, Vol.25 No.2(2012).

Martin G Moehrle et al., "Patent-based inventor profiles as a basis for human resource decisions in research and development", *R&d Management*, Vol.35 No.5(2005).

Mary Ellen Mogee, "Using patent data for technology analysis and planning", *Research-Technolog y Management*, Vol.34 No.4(1991).

Md. Atikur Rahman, "A review on semiconductors including applications and temperature effects in semiconductors", *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, Vol.7 No.1(2014).

Michael J. Greenacre, "Correspondence analysis", *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, Vol.2 No.5(2010).

Michele Fabiano & Gianluca Furano, "NAND flash storage technology for mission-critical space applications", *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, Vol.28 No.9(2013).

Ming-Yeu Wang et al., "Identifying technology trends for R&D planning using TRIZ and text mining", *R&d Management*, Vol.40 No.5(2010).

Nayem Hossain et al., "Advances and significances of nanoparticles in semiconductor applications -A review", *Results in Engineering*, Vol.19(2023).

Oleg Ena et al., "A methodology for technology trend monitoring: the case of semantic technologie

s", *Scientometrics*, Vol.108(2016).

Onur Mutlu et al., "Processing data where it makes sense: Enabling in-memory computation", *Microprocessors and Microsystems*, Vol.67(2019).

Peter D. Turney & Patrick Pantel, "From frequency to meaning: Vector space models of semantics", *Journal of Artificial Intelligence Research*, Vol.37(2010).

Prashis Raghuwanshi, "Revolutionizing semiconductor design and manufacturing with AI", *Journal of Knowledge Learning and Science Technology*, Vol.3 No.3(2024).

Qiao Jin et al., "Genegpt: augmenting large language models with domain tools for improved access to biomedical information", *Bioinformatics*, Vol.40 No.2(2024).

Rebecca Henderson & Kim Clark, "Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms", *Administrative science quarterly*, Vol.35 No.1(1990).

Robert Tibshirani et al., "Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic", *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, Vol.63 No.2(2001).

Sungchul Choi et al., "An SAO-based text mining approach to building a technology tree for technology planning", *Expert Systems with Applications*, Vol.39 No.13(2012).

Sunhye Kim & Byungun Yoon, "Patent infringement analysis using a text mining technique based on SAO structure", *Computers in Industry*, Vol.125(2021).

Syakur, Muhammad Ali et al., "Integration k-means clustering method and elbow method for identification of the best customer profile cluster", *IOP conference series: materials science and engineering*, Vol.336(2018).

Vadiraj KT & S.L. Belagali, "Characterization of polyaniline for optical and electrical properties", *IOSR Journal of Applied Chemistry*, Vol.8 No.1(2015).

W. Brian Arthur, "The structure of invention", *Research policy*, Vol.36 No.2(2007).

Wouter Boon & Jakob Edler, "Demand, challenges, and innovation. Making sense of new trends in innovation policy", *Science and Public Policy*, Vol.45 No.4(2018).

연구보고서

이근 외 3인, "23년 반도체 분야 산업현황 및 경쟁력 분석", (사)경제추격연구소, 2023.

기타 자료

Amruta Purandare & Ted Pedersen, "Word sense discrimination by clustering contexts in vector and similarity spaces", Proceedings of the eighth conference on computational natural language learning (CoNLL-2004) at HLT-NAACL 2004, Association for Computational Linguistics, 2004.

Anthony Trippe, "Guidelines for preparing patent landscape reports", WIPO, 2015.

Chien Che Chiu & Hsin-Ning Su, "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, 2014.

Hongshin Jun et al., "Hbm (high bandwidth memory) dram technology and architecture", 2017 IEEE International Memory Workshop (IMW), 2017.

K. A Abdul Nazeer & M. P. Sebastian, "Improving the Accuracy and Efficiency of the k-means Clustering Algorithm", Proceedings of the world congress on engineering, Vol. 1. London, UK: Association of Engineers, 2009.

Kosuke Watahiki et al., "Technology Trends and Characteristics of Patent Information Disclosure in Advanced Semiconductor Photoresist", 2022 International Symposium on Semiconductor Manufacturing (ISSM), 2022.

Ondrej Burkacky et al., “The semiconductor decade: A trillion-dollar industry”, McKinsey & Company, 2022.

Svetlana Sheremetyeva, “Natural language analysis of patent claims”, Proceedings of the ACL-2003 workshop on Patent corpus processing, 2003.

Yebin Lee et al., “Partial row activation for low-power dram system”, 2017 IEEE International Symposium on High Performance Computer Architecture (HPCA), 2017.

