

博士論文

特許における情報開示の適正評価手法に関する研究
- 先端半導体材料分野を主体として -
(Appropriate Evaluation Methodology of
Information Disclosure in Patents
- Focus on Advanced Semiconductor
Materials Field -)

2025 年 3 月

綿引 康介

山口大学大学院創成科学研究科

要旨

特許は企業の技術情報を知るための重要かつ有効な手段であり、近年では IP ランドスケープや知財投資・活用の情報開示義務化が進展していることから、その重要性は増している。しかし、特許法第 1 条の趣旨である「特許制度は、新しい技術を公開した者に対し、その代償として一定の期間、一定の条件の下に特許権という独占的な権利を付与し、他方、第三者に対してはこの公開された発明を利用する機会を与える」とあるように、特許の「公開」は「権利」の代償であり、出願時には情報公開のリスクと取得可能な独占的権利の範囲を適切に判断する必要がある。この課題を解決するためには、過去の特許出願の結果から適切な判断基準を見出す必要がある。従来の研究は特許価値の評価において、引用・被引用数やファミリー数、請求項の数、特許分類数などによる「公開された発明を利用する機会を与えられた第三者側」の視点による特許価値評価手法が主な研究対象となっており、特許明細書と請求項の記載情報の関係性については十分な検討がなされていない。

本研究では、「新しい技術を公開した特許権者側」の視点に立って、特許の情報開示特性（量と質）の特許の公開による情報開示量のリスクと登録特許の権利範囲の均衡の究明を目的とした。特許は業界によって記載の特徴が異なる。本研究では、研究領域として日本企業が競争優位にある「先端半導体用フォトレジスト分野」の日本特許を選定した。この分野は、日本の特許が「発明が解決しようとする課題」や「発明の効果」などが明細書に整備されていることから、特許の記載の特徴を捉える上で適している。そして、①自社が利用できる権利範囲、②他社へ有効な情報を与えない範囲、の 2 点を満足させるため、明細書や特許の付与情報に基づく情報開示の特性とその評価方法を探求することを目指した。

本論文は五つの章から構成される。

第 1 章では、研究の背景として知的財産権の現状と課題を整理し、特許に関連する情報を明確にした上で、本研究のリサーチクエッションを設定した。また、先行研究のレビューを行い、本研究の独自性を示した。

第 2 章では、先端半導体用フォトレジストの技術変遷と市場の関係性を踏まえ、研究

の背景を詳細に述べるとともに、本研究で使⽤した特許検索式を示した。日本独自の特許分類を活⽤し、露光光源波長別の累積出願件数の分析と売上高・出願件数の移動平均の相関分析を行い、特許から技術変遷に関連する情報が得られることおよび研究開発投資と収益回収の傾向を確認した。以上から、先端半導体用フォトレジストを研究領域としたことの妥当性を確認した。

第 3 章では、「⾃社が利⽤できる権利範囲」の前提となるリーガルステータス（特許出願や特許権の法的状態）がアクティブ（出願・権利存続中の状態）かつ登録特許であることが他の審査状況との開示情報に差異を有するかの解析を行った。特許審査過程の状況と特許開示情報とを比較検証し、審査過程ごとの特許の被引用数の散布図を作成することで先端半導体用フォトレジスト分野における登録特許の重要性を明確化した。さらに、自然言語処理技術を用い、特許明細書の要約に記載されている課題を分析し、各審査過程における情報開示特性を確認した。また、登録特許によって「商品開発力」である発明が保護されている⼅方、権利化したい有用な技術であること、独占権の代償としての公開によって開示された情報が他社に利⽤されたことで被引用件数が増加していることを考察した。

第 4 章では、「他社へ有効な情報を与えない範囲」であるために必要な事象を知ingことを目的とし、現在の企業の開示状況の解析を行った。主要企業一社に対し、ベンチマークとして競合他社との特許の情報開示特性を解析し、特に、特許請求項の文字数や共起ネットワークグラフ分析等を用いた特許公開によるリスクを低減する手法を検討した。具体的には、主要企業一社を軸とし特許の被引用特許が出願された時期を移動平均の相関係数の確認、特許請求項の文字数の箱ひげ図を用いた年次推移と特許群の明細書の特徴性の抽出、請求項の画像データの解析を行った。結果として、先端半導体用フォトレジスト分野では被引用特許が出願される時期の考慮から、当該特許の拒絶理由通知時に関連する特許調査により有効な権利範囲での権利化を進めることが判明し、当該特許公開による情報開示のリスクを減らせる可能性を見出した。また、特許明細書の特定部分に集中している情報が公開されるリスクが高いことを確認し、先端半導体用フォトレジスト分野では化学組成に関連する図面が特に重要であることを見出した。

最後に第 5 章では、第 2 章から第 4 章までの結果を総括し、本研究の目的に対する結論として、当該分野における情報開示の特性として、特許の請求項や明細書全体における重複部を除いた記載箇所や図面といった特定の部分に情報開示リスクが存在して

いることを明らかにした。また、被引用特許が出願される時期から特許の拒絶理由通知時に本願出願後における関連する特許調査により、公開によるリスクにあった自社が利用できる権利範囲を適切に確保できる可能性を示した。

以上をもとに、本研究の成果を以下に総括する。

本研究で研究領域として選択した、日本が産業的競争優位にある先端半導体用フォトレジスト分野における「特許」について、

- ① 自社が利用できる権利範囲、
- ② 他社へ有効な情報を与えない範囲、

の2点を満足させるために、特許の明細書や付与情報による情報開示特性（量と質）とは、請求項や明細書の全体ではなく特定の部分に存在しており、化学組成の原料を示す図面にあることを見出した。それを評価する手法となる指標は、先端半導体用フォトレジスト分野で被引用特許が出願されている時期を考慮するとまだ本特許（当該対象となる特許）と紐づけられていない状況となるため（通常）、本特許の拒絶理由通知時に自社出願よりも後に公開された関連する特許を調査することになり、それによって自社が利用できる権利範囲にもっていくことが可能であると結論づける。また、図面に情報があることで請求項のテキストマイニングから技術情報を読み取られるリスクが軽減されると結論づける。

以上の成果により、本研究は当該分野における特許公開と権利取得範囲の均衡に関する新たな視点を与えるものであり、企業の知財戦略における実践的応用にも貢献することができることから、日本の先端半導体材料の競争力確保に向けて、その情報開示特性を明示する有益な成果となる。

目次

第1章 序論	8
1.1 研究背景	8
1.1.1 知的財産権	8
1.1.2 知的財産権の分析	10
1.1.3 企業等における特許権の利用状況	13
1.1.4 公開情報と権利のバランス	14
1.2 特許に付随する情報について	14
1.2.1 特許出願の様式（日本における）	15
1.2.2 新規性と進歩性	17
1.2.3 引用と被引用	17
1.2.4 特許分類	18
1.2.5 特許権	22
1.2.6 外国出願とファミリー	23
1.3 リサーチクエッション	24
1.4 先行研究	24
1.4.1 特許と技術に関する研究	24
1.4.2 特許の質に関する研究	25
1.4.3 特許の明細書や請求項に関する研究	28
1.4.4 先行研究と本研究	30
1.5 研究方針	30
1.6 論文構成	31
第2章 先端半導体用フォトレジストの開発と特許/非特許文献の関係	32
2.1 先端半導体と半導体材料分野	32
2.1.1 日本の半導体と半導体部素材	32
2.1.2 半導体製造工程	34
2.1.3 半導体の歴史	38
2.1.4 主要学会	41
2.2 フォトレジスト	44
2.2.1 露光光源波長による材料変化の歴史	44

2.2.2 国内主要企業	50
2.2.3 ハーフインダール・ハーシュマン指数.....	51
2.3 先端半導体用フォトレジストの特許.....	53
2.3.1 特許検索式.....	53
2.3.2 先端半導体用フォトレジストの露光光源波長推移	58
2.3.3 後工程材料関連特許との関係性	61
2.3.4 特許出願件数と市場の相関	63
2.3.5 サプライチェーンのフォトレジスト特許動向	66
2.4 結言	67
第 3 章 特許の審査状況から読み取れる情報	69
3.1 特許の審査状況と被引用件数の関係性	69
3.2 特許の審査状況と情報開示の関係性.....	70
3.2.1 自然言語処理と BERT	71
3.2.2 特許の審査状況ごとに切り分けた特許明細書の要約を用いた BERT の文書 分類モデル.....	73
3.2.3 文書分類モデル結果の考察	79
3.3 BOL-PM でのベンチマーク	85
3.4 結言	88
第 4 章 特許の請求項と明細書の情報開示特性	89
4.1 ベンチマーク	89
4.2 主要企業 5 社と被引用の関係性	92
4.3 特許請求項の情報開示特性.....	96
4.3.1 特許請求項の記載量.....	96
4.3.2 特許請求項の記載内容	99
4.3.3 特許明細書の図面の情報量	101
4.3.4 特許請求項の図面情報	106
4.4 結言	108
第 5 章 結論	110
謝辞.....	114
参考文献.....	116

研究業績.....	128
-----------	-----

第1章 序論

1.1 研究背景

本研究は、発明を保護する特許制度における出願人の権利保護と公開による第三者への情報開示量の関係性を解明することを目的とする。本研究では、日本の産業競争力を維持するために企業が考慮すべき社会科学的視座を提供し、かつ企業の知財戦略の実践的応用への貢献を目指す。本節では、研究背景として知的財産権の現状と課題を整理する。

1.1.1 知的財産権

2021年6月のコーポレートガバナンス・コード（CGC）改訂で知的財産に関わる項目が盛り込まれた結果、企業価値の源泉として知的財産・無形資産への関心が高まっている [1]。知的財産の特徴は物質として残る「もの」とは異なり、財産的価値を持つ「情報」である。情報は容易に模倣、利用されても消費されることがないため、多くの者が同時に利用することができる。したがって、自然法則を利用した技術的思想の創作のうち高度のものである発明を現実に加担した発明者が他者の模倣、利用を避けるために情報を公開せずに技術を秘匿することが考えられる。しかしながらその場合、知識の共有が減少し、社会全体の技術発展が抑制されるといった産業の発達が阻害される要因となる。この状況を回避するため、知的創造活動によって生み出されたものを、創作した人の財産として保護する知的財産権制度が設けられている。例えば、知的財産の一つである特許においては、特許法第一条（目的）で「この法律は、発明の保護及び利用を図ることにより、発明を奨励し、もつて産業の発達に寄与することを目的とする」としている。さらに、工業所有権法（産業財産権法）逐条解説では特許法第一条の趣旨として、「特許制度は、新しい技術を公開した者に対し、その代償として一定の期間、一定の条件の下に特許権という独占的な権利を付与し、他方、第三者に対してはこの公開された発明を利用する機会を与える（特許権の存続期間中においては権利者の許諾を得ることにより、また、存続期間の経過後においては全く自由に）ものである」と説明されている [2]。知的財産権の権利としての分類は、特許権や著作権などの創作意欲の促進を目的とした「知的創造物についての権利」と、商標権や商号などの使用者の信用維持を目的とした「営業上の標識についての権利」に大別され、模式図を図1に示す。また、特

許権，実用新案権，意匠権，商標権及び育成者権は，客観的内容を同じくするものに対して排他的に支配できる「絶対的独占権」とされる。一方，著作権，回路配置利用権，商号及び不正競争法上の利益は，他人が独自に創作したものには及ばない「相対的独占権」とされる [3]。以上から，営利目的で利益を得ることを目的とした経済活動を行う企業からの技術公開は，一般的にインターネットのウェブサイトや学術論文上ではなく，最初に特許や意匠等の知的財産権の取得の代償として行われる。一方で，競合企業や学術機関，政府機関，金融機関，投資機関などの第三者は，公開された特許等の知的財産権を確認することで，他社の権利状況を把握した上での事業実施や公開された「情報」を基に市場予測や研究開発戦略を検討している。

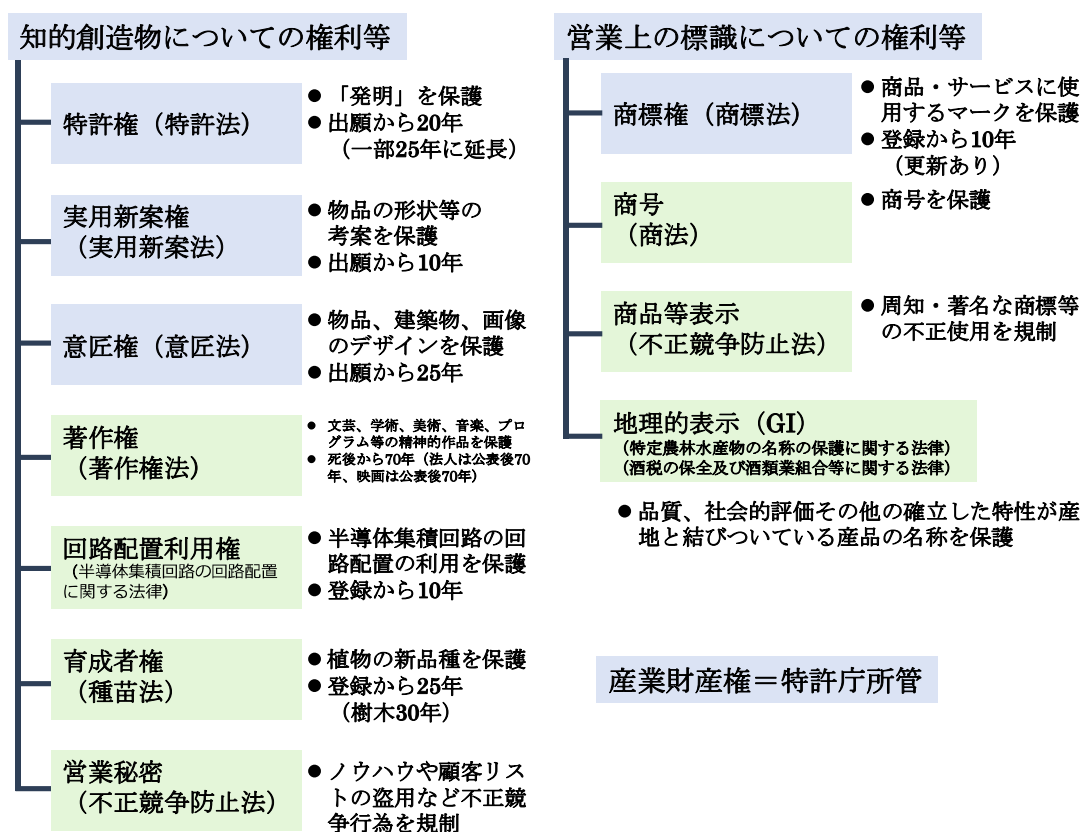


図 1. 知的財産権の種類 [3]

1.1.2 知的財産権の分析

近年、知的財産情報の分析結果を経営戦略の策定や企業の意思決定に活用する IP ランドスケープ (IPL) が注目され、それに伴い特許情報の分析方法や解析ツールが普及している。特許の公開情報を活用した活動を定量的に把握するため、学術雑誌記事の抄録や参照を含む書誌データベースである「Scopus (Elsevier, Comprehensive, multidisciplinary, trusted abstract and citation database)」を用いて、検索方法として、タイトル・抄録・キーワードに「patent」及び「analysis」が記載され、文献タイプが Article である 2000 年から 2023 年までとした論文の年次推移結果を図 2 に示す。2000 年から 2010 年までは年々一定の割合で件数が増加し、2019 年に急伸していることが確認された。特許と解析に関する論文は年々増加傾向にある。出版物別の文献数を確認すると、各出版物は年度ごとに増減を繰り返している。また、2000 年以降も新たな出版物が増加しており、出版物の増加が論文の件数に寄与していると考えられる。2015 年から 2016 年の減少時には、全体で見た時に文献数が多い出版物である科学計量学を扱う「Scientometrics」と科学と医療分野を扱う「PLOS ONE」の件数が減少していた。

また、特許等の情報提供者のリスト集が特許庁から出されており、特許情報活用ツールの提供および特許情報を用いた戦略提案をサービスとしていることが確認できる [4]。他にも一般財団法人日本特許情報機構 (Japio : Japan Patent Information

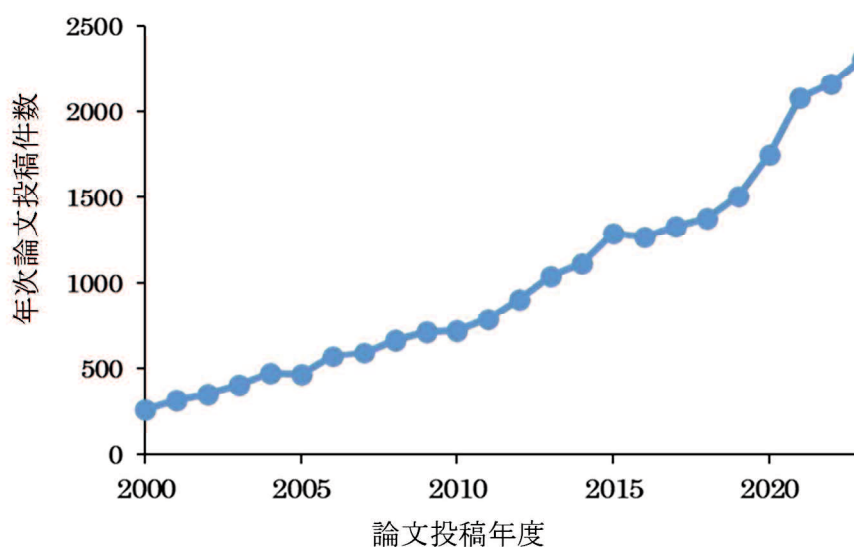


図 2. 「patent」かつ「analysis」の記載を含む論文の年次論文投稿件数推移

Organization) の Japio YEAR BOOK のシステム/サービス紹介で特許分析をサービスとしている企業が確認できる [5]。そして、特許情報提供サービスに関する調査報告書も特許庁から出されており、「特許情報に係る商用データベースの機能水準に関する調査」や「特許情報提供サービスの現状と今後に関する調査」、「特許情報に係る官民データ共有のあり方に関する調査」などが報告されている [6]。例えば、令和 4 年度特許情報提供サービスの現状と今後に関する調査におけるエンドユーザー向け IPL アンケート調査結果で、「どのような経営課題をどんな方法で分析しているのか」の質問に対して、検討されている経営課題で過半数の回答が以下の経営課題を挙げた。①既存事業の市場優位性向上（含む新製品・サービスの検討）、②新規研究開発テーマの検討、③新規事業分野の探索である。また、アンケート結果の特許情報の分析手法を図 3、分析で使用する特許情報（書誌情報）を図 4、分析に用いる特許情報（経過情報）を図 5 に示す [7]。図 3~5 の結果から特許情報を基に各企業が分析を行っている様子が伺え、公開された発明に関する情報を第三者が利用していることが確認できる。分析で使用する特許情報が書誌情報および経過情報ともに分類分けができるものの割合が高いことから分析手法が経時変化や特許ポートフォリオなどの特定範囲における全体像の俯瞰情報分析や価値評価（主に技術的）が中心だが、テキストマイニング分析も行われており、書誌情報における要約、請求範囲、明細書や経過情報における拒絶理由通知、拒絶査定の内容も使われていることが窺える。

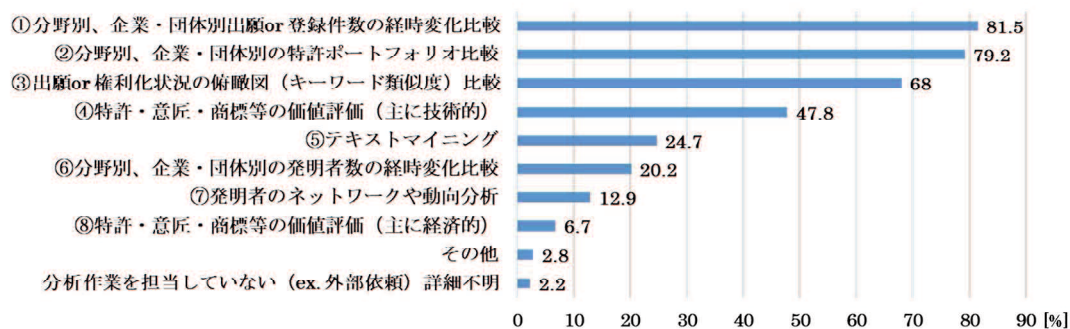


図 3. 特許情報の分析手法 [7]

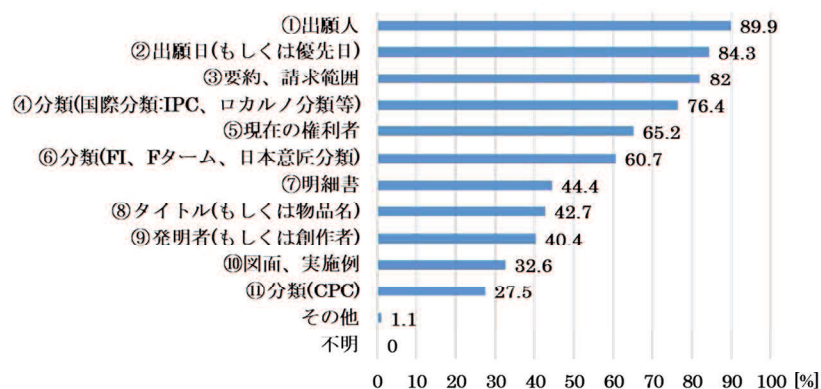


図 4. 分析で使用する特許情報（書誌情報） [7]

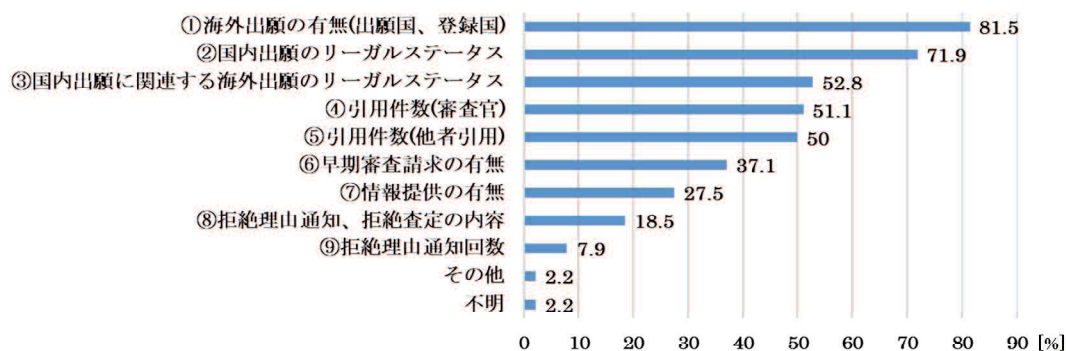


図 5. 分析で用いる特許情報（経過情報） [7]

1.1.3 企業等における特許権の利用状況

公開された情報の第三者利用の一方で、独占的な権利を付与された特許権者側の特許権の利用状況については、特許庁から毎年発刊されている特許行政年次報告書の知的財産権の利活用の状況の項目で報告されている。特許庁が各企業等へ実施している知的財産活動調査に基づき、利用件数（権利所有件数のうち「自社実施件数」及び「他社への実施許諾件数」のいわゆる積極的な利用件数の合計）と未利用件数（自社実施も他社への実施許諾も行っていない権利の件数）であり、防衛目的権利（自社実施も他社実施も行っていない権利であって、自社事業を防衛するために他社に実施させないことを目的として所有している権利の件数）及び開放可能な権利（相手先企業を問わず、ライセンス契約により他社へ実施許諾が可能な権利）等の件数の利用率の推移を公開している。特許行政年次報告書 2023 年版の国内における特許権の利用率の推移（全体推計値）を図 6 に示す [8]。利用件数と未利用件数の割合は毎年同程度であり、利用件数は全体の約 5 割で推移していることが分かる。また、国内における業種別の結果では「化学工業」は 2021 年度においては利用率が 44.1%と全体平均よりも低い値で国内における特許権の未利用率が高いことが示されている。

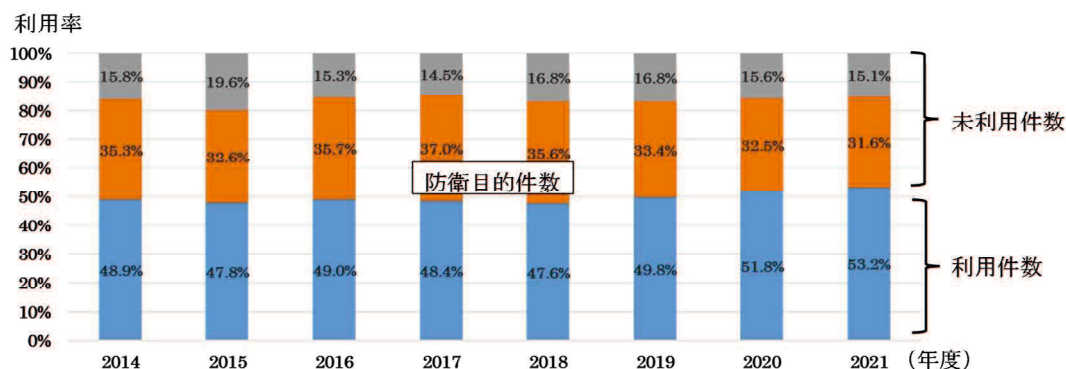


図 6. 国内における特許権の利用率の推移（全体推計値） [8]

1.1.4 公開情報と権利のバランス

CGC や IPL などによる知財情報の活用に注目が集まっていることや AI やデジタル技術の発展に伴う特許情報の分析方法や解析ツールの普及により、特許制度における第三者が公開された発明を利用する機会を有効活用している割合が増えている。一方、特許権の活用状況を見ると、年次推移において利用率に大きな変化が見られない。したがって、企業の技術保護の観点から、公開による第三者の情報活用リスクと権利取得範囲の均衡を把握することは特許出願時の判断として重要である。

1.2 特許に付随する情報について

本節では、特許における情報開示量を究明するため、特許に関連する情報を明確にする。特許に情報が付随されていく流れである特許の審査過程を図 7 に示す [9]。特許出願は審査請求を実施の有無に関わらず、出願日から 1 年 6 か月後に公開公報が発行される。一方で特許権となる設定登録をもらうためには出願人が審査請求を特許庁に行い、特許庁で審査官が審査を行い、出願人は特許庁から特許査定を出してもらうよう拒絶理由通知に意見書や補正書で対応していく。詳細については以降の項で説明する。

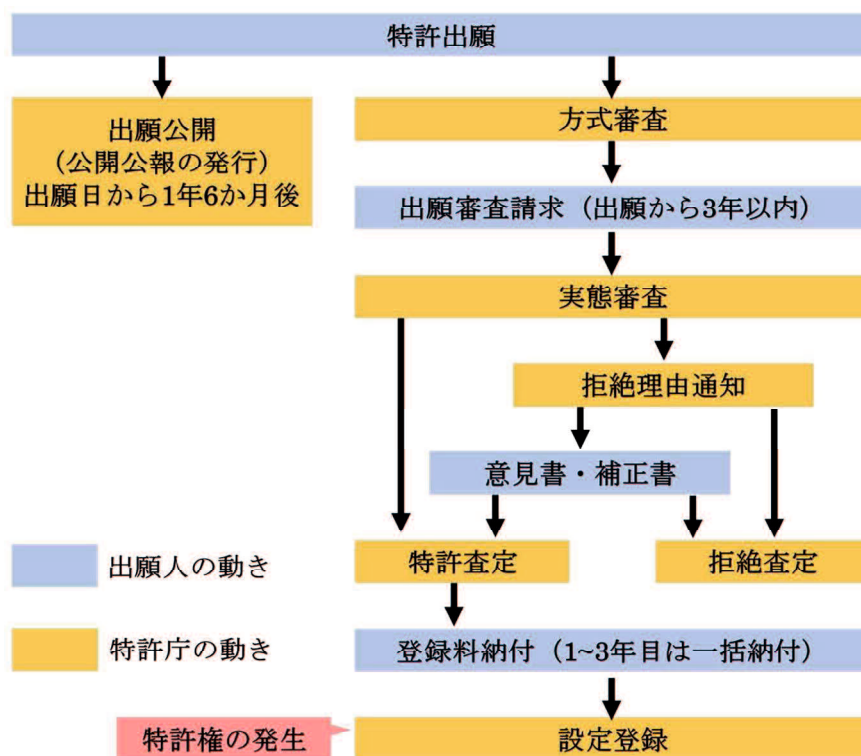


図 7. 特許審査の流れ [9]

1.2.1 特許出願の様式（日本における）

特許を受けようとする者が特許庁へ提出しなければならないものは特許法第 36 条で定まっており、願書には、特許出願人の氏名又は名称及び住所又は居所（第 36 条第 1 項第 1 号）、発明者の氏名及び住所又は居所（第 36 条第 1 項第 2 号）を記載し、明細書、特許請求の範囲、必要な図面及び要約書の添付が必要である（第 36 条第 2 項）。明細書の記載様式の見本は特許庁が提供しており、明細書には、

【発明の名称】、

【技術分野】、

【背景技術】、

【先行技術文献】、

【発明の概要】として【発明が解決しようとする課題】、

【課題を解決するための手段】、

【発明の効果】、

【図面の簡単な説明】、

【発明を実施するための形態】（実施例）、

【産業上の利用可能性】

が図 8 のように記載されている [10]。よって、公開された特許から企業や大学などの出願人情報や主要な発明者が誰であるか、どのような課題に対して、どのような手段をとって、どのような効果が得られたかの情報を得ることができる。日本の特許は図 8 のような様式に沿った出願が多いことから、個々の特許を精読するだけでなく、複数の特許をリスト化し群として項目ごとの分析を行うことが可能となっている。しかしながら様式は任意なため、これらは必要に応じて明細書に記載されるものであり、海外で出願された特許を基礎としたパリ条約による優先権で日本への出願や特許協力条約（PCT：Patent Cooperation Treaty）に基づく国際出願で日本に移行した特許明細書では上記の様式で記載されていないことがある。また、企業ごとの特許の記載の仕方にも注意が必要であり、解析時には表記ゆれや不要語の削除等の前処理が必要となる。

特許の権利を示す「特許請求の範囲」は、請求項に区分して各請求項に特許出願人が特許を受けようとする発明を特定するために必要と認める事項のすべてを記載しなければならない（第 36 条第 5 項）、特許を受けようとする発明が発明の詳細な説明に記載したものであること（第 36 条第 6 項第 1 号）、特許を受けようとする発明が明確で

あること（第 36 条第 6 項第 2 号）、請求項ごとの記載が簡潔であること（第 36 条第 6 項第 3 号）、その他経済産業省令で定めるところにより記載されていること（第 36 条第 6 項第 4 号）が必要となる。特許を受けようとする発明が発明の詳細な説明に記載したものでなければならぬため、請求項の記載よりも詳細な情報が明細書中に記載されていることとなる。また、請求項の記載における他の請求項の引用は、その請求項に付した番号によりしなければならない（特許法施行規則第 24 条の 3 第 3 号）と記載されており、請求項の記載様式として、他の請求項を引用して記載することが認められている。よって、他の請求項を引用しないで記載した請求項を「独立形式請求項（独立項）」、他の請求項を引用して記載された請求項を「引用形式請求項（従属項）」という [11]。引用関係から、独立項は従属項よりも広い権利範囲を保護する。よって、最初に記載される請求項 1 は独立項である。

「要約書」は、第三者が発明の本質的な内容について即座に情報を得ることができるようにするためのものであって [12]、明細書、特許請求の範囲又は図面に記載した発明の概要その他経済産業省令で定める事項を記載しなければならない（第 36 条第 7 項）、400 字以内とされる。

【書類名】明細書
【発明の名称】
【技術分野】
【0001】
（【背景技術】）
【0002】
（【先行技術文献】）
（【特許文献】）
【0003】
（【特許文献1】）
（【特許文献2】）
（【非特許文献】）
【0004】
（【非特許文献1】）
（【非特許文献2】）
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【…】
【課題を解決するための手段】
【…】
（【発明の効果】）
【…】
（【図面の簡単な説明】）
【…】
（【図1】）
（【発明を実施するための形態】）
【…】
（【実施例】）
【…】
（【産業上の利用可能性】）
【…】
（【符号の説明】）
【…】
（【受託番号】）
【…】
（【配列表フリーテキスト】）
（【配列表】）
【書類名】 図面
【図1】

図 8. 明細書の様式 [10]

1.2.2 新規性と進歩性

特許出願時の様式が整っていて特許庁の方式審査を通ったとしても、実態審査における特許の要件を満たさないと特許権にはならない。したがって、公開公報に記載されている「特許請求の範囲」は権利ではなく、設定登録を受けた登録公報の「特許請求の範囲」が権利となる。特許の要件は特許法第 29 条で、産業上の利用性、発明の新規性、発明の進歩性（容易想到でない）を有することと定義されている [13]。発明の新規性と進歩性は特許審査における実態審査で審査官が請求項に係る発明の認定と引用発明の認定とを行い、次いで、両者の対比を行い、相違点がなければ新規性を有していないと判断し、相違点がある場合には進歩性の判断を行っている [14]。進歩性のない発明には特許を付与しないとした理由は、公知材料から容易に推考することができる発明に特許を付与すると第三者の技術実施の自由を不当に圧迫し、産業の発達に寄与することを目的とする特許制度設営の趣旨に反するからである。進歩性のある発明を公表したものに対して、その公表した代償として独占権を与えることとするのが特許制度の原理に照らしても正当である [15]。よって、特許権は発明の新規性と進歩性が担保されているために有益な情報となっている。さらに、特許の要件は他に拡大先願（特許法第 29 条の 2）、先願（特許法第 39 条）、不特許事由（特許法第 32 条）があり、最先の出願であることと公序良俗を害しない発明であることが要件となっている。

1.2.3 引用と被引用

新規性と進歩性などの審査が行われることで特許に付随する情報の一つとして引用文献と被引用文献がある。特許出願時における、明細書に記載する【先行技術文献】や実態審査において審査官が認定した引用発明が記載された文献が当該特許公報における引用文献となる。一方で、公開された特許公報が他の特許の明細書の【先行技術文献】や実態審査で引用発明と認定された場合は、当該特許が被引用文献となる。この引用文献と被引用文献の関係性を図 9 に示す [16]。

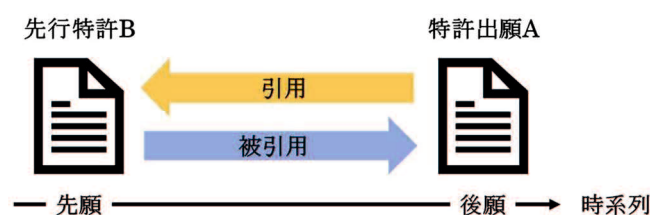


図 9. 引用・被引用文献の関係性 [16]

先願である先行特許 B にとって、後願となる特許出願 A は被引用文献となり、後願である特許出願 A にとって、先願となる先行特許 B は引用文献となる。

特許公報は出願してから設定登録の特許権になるまでに引用文献の情報が追加されていき、特許公報が公開されてからは公知情報という扱いとなり、期間に区切りがなく被引用文献の情報が追加されていく。特許公報に付与された引用・被引用文献の数は引用文献数・被引用文献数として特許に付随する情報とされている。引用・被引用の関係にある特許公報は記載されている内容に関連性があることから、情報が活用された可能性の一つとして考えることができる。また、被引用文献が多い特許はその分野における技術的に価値が高い発明であると考えられることもできる [17]。

1.2.4 特許分類

実態審査で新規性と進歩性を判断するために、先行技術調査として、主に発明が公開されている特許文献を調査し、引用発明の認定が行われる。特許法第 29 条第 1 項第 1 号で新規性がないとされる発明は、「特許出願前に日本国内又は外国において公然知られた発明」であり、国内だけでなく外国も含まれ世界中の公知情報が対象となる。よって、先行文献調査は外国語で記載された海外の特許も対象となっており、新規性や進歩性を判断するため、世界各国で特許文献を共通に検索するための調査ツールを確立することを目的とし、世界各国が共通に使用できる特許分類である国際特許分類 (International Patent Classification : IPC) ができた。さらに IPC は特許文献に記載の技術へのアクセスを容易にするツールとなること、特許情報を利用者に普及させる基礎になること、ある技術分野の現状を調査するための基礎となること、そして、種々の分野における技術の発展を評価できる統計を作成するための基礎となることも目的とされている。特許分類によって特許文献が技術分野に応じて体系的に分類され、かつ情報処理システムの発達により、膨大な特許文献から必要な情報を効果的に検索してほぼ漏れなく抽出できる。特許分類は国際特許分類だけでなく、日本特有の技術や他国に比べて進んだ技術を IPC の分類をそのまま使用すると 1 つのグループに大量の特許文献が集中し検索などに不具合が生じる場合があったため、日本では IPC をベースにさらに細分化した日本独自の FI (File Index : 展開記号, 分冊識別記号)、ファセット分類記号と機械検索に最適化した検索インデックスである F ターム (File Forming Term) が作られ、これらの分類と併用してフルテキストサーチが行われている。

FI とは、文献量の著しい増大及び技術の複合化，融合化，製品の多様化に対応し，特許審査のための先行技術調査（サーチ）を迅速に行うために機械検索用に開発された検索インデックスである [18]。また，同様の考えで欧州特許庁（EPO）と米国特許商標庁（USPTO）との間で合意された独自の特許分類 CPC（Cooperative Patent Classification）が存在する。

特許文献中の情報は，“発明情報”と“付加情報”の二種類に分けられる。“発明情報”は，従来技術への付加を表す特許文献全体（例えば，明細書，図面，請求の範囲）の中にある技術情報である。この発明情報は，明細書及び図面を十分考慮した上で，特許文献の請求の範囲を指針として用い，従来技術と照らし合わせて決定される。“従来技術への付加”とは，特許文献において具体的に開示された新規及び非自明なあらゆる主題事項を意味する。主題事項とは，先行技術の一部ではなく，ある特許文献に記載された主題事項と既に公知となっているあらゆる技術主題事項の集合体との差である。“付加情報”は，それ自体は従来技術への付加を示していないが特許調査者に有用な情報を構成すると考えられる重要な技術情報である。日本の公開特許公報の IPC の記載箇所において，発明情報の IPC 記号は太字で印刷または表示され，付加情報の IPC 記号は標準フォントで印刷または表示される [18]。例を図 10 に示す。

技術分野に応じて体系的に分類するため，特許分類は発明に関する技術を階層的に細分化している。図 11 と図 12 で示すように IPC ではセクション・サブセクション・クラス・サブクラス・メイングループ・サブグループと階層構造となっており，加えて，サブグループはタイトル前のドットの数によって階層化を示している。FI は IPC と同様の階層構造で構成されている一方で，F タームの構成は図 13 に示す構成となっており，IPC と FI と F タームの関係性を図 14 に示す。F タームは技術を多観点で分類している。

さらに，2024 年 5 月 1 日から，特許庁は国際特許分類等に基づいて「国家及び国民の安全を損なう事態を生ずるおそれ大きい発明」に属する発明が記載されている出願を選別し，内閣府がおそれの程度及び「保全指定をした場合に産業の発達に及ぼす影響」その他の事情を考慮して特許出願を非公開および外国出願禁止とする特許出願非公開制度が開始され [19]，検索，分析だけでなく，日本の技術保護の点でも特許分類が活用されている。

(19)日本国特許庁(JP)	(12)公表特許公報(A)	(11)特許出願公表番号 特表2024-514454 (P2024-514454A)
	(43)公表日	令和6年4月2日(2024.4.2)
(51)Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 L 21/027 (2006.01)	H 0 1 L 21/30 5 7 0	2 H 1 9 6
H 0 1 L 21/3065 (2006.01)	H 0 1 L 21/302 1 0 1 C	5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/304 (2006.01)	H 0 1 L 21/304 6 4 7 Z	5 F 1 4 6
G 0 3 F 7/40 (2006.01)	H 0 1 L 21/304 6 4 5 A	5 F 1 5 7
G 0 3 F 7/38 (2006.01)	H 0 1 L 21/304 6 4 5 D	
審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 130 頁) 最終頁に続く		
(21)出願番号	特願2023-558732(P2023-558732)	(71)出願人 592010081

図 10. 公開特許公報に記載される特許分類の事例

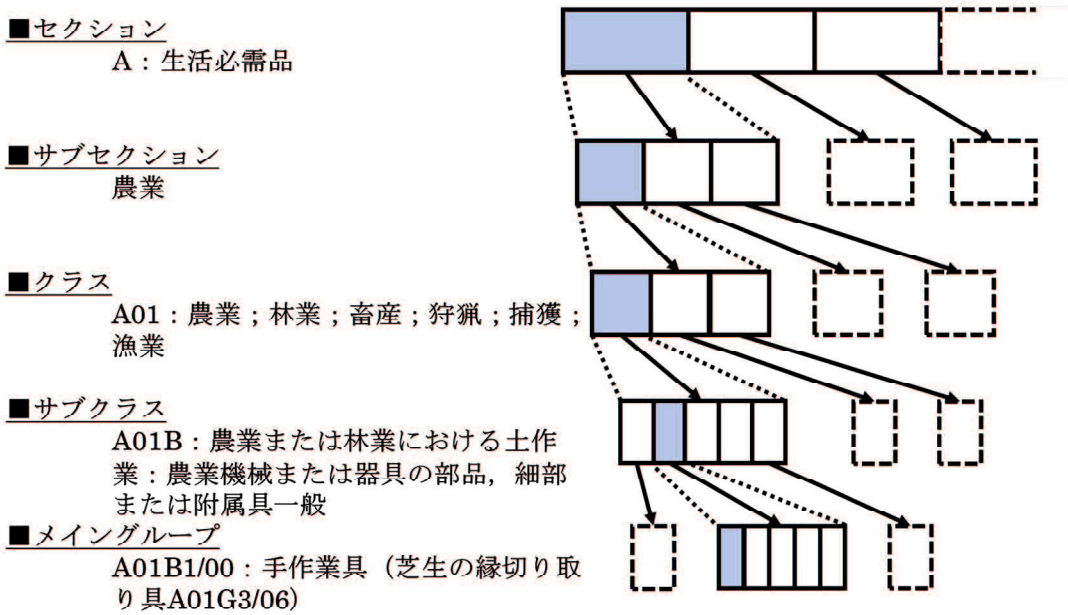


図 11. IPC の階層構造 [18]

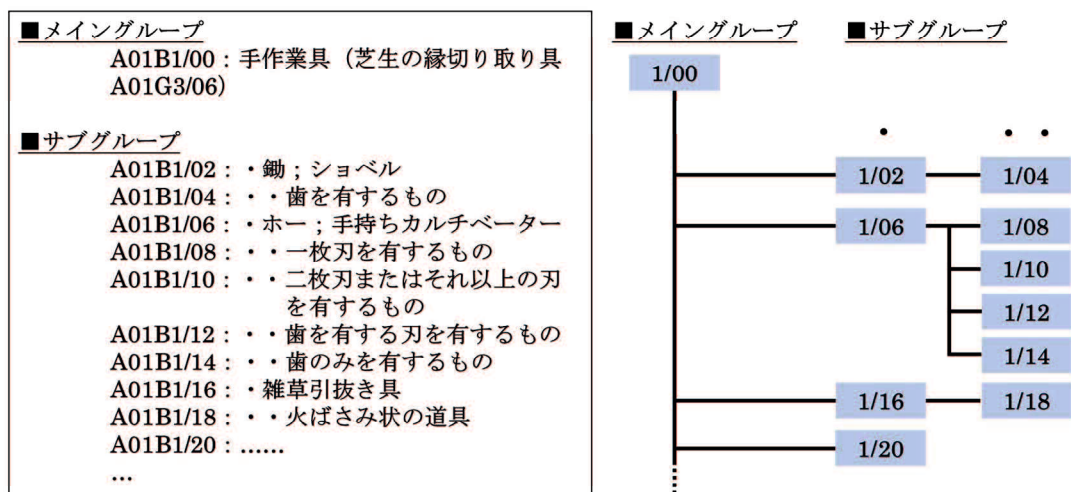


図 12. サブグループのドットを用いた階層構造 [18]

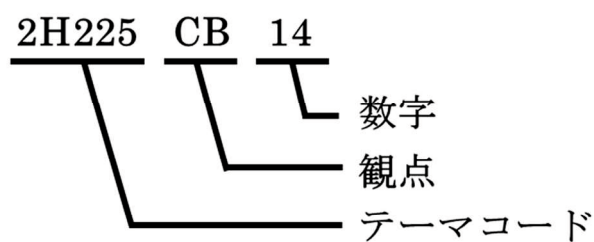


図 13. F タームの構成について [18]

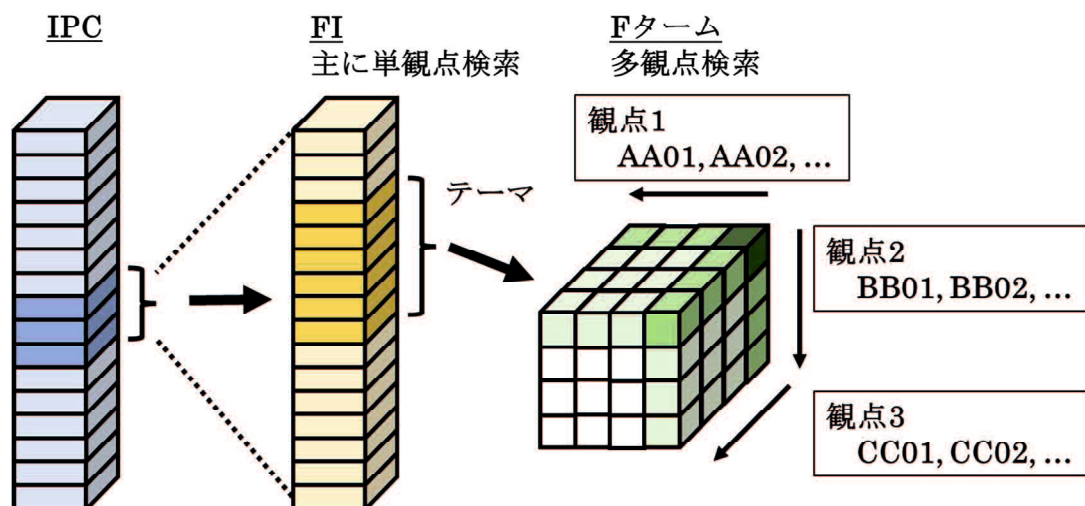


図 14. IPC と FI と F タームの関係性 [18]

1.2.5 特許権

特許の方式審査と出願審査請求後の実態審査で特許分類を活用した先行文献調査から認定された引用発明と対比しても新規性と進歩性を有した発明には特許査定が出され、登録料を納付することで設定登録となり特許権が発生する。新規性と進歩性を有していない場合には拒絶査定となり、不登録となり権利は発生しない。特許は特許法第 67 条第 1 項に基づき特許出願日から 20 年間存続させることが可能であるが、存続させるためには各年の特許料を納付しなければならないため、20 年より前に特許料未納による特許権の消滅をする判断がなされることもある。実際の特許権の存続期間を把握するため、2022 年末時点での特許権の現存率を図 15 に示す [8]。特許査定後の登録料納付は第 1 年から第 3 年までの各年分の特許料を一括納付しなければならない（特許法第 108 条第 1 項）ため、3 年間は特許権の現存率は 100%となっているが、以降は等直線的に毎年の現存率が下がっている。ただし、図 15 の結果は、国内特許全体における値であり、製品・技術ごとのライフサイクルは異なるため、業界や技術分野によっていつまで現存させることが一般的か異なっているため注意が必要である。特許の審査状況および審査・権利化後の特許のステータスも重要な情報の一つとなり、リーガルステータス（特許出願や特許権の法的状態）が図 16 のように定義されている。「ステート」は特許出願・特許権の状態を示し、「アクティブ（出願・権利存続中）」又は「ノットアクティブ」の 2 つの状態を管理する。「ステージ」は特許出願又は特許権の主要な手続き段階を示し、イベントは出願人、権利者、特許庁、第三者による具体的な手続き行為を示す [20]。

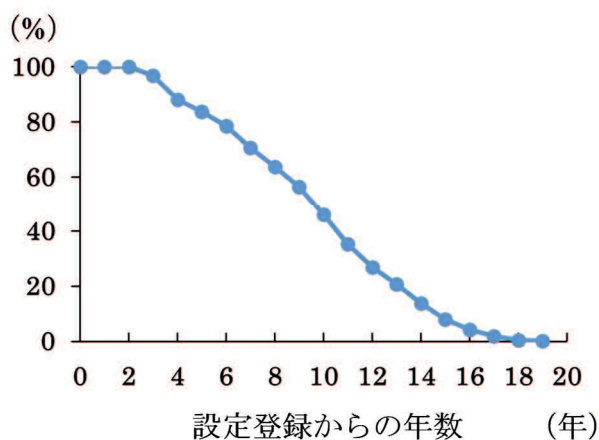


図 15. 特許権の現存率 [8]

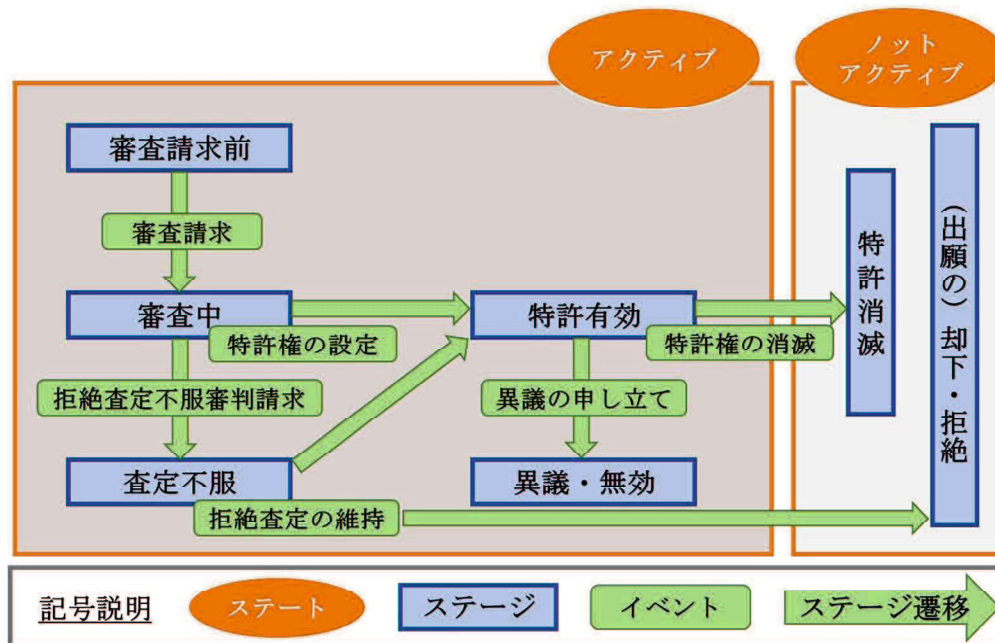


図 16. リーガルステータス [20]

1.2.6 外国出願とファミリー

特許権の効力は、特許権を取得した国の領域内に限られ、その領域を超えて外国まで及ぶものではないとする属地主義をとっているため、外国においても特許権を取得したい場合、権利を取得したい国の特許庁に出願が必要となる。外国で特許権を取得するための手続きは、主にパリ条約に基づく優先権を主張して同じ出願を他の国へ出願する直接出願手続きと特許協力条約（Patent Cooperation Treaty : PCT）に基づく PCT 国際出願手続きの 2 つの方法がある。外国出願をするには検討する時間や準備に時間がかかるため、初めの出願を日本国で特許出願した者がその特許出願の出願書類に記載された発明について、一定の期間内に他の国で上記の手続きで出願をすることで、初めの出願を基に優先権を主張することで、外国に出願した「後の出願」に関する新規性や進歩性の判断の基準日などについて、先の日本での特許出願（優先基礎出願）の日に提出された出願と同様の扱いを受けることができる制度がある [21]。この優先権情報を基に各国の特許出願を結び付けた特許群を「ファミリー」と呼ぶ [22]。ファミリー数を確認することで、特許に記載された発明をどの国で活用していこうとしているのか、外国出願

をするにもコストがかかるため多くの投資を割いているという情報を得ることができ
る。さらに、属地主義によって各国で審査が行われるので同じ発明を出願しているもの
の、特許権となる請求項の記載が各国で異なっていることや審査で引かれる引例が異な
ることがある。

1.3 リサーチクエッション

本節では、本研究のリサーチクエッションを設定する。特許制度の目的が産業の発達
に寄与することである一方、企業は事業を行い、利益を継続的に出すことが目的となる。
これまでの節で説明したが、一般的に特許は公開された後に審査請求を行い、特許庁に
よる実態審査が行われ特許査定を受けることで特許権となるため、企業は1年半後に発
明が公開され、世界中の第三者に発明情報を知られるリスクを負い、その後に権利化を
目指す形となる。一般的に特許出願準備時の段階で事前に先行文献調査を自社で行い、
特許権の権利範囲の見積もりを立てるが、先行技術に基づいて容易かどうかの進歩性の
判断が特許庁の審査官によって行われるため、予定していた権利範囲を得ることができ
ないリスクもある。実際に全ての特許が登録にはならず、特許権の利用率も全体におけ
る半数程度である。加えて、公開された特許には公開した明細書の内容以外にも引用・
被引用情報や特許分類等の情報も加えられていく形となる。

そこで本研究では、特許法第一条の趣旨の説明と企業目的に照らし合わせて考え、①
自社が利用できる権利範囲、②他社へ有効な情報を与えない範囲、の2点を満足させる
ため、特許の明細書や付与情報による情報開示の特性（量と質）とは何であるか、かつ
それを評価する手法となる指標は何か、をリサーチクエッションとする。

1.4 先行研究

本節では、本研究のリサーチクエッションに関係する先行研究についての概要をまと
め、本研究との関係について整理する。

1.4.1 特許と技術に関する研究

情報開示特性（量と質）を考える上で、企業が発明を特許出願するのは技術保護の観
点が含まれていることから、特許と技術に関する先行研究をまず紹介する。

Bregonje は特許文献で最初に公開された文献から最初の公開のソースと非特許公開

の数を特定し、特許に開示された情報の独自性の分析を行い、化学の多くの分野で特許が最初の公開となる豊富な情報源であること、最初に特許で開示された情報は唯一の情報源となることが多いと結論づけた [23]。

Deepak Hegde らは米国発明者保護法(AIPA)の対象となる米国特許と、適用されなかった欧州特許を比較することで因果関係を推定し、AIPA 後、米国特許はより多くより早く被引用されるようになり技術の拡散が進んだことを確認し、特許公開がイノベーションに及ぼす影響を測定し、早期開示は知識の普及を促進し特許取得コストを下げ、技術の重複を減らすこと、および特許公開が知識の普及を通じてイノベーションのコストを削減する効果は、フリーライダーによる損失の可能性を上回り、特許取得と研究開発投資の純増につながると結論づけた [24]。

Wartburg らは技術変化を説明するための特許引用ネットワーク分析の可能性について考察し、特許引用情報の非常に特殊なパターンを指摘し、単一段階の引用分析では、技術開発の具体的な経路を明らかにするには不十分であると結論づけた。特定の技術分野の実際の開発を反映するには、引用分析は、書誌的結合、共引用、直接引用と間接引用の全てを反映させる必要があるとされている [25]。

Kanechika らは、社会科学と自然科学の両面に焦点を当て、特許及び関連文献の特許分類や計量テキスト分析に基づいて将来の半導体システムを支える材料の技術とトレンド分析を行った。特許分析から近年求められて応用分野を確認することができたことを報告している [26]。

1.4.2 特許の質に関する研究

次に情報開示特性（量と質）を考える上で、特許の質や特許価値評価を行っている先行文献がどのような指標を用いて研究を実施しているかを把握することは本研究の目的における指標を考察する上で有用となる。本節では、特許の質に関する研究等を紹介する。

特許の質の測定に関して、OECD（Organisation for Economic Co-operation and Development：経済協力開発機構）が技術的価値と経済的価値の指標の算出方法をまとめており [27]、この先行文献を中心に特許の質に関する先行研究を紹介する。

Lerner は、企業の特許ポートフォリオの技術的幅が企業の市場価値に大きく影響し、多くの代替え品が利用可能となる権利範囲を持つ幅広い特許がより価値があるとし、特