부록

부록 1. 반도체 관련 특허 검색식

특허 검색식
(DRAM OR (Dynamic NEAR1 Random NEAR1 Access NEAR1 Memory) OR (동적 NEAR1 랜덤 NEAR1 액세스 NEAR1 메모리) OR (동적 NEAR1 램) OR (Memory NEAR1 cell) OR (메모리 NEAR1 셀) OR DDR OR GDDR (High NEAR1 Bandwidth NEAR1 Memory) OR (고 NEAR1 대역폭 NEAR1 메모리) OR (고 NEAR1 대역 NEAR1 메모리) OR HBM OR (3D NEAR1 stack*) OR (3차원 NEAR1 적층) OR (3D NEAR1 적층) OR(Through NEAR1 Silicon NEAR1 Via) OR (실리콘 NEAR1 관통 NEAR1 전극) OR TSV OR (Memory NEAR1 bandwidth) OR (메모리 NEAR1 대역폭) (NAND NEAR1 flash) OR (낸드 NEAR1 플래시) OR (Flash NEAR1 memory) OR (플래시 NEAR1 메모리) OR (NAND NEAR1 cell) OR (낸드 NEAR1 셀) OR (Non NEAR1 volatile NEAR1 memory) OR (비 NEAR1 휘발성 NEAR1 메모리) OR (SSD) OR (솔리드 NEAR1 스테이트 NEAR1 드라이브) OR (NAND NEAR1 gate) OR (NAND NEAR1 게이트) OR (낸드 NEAR1 게이트) OR (Floating NEAR1 gate) OR (플로팅 NEAR1 게이트) OR (Charge NEAR1 trap) OR (전하 NEAR1 트랩) (System NEAR1 semiconductor) or (시스템 NEAR1 반도체) OR (Non NEAR1 memory NEAR1 semiconductor) or (비 NEAR1 휘발성 NEAR1 반도체) OR FinFET OR 핀펫 OR ((Power OR 파워 OR Analog OR 아날로그 OR Sensor OR 센서) NEAR1 (semiconductor or 반도체)) OR MPU OR MCU OR (System NEAR1 on NEAR1 chip) OR SoC OR (시스템 NEAR1 온 NEAR1 칩) OR (Logic NEAR1 chip) OR (로직 NEAR1 칩) OR (Logic NEAR1 IC) OR (로직 NEAR1 IC)) AND @RD<=20221231 AND @RD>=20100101

부록 2. Problem 영역 및 주요 Problem 요소

영역 번호	Problem 영역	주요 Problem 요소
1	데이터 저장 및 처리	데이터 처리, 데이터 저장, 데이터 관리, 데이터 상태, 데이터 세트, ...
2	전압 제어	전압 제어, 전압 생성, 동작 전압, 전압 레귤레이터, 드레인 전압, ...
3	연산 처리 성능	연산량, 연산 시간, 연산 증폭기, 프로그램 속도, 병렬 처리, ...
4	제어 장치 및 시스템	제어 장치, 제어 회로, 제어 기능, 제어 시스템, 제어 로직, ...
5	열 관리 및 발열 특성	열 방출, 열 관리, 열화 상태, 열 에너지, 발열 특성, ...
6	동작 메커니즘	동작 범위, 동작 속도, 동작 방식, 동작 조건, 동작 상태, ...
7	스마트 디바이스	인터페이스 장치, 전자 장치, iot 장치, 정보 통신 기기, 모바일 장치, ...
8	에너지 효율	에너지원, 에너지 효율, 연료전지, 수소, 바이오, ...
9	신호 통신 및 송수신	신호 통신, 신호 전송, 신호 송수신, 신호 처리 회로, 신호 제어, ...
10	차량 주행 및 구동 시스템	차량 운행, 차량 주행, 차량 성능, 구동 방법, 구동 특성, ...
11	전기적 저항 특성	내부 저항, 절연 저항, 가변 저항체, 저항 변화, 저항 상태, ...
12	배선 및 인터커넥트	배선, 배선 구조, 배선 길이, 금속 배선, 중간 배선층, ...
13	반도체 제조 공정	제조 공정, 제조 프로세스, 공정 단계, 생산 공정, 미세 가공, ...
14	메모리 구조 및 시스템	메모리 장치, 메모리 시스템, 메모리 부, 메모리 디바이스, 메모리 셀 스트링, ...
15	반도체 소자 설계	반도체 소자, 반도체 집적 회로, 반도체 칩, 트랜지스터 특성, 트랜지스터 성능, ...
16	신뢰성 검증	불량 문제, 오작동 가능성, 오동작 방지, 에러 발생, 불량률, ...
17	3차원 집적화	3차원 적층체, 3차원 집적 회로, 3차원 프린팅, 3차원 메모리, 3d 구조물, ...
18	반도체 관리 및 복구	유지보수 효율성, 리페어 기술, 복원 기술, 복구 기술, 복원 장치, ...
19	기타(워드라인 구동)	워드라인, 선택 게이트, 샘플링, 에지 워드라인, 표적 soc, ...
20	전력 소자 및 회로 설계	소스/드레인 영역, 기생 커패시턴스, 대전류, 전계효과, 인덕터, ...
21	전극 계면 소재	절연층 형성, 전극 소재, 전극 활물질, 양극활물질, 실리콘 관통 전극, ...
22	배터리 충전 및 관리	배터리 충전 장치, 배터리 충전 상태, 배터리 전압, 배터리 용량, 배터리 잔존수명, ...
23	계측 및 검출	측정 장치, 측정 시스템, 검출 장치, 측정 결과, 검출 기능, ...
24	영상 및 디스플레이 처리	영상 신호, 영상 처리 장치, 이미지 처리, 영상정보, 고해상도 영상, ...
25	전력 관리 및 변환	전력 생산, 전력 변환, 전력 공급 시스템, 전력 저장 장치, 전력 출력, ...