許に付与される「特許分類 IPC のサブクラスの数」が多いほど、特許の潜在的な技術的及び市場価値が高いと定義した [28]。

Harhoff らは、特許出願、審査過程の書類、異議申立手続きからの情報を使用して特許権の価値のモデル化を試み、データの計量分析から多数の指標が特許価値と有意に相関していることを確認した。その中で、「特許の被引用」と「ファミリー数」、「異議申し立て」が特許権の価値に寄与することと結論づけた。また、特許分類 IPC のサブクラス数は価値に影響していることを確認できなかった [29]。Trajtenberg [30]や Hall ら [31]も「被引用件数」が特許の価値指標となるとしている。Acosta らはグローバルに複占し、競争している企業における特許情報の開示がそれぞれの競合他社の特許の質に影響を与えるかどうか引用情報を用いて調査し、特許による知識の開示が競合の特許の質を高めることには価値がないことを確認した [32]。日本の研究でも、後藤らは特許庁「技術動向調査」に記載されている重要特許を手掛かりとして特許に関する様々な指標と特許の質の相関を分析し、「発明者数」と「被引用件数」が特許の価値を表すものとして確認された [33]。また、安川は特許が成立していない出願をも分析対象に加え、特許出願段階における出願人の自己選択結果を指標とするアプローチを採用し、これまで着目されることのなかった自己選択項目（拒絶理由通知に対する応答の有無、登録料納付の有無）をも含めた複数の観点から分析を行うことにより、日本において、「審査官前方引用（被引用）件数」を特許出願の潜在的価値の指標として使用可能であることを明らかにした [34]。

Harhoff らは「特許審査の期間」の観点で、特許の価値と特許査定までの期間の長さの間に反比例の関係が存在し、出願人は最も価値のある特許の査定登録までの期間を早める傾向を確認した [35]。

特許出願の参考文献として「非特許文献（科学研究論文）」が使用されている場合、産業技術への公的科学的貢献指標とみなすことができるとして、特許と非特許文献の引用の繋がりを調査した研究を Narin らは行った [36]。Callaert らも特許に見られる「非特許文献参考文献」の役割を評価し、特許発明が科学的知識の近さを反映しており、技術的および科学的発展との近さを示す可能性を確認した [37]。

Tong らは「特許件数」を国際貿易や国際競争などの分野で技術が果たす重要な役割を客観的に示すものとし、特許請求項の数が年次傾向で大きく変化する場合や国による差異がある場合で正確な結果にならない場合があるとしながらも特許請求の範囲は特

許数よりも技術的注力指標として優れている可能性を確認した [38]。

Pakes は「特許の維持期間」の観点で、一般的により価値のある特許がより長期に特許が維持されるとした [39]。Svensson は商業化と「特許の維持期間」との関係性を調査し、商業化と競合他社の特許利用を阻止する等の防御目的による特許の使用と特許の維持の間に正の相関を確認した [40]。

また、学問的な研究分野だけでなく、商業的な特許解析ツールでも特許価値評価の指標を付与した機能を持ったツールが出されている。LexisNexis 社のイノベーション分析ソフトウェア「PatentSight」では Patent Asset Index を使用して、世界中の技術の競争力と特許の価値を評価している。具体的には、被引用情報を活用した、特許が同じ技術分野および同じ年に出願された他の特許よりも頻繁に引用されているかどうかを、特許が受けた引用数を、同じ年に公開されたすべての特許が受けた平均引用数で割ることで正規化かつ各国の特許庁の異なる引用実務も考慮して算出した値を「Technology Relevance」としている。また、特許が権利化されている世界中の市場規模を活用した、国民総所得 (Gross National Income) をもとに、世界最大の経済国の米国を 1.0 とし、各国の国民総所得を比率化して算出した各国の市場サイズと権利化済みおよび出願中の有効な特許から求めた値を「Market Coverage」としている。これらの 2 つの指標を足し合わせたものを「Competitive Impact」として特許の強さを図っている (図 17) [41]。

ANAUQUA 社の「AcclaimIP」では定量的な特許スコアとして、引用 (引用頻度の高い特許による引用、審査官の引用等) 情報を基にした Citation Score (C-Score)、技術 (特許分類の成長、維持率許容率等) 情報を基にした Technical Score (T-Score)、法的 (保留、独立クレームの長さ、クレーム数等) 情報を基にした Legal Score (L-Score) の 3 つのスコアの加重平均を「P-Score」としている [42]。

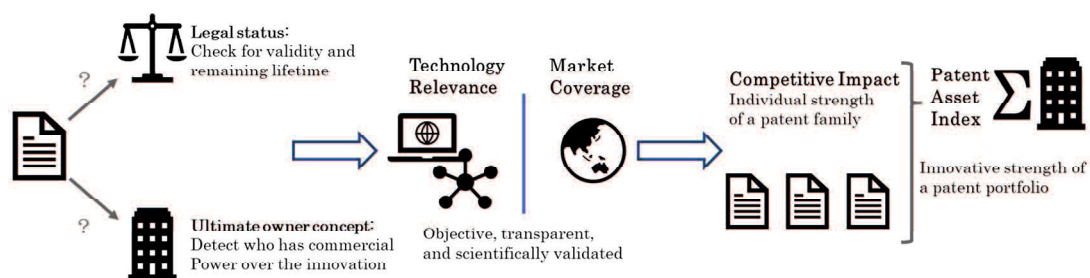


図 17. 特許権の現存率 [41]

Patent Result 社は「特許の注目度」を偏差値化した指標である「パテントスコア」のサービスを行っており、出願人の権利化への意欲（早期審査請求、国際出願など）、先行技術としての審査官からの認知度（拒絶理由通知に引用された回数など）、競合他者からの注目度（無効審判、異議申立の有無など）の観点で特許評価を行っている [43]。

1.4.3 特許の明細書や請求項に関する研究

特許の質に関する研究の多くの指標が、特許出願後に特許庁等から付与された情報を基にしたものであったため、次に特許出願時に出願人が提出した明細書や出願人が新規性・進歩性があると判断して出願を行った請求項に関する研究等を紹介する。

Abiko らは特許明細書の記載に対して行われた意思決定を、発明特定事項の充足性の観点での定量化のため、意思決定パラメータを、「総格成分数」、「特徴部比率」、「格成分改変度」を提案した。ここでいう意思決定は、出願前の「特許明細書および特許請求の範囲の作成」と審査時の「補正」を示す。「総格成分数」とは、特許請求の範囲の記載において各構成要素の限定度合いである。「特徴部比率」とは、特徴部を特許請求の範囲に記載された構成の内、課題を解決するために必要最小限の技術的要素とし、非特徴部を特徴部以外の構成としたときの比率を示すため、特徴部比率が高い特許請求の範囲の記載は余分な構成要素が少ないことから、これ以上改善の余地がない記載となる。

「格成分改変度」とは、審査を通じて特許請求の範囲が出願から権利化に至る過程において、当初の請求の範囲の記載から実際に補正が行われた格成分数を規格化した値である。この3つのパラメータを目視による確認で行い、実際の技術的範囲の属否との関係进行分析した結果、総格成分数が特許発明の技術的範囲の属否と強い関係があることが認められ、特に総格成分数が小さいほど発明特定事項の充足性が高くなることを確認した [44]。また、Abiko は特許明細書中に記載されている発明概念の総数を **num** 数とし、出願した特許の技術的範囲の広さを数値化した格成分数を用いた定量的評価手法で特許率との関係进行分析し、**num** 数と格成分数は特許率に大きく関係することを確認した。

「**num**」とは発明概念数であり、「格成分数」は個々の発明概念の広さを示しており、モデルのコンセプトを図 18 に示す [45]。

Kuhn らは、特許の最初の請求の範囲の長さに応じて特許の範囲を測定する方法を検証し、請求の範囲が長い（単語数が多い）ほど、侵害立証に必要な仕様が多く含まれる傾向があるため、平均して記載が長い請求の範囲は短い請求の範囲よりも権利範囲が

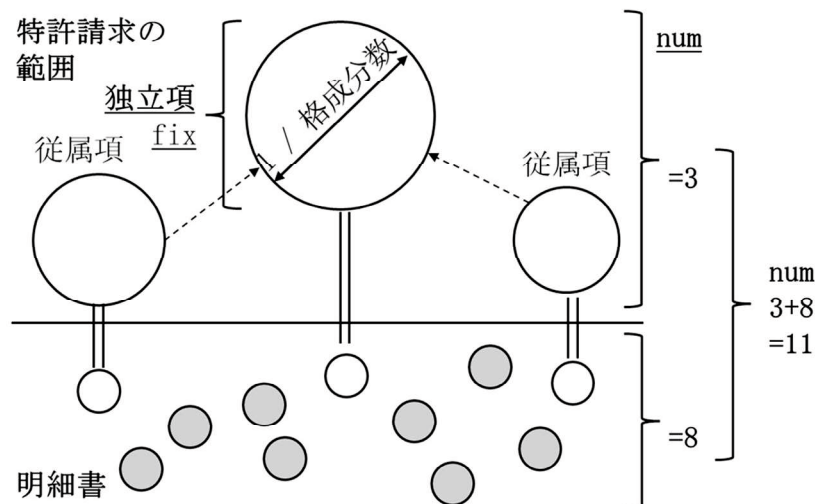


図 18. Abiko の研究モデルのコンセプト [45]

狭いと指摘した [46]。Wittfoth らは、最も適切な特許範囲を定義することは、将来の競合他社を排除するのに十分な広さと、付与後の無効化を回避するのに十分な狭さの間のバランスを探ることとし、「特許の最も重要な部分、つまりクレームを考慮して特許の範囲を比較的に測定し、特許の価値を示すためには、どのように指標を定義する必要があるのか」と「特許の範囲の指標は、既存の理論や一般的な特許価値指標とどの程度一致するのか」をリサーチクエッションとした。特許請求の範囲の意味論的特許分析を通じて、標準化された技術的特許範囲指標を提供するため、意味的依存関係分析によって独立クレームと従属クレームの依存関係を分析する方法を提案した。この指標によって、出願人が自社の技術を意味的にどの程度広く定義しているかを示し、特許の価値の源泉を提供できるため、競合他社の分析や M&A の問題に関する意思決定に関する解像度の向上を可能とした [47]。

特許の明細書や請求項は文章の記載が多いため、自然言語処理（Natural language processing : NLP）を用いた研究も行われており、NLP の一つである Bidirectional Encoder Representations from Transformers（BERT）を用いた研究として、Jieh-Sheng らは特許請求の範囲の記載のみから特許分類を付与することができることを確認し [48]、Hao-Cheng らは請求項 1 の記載からの特許性判断の研究を行った [49]。

1.4.4 先行研究と本研究

先行研究では、「公開された発明を利用する機会を与えられた第三者側」の視点による特許の活用方法であり、本研究では、「新しい技術を公開した特許権者側」の視点に立って、特許の情報開示特性（量と質）を考察する。

また、特許は、出願人が各国で幅広い技術分野でそれぞれ出願を行っており、日本だけでも 2022 年の年間出願件数が 289,530 件 [8]といったように件数が多く、FI のセクションが A~H と 8 つに分けられており、技術分野ごとに特許の記載に特徴があるため全てを一括りに傾向を掴むことは難しい。そのため、先行研究で「特許と技術」や「特許の質」、「特許の明細書や請求項」に関して行われている結果を記載してきたが、それぞれの結果は米国や著者の関係する国での特許出願や特定の技術分野に研究範囲を設定した前提での結果となっている。よって、本研究でも日本の特許出願かつ特定の技術分野を設定し、リサーチクエッションである情報開示特性（量と質）を考察していく。

1.5 研究方針

本研究では、日本の特許出願かつ特定の技術分野として、近年注目が集まっている半導体業界において、日本企業が産業的な競争優位を保持できている化学材料分野である「先端半導体用フォトレジスト」の日本特許を研究領域として設定し、情報開示特性（量と質）を解明していく。主要企業が複数存在し、技術的競争が存在しており、かつ日本の企業で構成されている技術分野であれば、最初の特許出願を日本で行っている可能性が高いと考えられ、リサーチクエッションである特許の情報開示特性を確認が適した技術分野である。

リサーチクエッションである情報開示特性を考えた時、自社情報を他社が活用している事実は公開されている特許情報から判断はできないが、特許の開示による影響を示す指標として被引用情報が活用できる。この被引用情報が、市場、企業、技術情報との関連性があるかを確認していく。次に、企業側の視点に立った時に必要となるのは、出願前に有している情報のみで判断できることである出願準備のために作成した明細書と特許請求の範囲から得られる情報開示特性と登録後の特許請求の範囲による権利状況を活用して解析を進める。

1.6 論文構成

本論文は、5つの章から構成される。本研究のフローチャートを図19に示す。第1章は序論であり、研究背景の紹介とリサーチクエッションの設定、研究目的を明確化した。第2章では、本研究領域に設定した先端半導体用フォトレジストの産業の動向を捉えるため、開発状況と特許/非特許情報の関係性を確認する。第3章では、特許の権利化状態と関係する審査状況を軸に、特許の情報開示特性を被引用件数や要約の記載を用いた自然言語処理結果から考察する。第4章では、主要企業5社のうちから1社をベンチマークして、開示特性を請求項の文字数や明細書のページ数、図面から統計的に定量的に捉え、当該研究領域の開示特性の特異性を抽出するまで深耕する。最後に第5章でこれまでの総括し、当該分野の出願のあり方を提案し、結論とする。

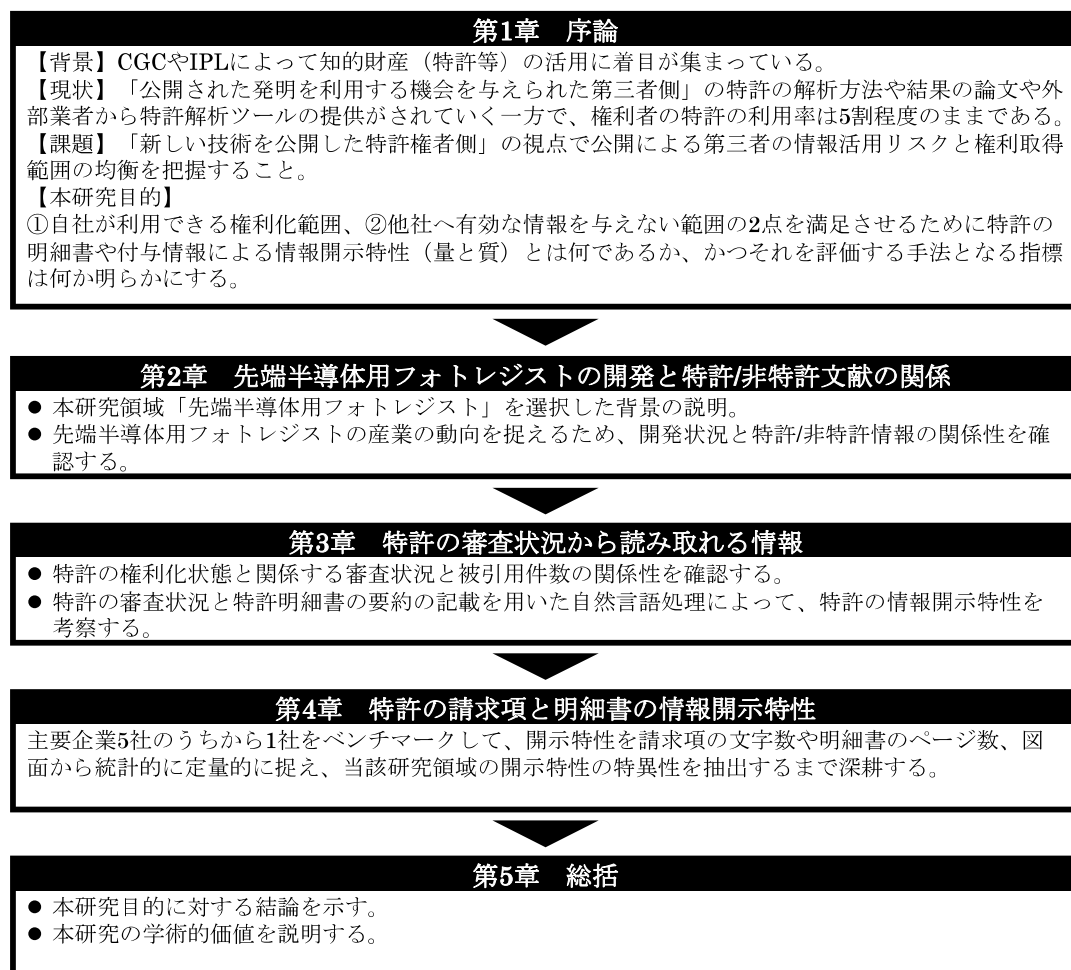


図 19. 本研究のフローチャート

第2章 先端半導体用フォトレジストの開発と特許/非特許文献の関係

2.1 先端半導体と半導体材料分野

前章で本研究目的の解明のために研究領域として「先端半導体用フォトレジスト」に設定した背景を半導体の現在と歴史を本節で説明し、その後の節で先端半導体用フォトレジストの産業の動向を捉えるために開発状況と特許/非特許情報の関係性を説明する。

2.1.1 日本の半導体と半導体部素材

先端半導体は、新型コロナウイルス対応によるデジタル化の進展、デジタルトランスフォーメーション（DX）の必要性の高まり、5Gなどの新たな情報通信技術・インフラ整備の進展等から世界中で投資が盛んに行われるようになり、さらに現在、生成AI（人工知能）の出現により再び世界で注目が集まっている。先端半導体は、あらゆる社会・経済活動に欠かせないものとして「産業のコメ」とも呼ばれており、日本でも半導体産業の再興に向けて経済産業省で2021年から半導体・デジタル産業戦略検討会議が行われている [50]。日本は1980年代には半導体の売上高が世界市場でトップであり、出荷額として50%のシェア率を有していた。しかし、1990年代には日米再逆が起こり、韓国・台湾が躍進しシェア率が低下し続けていった [51]。2022年現在では、半導体市場（出荷額）の日本のシェア率は9.1%となっている [52]。

具体的に、基本的な論理的演算機能を一つの集積回路（IC：Integrated Circuit）にした半導体部品であるロジックICの半導体の製造技術の世代を表す指標であるノード別の生産能力比率（200nm ウエハ換算）を図20に示す。ノードは数値が小さいほど最先端の半導体を示し、最新のスマートフォンやデータセンター、AIに活用される。最先端のロジック半導体は台湾、韓国、米国、アイルランドの4か国でのみ生産されており、内約6割が台湾で生産されている。一方で日本は、成熟したノードである40nm~90nmについて、18%の生産を担っている [53]。日本は半導体のシェア率低下だけでなく、最先端の半導体の生産も行っていないのが現状である。

半導体の製造にあたっては合計で1000以上の工程が必要となっており、半導体製造技術だけでなく、周辺装置や部材も重要な要素となる。その中で、半導体製造装置と主要半導体部素材の各国シェア率を図21に示す。半導体製造装置では米国に続いて、約3割のシェアを有し半導体部素材では約半分のシェアを日本が有しており、半導体産業

において日本は素材に強みを有していることが分かる [53]。

さらに、主要半導体部素材の具体的な品目に着目していったとき、半導体製造に使われる半導体の本体部分となるシリコン単結晶でできた基板である「ウエハ」と半導体製造で使用する化学材料である「フォトレジスト（レジスト）」の企業別および日本の売上高シェア率を図 22 に示す [54]。ウエハは主要半導体部素材の日本割合よりも高く、日本で 56% のシェア率を有している。露光光源波長別の ArF（Argon Fluoride：193nm）と最先端の EUV（Extreme UltraViolet：13.5nm）のレジストの日本シェア率はウエハを大きく上回り、87% と 100% であり、日本の主要企業が 5 社存在している。よって、半導体産業における日本の強みである主要半導体部素材の中でも、レジストは日本が特に強みを有している化学材料分野かつ日本の主要企業同士が技術を競っている産業であることから日本において特許出願が中心におこなわれているものと仮定し、本研究領域に設定した。

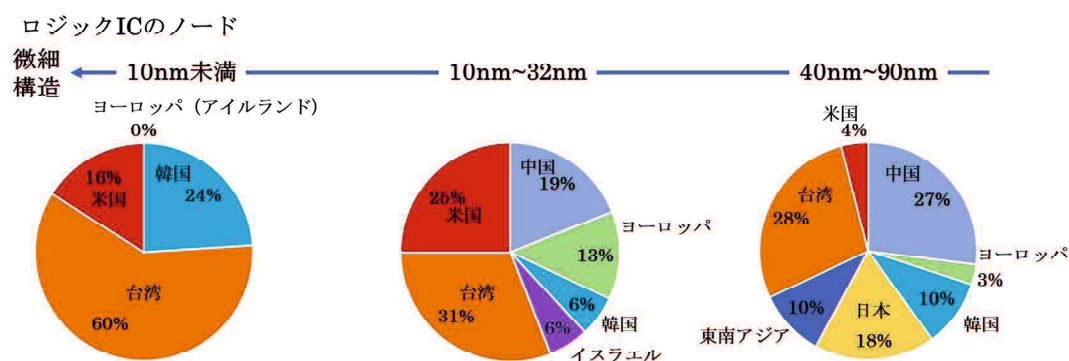


図 20. ロジック IC のノード別生産能力比率 [53]

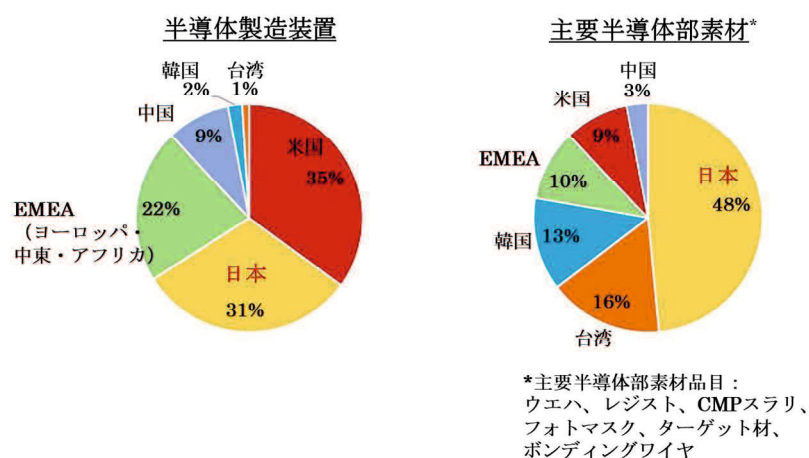


図 21. 半導体製造装置および主要半導体部素材の各国シェア [53]

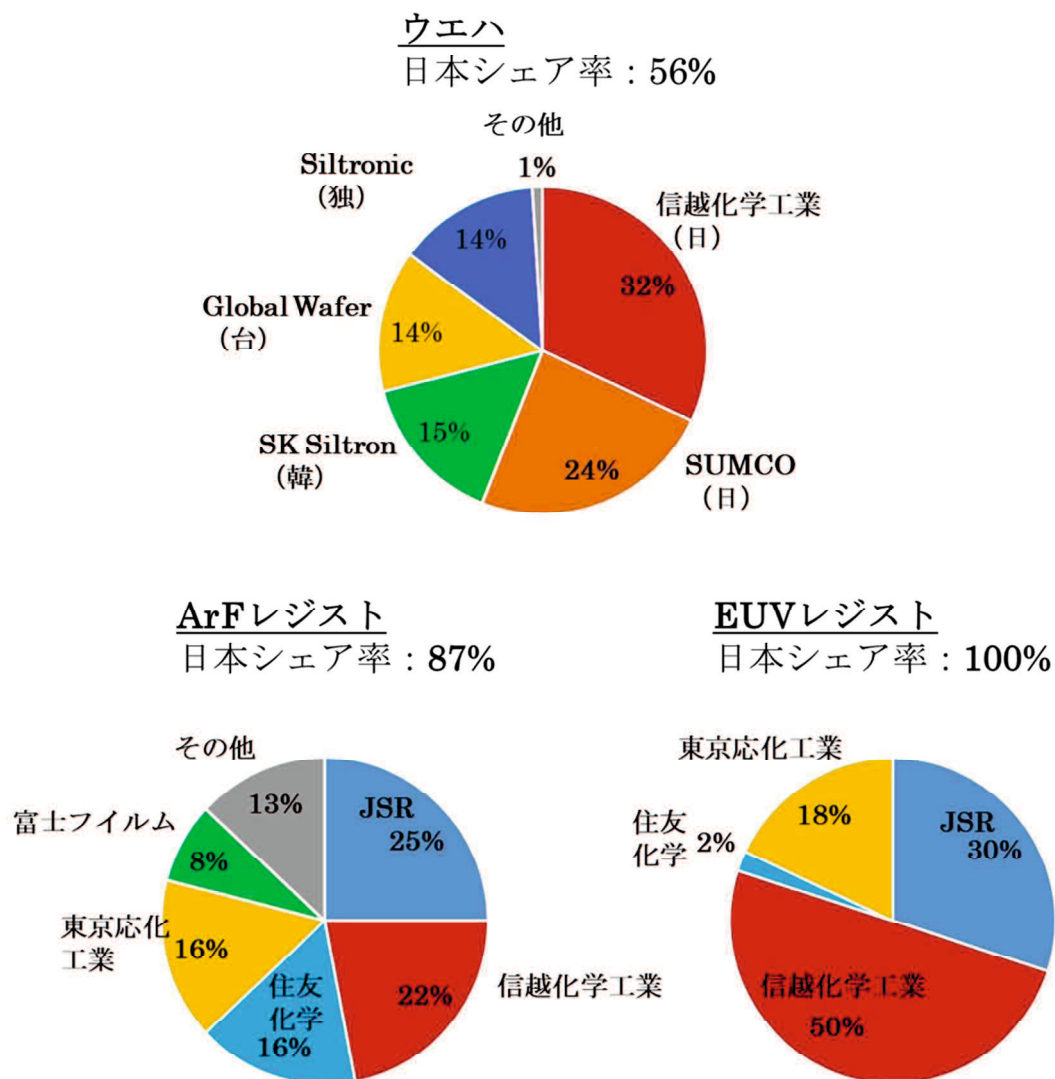


図 22. ウエハとレジストの企業別の売上高シェア [54]

2.1.2 半導体製造工程

前項で研究領域に設定した背景を説明したため、本項では半導体製造で使用する化学材料である「レジスト」の役割を把握するために半導体の製造工程を図 23 に示す。

工程 01 では、単結晶シリコンインゴットをスライスし、研磨することで超平坦・鏡面の半導体製造に使われる半導体の本体部分となるシリコン単結晶でできた基板である「ウエハ」を製造する。以降の工程によりこのウエハ上に多数の半導体素子が作られる。また、IC チップ数を増やすためウエハサイズも重要となっている。工程 02 では、工程 01 で製造したシリコンウエハ上にデバイスの絶縁層やエッチング時のマスクとし

て使用される酸化膜及び窒化膜を製膜する。そして工程 03 からがフォトリソグラフィ工程と呼ばれる。まず始めにエッチング時のマスクの役割となるレジストをウエハ上に塗布する。次に工程 04 では、回路が描かれたマスクを通し、ウエハ上に露光光源を照射し、光が照射された部分（光照射部）のレジストは溶解性が変化する。ポジ型のレジストは光照射部が現像液に可溶性となる一方で、ネガ型のレジストは光照射部が不溶性となる。その後、工程 05 の現像で可溶性となった部分のレジストを溶解することでウエハ上に回路を刻むためのパターンを形成する。工程 06 でウエハ上のレジストはエッチングに対して耐性を持たせているのでマスクとすることで、エッチングによってウエハが削れるところと削れないところができ、レジストで形成したパターンの通りにウエハ上に回路が形成される。最後に工程 07 で不溶性となりウエハ上に残っていたレジストを除去することでフォトリソグラフィ工程が終わる。工程 08 で不純物イオン（ドーパント）を注入し、熱処理によって活性化させることで半導体の電気的特性を変化させ、半導体におけるソース・ドレインを形成する。工程 09 において、エッチングで形成した溝を層間絶縁膜で埋めて、機械化学研磨（Chemical Mechanical Polishing : CMP）でウエハ上を平坦化させる。このフォトリソグラフィ工程から工程 09 を繰り返し行い、ウエハ上に多段の回路を形成する。その後、工程 10 で電極配線用の金属をウエハ上に埋め込むことで IC チップ内部と外部を電氣的に接続するための通り道を形成する。工程 11 ではウエハ上に形成された多数のチップ部分に対してプローブと呼ばれる針を接触させる方法などを用いて電気特性を評価・合否判断を行う。工程 12 でウエハをダイシングと呼ばれる方法を用いて一つ一つの IC チップに切り分けていく。工程 13 で切断された半導体素子（ダイ）を銀ペーストや半田などの接着剤でリードフレームに固定し、半導体素子と基板のインナーリードを金線で接続するワイヤーボンディングを行う。工程 14 で半導体素子をエポキシ樹脂で封止することで素子を衝撃や水分から守り、最終検査工程を得て半導体が製造される [55] [56]。

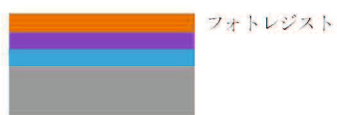
工程01 :
シリコンウエハ製造工程



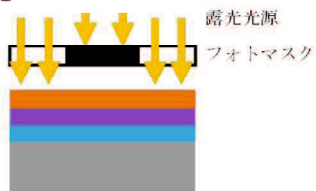
工程02 :
酸化膜/窒化膜形成



工程03 :
フォトリソグスト塗布



工程04 :
露光



工程05 :
現像



工程06 :
エッチング



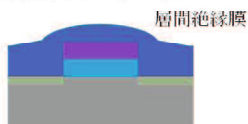
工程07 :
フォトリソグスト剥離・洗浄



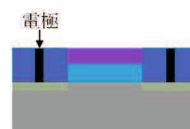
工程08 :
イオン注入



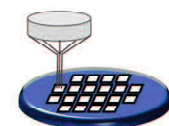
工程09 :
層間絶縁膜・平坦化



工程10 :
電極形成



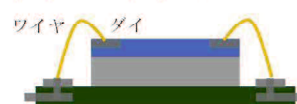
工程11 :
ウエハ検査



工程12 :
ダイシング



工程13 :
ワイヤーボンディング



工程14 :
モールドディング



工程15 :
最終検査工程

図 23. 半導体製造工程 [55] [56]

半導体の積層構造の断面図の例を図 24 に示す [57]。半導体製造工程の最初の部分であり、最も複雑かつ微細な半導体設計箇所を FEOL (Front-End-of-Line) 工程と呼び、

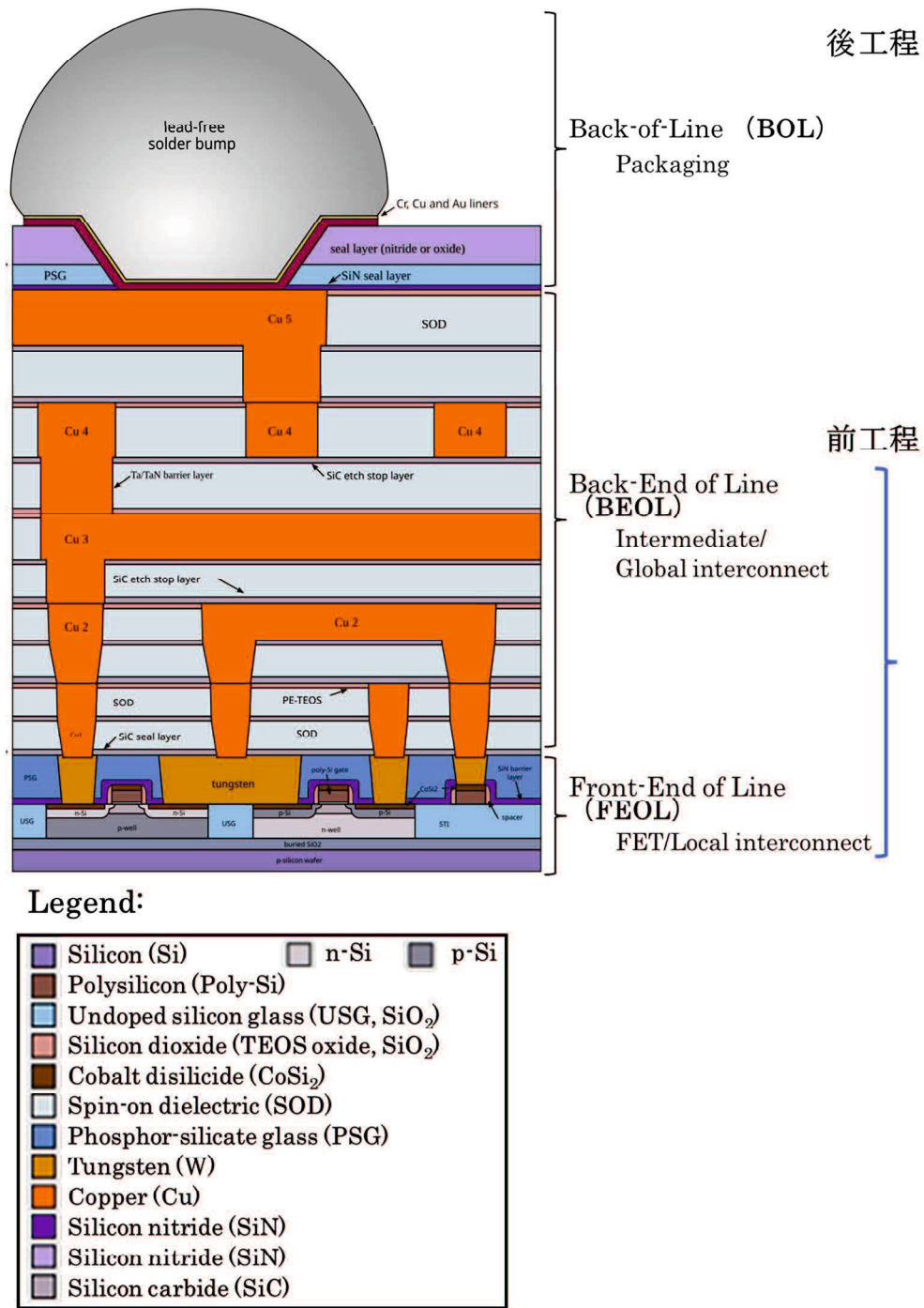


図 24. 半導体断面図 FEOL・BEOL・BOL [57]

銅配線や他の半導体部品の製造のような中間／グローバル配線箇所は、BEOL (Back-End-of-Line) 工程と呼ぶ。FEOL と BEOL の箇所が半導体における前工程と呼ばれる。その後、半導体を封止するパッケージング工程は、後工程である BOL (Back-of-Line) 工程と呼ばれる [58]。この断面構造の構成変更や工程を変えていく技術進歩によって半導体の性能向上が進んでいる。なお、配線抵抗値低減に向けて、最近では初段の金属配線層と接続する Co, Ru 等の特異な金属を使うことから MOL (Middle-of-Line) と称される。

2.1.3 半導体の歴史

次に半導体の製造工程の歴史として、過去から現在までの技術変遷を本節で確認する。

半導体の歴史をさかのぼると、1874 年に Karl Ferdinand Braun が発見した鉱石検波器が最も古い半導体素子と考えられ、1899 年に当該特許が出願されている。1926 年に Leif Otto Grondahl と Paul H Geiger が酸化銅と銅の接合型ダイオードを発明し、1939 年には Russell Ohl が、pn 接合で整流作用があることを発見し、1945 年に William Bradford Shockley が電界効果トランジスタ (Field Effect Transistor : FET) による増幅器の開発をしていた。1947 年に John Bardeen と Walter Houser Brattain が、点接触型トランジスタで音声信号を増幅する実験を行い、半導体増幅器の実証に成功し、1948 年に特許出願 (US2524035A) が行われている。1948 年に Shockley が接合型トランジスタの原型となるサンドイッチ型トランジスタを発明した。この功績により、Bardeen, Brattain, Shockley は 1956 年にトランジスタの発明としてノーベル物理学賞を受賞した。以降から半導体の改良や発明が進み、1954 年に Gordon Teal がシリコン・トランジスタの開発をし、1958 年に Jack Kilby により集積回路 (Integrated Circuit : IC) が発明され、特許出願も行われた。また、1959 年 7 月に Robert Norton Noyce もプレーナープロセスのトランジスタを用いた IC に関する特許 (US2981877A) を出願しており、この 2 名が IC の発明者とされている。このプレーナープロセスは 1959 年 5 月に Jean Hoerni によって現在の IC 製造方法の基本となっている光学リソグラフィ技術を利用し、半導体の表面に不純物を拡散させ、平面構造のトランジスタを作る方法として発明、特許出願 (US3025589A) され、ここから半導体露光技術の発展が行われていった [59]。

1965 年に Gordon E. Moore は、“The complexity for minimum component costs has

increased at a rate of roughly a factor of two per year (see graph on next page). Certainly over the short term this rate can be expected to continue, if not to increase. Over the longer term, the rate of increase is a bit more uncertain, although there is no reason to believe it will not remain nearly constant for at least 10 years. That means by 1975, the number of components per integrated circuit for minimum cost will be 65,000. I believe that such a large circuit can be built on a single wafer.”と素子当たりのコストが最小となるように集積回路が数多くの素子を搭載したときに集積回路の部品数が毎年 2 倍増加すると経験則に基づいた将来予測を行い、今日では Moore's law（ムーアの法則）と呼ばれている。また、Moore は集積回路が家庭用コンピュータや自動車の自動制御、個人用のポータブル通信機器などの製品を生み出すことを予測しており、集積回路の成長に伴う経済や社会も想定していた [60]。ムーアの法則は先進的な工業製品一般における性能向上の 1 つの予測値や目標値として用いられるようになり、半導体産業の成長を牽引してきた。

1974 年には Robert H. Dennard らが経験則であるムーアの法則を技術的に裏付ける半導体デバイスの基本的指導原理となるデナート則あるいはスケーリング則と呼ばれる考えを発表した [61]。半導体の微細化の方向性を示しており、概要をまとめると「スケーリング係数(k)を基準として、MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor : 金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ) のゲート寸法（ゲート長とゲート幅）を k 分の 1 にすると、遅延時間が k 分の 1 に短くなり、消費電力は k の 2 乗分の 1 に下がるというもの。つまり、MOSFET は小さくするだけで高速かつ低消費になる」である。部分的な修正はあったが、1970 年代から 1990 年代の半導体の集積回路はほぼ、このデナート則に沿って高密度化と高速化を達成してきた。しかしながら、1990 年代後半から微細化とともに MOSFET のリーク電流が急激に増加し始めたことでデナート則に沿わなくなり 2000 年代半ばに修正版のデナート則として「微細化によって MOSFET の密度は 2 倍に増えるものの、動作速度は高くなり、MOSFET のゲート容量は減少するため、消費電力は下がる。ただし、リーク電流抑制と性能維持のトレードオフによって電源電圧は下げられない。」となった [62]。

また、この時代にリソグラフィ技術がコンタクト露光技術から、投影露光技術、縮小投影型露光技術が開発され、微細化への指針が明確となった。微細化つまり解像度 (Pattern Resolution) は下記式 (1)、焦点面からずれても一定の解像力が得られる範

囲である焦点深度（Depth of focus : DOF）は下記式（2）の Rayleigh 式に沿うことが分かった。

$$Pattern Resolution = k_1 \cdot \frac{\lambda}{NA} \quad (1)$$

$$DOF = k_2 \cdot \frac{\lambda}{NA^2} \quad (2)$$

ここで、 k_1 と k_2 はプロセス係数（レジスト材料や露光方式により決まる比例定数）、 λ は露光光源波長、 NA （Numerical Aperture : 開口数）は投影光学系の開口数を示す。式（1）から、微細化すなわち解像度を向上させるには、投影光学系の開口数を大きく、露光光源波長を短く、プロセス係数を小さくすればよいことが分かり、デナート則と Rayleigh 式によって本格的な微細化が可能となった。様々なプロセス技術、デバイス技術の発展が高集積化を支えてきたが、中でもリソグラフィ技術の発展がその中心にある [63] [64]。また、縮小投影露光技術の初期には、プロセス工程によって基板に段差が生じ、単層レジストで加工するため凹凸による段差を十分に超える焦点深度が要求されていたが、化学機械研磨（Chemical Mechanical Polishing : CMP）技術の普及に伴い基板表面の平坦化が可能となり、焦点深度の問題は改善された。このようにリソグラフィ技術の問題を改善するために、CMP 技術などのプロセスや装置の進化が起こってきた [65]。

さらに技術の発展のために、国際半導体技術ロードマップ（International Technology Roadmap for Semiconductors : ITRS）委員会が 2001 年からロードマップを提供し、技術目標値を掲げるようになった。2016 年まで続き、その後、電気電子技術者協会（Institute of Electrical and Electronics Engineers : IEEE）が国際デバイスおよびシステムロードマップ（IEEE International Roadmap for Devices and Systems : IRDS）という名称の新たなロードマップ策定作業を IEEE Standards Association の産業界連携プログラムとして発足させると発表し、現在も続いている [66]。

2.1.4 主要学会

現在半導体における代表的な主要学会として、前工程に関しては“**The International Society for Optical Engineering (SPIE)**”, **Advanced Lithography + Patterning Conference**”であり、後工程に関しては“**Electronic Components and Technology Conference (ECTC)**”がある。SPIE と ECTC の両学会で半導体に関連する世界中の企業や大学が最新情報を発表している。SPIE と ECTC の学会における学会要旨に付与されている **Index keyword** をエルゼビア社が提供する、抄録・索引データベース“**Scopus**”から抽出し、重複する語を整理し、各年の発表で出現したキーワードの上位 10 語を表 1 に示す。さらに、上位 10 語に入った中でも特徴的と判断したキーワードの年次変化を図 25 に示したところ、傾向として、SPIE では、「EUV」が引き続き上位にランクインし、2020 年には量産体制に入る一方、EUV と次世代技術として期待されていた「**DSA (Directed Self-Assembly : 自己組織化リソグラフィ)**」は 2016 年以降減少している。また、「機械学習」は近年急成長を遂げている。次に、ECTC では、「ウェーハボンディング」が高い順位を維持している。「**TSV (Through Silicon Via)**」は、CMOS イメージセンサ (CIS) やメモリで広く使用されているため、最近順位を下げた。2024 年現在、注目されるチップレット技術において基幹となる「ハイブリッドボンディング」は近年順位が伸びている。EUV や「ウェーハボンディング」のように上位を維持する技術もあれば、「機械学習」や「ハイブリッドボンディング」のように最近新たに注目されている技術が急上昇している。微細化の限界が近づいていることから後工程のパッケージ技術に関しても近年注目が集まっている。

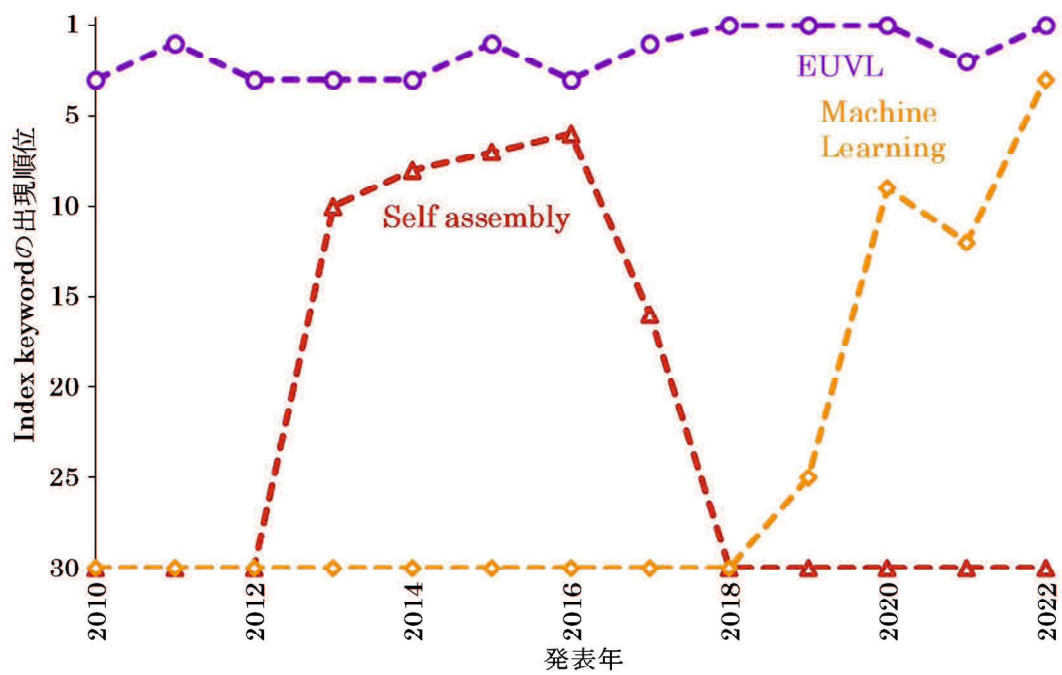
表 1. 主要学会の Index keyword

出現順位	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	lithography	lithography	lithography	lithography	lithography	lithography	euvl	euvl	euvl	semiconduct or device manufacture	euvl
2	units of measurement	units of measurement	units of measurement	euvl	units of measurement	euvl	process control	process control	process control	process control	photoresist
3	process control	process control	process control	units of measurement	process control	units of measurement	lithography	lithography	lithography	euvl	process control
4	euvl	euvl	euvl	process control	euvl	process control	photoresist	photoresist	photoresist	defect	machine learning
5	euv	euv	euv	photoresist	photolithography	photolithography	mask	defect	defect	silicon wafer	semiconduct or device manufacture
6	photoresist	photoresist	photoresist	photolithography	photoresist	photoresist	semiconduct or device manufacture	roughness measurement	semiconduct or device manufacture	stochastic system	overlay
7	measurement	measurement	measurement	euv	self assembly	semiconduct or device manufacture	defect	mask	mask	inspection	performance
8	defect	mask	photolithography	self assembly	defect	mask	roughness measurement	semiconduct or device manufacture	inspection	high volume manufacturing	defect
9	optimization	defect	self assembly	directed self assembly	directed self assembly	defect	photolithography	stochastic system	high volume manufacturing	euv	silicon wafer
10	photolithography	optimization	directed self assembly	mask	mask	roughness measurement	high volume manufacturing	scanning electron microscopy	machine learning	photoresist	inspection

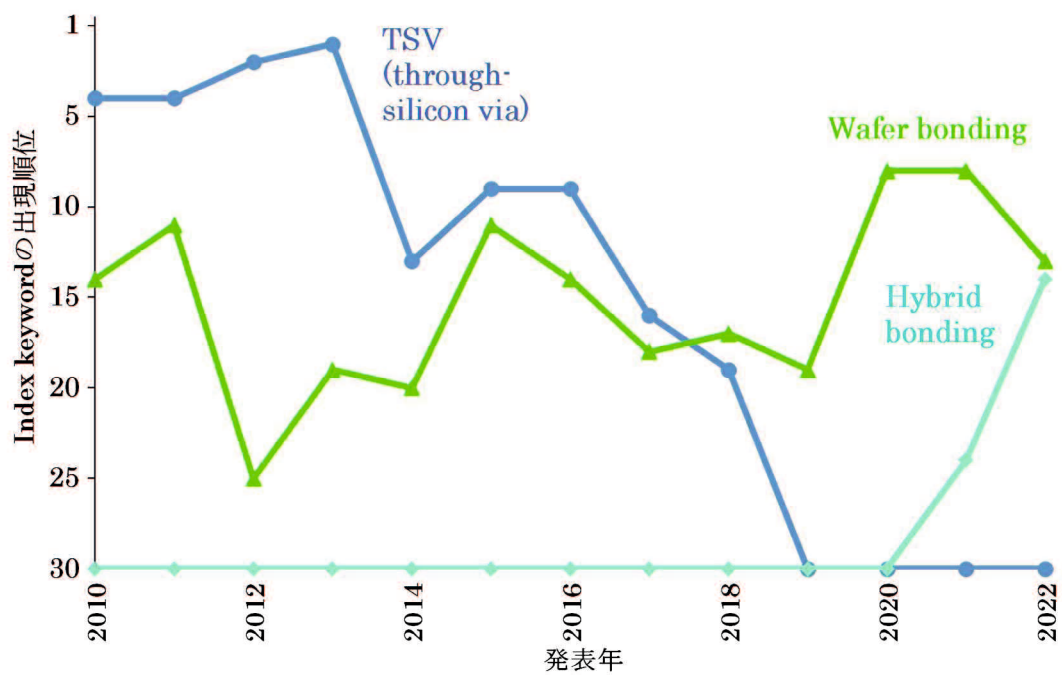
(a)SPIE

出現順位	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	three dimensional computer graphic	three dimensional	three dimensional integrated circuit	network component	network component	network component	network component	network component	network component	chip scale package	chip scale package
2	technology	tsv	substrate	three dimensional integrated circuit	electronics packaging	electronics packaging	chip scale package	substrate	substrate	substrate	integrated circuit interconnect
3	tsv	technology	electronics packaging	substrate	three dimensional integrated circuit	chip scale package	substrate	chip scale package	electronics packaging	three dimensional integrated circuit	three dimensional integrated circuit
4	electronics packaging	silicon	silicon wafer	electronics packaging	substrate	substrate	electronics packaging	electronics packaging	silicon wafer	integrated circuit interconnect	fan out
5	solder joint	substrate	chip scale package	integrated circuit interconnect	chip scale package	three dimensional integrated circuit	reliability	three dimensional integrated circuit	chip scale package	fan out	substrate
6	silicon wafer	electronics packaging	integrated circuit interconnect	chip scale package	integrated circuit interconnect	reliability	three dimensional integrated circuit	reliability	three dimensional integrated circuit	silicon wafer	copper
7	substrate	reliability	copper	flip chip device	silicon wafer	integrated circuit interconnect	integrated circuit interconnect	integrated circuit interconnect	integrated circuit interconnect	copper	silicon wafer
8	tin	chip scale package	flip chip device	copper	finite element method	binary alloy	printed circuit board	silicon wafer	copper	electronics packaging	temperature
9	soldering alloy	copper	binary alloy	silicon wafer	copper	silicon wafer	copper	flip chip device	wafer bonding	wafer bonding	electronics packaging
10	reliability	soldering alloy	glass	tsv	tsv	finite element method	silicon wafer	copper	silicon	reliability	binary alloy

(b)ECTC



(a)SPIE



(b)ECTC

図 25. 主要学会の Index keyword の年次推移

2.2 フォトレジスト

前節で半導体の状況を含めて、本研究領域と設定した「先端半導体用フォトレジスト」の背景を把握できたため、半導体のリソグラフィ工程で重要な材料である「フォトレジスト」について本節で説明する。「フォトレジスト」の組成は、一般的にリソグラフィ工程で酸の作用により現像液に対する溶解性が変化する①「ベース樹脂」、露光により酸を発生する②「酸発生剤」、レジスト組成物において露光により発生する酸をトラップする③「クエンチャー（酸拡散制御剤）」、レジスト膜に撥水性を付与するフッ素添加剤やリソグラフィ特性を向上させるための④「添加剤」、レジスト材料を溶解させる⑤「溶剤」で構成されている。

2.2.1 露光光源波長による材料変化の歴史

フォトレジストも半導体の製造工程の発展に伴い、組成特徴が変化していることから、本項では、一般的なフォトレジストの露光光源波長変化に伴うベース樹脂を中心とした材料変化を見ていく。まず、露光光源波長の変遷について説明する。**Rayleigh** 式によって解像度を上げるには露光光源波長を短くすることが手段の一つであることから 1980 年代の高圧水銀灯から発光線 **g 線** (436 nm) が使われ、次に **i 線** (365 nm) が利用された。その後、短波長化が進み、1990 年代には **KrF** (クリプトン・フッ素) エキシマレーザー (248 nm), **ArF** (アルゴン・フッ素) エキシマレーザー (193 nm) が使われ、2000 年代には液浸 **ArF** ($NA: 1.3$) と短波長化・高 NA 化が進み、現在まで EUV(13.5nm)と露光光源波長が変化してきた [67]。

フォトレジストはポリケイ皮酸ビニルをベース樹脂として用いたものが初期のレジストである。メカニズムとしては、ポリケイ皮酸ビニルが 300 nm 程度以下の露光波長により、ケイ皮酸基の 2 量化反応による環化反応が起こり、高分子同士に橋かけが形成されることで現像液に不溶となることでネガ型のパターンを形成した (図 26)。

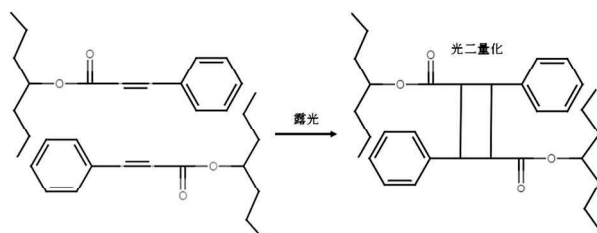


図 26. ポリケイ皮酸ビニルの 2 量化反応 [68]

高分子反応で合成されるポリケイ皮酸ビニルは残存するヒドロキシ基によってウェットエッチング工程でレジスト界面から剥離しやすいという課題があり、その後、ゴム系のベース樹脂とアジド化合物を主成分とするレジストが開発された。露光によりアジド化合物が光を吸収し、窒素を放出して分解され、不対電子を 2 個有するナイトレン（二つの孤立電子対と空の p 軌道を持つ不安定な窒素化合物）が生じ、ゴム系のベース樹脂が架橋反応して、不溶性の 3 次元網目構造が形成されることでネガ型のパターンを形成した [68]。

次にフォトレジストの露光光源波長ごとの変遷として、紫外領域の g 線や i 線の光波長向けに使用された材料を紹介する。ベース樹脂にノボラック樹脂、光酸発生剤として 1,2-ナフトキノンジアジドスルホン酸エステル (NQD) 系化合物を用いたフォトレジストである。フェノール系化合物とホルムアルデヒドを酸触媒で縮合させて得られる樹脂がノボラック樹脂であり、フェノール性水酸基の影響でアルカリ水溶液に可溶となる一方で、疎水性の NQD 系化合物との混合物からなるフォトレジスト膜はアルカリ水溶液に不溶となることが特徴である。メカニズムとしては、露光工程で g 線または i 線がフォトレジスト膜部に照射されることで、露光部で光分解反応が進行し、NQD 系化合物が分解することで光反応により生成した親水性のインデンカルボン酸がアルカリ水溶液に対する溶解し、ノボラック樹脂のアルカリ水溶液に対する溶解性を促進する(図 27, 図 28)。上記メカニズムによって、露光部と未露光部でアルカリ水溶液に対する溶解性に差が生じ、ポジ型のパターンを形成することができる [69]。しかしながら、NQD 系化合物の化学変化を溶解性の物理的な性質変化のみでパターンを形成する方法では解像度の観点で限界があった。

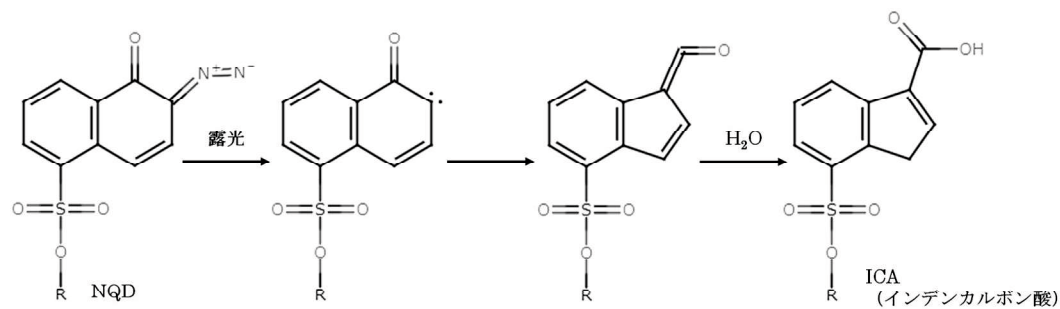


図 27. NQD の光化学反応 [68]