부록 3. Solution 영역 및 주요 Solution 요소

영역 번호	Solution 영역	주요 Solution 요소
1	반도체 데이터 프로세싱	데이터 필드, 데이터 제공, 데이터 셋, 데이터 프레임, 데이터 수집부, ...
2	전력 관리 시스템	전력 관리 장치, 전력 공급 제어, 전력 소자, 전원 공급부, 전력 제어 회로, ...
3	메모리 컨트롤러 아키텍처	메모리 장치, 메모리 셀 스트링, 메모리 시스템, 저장 메모리부, 메모리 셀 블록, ...
4	아날로그/디지털 신호처리 회로	신호 출력, 신호 생성, 신호 전달, 컬럼 신호, 신호 송출, ...
5	에러 검출 및 복구 시스템	에러 체크, 오류 검출부, 에러 오류 정보, 오류 감지, 에러 비트, ...
6	금속 및 산화물	금속 산화물층, 금속층, 산화물막, 금속 실리사이드층, 전도성 금속, ...
7	임베디드 프로세서 설계	엠씨유, 메인 mcu, 부트로더, 레지스터, i2c, ...
8	반도체 패키지 구조설계	핀 구조, TSV구조, 리드 프레임, 와이어 본딩, 관통 비아, ...
9	유체 및 공압 공정	밸브, 펌프, 탱크, 호스, 유로, ...
10	전압 제어 및 레귤레이터	전압 제어, 전압 발생기, 전압 출력, 전압 제공부, 전압 레귤레이터, ...
11	가스 분사 및 제어	프로세스 가스, 처리 가스, 배기 가스, 가스 배출관, 흡입압, ...
12	구동 모터 제어	구동 모터, 구동 드라이버, 구동 수단, 구동 토크, 회전 구동부, ...
13	영상처리 프레임 변환	입력 영상, 영상 정보, 영상처리부, 영상 압축, 영상 프레임, ...
14	워드라인 메모리 액세스	워드라인, 선택 워드라인, 독출 워드라인, 워드선 구동 회로, 워드라인 디코더, ...
15	반도체 제어 로직 설계	제어로직, 제어 회로부, 제어 장치, 제어 기능, 제어 유닛, ...
16	통신 시스템	통신 모듈, 통신 네트워크, 통신 포트, 통신 프로토콜, 통신 연결, ...
17	회로 레이아웃 설계	출력 회로, 입력 회로, 기입 회로, 입출력 회로, 출력 제어부, ...
18	게이트 절연막 연결구조	게이트 절연층, 게이트 전극막, 더미 게이트 전극, 게이트 전극층, 게이트 절연막, ...
19	광센서 신호처리	광센서, 광센서 어레이, 광학신호, 수광센서, 가시광 신호, ...
20	전극 구조 설계	전극, 관통 전극, 드레인 전극, 플로팅 전극, 전극스택, ...
21	기타(상태 모니터링)	잔여 수명, 지연 시간, 거리 정보, 지연량, 측정 채널, ...
22	SoC 추정	soc 추정부, soc 추정, soc 결정 방법, soc 차이값, soc 임계 백분율, ...
23	반도체 소자 다이 패키징	반도체 장치, 반도체 전극, 반도체 층, 반도체 채널층, 반도체 소자, ...
24	배터리 충전 및 관리	배터리 충전 상태, 배터리 충전량, 배터리 전류, 배터리 충전부, 배터리 관리 장치, ...
25	온도 감지 및 컨트롤러	온도값, 온도 제어, 온도 조절, 온도 감지, 온도 측정, ...
26	물질 특성 분석 및 제어	경화성 조성물, 도전성 물질층, 도전형 불순물, 분극성 재료, 촉매, ...