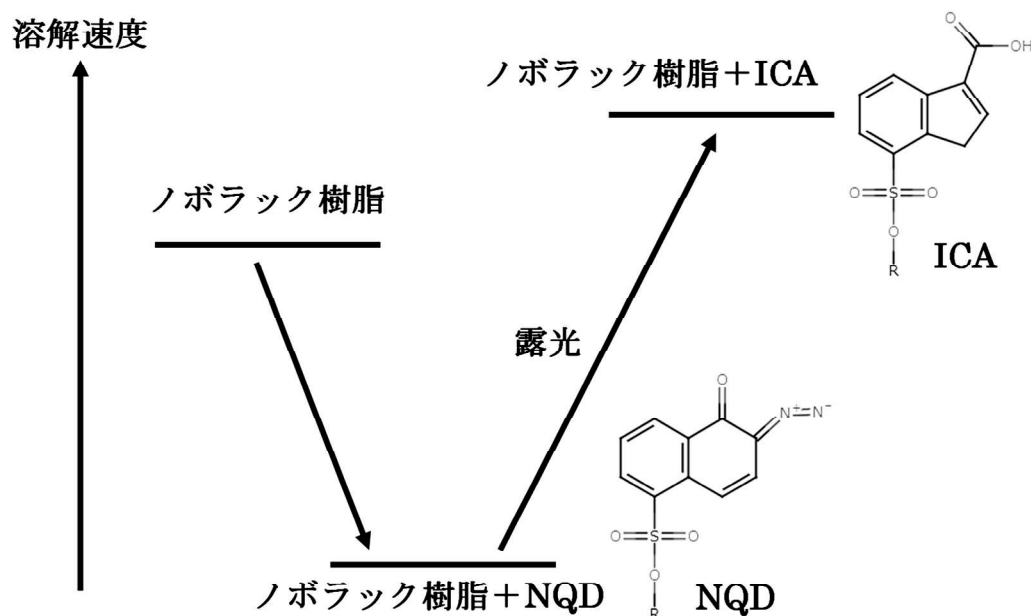


図 28. NQD 系ポジ型レジストの溶解特性 [68]

KrF エキシマレーザー向けではベース樹脂がポリヒドロキシスチレン (PHS), 酸発生剤がスルホニウム塩などのオニウム塩系酸発生剤を用いた組成のフォトレジストが一般的となった。KrF エキシマレーザーを用いた露光装置では, 発振波長が狭帯化したレーザーを利用したことで, 短波長となったが露光強度が g 線・i 線の露光装置と比較して弱くなり, 高感度のフォトレジストが求められた。そこで, 酸触媒反応を利用した化学増幅型フォトレジストが提案された [70]。化学増幅型フォトレジストのメカニズムは露光により発生した酸が加熱により多数回の化学反応 (脱保護反応) を引き起こす触媒となり, 脱保護して生成するポリヒドロキシスチレンが現像液に対する溶解性を変化させて, パターンを形成する (図 29)。露光強度が弱く, 露光により発生した酸の量子効率が低い, 溶解性の変化を起こす脱保護反応が多数回起こるために, 実効的な反応の量子収率が大きくなって高感度化を達成した。そして, 露光部と未露光部で大きな溶解性差を示すことができ, 高解像度化も達成した。さらに, ベース樹脂の改良が検討され, ガラス転移温度の高い p-ヒドロキシスチレンと tert-ブチルメタクリレートとの共重合体で, 露光前バークでも脱保護反応が起きない保護基 (t-ブチル基) が用いられた [71]。

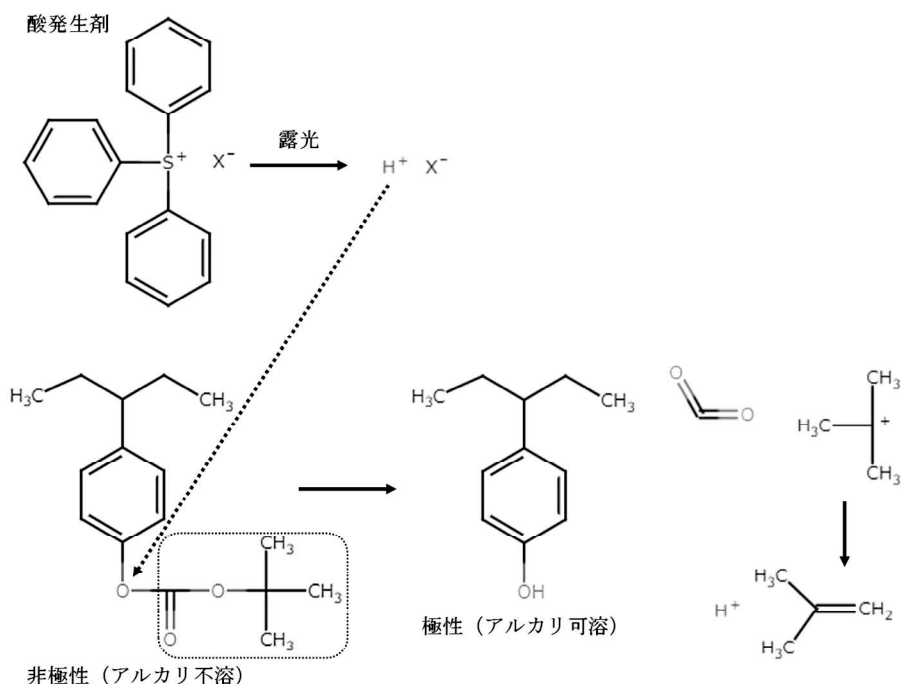


図 29. KrF ポジ型化学増幅系レジストの反応機構 [68]

更なる解像度化を目的として、露光光源波長が **ArF** エキシマレーザー向けではこれまでのベース樹脂であるノボラック樹脂や **PHS** の骨格であるベンゼン環が **200nm** 付近の光に対する高い吸収性を有していることから、新しいベース樹脂が開発された。高解像性とドライエッチング耐性の両立を目指し、ベンゼン環に代わり **ArF** 光への光吸収性が低い環状の脂環式炭化水素基であるアダマンタンやノルボルネンを有する（メタ）アクリル酸エステルポリマーをベース樹脂として用いた。メカニズムとしては、露光部で発生した酸により脂環式炭化水素基がポリマーから脱離し、カルボン酸を生成し、アルカリ水溶液に溶解することで露光部が溶解するポジ型のフォトリソレジストである（図 30）。しかしながら、炭素比率の高い脂環式基は高い疎水性を有することから基板との密着性が課題となり、ラクトン構造やアルコール性水酸基を側鎖に導入したベース樹脂が用いられることになった [72]。

Rayleigh 式の λ である露光光源波長だけでなく、**NA** を大きくする取り組みとして、従来は空気（屈折率 $n = 1$ ）であった露光装置の結像レンズの下面とウエハ上のフォトリソレジストとの通常 **1mm** 以下の隙間に、空気よりも屈折率の大きな純水（ $n = 1.44$, **NA** = 1.35）を満たして露光する **ArF** 液浸リソグラフィ技術が開発された。

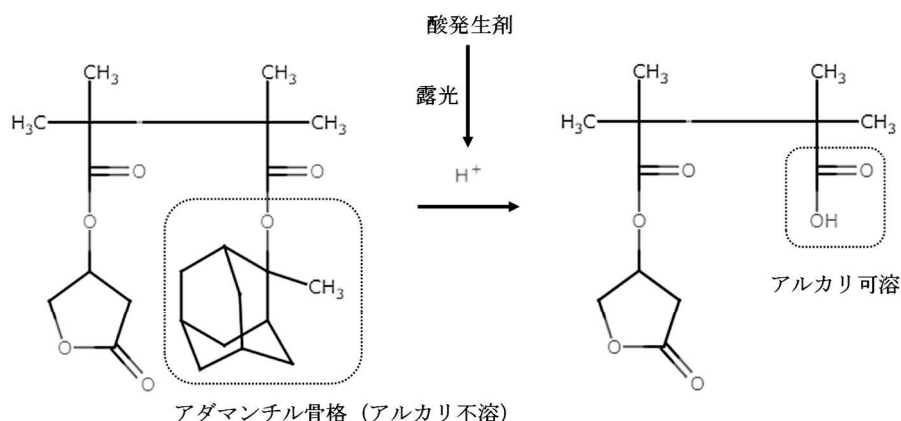


図 30. ArF ポジ型化学増幅系フォトレジストの反応機構 [68]

従来にない水が媒体となるため，ArF 液浸フォトレジストには，組成物中の低分子量成分である酸発生剤やクエンチャーが水に溶出しない，水の存在下でも露光性能が劣化しない，高い撥水性が求められた。そこでフォトレジストの組成設計ではなく，疎水性の高いフッ素系や炭化水素系の樹脂をトップコートとして，形成したフォトレジスト膜上に重ねて薄く塗布することで対応を行った。さらに検討が重ねられた結果，疎水性の高い異種の高分子であるカルボキシ基やヘキサフルオロカルビノール基を有するアルカリ可溶性フッ素含有樹脂を添加剤としてフォトレジストに少量添加するトップコートレスのフォトレジストになった。また，従来クエンチャーとしてアミン系化合物が多く使われていたが，酸の拡散を適切に制御することが難しくなり，均一で高解像度のパターン形成が困難になったことで，光酸発生剤で使われているスルホン酸などの強酸に対して弱酸となるカルボン酸を光拡散制御剤が使われるようになった [73]。パターンニング技術も進歩し，ダブルパターンニング技術が開発され，複数回露光技術や形成したパターンをもとに成膜技術からパターンを半分のサイズにする手法などが行われている [74]。

最後に EUV 用フォトレジストとなり，こちらは現在も積極的な研究開発が行われている最中である。これまでの光リソグラフィ技術ではベース樹脂の光吸収が課題となっていたが，EUV 光のエネルギーは 92 eV と非常に大きく，フォトレジストに微細化が求められていることから縦横比の関係で薄膜化もされているためベース樹脂の透過率は大きな問題にはならなくなった。そのため，これまで研究がなされてきた PHS ポリ

マーや保護基を用いた(メタ)アクリル酸エステルポリマーなどが使われている一方で、EUV用フォトレジストの反応機構がKrFやArFと異なっており、EUV光によって露光されたEUVレジストは光酸発生剤が直接励起されず、光励起された樹脂等から発生した二次電子により励起されて酸が発生することと反応の際に水素供与体が必要となる(図31) [75]。またEUV光はArF光と比べて約13倍のエネルギーを有することから、光子数はArFの約1/13となり、同じ露光エネルギーをフォトレジストに照射した場合、反応も減少する [76]。さらに微細化によってパターンサイズが縮小されているため、パターンサイズ中の光子数が減少し、光子数の存在ばらつきの影響が顕著になるためラフネス(LER: Line Edge Roughness, および LWR: Line Width Roughness)や欠陥が課題となる。これらの課題を解決するため現在フォトレジストの開発が行われている。改善のアプローチとして「主鎖切断レジスト」と呼ばれる、酸の触媒反応により露光部を低分子量化し、レジスト膜の原料ばらつきと現像のばらつきを改善する手法がある [77] [78]。他にも、分子量が小さく、単一化合物を用いる「分子レジスト」 [79]、酸発生剤(PAG)をポリマーにバウンド(ベース樹脂中に酸発生剤を組み込む)させることで酸拡散を抑制し、酸のばらつきの改善を図る「ポリマーバウンドPAGレジスト」 [80] [81]、EUV高吸収な元素として酸素、フッ素、ヨウ素などを用いた「高EUV吸収原子導入レジスト」 [82]がある。この高吸収に関連した新たなアプローチとして、ベース樹脂を有機金属化合物に置き換えた「メタルレジスト」がある。EUV光の吸収効率が低い原子はSn, Co, Sbがあり、レジスト膜中にメタル原子を有し、その高吸収を活用することにより高感度、高解像力を狙った非化学増幅型のレジストである [83] [84]。「メタルレジスト」は従来の有機溶剤を利用したウェットでフォトレジストを基板上に塗布していたプロセスから気相によって基板上へのレジストの蒸着、現像工程を行う「ドライレジスト」の開発も行われている [85]。このようにフォトレジストの開発は露光光源波長の変遷と共に行われてきており、その中心に日本の企業が存在している。

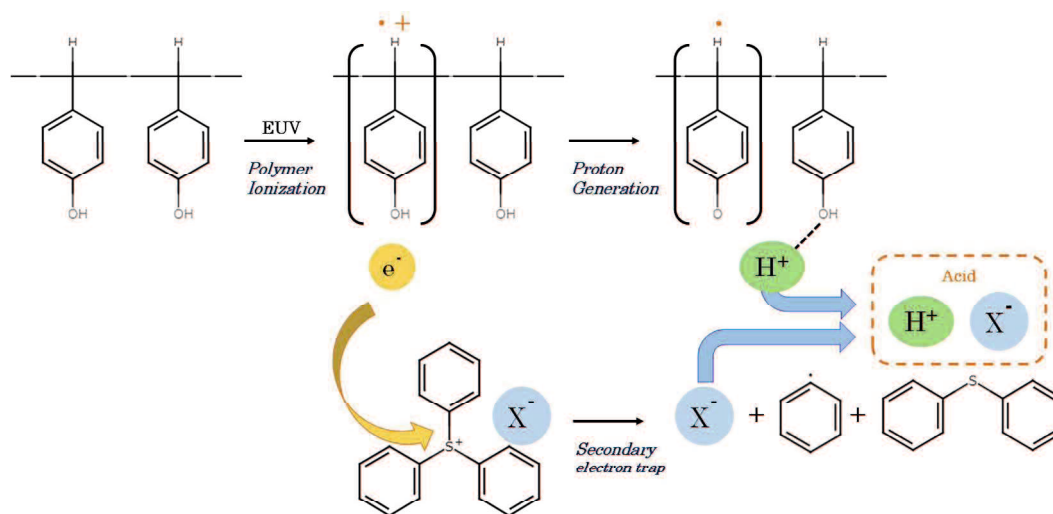


図 31. EUV レジストの反応機構 [75]

2.2.2 国内主要企業

図 22 のレジストの企業別シェアで示したレジスト材料分野における主要な日本企業 5 社の事業規模を表 2 に示す [86] [87] [88] [89] [90]。各社、レジスト以外の半導体関連材料も取り扱っているため、当該事業の売上規模は異なる。また、資本金や売上高の大きな総合化学メーカーもレジスト分野に参入しているため、レジスト材料単独での研究開発動向は把握しにくい。その中で、B 社は 2021 年度連結売上高でエレクトロニクス機能材料の売上高比率が 56.8%，高純度化学薬品 41.3%，装置 1.7%であり、当該レジストの研究開発動向を把握する上で好適と判断した。B 社のエレクトロニクス機能材料の 2021 年度売上高構成比におけるレジストは 67%であり、レジストの売上高は 53,258 百万円と試算される [91]。また、同社の 2020 年の売上高研究開発費率は 8.1%，研究開発投資効率（「直近 5 年間の営業利益」/「その前の 5 年間の研究開発費」と定義）は 1.7 倍であり、化学企業においては高値であることが分かる [92]。

表 2. 国内各社のレジスト関連事業規模

企業	資本金 (百万円)	2023年度売上 (百万円)	レジスト 関連事業	当該事業 2023年度売上 (百万円)	主要製品
A社	119,419	2,808,824	電子材料事業	850,442	半導体シリコン、希土類磁石 (電子産業用・一般用)、 半導体用封止材、LED用パッケージ 材料、フォトレジスト、 マスクブランクス、合成石英製品
B社	14,640	162,270	エレクトロニクス 機能材料部門	87,799	
C社	23,370	408,880	デジタル ソリューション 事業	170,439	<半導体材料事業> リソグラフィー材料 (フォトレジスト、 多層材料)、実装材料、洗浄剤、 CMP材料、等 <ディスプレイ材料事業> カラー液晶ディスプレイ材料、 有機ELディスプレイ材料、等 <エッジコンピューティング事業> 耐熱透明樹脂および機能性フィルム、 光造形、等
D社	90,059	2,446,893	情報電子化学	414,150	光学製品、半導体プロセス材料、 化合物半導体材料、 タッチセンサーパネル等
E社	40,363	2,960,916	電子材料事業	199,724	半導体プロセス材料

2.2.3 ハーフィンダール・ハーシュマン指数

産業における市場の競争状態（集中度）を表す指標の一つとして、寡占度指数であるハーフィンダール・ハーシュマン指数 (Herfindahl-Hirschman Index : *HHI*) があり、式 (3) のように当該産業に属する全ての企業の市場占有率の 2 乗和となる。

$$HHI = \sum_{i=1}^N S_i^2 \quad (3)$$

ここで、 S_i は市場占有率、 N は当該産業の企業数である。*HHI* が 1,000 を超える市場を “concentrated markets”，1,000 から 1,800 の間を “Moderately Concentrated”，1,800 以上を “Highly Concentrated” と呼ぶ。また、*HHI* は合併による集中度の変化から競争力を大幅に減少させるリスクを示す有用な指標でもある。合併時に *HHI* が 1,800 を超えており、かつ *HHI* の変化が 100 を超える場合、競争力を大幅に減退させるか独占を生み出す傾向があると推定される。合併会社の市場シェア率が 30% 以上かつ *HHI* の変化が 100 を超える場合も同様である [93]。露光光源波長ごとのレジスト市場にお

ける主要企業 5 社の販売数量（出荷数量）ベースによる各シェア率を市場占有率とし、 N が 5 つとして求めた HHI と日本企業全体のシェア率の結果を表 3 に示す [94] [95] [96] [97]。今回の式（3）の計算に用いなかった海外の企業には、米国や韓国の企業が存在していた。主要企業 5 社での市場の競争力は、KrF、ArF、EUV レジストで HHI が 1,800 以上を “highly concentrated” であることが確認され、日本企業の主要 5 社で市場を占有していることが確認された。このような状況下で 2024 年に主要企業の 1 社である JSR 株式会社は政府系ファンドの産業革新投資機構（JIC）による TOB（株式公開買い付け）によって、上場を廃止した上で半導体材料の業界再編で主導権を狙っている [98]。現在の主要企業 5 社の内のいずれかと合併した場合、 HHI の指標に基づくと合併時に HHI が 1,800 を超え、かつ HHI の変化が 100 を超え、競争力を大幅に減退させるか独占を生じる可能性がある。一方で、日本企業全体シェアはレガシーの i 線から最先端の EUV レジスト全てにおいて日本企業が市場を高い割合で占有しているが、レガシーにあたる i 線と KrF レジストでは 2010 年と比べて 2022 年は数値が下がってきており、近年海外のシェアも増えてきていることが確認できた。

表 3. 主要企業 5 社による HHI [94] [95] [96] [97]

年度		2010	2015	2020	2022
HHI 主要5社における ($A^2+B^2+C^2+D^2+E^2$)	i線-R	1,367	1,149	1,119	981
	KrF-R	1,846	2,023	1,569	1,503
	ArF-R	1,876	1,450	1,690	1,656
	EUV-R	—	—	4,416	2,715
日本企業全体シェア (主要5社まとめ) ($(A+B+C+D+E)$)	i線-R	71.0%	58.4%	60.6%	60.2%
	KrF-R	90.4%	82.9%	67.9%	60.4%
	ArF-R	92.2%	80.7%	86.5%	87.0%
	EUV-R			100.0%	97.1%

2.3 先端半導体用フォトレジストの特許

2.3.1 特許検索式

本節では、特許情報からの先端半導体用フォトレジストの産業の動向を捉える。本研究では、主にサイバーパテント株式会社の特許検索ツール“CyberPatent Desk”で提供されている特許情報を使用する。本項では、先端半導体用フォトレジストの特許リストを作成のための特許検索式の検討を行う。

特許検索を行う際に留意する点として、①検索式に含まれるが検索対象の情報とは異なる「ノイズ」の割合を考慮する「精度」と②検索式から外れてしまっているが検索対象の情報となる「漏れ」の割合を考慮する「再現率」が挙げられる。この「精度」と「再現率」は特許調査の目的に応じて優先度が変化する [99] [100]。例として、一般的な特許侵害調査では、特許リスクを確認する作業となり、「漏れ」を避けるため、「ノイズ」が多くなっても「漏れ」がないことを優先して検索式を作成する。

検索手段としては、まず「キーワード」による検索手法が挙げられる。検索対象としたい語句をそのまま入力できるため、検索が分かりやすい一方で、同じ意味を持つ言葉でも表記が混在している「表記ゆれ」が存在することで検索漏れが生じやすい問題がある。よって、キーワードの上位概念・下位概念を考慮にいった類義語や同義語を含めて検索を行う必要がある。また、キーワードの検索範囲も特許における「発明の名称」・「要約」・「請求項」・「明細書全文」のどこを対象にするか選択が可能であり、それぞれにメリット・デメリットが存在する。「要約」・「請求項」を対象とする場合、ノイズが比較的少なく、検索対象案件に該当し易い傾向がある一方で、検索対象案件が漏れる可能性もある。「明細書全文」を対象とする場合には、ノイズが多くなるが、漏れの可能性は低くなる。次に「特許分類」による検索手法がある。この手法はキーワード検索に比べて、ノイズや漏れが少ないことが特徴となるが、検索対象の技術がどこに分類されているかが分かり難いという問題がある。他には「書誌事項」による検索手法があり、出願人・権利者・発明者・出願日・公開番号など定められた書式を入力することで検索ができ、調査対象が限定的である場合に使用することができる。

一般的に、上記の検索手法を組み合わせることで特許リスト作成のための検索式を構築する。検索式の演算の基本パターンとしては、①特許分類 (IPC/FI) and キーワード、②特許分類 (F ターム) and キーワード、③特許分類 (F ターム) and 特許分類 (F ターム)、④キーワード and キーワードが挙げられる [101] [102]。

本研究では、特許リスト全体での解析も行うため、解析結果に影響を与えないように「漏れ」よりも「ノイズ」が少ない検索式を検討する。検索対象は「先端半導体用フォトレジスト（レジスト）」となるが、関連する特許を予備検索で確認したところ、「フォトレジスト（レジスト）」の 1 語であっても、企業ごとに発明の名称が「レジスト組成物」、「樹脂含有組成物」、「感放射線性樹脂組成物」と記載が異なっており、表記ゆれが存在することが確認できた。キーワード検索によって、特許リストにノイズが入ることを避けるため、本研究の基本的な特許リストは特許分類のみで作成することとした。予備検索の特許に付与されている特許分類と特許庁が提供している IPC・FI・分類対照ツールを確認したところ表 4 のように日本の特許分類である FI にレジストに関する詳細な特許分類が存在することが確認できた。また、現在開発が行われているメタルレジストは、半導体製造装置、ディスプレイ製造装置などを開発、製造、販売している東京エレクトロン株式会社の Logic 技術ロードマップに記載されているように将来のレジストとして期待されていることから [103]、メタルレジストも検索式の範囲に含まれるように特許分類の確認を行った。

露光光源波長の変遷において 1990 年代から KrF・ArF エキシマレーザーが用いられるようになったので、基礎出願が出願された日が基準となる「出願基準日」が 1990 年 1 月 1 日から 2024 年 7 月までの、日本特許分類 FI が G03F7/038_601（・・・化学増幅機構を有するネガ型レジスト）、G03F7/039_601（・・・化学増幅機構を有するポジ型レジスト）または G03F7/004（・感光材料）であるレジストに関連する国内特許出願 11,781 件を本研究の特許リストとした。この特許リストを中心とし、キーワードや特許分類、書誌情報を組み合わせて解析を行った。2024 年 7 月現在までに公開されている特許であるため、特許の公開が出願基準日から 1 年半以内であることから 2023 年 12 月末までに出版された特許が対象範囲となっている。

レジストは日本が強みを有している化学材料分野かつ日本の主要企業が技術を競っている技術分野であることから日本を中心に特許出願が行われていることを確認するため、株式会社 RWS グループが提供する特許検索プラットフォームの“Patbase”で国際特許分類 IPC が G03F7/004、かつ優先権主張日 1990 年 1 月 1 日以降の各国のファミリー数の結果を図 32 に示す。IPC と FI では特許分類の階層構造が異なっている関係で IPC は FI よりも広い技術範囲を包含しているため、検索結果が多くなっているが、公開されている公報数から日本は一番特許出願件数が多いことを確認できた。

表 4. フォトレジストに関連する IPC・FI・分類対照表

IPC	IPC詳細	FI	FI詳細	CPC	CPC詳細
G03F7/038	・・不溶性又は特異的に親水性になる高分子化合物(G03F7/075が優先;高分子アジドG03F7/012;高分子ジアゾニウム化合物G03F7/021)[5]	G03F7/038	・・不溶性又は特異的に親水性になる高分子化合物(G03F7/075が優先;高分子アジドG03F7/012;高分子ジアゾニウム化合物G03F7/021)[5]	G03F7/038	・・ Macromolecular compounds which are rendered insoluble or differentially wettable (G03F7/075 takes precedence; macromolecular azides G03F7/012; macromolecular diazonium compounds G03F7/021)
—	—	G03F7/038601	・・・化学増幅機構を有するネガ型レジスト	G03F7/0388	・・・ {with ethylenic or acetylenic bands in the side chains of the photopolymer}
G03F7/039	・・光分解可能な高分子化合物, 例. ポジ型電子レジスト(G03F7/075が優先;高分子キノンジアジドG03F7/023)[5]	G03F7/039	・・光分解可能な高分子化合物, 例. ポジ型電子レジスト(G03F7/075が優先;高分子キノンジアジドG03F7/023)[5]	G03F7/039	・・ Macromolecular compounds which are photodegradable, e.g. positive electron resists (G03F7/075 takes precedence; macromolecular quinonediazides G03F7/023)
—	—	G03F7/039601	・・・化学増幅機構を有するポジ型レジスト	G03F7/0395	・・・・ {the macromolecular compound having a backbone with alicyclic moieties}

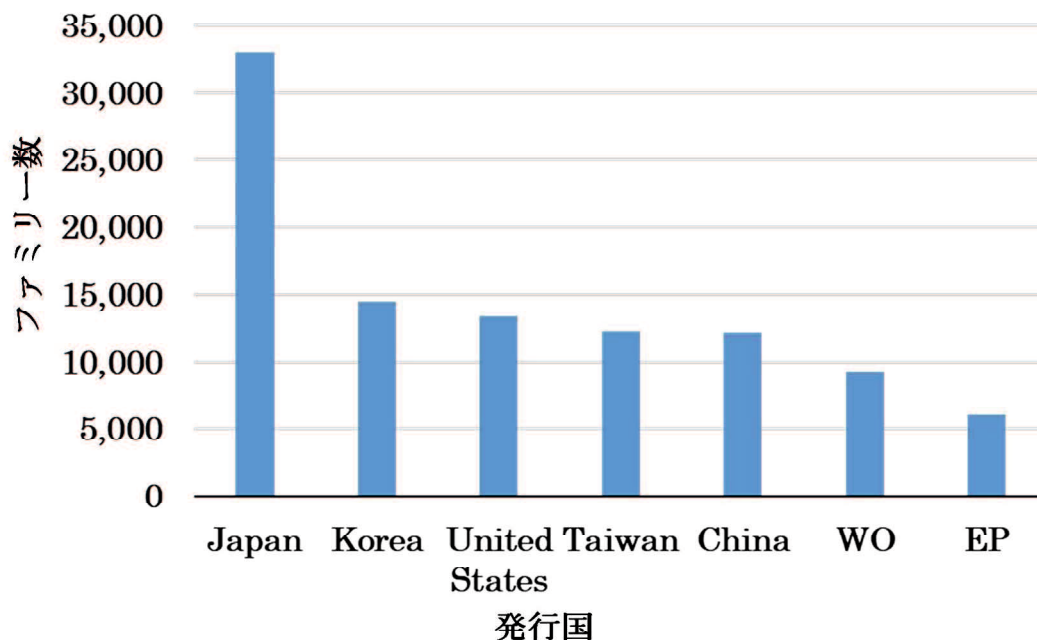


図 32. 発行国別 IPC : G03F7/004 のファミリー数

また、2.1.4 における主要学会の SPIE Advanced Lithography + Patterning Conference の各年の要旨件数を全体の件数と主要 5 社に分けた結果を図 33 に示し、同様に図 32 の各年のファミリー件数を全体の件数と主要 5 社で分けた結果を図 34 に示す。SPIE Advanced Lithography + Patterning Conference は半導体の前工程，特にリソグラフィに関する先端技術が発表される場であり，フォトレジストに関わる年に 1 度の発表機会とも考えられる。主要 5 社の発表件数を確認したところ，学会での発表よりも特許の出願による公開が大きいことが分かる。2023 年および 2024 年の特許出願件数が少ない理由として，検索した時期が 2024 年 7 月であり，2023 年と 2024 年に出願した特許がまだ公開されていないことが挙げられる。また，出願を確認できていない点と 2024 年は今後も出願されることが予想される。

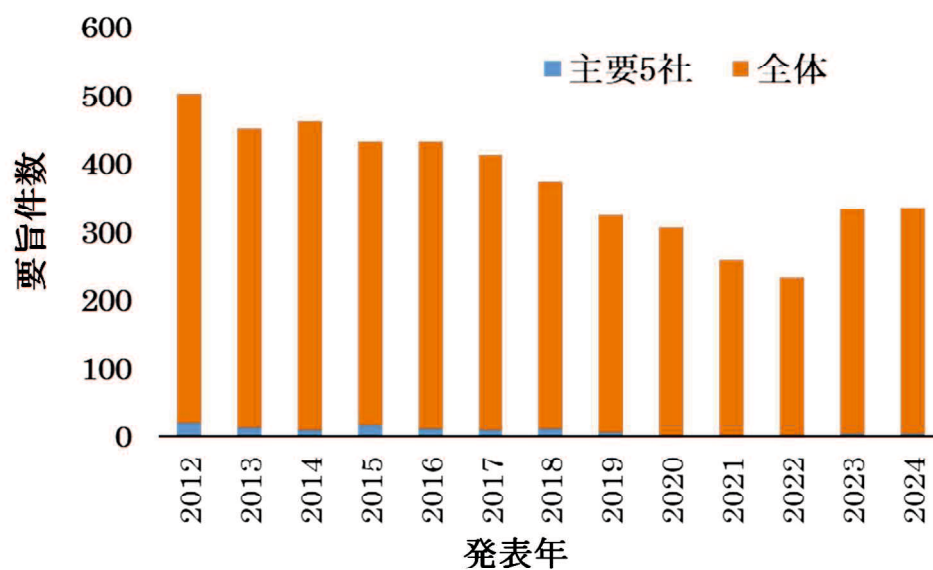


図 33. SPIE Advanced Lithography Conference の年次要旨件数

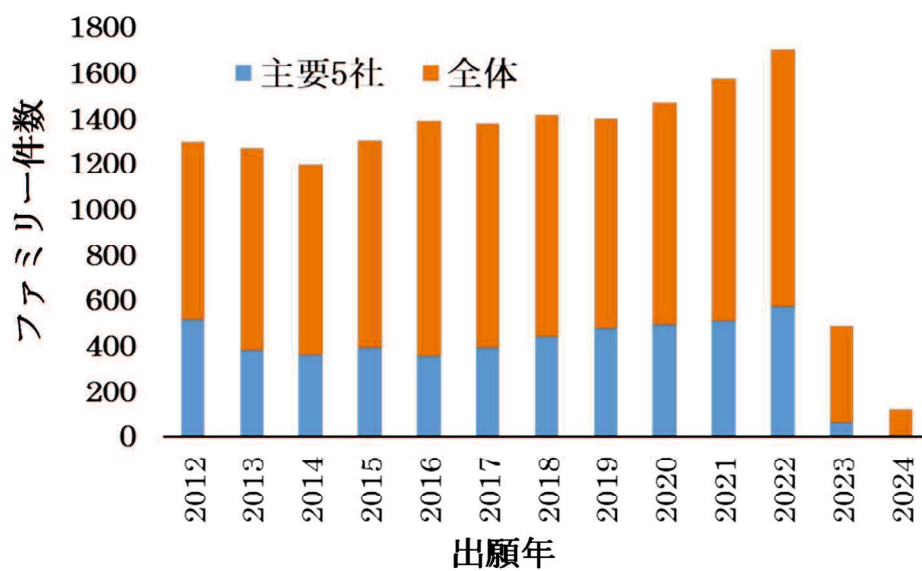


図 34. IPC : G03F7/004 の年次ファミリー件数

2.3.2 先端半導体用フォトレジストの露光光源波長推移

作成した特許リストで使用した特許分類 **FI** と関連するテーマコード (**2H225**) に該当する特許分類の **F** タームの観点として「露光エネルギーの種類」があるため、特許リストに対し **F** タームを掛け合わせることで露光光源波長ごとのレジスト特許リストを作成することができる。**F** タームの改廃 (**2H125** は **2H225** の旧分類) と予備調査で確認されたその他の露光光源波長に関連する **F** タームを含め、露光光源波長ごとに分けるために使用した **F** タームのまとめを表 5 に示す。

表 3 の **F** タームに基づく特許分類を用いて露光光源波長ごとの年次出願件数推移を図 35 に示す。2000 年以降、**KrF** レジスト (**KrF・R**) の年次出願件数は減少し、**ArF・R** と **EUV・R** の出願件数の増加が見られる。さらに、2016 年以降は **EUV・R** の出願件数の増加率は **ArF・R** のそれを上回り、露光光源波長ごとの次世代への開発転換の傾向を読み取れる。ただし、本解析では機械的に全体俯瞰を行うため特許分類を活用しているため、特許に付与されている特許分類は複数付与されており、一つの特許に対して **EUV** と **ArF** に関連する特許分類が付与されている場合があることには注意が必要である。今回は両方の分類を有している特許は **EUV・R** と **ArF・R** の両方でカウントしている。

表 5. 露光光源波長ごとのフォトレジスト特許分類

露光光源波長	Fターム	テーマ	観点	数字以下
EUV	2H125CB12	フォトリソグラフィ用材料	露光エネルギーの種類	・ ・ 極紫外線 (EUV)
	2H196EA07	感光性樹脂・フォトレジストの処理	画像露光	・ ・ X線、EUV
	2H197CA10	ホトレジスト感材への	光源	・ ・ X線、EUV
	2H197GA01	露光・位置合せ	X線露光、EUV露光	・ 露光波長がEUV
	2H225CB14	フォトリソグラフィ用材料	露光エネルギーの種類	・ ・ 極紫外線 (EUV)
ArF	2H125CB09	フォトリソグラフィ用材料	露光エネルギーの種類	・ ・ ArFエキシマ (193nm)
	2H125FA03		画像形成方法	・ 液浸露光
	2H197AA12	ホトレジスト感材への露光・位置合せ	露光方式	・ ・ 液浸露光
	2H225CB09	フォトリソグラフィ用材料	露光エネルギーの種類	・ ・ ArFエキシマ (193nm)
	2H225CB10		露光エネルギーの種類	・ ・ ・ 液浸露光
KrF	2H125CB08	フォトリソグラフィ用材料	露光エネルギーの種類	・ ・ KrFエキシマ (248nm)
	2H225CB08		露光エネルギーの種類	・ ・ KrFエキシマ (248nm)

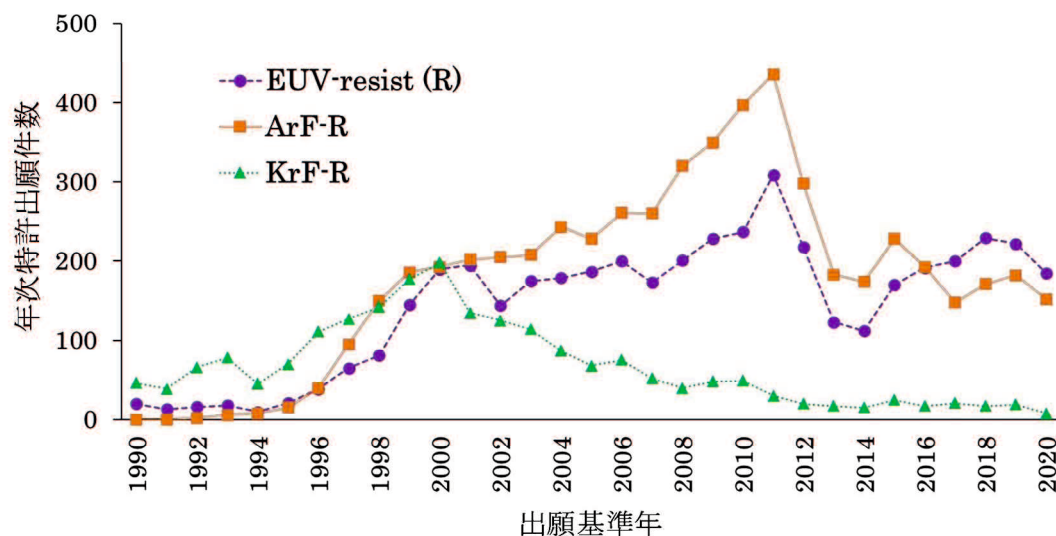


図 35. 露光光源波長ごとのレジスト特許出願件数

年次出願件数だけでなく、累積出願件数の推移とロジスティック回帰式（4）で近似予測した結果を図 36 に示す。

$$y = a/(1 + be^{-cx}) \quad (4)$$

KrF-R から ArF-R、そして EUV-R へと露光光源波長の短波長化とともに 1990 年から 2020 年までのロジスティック回帰曲線における成長係数 c の値が小さくなり、これは技術の高度化に伴う研究開発費の高騰の一方、製品ライフサイクルの長期化の傾向を示す。また、KrF-R および ArF-R は累積出願件数が回帰曲線上にある一方、EUV-R は 2012 年から回帰曲線上から外れており、新たに 2012 年から近似予測した結果、新たな成長曲線を確認でき、図 35 と同様に開発転換の傾向が読み取れた。また、ArF-R と EUV-R の 2020 年における累積出願件数は KrF-R の倍以上であり、技術の高度化により発明が多く生まれるとともに特許によって自社技術の保護の重要性が高まってきた影響と考えられる。ただし、KrF-R の出願が 1990 年以前にも行われていたため、累積出願件数は図 36 の結果よりも多いと推測できるが、図 35 の年次出願件数が一番多い年の 2000 年に 198 件であった一方で、ArF-R の年次出願件数が一番多い年は 2011 年の 436 件と 2 倍以上であったことから累積出願件数が増加している傾向は 1990 年以前の特許を加えても変わらない。

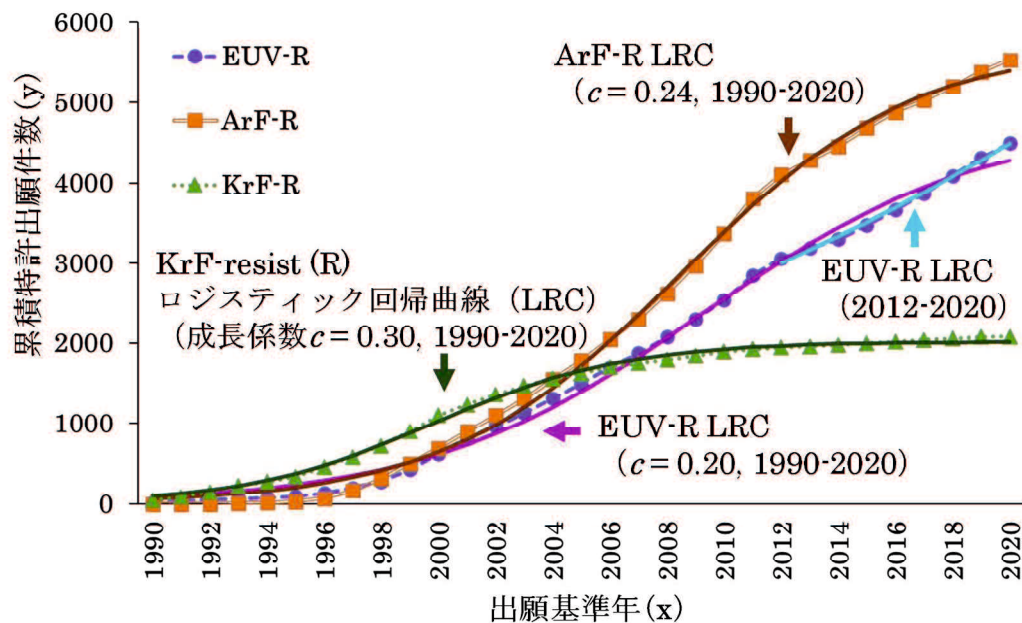


図 36. 露光光源波長ごとのレジスト累積出願件数

EUV-R の新たな成長曲線が確認できた 2012 年の変曲点において、EUV-R の特許に付与されている FI よりも技術を多観点で体系的に分類している F タームの動向を図 37 に示す。

2012 年頃からハロゲンを置換基に有するトリフェニルスルホニウムと金属レジスト関連 (2H225AN80P:・有機金属化合物, 2H225AB03:・無機レジスト, 2H225AP08P:・金属酸化物, 金属水酸化物, 金属塩) の特許分類の累積出願件数が伸び始めた。また、ハロゲンの中でもヨウ素が 2019 年頃から伸びていることが確認できた。

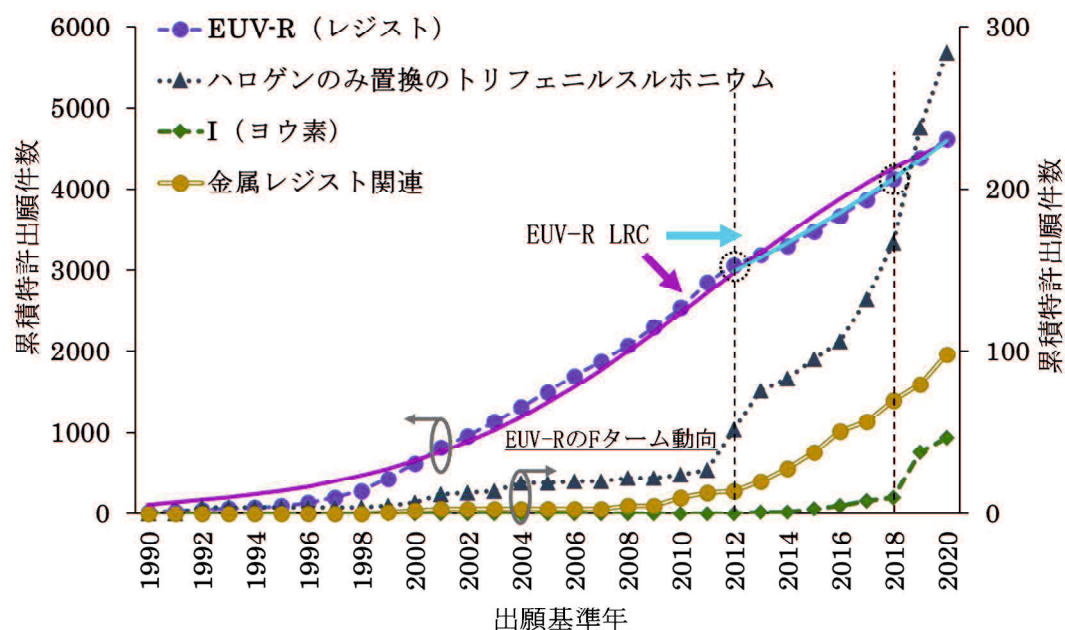


図 37. EUV-R の F タームの動向

2.3.3 後工程材料関連特許との関係性

また、2.1.4 の主要学会で言及したように後工程のパッケージ技術にも本研究領域として設定した「先端半導体用フォトリソレジスト」と同様に注目が集まっている。前項で本研究領域の特許の累積出願件数とロジスティック回帰式で近似予測を照らし合わせた結果、EUV-R は 2012 年から回帰曲線から外れており、新たに 2012 年から近似予測した結果、新たな成長曲線を確認することができた。特許の累積出願件数推移とロジスティック回帰式で近似予測のずれから新たな成長曲線が出てくる挙動が、本研究領域以外の半導体産業における日本の強みである主要半導体部素材で強みを有している化学材料分野における特許でも見られるか確認するため、後工程のパッケージ技術材料に関する特許検索を行った。予備調査で関連する特許に付与されている特許分類を確認したが、後工程材料は多岐にわたるため纏めることが困難であり、特許分類のみでの特許リストを作成することには至れなかった。そこで、「出願基準日」が 1990 年 1 月 1 日からであり、かつ特許分類として IPC が G03F7/004(・感光材料)またはテーマコードが 2H225 (フォトリソグラフィ用材料)であり、発明の名称と要約、請求項に後工程に関連す

るキーワード（めっき，バンプ，厚膜，膜厚，厚い，テーパー，T-top，密着性，ドライフィルム，ソルダーレジスト，層間絶縁，永久，マイクロレンズ，MEMS）を含み，ノイズとなるキーワード（カラーフィルタ，ブラックマトリックス，着色，コーティング，反射防止膜，上層膜，下層膜，インクジェット，液晶表示，バイオチップ，平版，塗布，ホログラム，印刷，吐出，コータ，磁気）を含まない国内特許出願 9,644 件を抽出した後工程に関わるパッケージ技術材料に関連する BOL photosensitive materials（BOL-PM）の特許リストを作成した。

また，本研究領域の「先端半導体用フォトレジスト」と比較し，今回検索で使したキーワードに関連する材料が市場でどのような状況にあるかを示すため，2.2.3 で求めた HHI と日本企業全体シェアを表 6 に示す。層間絶縁膜は日本企業のシェア率が高く，露光光源波長の先端である ArF-R や EUV-R と状況が類似しており，ドライフィルムレジストやソルダーレジストはレガシーの i 線や KrF-R と類似していた。

EUV-R と BOL-PM を比較するため，同様に累積出願件数の推移とロジスティック回帰式（4）で近似予測した結果を図 38 に示す。BOL-PM でも EUV-R と同様に 1990 年から 2020 年でフィッティングしたロジスティック回帰曲線から実際の累積出願件数が 2018 年以降外れて増加している傾向が確認でき，新たに 2012 年から 2020 年の近似予測を行った結果，新たな成長曲線が確認できたことから半導体材料が 2012 年頃から全体的に変曲点を迎えていること，特許の累積出願件数推移とロジスティック回帰式で近似予測のずれから新たな成長曲線が出てくる挙動の一般性が確認できた。また，累積出願件数の推移とロジスティック回帰式（4）で近似予測した結果から技術の全体像の動向を追うことができることが分かった。

表 6. 後工程材料に関する HHI [96] [97]

材料種	年度	HHI 日本企業各社	日本企業全体シェア
ドライフィルムレジスト	2020年実績	987	44.4%
ソルダーレジスト	2020年実績	3503	67.5%
層間絶縁膜	2022年実績	9494	100%

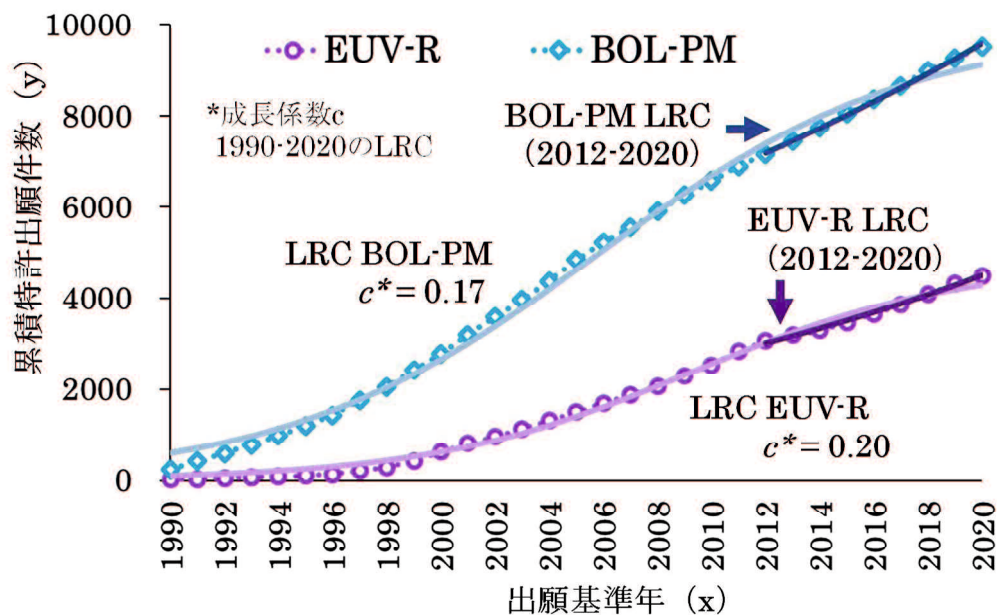


図 38. EUV-R と BOL-PM 累積出願件数と回帰曲線

2.3.4 特許出願件数と市場の相関

レジストの特許の出願件数がレジストの市場と関連しているかを確認するため、ArF-R について 2008 年からの売上高とその前年度からの各期間で区切った出願件数の移動平均の相関係数 (R) を表 7 に示す。移動平均値の計算方法の例は図 39 に示す。2008 年から 2021 年にかけて、正から負への相関性の転換が確認できる。また、出願件数 1 ヶ年、2 ヶ年分では相関係数が 0.8 以上と売上高との強い相関は 2013 年までであり、同 6 ヶ年分では ArF-R から EUV-R への開発転換を確認した 2016 年まで (図 35) と強い相関性を示している。それ以降は正から負へと転換し近年は負の相関が強くなっていることから、研究開発投資に相応する ArF-R 出願件数の減少にもかかわらず、売上高の増大を示唆する。これは先端半導体材料におけるレジスト分野の産業モデルとして、次世代の半導体に向けて先行した研究開発投資を行っているため、収益回収が後ろ倒しとなりかつ次世代の技術と併存していることで長期化していると考察できる。なお、2009 年から 2011 年ごろに関しては相関性の喪失も見られ、これは 2008 年のリーマン・ショック (The Global Financial Crisis) の影響と推察することができる。

また、半導体露光装置の市場を図 40 に示し [104]、図 35 と図 40 の結果を用いた 1990 年から各年までにおける露光光源波長別の特許と装置売上高の相関係数 (R) を表

8に示す。フォトレジスト出願件数推移の傾向と比べると、EUV装置は図35の年次のEUV-R出願件数が伸びた2015年から1年遅れた2016年頃から売上が伸びている。そのため、EUVでは強い相関は確認できなかった。これは光リソグラフィの基盤材料であるレジストでの技術開発が進み、事業可能性が出たことで装置導入の投資を行う判断ができたと推測される。また、露光装置1台当たりの値段が最新の露光光源波長のものほど高くなっているため、出荷額の伸びが大きくなっている。EUVの出願件数と装置の動きが一致する一方で、ArF-i（液浸型ArFエキシマレーザー）の装置は、ArF-Rの出願件数が減少し、累積出願件数でも飽和している傾向が見られた後も成長している。これはArF-R出願件数と売上高の相関係数で考察した「収益回収が後ろ倒しとなりかつ次世代の技術と併存していることで長期化している」と同様の傾向と読み取れる。そのため、ArFで2001年から2013年ごろまでは強い相関が確認できていたがその後の相関が崩れてきている。

表7. ArF-R出願件数と売上高の相関係数（R）

年度	1カ年	2カ年	3カ年	4カ年	5カ年	6カ年
2008	0.99	0.83	0.99	0.92	0.92	0.93
2009	0.54	0.50	0.58	0.64	0.58	0.60
2010	0.73	0.71	0.75	0.78	0.75	0.76
2011	0.85	0.84	0.85	0.87	0.86	0.86
2012	0.90	0.90	0.90	0.91	0.90	0.91
2013	0.80	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90
2014	0.28	0.53	0.78	0.87	0.89	0.91
2015	0.07	0.23	0.51	0.76	0.85	0.90
2016	-0.03	0.05	0.23	0.47	0.70	0.83
2017	-0.18	-0.09	0.01	0.16	0.37	0.62
2018	-0.34	-0.27	-0.17	-0.08	0.05	0.26
2019	-0.43	-0.39	-0.31	-0.24	-0.16	-0.02
2020	-0.47	-0.47	-0.44	-0.39	-0.33	-0.25
2021	-0.53	-0.52	-0.51	-0.50	-0.47	-0.41

売上高	特許出願件数	
—	2003	売上前年 3カ年の 特許件数
—	2004	
—	2005	
2006	⋮	
⋮	2020	
2021	—	

図 39. ArF・R 出願件数と売上高の相関係数の移動平均値の求め方

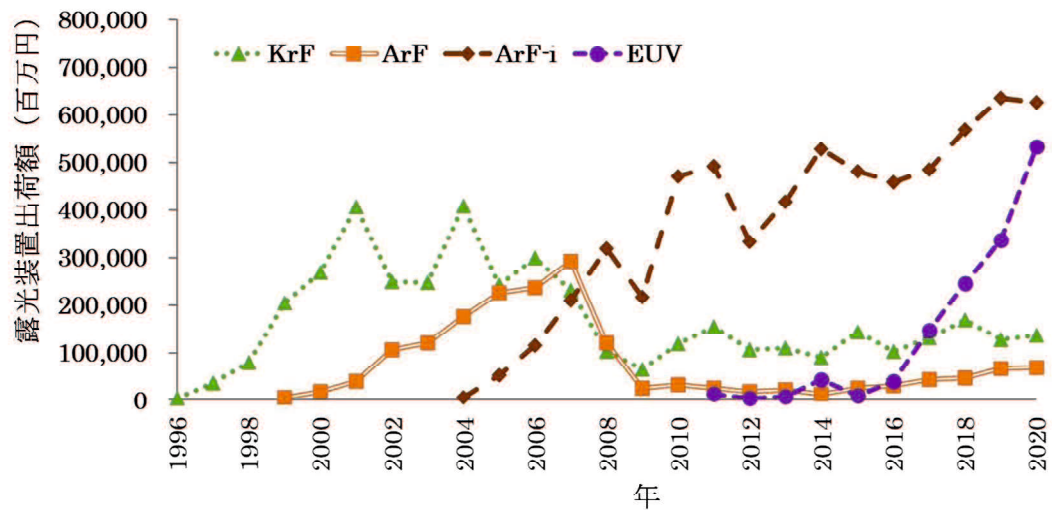


図 40. 半導体露光装置の市場推移 [104]

表 8. 露光光源波長別の特許と装置売上高の相関係数（R）

	KrF	ArF	EUV
1998	1.00	—	—
1999	0.99	—	—
2000	1.00	—	—
2001	0.49	0.99	—
2002	0.40	0.85	—
2003	0.30	0.90	—
2004	-0.04	0.92	—
2005	-0.07	0.85	—
2006	-0.14	0.92	—
2007	-0.14	0.92	—
2008	0.00	0.88	—
2009	0.11	0.69	—
2010	0.16	0.77	—
2011	0.18	0.80	—
2012	0.23	0.81	—
2013	0.27	0.68	0.62
2014	0.31	0.51	-0.45
2015	0.32	0.46	-0.41
2016	0.34	0.40	-0.32
2017	0.35	0.29	-0.03
2018	0.34	0.19	0.17
2019	0.35	0.11	0.23
2020	0.36	0.02	0.09

2.3.5 サプライチェーンのフォトレジスト特許動向

フォトレジストを使用して半導体を製造する企業側のフォトレジストに関連する特許の動向を確認する。日本ではなく海外の企業に関するため、特許はファミリー単位で検索を行う。表 4 で示すように日本の特許分類である FI ではレジストの特徴である化学増幅に関する分類が存在している一方で、IPC は存在せず、CPC では対照上に存在はしているが、異なる内容となっている。そこで上位階層の G03F7/039 の CPC で Intel の検索を 2024 年 8 月に行ったところ 11 ファミリー、G03F7/004 でも 44 ファミリーと件数が少なかったため、図 35 と比較はできないもののキーワード検索でフォトレジスト特許の動向確認を行う方針とした。タイトル・抄録・クレーム内に “photoresist” のキーワードを含む Intel と TSMC の年次特許ファミリー件数を図 41 に示す。Intel と TSMC の出願件数の傾向を確認すると周期的に出願件数が増減していることが確認でき、EUV-R の変曲点と考えた 2012 年頃に TSMC は特許出願件数の増加が見られた。

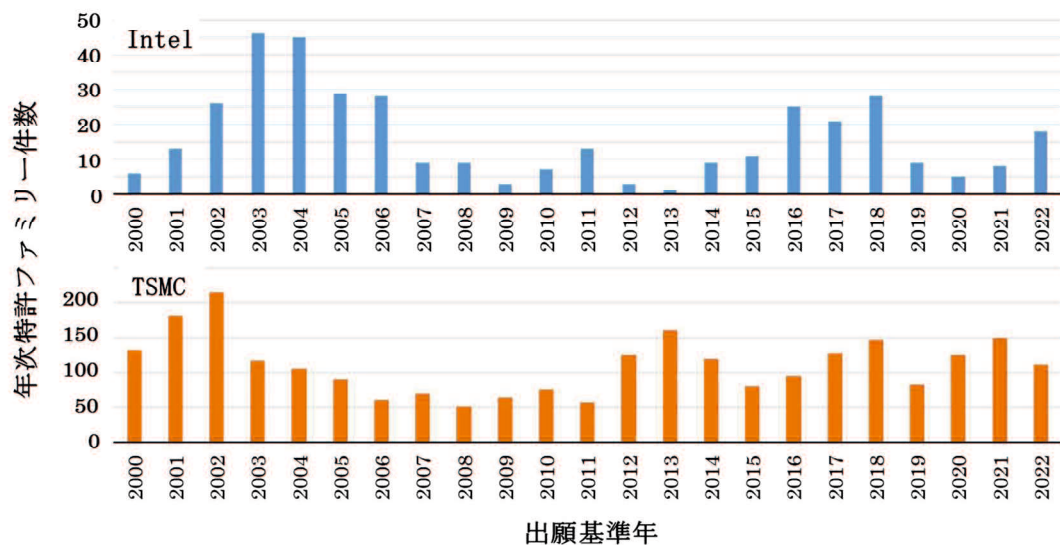


図 41. サプライチェーンのフォトレジスト特許推移

2.4 結言

前章で本研究目的とした特許の情報開示特性（量と質）の解明に向けて、特許が技術分野ごとに請求項や明細書の記載方法が異なっていることから「先端半導体用フォトレジスト」を研究領域として設定した背景を本章で説明した。次に、先端半導体用フォトレジストの産業の動向を特許情報から捉えるため、開発状況と特許/非特許情報の関係性を、特許分類を活用した出願件数推移を用いた技術変遷動向や特許と市場情報の相関分析を行った。以下に本章の結論を述べる。

1. 半導体部素材の中でも「先端半導体用フォトレジスト」の市場シェア率は日本がほぼ占めており、日本の主要企業 5 社でシェアを競っている。HHI の指標を用いても KrF, ArF, EUV レジストで 1,800 以上の “highly concentrated” を示しており、日本企業が産業競争力を有している技術分野である。
2. レジストの関係する特許分類を用いて各国のファミリー数を確認した結果、日本の出願件数が最も多く、日本特許を解析することで「先端半導体用フォトレジスト」の動向を把握することができることが分かった。
3. 「先端半導体用フォトレジスト」の特許の累積出願件数とフィッティングから成長曲線の変曲点を確認することができ、そこから技術変遷に関連する情報を得ることができ、レジストの技術と特許の関係性が確認できた。

4. 「先端半導体用フォトレジスト」の売上高と出願件数の移動平均の相関係数（R）を用いて，研究開発投資と収益回収の傾向を推定することができた。

以上のことから，本章では「先端半導体用フォトレジスト」を研究領域として設定した理由と実際に特許情報を解析することで研究領域として適切性を確認した。次章では，リサーチクエッションの「自社が利用できる権利範囲である」ためには，特許が設定登録を受けて登録となり，リーガルステータス上もアクティブでなければならないことに関し，特許の審査状況と特許の開示情報を照らし合わせ解析を行った結果を述べる。

第3章 特許の審査状況から読み取れる情報

本章では、自社が利用できる権利範囲の観点において前提となる特許が設定登録を受けて登録となり、リーガルステータス上もアクティブになっている必要があることから、審査状況を軸に明細書の記載情報の解析結果から情報開示特性の特徴を抽出する。

3.1 特許の審査状況と被引用件数の関係性

特許の情報開示特性（量と質）を確認するうえで、特許は特許査定を受けない限り権利として特許権者側は活用できないため、特許の審査状況は重要な前提条件となる要素である。一方、拒絶査定になった特許も公開はされているため、情報開示特性を考える上では考慮しなければならない。そこで先端半導体用フォトリソト分野における特許の情報開示特性を把握するため、図 7 の特許審査の流れを参考にし、リソトに関連する国内特許出願リストを特許審査過程の状態ごとに図 42 のように分類した。具体的には、(1) 拒絶査定により権利化に至らなかった特許を **Class-0**、(2) 出願後に特許査定を得ていない審査請求前又は査定前の公開特許を **Class-1**、(3) 特許査定と設定登録が行われた登録特許を **Class-2**、(4) 未審査請求で公開のみで権利化されていないを特許を **Class-3** とし、4 つに分類した。

研究方針で示したように、自社情報を他社が活用している事実は公開されている特許情報から判断できない。そこで、特許の開示による影響を示す指標として被引用情報が有効であると推察し、各特許の被引用数を「特許の質」と仮定し、被引用数分布を出願基準年に沿って視覚化した結果を図 43 に示す。

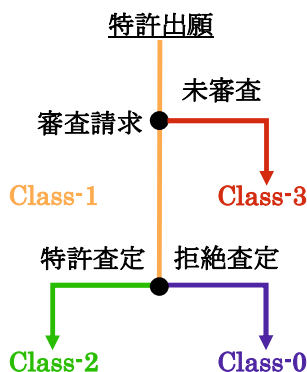


図 42. 特許審査過程の4分類のフロー図

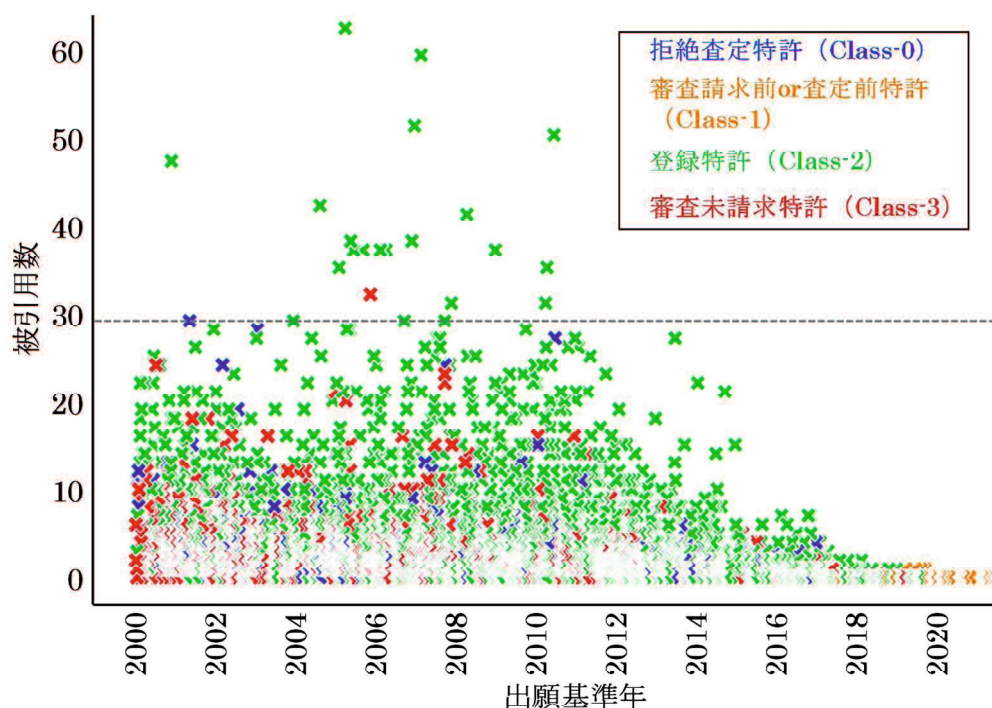


図 43. 審査過程状態ごとの特許における被引用数

一般的に、出願日が過去になるほど後からの特許に引用される機会が多いことから被引用件数は多く、最新の出願は件数が少ない傾向がある。

先端半導体用フォトリソグラフィ分野でも同様の傾向として外れ値を除いて密集している被引用件数が多い特許の頂点が 2000 年から 2010 年までは被引用件数が横並びで推移し、2010 年から 2020 年は件数が右肩下がりの減少傾向を確認された。また、未審査請求特許「Class-3」は被引用数が少なく、一閾値として被引用数 30 以上の特許出願は 1 件を除き登録特許「Class-2」にあることを見出し、当該分野における登録特許の重要性が鮮明化された。つまり、登録特許によって「商品開発力」である発明が保護されている一方、権利化したい有用な技術であること、独占権の代償としての公開によって開示された情報が他社に利用されたことで被引用件数が増加していると考察できる。

3.2 特許の審査状況と情報開示の関係性

レジスト分野での権利としての価値だけでなく、引用される可能性の情報開示の観点を含めて登録特許の重要性を把握した。そこで、審査分類で開示特性に差異を有するか検証するため、自然言語処理である BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) の文書分類を適用する。

3.2.1 自然言語処理と BERT

本項で自然言語処理と BERT について説明する。日常生活で用いるコミュニケーションや文章の記述に用いられる言語を自然言語と呼ぶ。一方で、特定の用途のためだけに人工的に作られたプログラム言語は人工言語と呼ばれ、自然言語と区別されている。自然言語処理 (NLP) は、自然言語に関わる問題をコンピュータで解くことを指す。自然言語処理の基礎的な技術例としては、文章を単語に分割し、それぞれの単語の品詞や活用系を判定する「形態素解析」、文章の自然さを確立によって表現する数値モデルとなる「言語モデル」、文章から人名や組織名などの固有名詞や日付、数値表現を抽出する「固有表現抽出」、文章間の内容の類似度を定量的に評価する「文章の類似度比較」が挙げられる。また、応用技術例としては、文章を与えられたカテゴリーに分類する「文章分類」、与えられた文章に続く文章、又は与えられた条件を満たす文章を生成する「文章生成」、文中の表記ミスを修正する「文章校正」が挙げられる [105]。上記の処理を行うために、大量のデータを用いて、モデルにパターンを学習させる機械学習技術を用いて問題を解いていく。その中の手段の一つとして、2018 年に Google から発表されたニューラル言語モデルであり、様々な言語タスクで当時の最先端のモデルの性能を大きく上回る性能を示した BERT というモデルがある。BERT の特徴の一つは、文脈を考慮した分散表現を生成できる点である [106]。

本研究では、東北大学乾研究室が開発した “cl-tohoku/bert-base-japanese-whole-word-masking” を事前学習モデルとして使用した。このモデルの学習には日本語 Wikipedia に掲載されている約 1,700 万の文章 (2.6GB) が利用されており、学習データの生成には masked language modeling (一部の文字を隠して他の文章からこの文章を予測する手法) が使われており、正解の文章から穴抜きの言葉を予測させるクイズ問題を作成することで大量の学習データを作り出している [107]。

テキスト分類のフロー図を図 44 に示す [108]。日本語のテキストはトークナイザーを使ってトークン化 (MeCab を用いて単語に分解し、WordPiece を用いて単語をトークンに変換する。日本語モデルでは 32,000 種類のトークンがあり、トークンごとに ID 番号が割り当てられる) され、トークン ID 列 (最大 512 個, 図 44 の [CLS (classification embedding)], Tok 1, ..., Tok N に相当) が

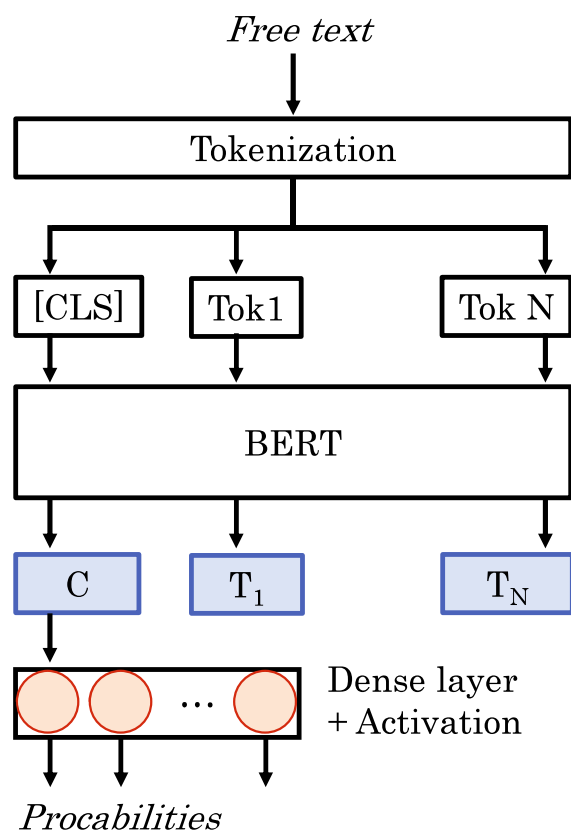


図 44. テキスト分類のフロー図

BERT への入力となる。BERT の学習時には入力にマスキングされたトークン ID 列，出力（ $T_1 \sim T_N$ ）に正解のトークン ID 列がセットされ，これができる限り一致するように学習が行われる（事前学習時には C やその上にある Dense layer，probabilities は使われない）。これにより BERT ブロックに含まれるネットワークの重みが更新され，トークン同士の係り受けを理解するモデルが構築される。

次に，この事前学習モデルを用いて，テキスト分類のための学習を行った。ここでは BERT ブロックは更新せず，それ以降の dense layer（全結合層）が学習される。Activation（活性化関数）としてクラス分類の場合には softmax（各ノードの確率の合計が 1 となる）が広く用いられる。事前学習モデルにテキスト分類学習用データセットのテキストが与えられ，文頭の [CLS] に対応する C を求める。 C は $T_1 \sim T_N$ の全出力トークンをプーリングしたもので，文章全体に関する特徴ベクトルに相当する。ここで， C および $T_1 \sim T_N$ はいずれも 768 次元のベクトルを表す。Dense layer は C を入力，クラス数の個数分のノード（テキストが該当するクラスである確率）を出力とする（768

次元からクラス数分の次元への変換)。例えば、クラス数が (X, Y, Z) の 3 つの場合、正解が X であれば正解ベクトルは (1, 0, 0)、予測ベクトル (0.6, 0.3, 0.1) という形になる。学習データに対して、正解と予測ベクトルの交差エントロピー誤差を最小化することで、テキスト分類の学習が行われる。Dense layer のネットワーク重みが更新され、前述の例においては、予測ベクトルが (1, 0, 0) に近づくように学習される。

このように BERT ブロックのモデルを大規模データで学習しておけば、それを事前学習モデルとして用いることで、出力のヘッダである C を使ったテキスト分類、出力列 $T_1 \sim T_N$ を用いた固有表現認識・翻訳などに応用できる (768 次元の各 T_i ($i=1 \sim N$) を正解のトークンに変換するネットワークを学習する)。BERT ブロックの末尾に拡張ネットワークを置き、学習させたいデータを与えてファインチューニングすることで多様な問題に適用できる (このことを汎化性能が高いとする)。計算資源が限られており、大規模な学習データセットの準備が困難な場合に活用が期待される。BERT の汎化性能の高さは、Attention 機能を含む Transformer のネットワーク構成に起因する。Attention (文章全体からの係り受けを考慮して、個々のトークンが他のどのトークンからの注視が強いかを数値で表現) が含まれることで同じ「アップル」という言葉でも、その前後に含まれる言葉、例えば「僕はアップルを食べる」「アップルから新たな製品が発表された」という文章から「アップル」が別の意味で使われていることを認識することができる。認識能力が高ければ、テキストから数値ベクトル (埋め込み表現) への変換能力が高まり、似たような文章のベクトルはクラスタリングを形成しやすく、異なる文章のベクトルは距離が離れる。事前学習によって、良質な埋め込み表現を学習しているため、簡単なファインチューニングのみでテキスト分類を行うことができる。

3.2.2 特許の審査状況ごとに切り分けた特許明細書の要約を用いた BERT の文書分類モデル

審査過程の状態を分類し、トークン ID が最大 512 個であることから文字数 400 字以内と定められている明細書の要約に記載された【発明が解決しようとする課題】の記述から BERT を用いた文章分類モデルを作成し、出力した 768 次元文章ベクトルを t-SNE (t-distributed stochastic neighbor embedding) による次元圧縮で 2 次元に削減し、分類ごとのクラスタの視覚化を実施したフロー図を図 45 に示す。

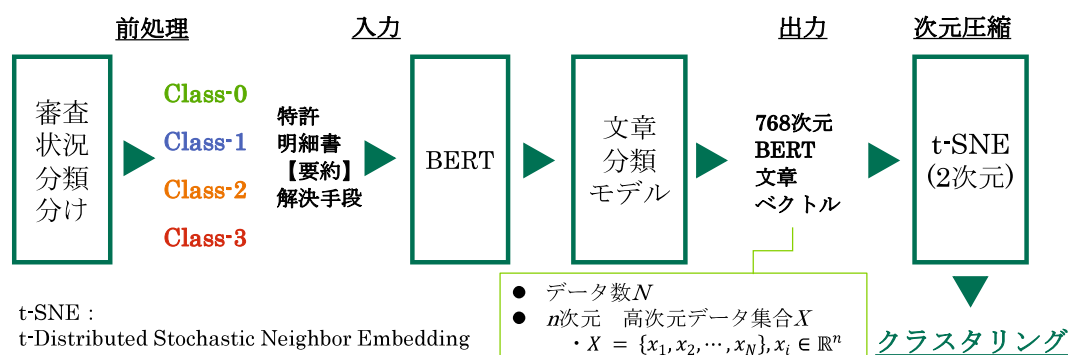


図 45. 分類ごとのクラスターの視覚化のフロー図

前処理では、要約に記載された【解決手段】、【目的】、【効果】などの【】に挟まれた定型文章をカッコごとと除外することや「(修正有)」などの不要な言葉を削除、空欄の削除、対象項目が「—」となっている行のデータは削除を行った。処理 GPU エンジンには Quadro RTX 8000 を使用し、モデルは「学習 80%、テスト 20%」で作成した。

フロー図の BERT の自然言語処理によって Accuracy : 0.91 の文章モデルが生成され、クラスターの視覚化結果を図 46 に示す。横軸 Feature 1 と縦軸 Feature 2 は次元削減後の空間であり無名数である。各点が 1 つの特許出願を示し、灰色のドット円で囲んだ特許審査過程分類ごとのクラスターで特定の分類ごとに分かれていることが確認できる一方、一部異なる分類の特許が存在していることが確認できる。また、t-SNE は高次元空間での距離が、できる限り次元圧縮したあとの低次元でも保持されるように圧縮するため、基本的には t-SNE マップ上で近い距離にある「要約」は類似していると考えられる。そのため、特許の出願時期の技術情報も一部クラスターで異なる分類が存在していることに関連している部分があると考えられる。ただし、元の次元数が高い場合には特徴ベクトルの多様性が大きいことから最適化が難しくなるケースがあり、必ずしもそのように断定できるわけではない。よって、慎重な解釈が求められる。

クラスターが分割できているか否かを確かめるため、シルエット係数を試算した結果を図 47 に示す。シルエット係数とは、データの凝集度に加え、クラスターの乖離度を考慮した指標となり、式 (5) により算出される。

$$s_i = b_i - a_i / \max(a_i, b_i) \quad (5)$$

s_i , a_i , b_i はそれぞれ i 番目のサンプルのシルエット係数, 同一クラスタ内のその他すべてのサンプルとの平均距離, 最近傍のクラスタの全てのサンプルとの平均距離を表し, $\max(a_i, b_i)$ は括弧内の変数の最大値を表す。シルエット係数は, $-1 \leq s_i \leq 1$ の値をとり, s_i が 1 に近くなると良いクラスタリングであると判断される [109]。図 47 の赤字の点線は本件におけるシルエット係数の平均値を示す。係数が負の値は, BERT による文章分類モデルから算出された審査状況の分類が実際の審査状況の分類と異なる結果となったことを示し, 今回の文章分類モデルではそれぞれの分類で異なる結果が含まれていることが確認された。

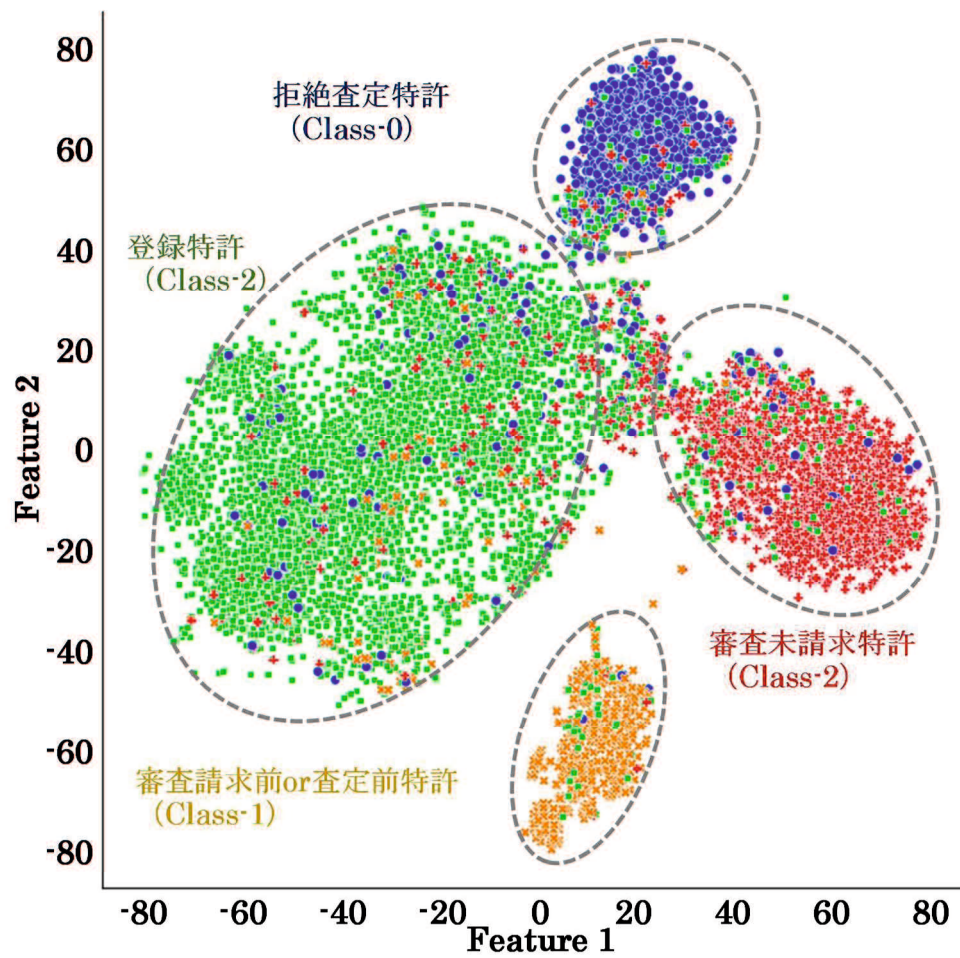


図 46. 4 分類の特許審査過程のクラスタリング

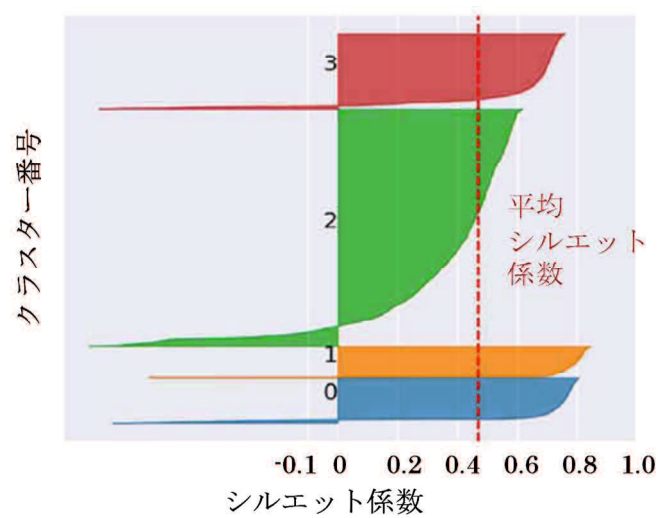


図 47. 4 分類のクラスタリングのシルエット係数

図 46 および図 47 に示す 4 分類の結果では、実測値と BERT の予測値で不一致となる混在が確認された。そこで、分類を細分化することでクラスタリングの精度が上がるかを検証するため、特許の出願時期の影響も考慮した場合に、審査請求前又は査定前の公開特許や登録特許でもすでに特許の存続期間が切れているもの（リーガルステータスがノットアクティブ）などを反映させ、審査状況の分類を 8 分類にしたものを図 48 に示す。

この特許審査過程の 8 分類にしたものを図 46 と同様に図 45 の分類ごとのクラスタの視覚化を行った結果を図 49, シルエット係数を図 50 に示す。図 46 の結果と同様に、一定のクラスタごとに分かれていることが確認できた。しかし、Accuracy は 0.89 と低下し、平均シルエット係数の値もほぼ変わらず精度の向上は確認できなかった。

本解析では、特許明細書の要約に記載された【発明が解決しようとする課題】の記載のみをもとに作成した文書モデルであり、出願された当時の請求項の新規性、進歩性が考慮されているわけではないため、Accuracy が 1 とならない結果は妥当である。分類を増やしても精度の向上は確認できなかった。しかし、登録後に権利失効した特許において、「登録存続期間満了抹消した特許」及び「登録途中で放棄した特許」においても審査過程の状態ごとにクラスタリングされたことから、特許明細書の要約の「発明が解決しようとする課題」の記載情報から特許審査過程の状態を示唆する情報が含まれている可能性、および出願時期における記載や課題の変遷が存在している可能性が考えられる。

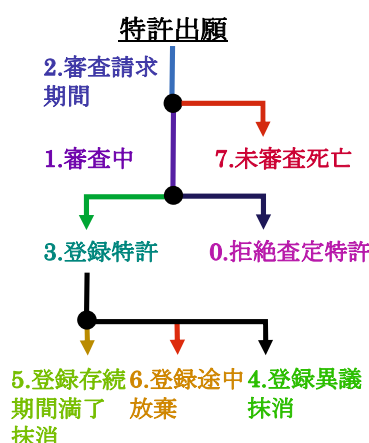


図 48. 特許審査過程の 8 分類のフロー図

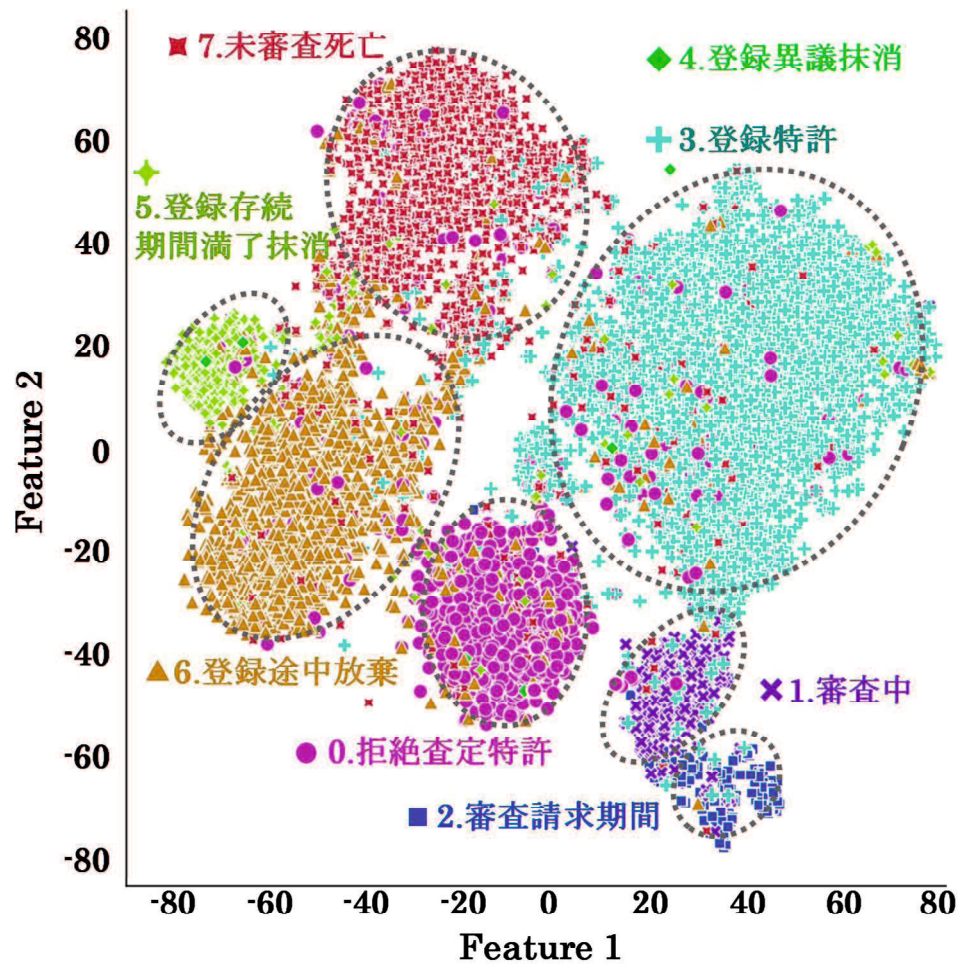


図 49. 8 分類の特許審査過程のクラスタリング

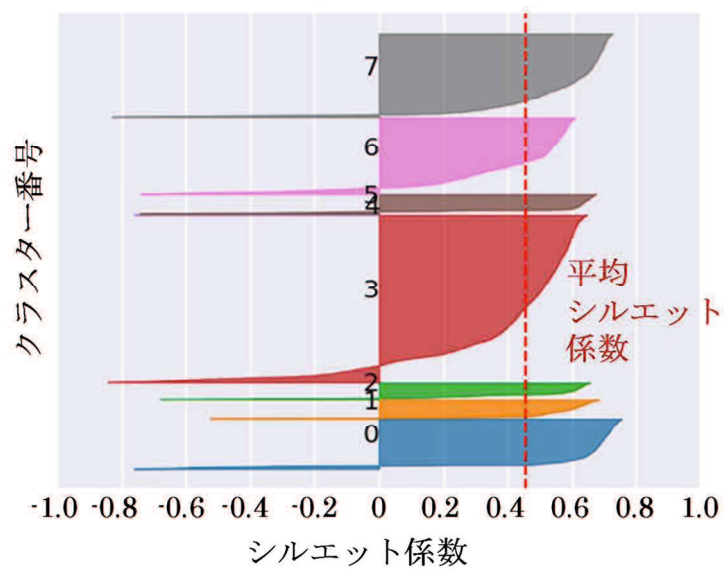


図 50. 8 分類のクラスタリングのシルエット係数

3.2.3 文書分類モデル結果の考察

文書分類モデルを用いたクラスタリング結果で、クラスに異なる分類の特許が存在することが確認された。その割合を把握するため、縦軸を実際の特許審査過程の状態、横軸を BERT の文書分類モデルによる予測結果として設定した混同行列を図 51 に示す。縦軸と横軸の番号が一致する場合、実際の特許審査過程の状態と BERT の文書分類モデルの予測結果の特許審査過程の分類が一致している特許が多いことが確認できた。一方、縦軸と横軸の番号が異なる場合、実際の特許審査過程の状態と BERT の文書分類モデルの予測結果が一致していない特許が存在することが確認できた。

上記の予測結果が一致しない要因を考察するため、実際の特許審査過程が「登録特許」でありかつ BERT の文章分類モデルにおいて「登録特許」と判断された 3,967 件の特許群①、実際の特許審査過程が「登録特許」でありかつ BERT の文章分類モデルにおいて「登録特許」と判断されなかった 276 件の特許群②、および実際の特許審査過程が「登録特許」でなくかつ BERT の文章分類モデルにおいて「登録特許」と判断された 446 件の特許群③に着目する。特許群①～③における明細書要約に記載されている課題の記載の特徴を確認するため、計量テキスト分析ソフトウェア「KH Coder (3.Beta.07c)」を用い共起ネットワークグラフにより解析した [110]。形態素解析には MeCab を使用し、品詞として名詞、サ変名詞、未知語、タグ (TermExtract を用いた複合語上位 300

		BERT予測結果							
		0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
特許審査過程	0. 拒絶査定特許	1065	5	0	102	0	15	49	19
	1. 審査中	3	390	21	59	0	1	0	0
	2. 審査請求期間	3	16	381	14	0	0	3	2
	3. 登録特許	126	41	5	3967	0	7	49	48
	4. 登録異議抹消	1	0	0	0	6	1	0	0
	5. 登録存続期間満了抹消	28	0	0	19	0	408	17	4
	6. 登録途中放棄	162	1	0	71	1	71	1575	39
	7. 未審査死亡	108	4	2	181	0	61	135	1680

図 51. 特許審査過程の 8 分類のクラスタリングの混同行列

語)に絞り、描画する共起関係を cosine 類似度 0.15 として「媒介中心性」を明示した。なお、グラフにおいて各形態素の出現頻度を円の大きさ、中心性の強度を濃度で示す。中心性が高い語句には、注目している語句(ノード)がそれ以外のノード間の最短経路に含まれる割合を足し合わせた媒介中心性の値を記載した。特許群①から作成したグラフ(最小出現数 171 回, 利用 150 語)を図 52 に示す。灰色の点線で囲いと、囲いに対して付与した言葉はクラスタ結果から任意で付与したものである。「含有」や「作用」など特許明細書の記載に用いられる特有の語の媒介中心性が強いこと、特許特有の「構成単位」のクラスタを確認した。また、レジスト組成物の発明出願の際に共に記載される「レジスト形成方法」のクラスタとレジストに使用される化合物の一般式に用いられる「炭化水素基(置換基)」のクラスタも確認され、図 52 には一般語が多いことが分かる。レジスト分野の特許明細書における特有語とレジスト分野における一般語を除くため、各品詞における全体の出現回数に対し出現回数上位の語から出現回数を加算していき、全体の出現回数に対し、累積出現回数が 80%になるまでに出現した語句を除いた語句リスト(除き語)に設定し、作成した特許群①(最小出現数 43 回, 利用 151 語)を図 53 に示す。レジスト分野の「組成」に関する語句の媒介中心性が高いことが確認できる。「樹脂」と「開始剤」のクラスタ、レジストの主成分である「基材」と「酸発生剤」が共起しているクラスタが確認できた。「架橋剤」と「架橋性基」のクラスタは KrF レジストよりも以前の i 線レジストや光学材料が関連していると考えられる。

図 52 と同様の条件で特許群②と③で共起ネットワークグラフを作成し(図 54, 図 55) 分析した結果、特許群②と③の出現語が特許群①においても出現していた割合がそれぞれ、54.8%, 56.0%であることが判明した。今回、BERT 文書分類モデルは明細書要約の「発明が解決しようとする課題」の記載のみで生成しているため、当該要約で使用された単語の類似度が影響すると考察し、明細書要約の特徴語が 50%以上一致していることで特許群③ができ、また、およそ半数が一致しなかったことにより特許群②ができるといった、実際の特許審査過程と BERT の文書分類モデルによる予測結果が一致しない要因の一つの可能性が見出された。また、外部変数を特許群①, ②, ③として、図 53 で使用した除き語を使用し最小出現数 50 回, 利用 154 語で、品詞として名詞, サ変名詞, 未知語, タグに絞り、上位 153 語の共起ネットワークグラフを図 56 に示す。特許の件数が多い特許群①が含まれるため語句の最小出現数も高くなったが、特許群②と③それぞれに共起が強い語句が多く確認できた一方、特許群①に共起が強い語句は少

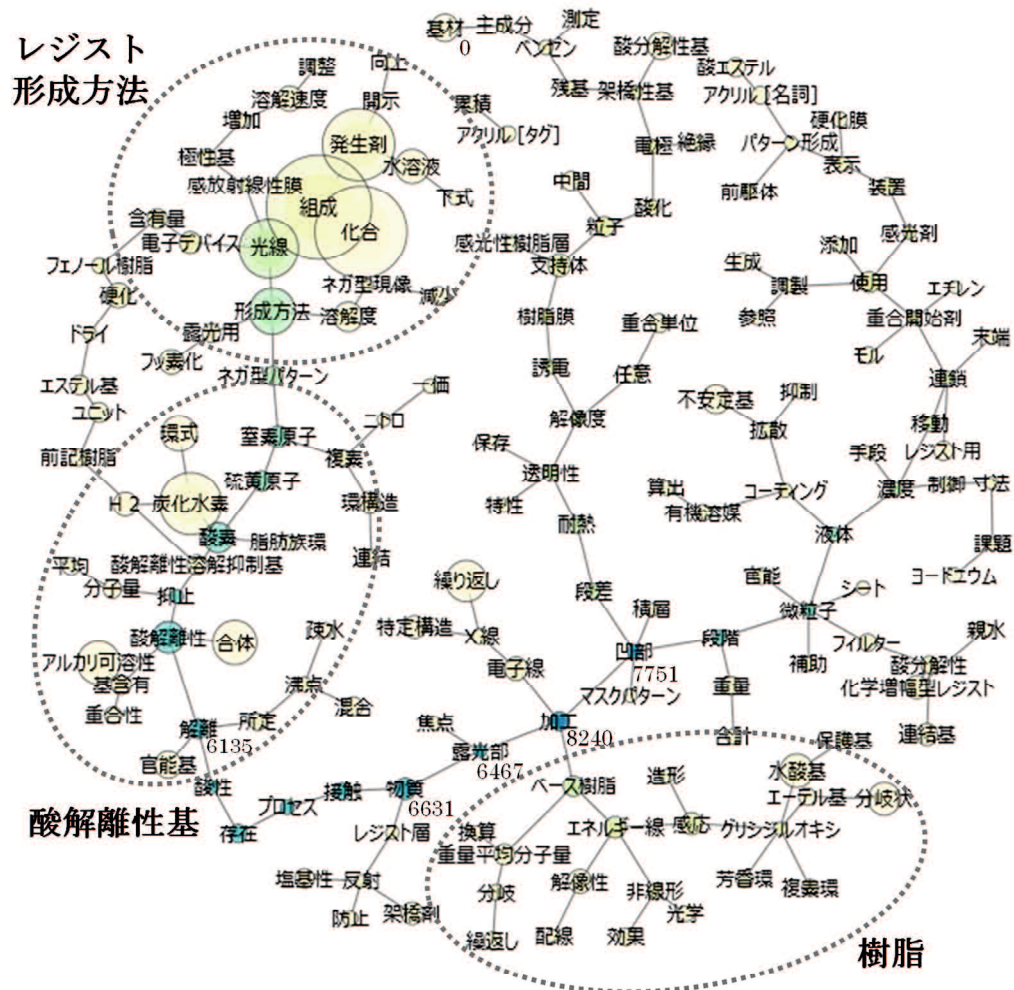


図 55. 一般語を除いた特許群③の共起ネットワークグラフ

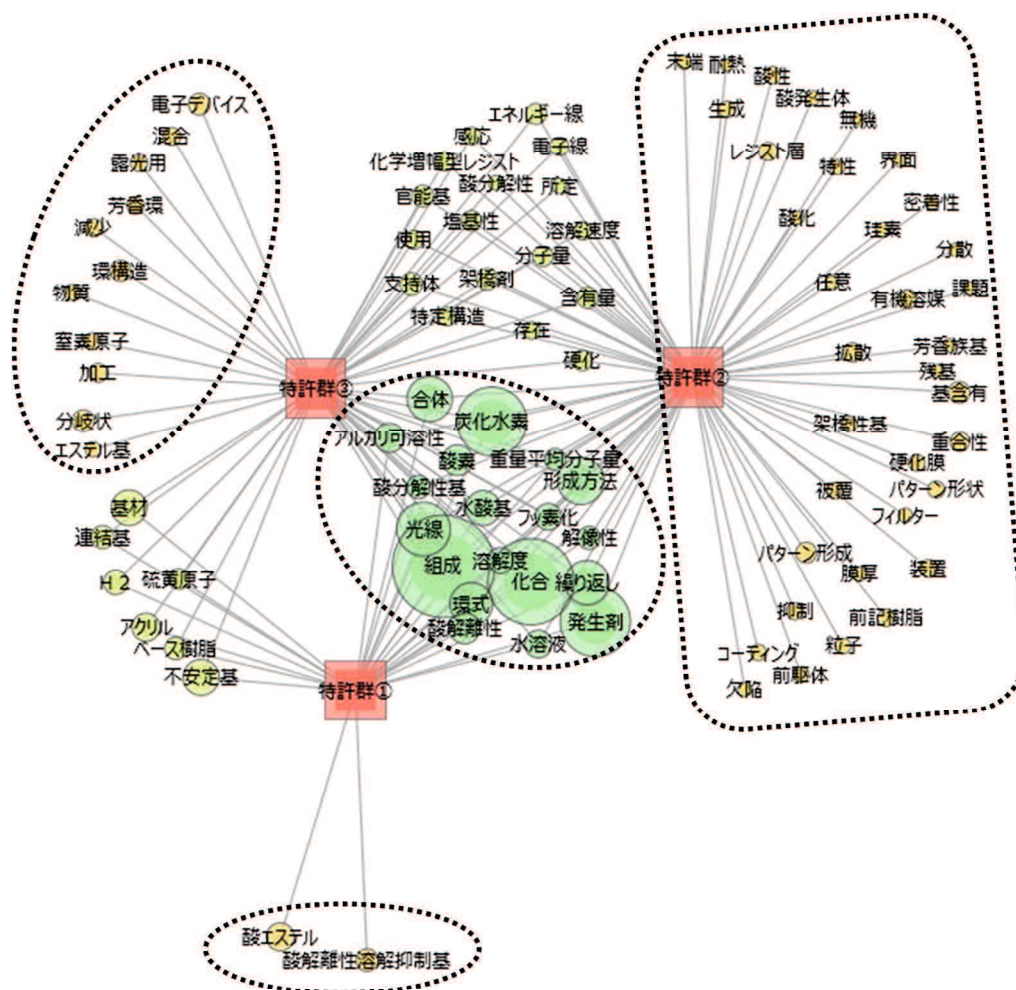


図 56. 特許群①～③を外部変数とした共起ネットワークグラフ

3.3 BOL-PM でのベンチマーク

EUV-R の変曲点の動きを見たときと同様の挙動が他でも確認できるか調査するために作成した BOL-PM の特許リストでも被引用件数と審査過程の分類の関係性の傾向と特許の審査状況ごとに切り分けた特許明細書の要約を用いた BERT の文書分類モデルの結果を確認した。審査過程状態ごとの特許における被引用数の結果を図 57 に示す。先端半導体用フォトレジスト特許と同様に登録特許の重要性が確認できた。

4 分類の特許審査過程のクラスタリングの結果を図 58, シルエット係数を図 59 に示す。こちらも先端半導体用フォトレジスト特許と同様にクラスタリングごとに分類分けができた。

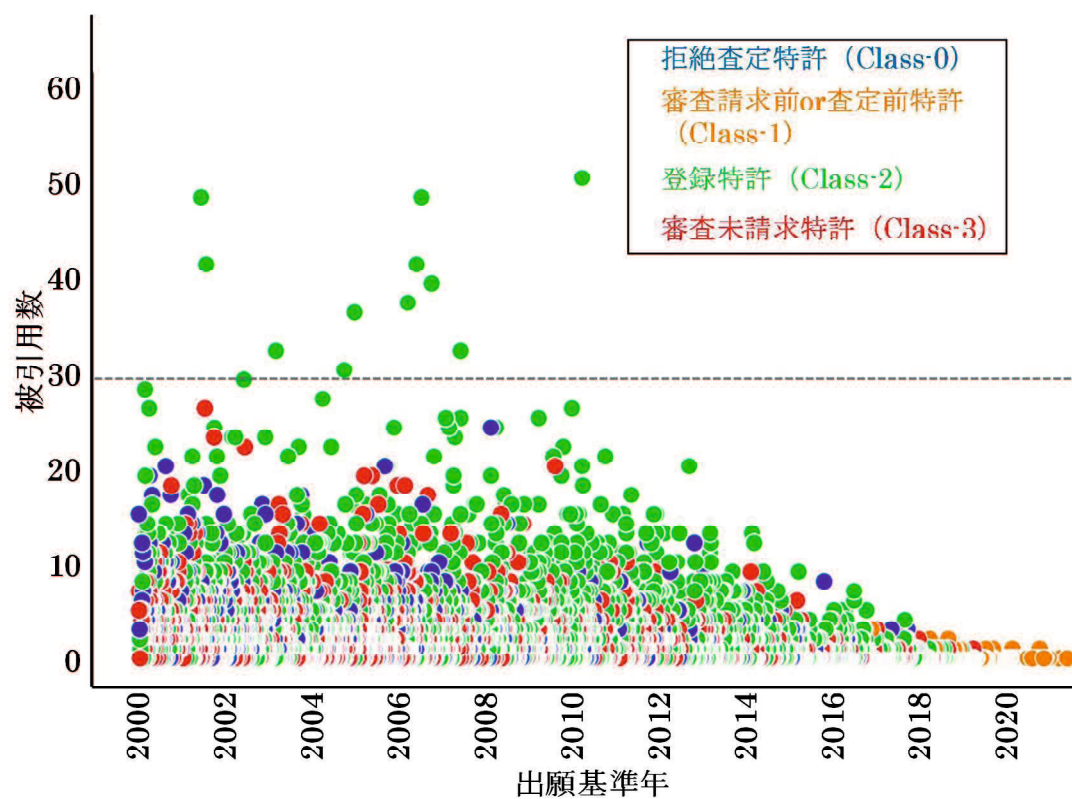


図 57. 審査過程状態ごとの特許における被引用数 (BOL-PM)

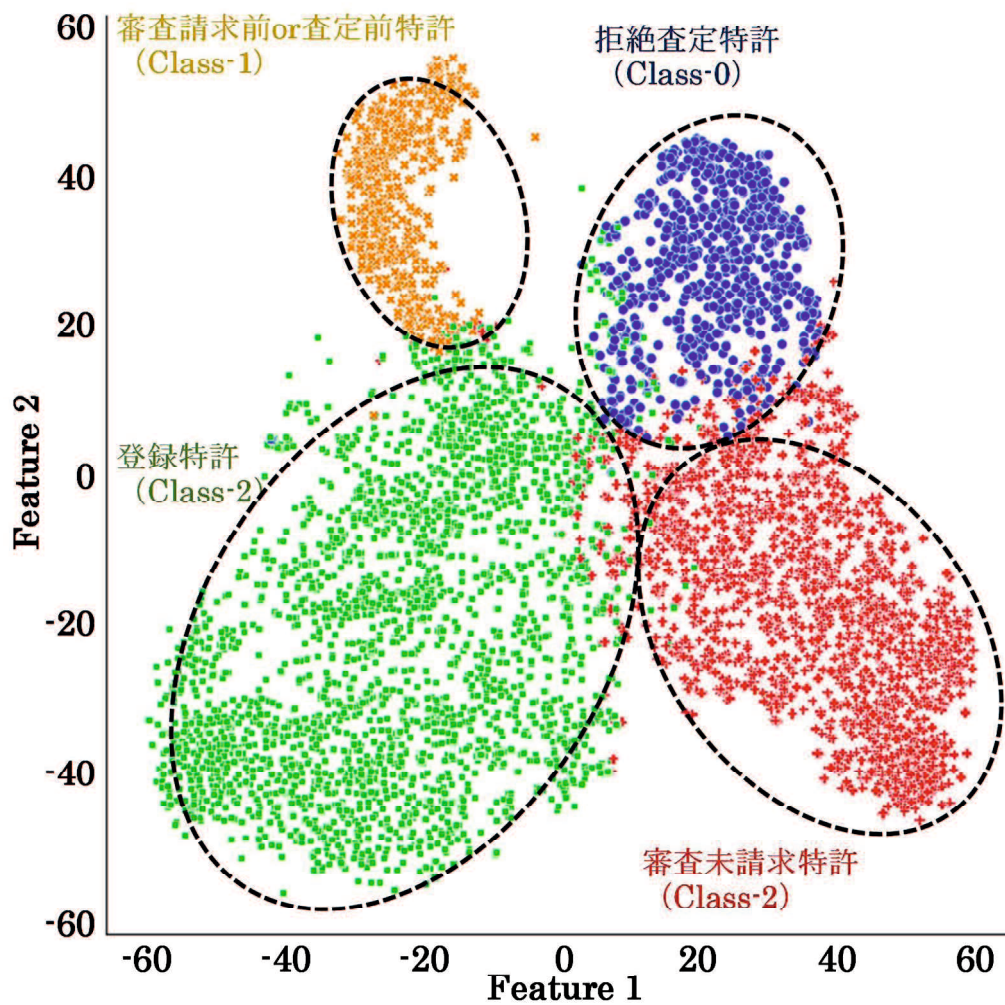


図 58. 4 分類の特許審査過程のクラスタリング (BOL-PM)

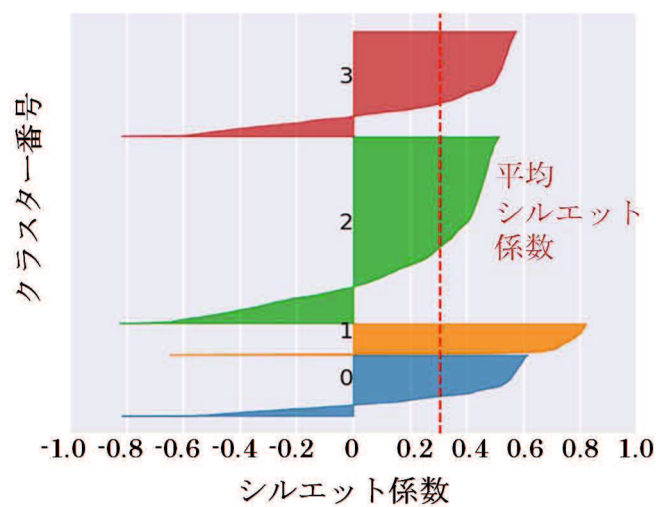


図 59. 4 分類のクラスタリングのシルエット係数 (BOL-PM)

3.4 結言

本章では、リサーチクエッションの「自社が利用できる権利範囲」の前提としてリーガルステータス（特許出願や特許権の法的状態）がアクティブかつ登録特許であることが他の審査状況との開示情報に差異をもたらすかどうかを解析した。以下に本章の結論を述べる。

1. 審査過程状態ごとの特許における被引用数の散布図から当該フォトレジスト分野における登録特許の重要性が鮮明化された。登録特許によって「商品開発力」である発明が保護されている一方、権利化したい有用な技術であること、独占権の代償としての公開によって開示された情報が他社に利用されたことで被引用件数が増加していると考察した。
2. 特許明細書の要約に記載されている課題をもとに自然言語処理（NLP/BERT）により生成されたモデルの文章ベクトルから一定のクラスタリングが確認でき、各審査過程の分類固有の情報開示特性が見出され、特許明細書中の記載に特徴があることを明らかにした。
3. BERT で「登録特許」と判断された特許明細書の要約に対し、計量テキスト分析である共起ネットワークグラフで解析した結果から実際の特許審査過程と BERT による予測結果が一致しない要因として、年代による技術変遷に伴う特徴語の変化が影響していると考察した。
4. 先端半導体用フォトレジスト分野で確認された傾向は、同じく半導体材料分野である BOL-PM の特許リストを用いた解析結果からも確認できた。

以上の結果から、本章では、「自社が利用できる権利範囲である」の観点の特許の審査状況を軸として解析した結果、開示特性には審査過程との関連性があることを抽出することができた。次章では、リサーチクエッションのもう一つ「他社へ有効な情報を与えない範囲」であるためには、まず現在の状況を把握する必要がある、「他社」と相手がいる形であることから主要 5 社の内 1 社をベンチマークして情報開示特性に関する解析を行った結果を述べる。

第4章 特許の請求項と明細書の情報開示特性

本章では、「他社へ有効な情報を与えない範囲」であるために必要な事象を把握することを目的とし、現在の企業の開示状況の解析を行った。主要企業の一社に対し、ベンチマークとして競合他社との特許の情報開示特性解析から特異性を抽出するまで深耕する。

4.1 ベンチマーク

基準企業の設定基準として以下を据える。前章 3.1 で示したように、特許の開示による影響を示す指標として被引用情報が活用できると考え、各特許の被引用数を「特許の質」と仮定したことから、設定基準を特許の被引用件数が多いこととした。

本章ではまず、主要企業内で各社から出願されている特許の被引用件数に差を有するかを確認するため、1990 年から 2020 年までの主要企業 5 社（ここでは企業分析ではないため、企業名ではなく A～E 社とする）の特許の年次平均被引用件数データを用いて（表 9）、有意水準 5%として、帰無仮説を「全ての企業の年次平均被引用件数に差はない」とし、対立仮説を「少なくとも一つの企業の年次平均被引用件数が他の企業と有意に異なる」と設定した。5 社の平均被引用件数を用いるため、3 群以上のデータの平均について差を検定する分散分析を実行した結果、F 値 4.029 と p 値が 0.0039 (<0.05 (5%)) であることが算出され、「少なくとも 1 つの企業の年次平均被引用件数が他の企業と有意に異なる」と結論づけられた。次に、分散分析の結果が有意であったため、2 群間の多重比較を実行する事後検定を行った結果を表 10 に示す。表 10 の Group1 と Group2 は比較対象となる企業のペアを示す。meandiff は Group1 および Group2 の年次平均被引用件数の平均値の差、p-adj は調整後の p 値を示す。lower と upper は信頼区間の下限と上限を示し、この信頼区間とは平均値の差の真値が含まれる推定範囲を示す。reject は帰無仮説を棄却するか否かを示し、TRUE の場合 ($p\text{-adj}<0.05$)、帰無仮説は棄却され Group1 と Group2 の年次平均被引用件数には統計的な有意差があると結論づけられる。一方 FALSE の場合 ($p\text{-adj}>0.05$)、帰無仮説は棄却されず、2 つの Group の年次平均被引用件数には統計的な有意差はない。この検定結果から A 社は主要企業内 2 社に対して有意な差があることが確認でき、同社をベンチマークの基準企業と設定できる。

表 9. 各社の年次平均被引用件数

年代	A	B	C	D	E
1990	15.0	0.0	0.0	0.0	11.1
1991	11.3	0.0	11.7	0.0	11.8
1992	7.1	2.0	9.3	3.5	10.1
1993	8.7	5.0	10.3	9.3	9.1
1994	8.1	13.3	13.6	3.3	13.1
1995	12.6	6.6	7.9	2.7	7.0
1996	10.4	6.7	10.8	3.6	5.9
1997	11.2	4.5	10.4	7.7	5.3
1998	14.9	4.0	9.2	11.5	6.4
1999	10.2	6.2	9.5	7.9	4.8
2000	6.0	7.3	8.2	8.1	5.1
2001	6.8	4.9	6.6	4.2	5.4
2002	5.0	3.3	4.6	4.0	4.4
2003	5.5	2.5	4.4	6.3	3.8
2004	8.4	3.4	2.3	4.7	5.8
2005	10.2	2.4	3.4	19.6	6.8
2006	8.3	2.7	2.6	11.0	4.4
2007	9.8	2.9	1.8	6.1	6.1
2008	8.6	4.4	2.5	3.6	5.3
2009	6.5	4.1	2.9	3.4	5.4
2010	8.6	5.3	1.6	3.1	6.8
2011	7.3	2.8	2.2	2.4	3.3
2012	4.2	2.0	1.4	1.7	4.1
2013	4.8	2.2	2.1	2.5	2.7
2014	3.1	2.2	1.9	1.6	0.8
2015	1.5	1.1	1.6	0.9	0.3
2016	2.9	0.5	0.9	0.9	0.4
2017	1.4	0.3	0.1	0.4	0.1
2018	0.3	0.2	0.1	0.3	0.0
2019	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
2020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 10. 主要企業 5 社の分散分析の事後検定

Group1	Group2	meandiff	p-adj	lower	upper	reject
E	C	-0.371	0.996	-3.056	2.314	FALSE
E	A	2.057	0.219	-0.628	4.742	FALSE
E	D	-0.680	0.956	-3.365	2.005	FALSE
E	B	-1.699	0.409	-4.384	0.986	FALSE
C	A	2.428	0.097	-0.257	5.113	FALSE
C	D	-0.309	0.998	-2.994	2.376	FALSE
C	B	-1.328	0.651	-4.013	1.357	FALSE
A	D	-2.737	0.043	-5.422	-0.051	TRUE
A	B	-3.756	0.002	-6.441	-1.071	TRUE
D	B	-1.019	0.832	-3.704	1.666	FALSE

図 60 に、x 軸を基準年（1990 年から 2020 年）とし、特許の基準企業とした A 社、全体と他 4 社の各年の平均被引用件数を y 軸としたグラフを示す。A 社が全体よりも各年の平均被引用件数よりも大きいことが確認できる。また、縦軸を被引用件数、横軸を出願基準日に設定した 1990 年からのレジスト特許の被引用件数の散布図を図 61 に示す。総じて登録特許は被引用件数が多く、被引用数を良い特許と仮定しているため、4 社と比べ A 社の年次平均被引用件数が多い年である 1998 年、2006 年、2010 年や直近の 2016 年の年度においては、最も被引用件数が多い登録特許を A 社が出願していることを確認し優れた特許を継続的にしていることが確認した。次節では、A 社を基準企業とし、全体または残りの主要 4 社をベンチマークし、被引用特許の出願時期との関係性や特許請求項の記載内容を分析した。

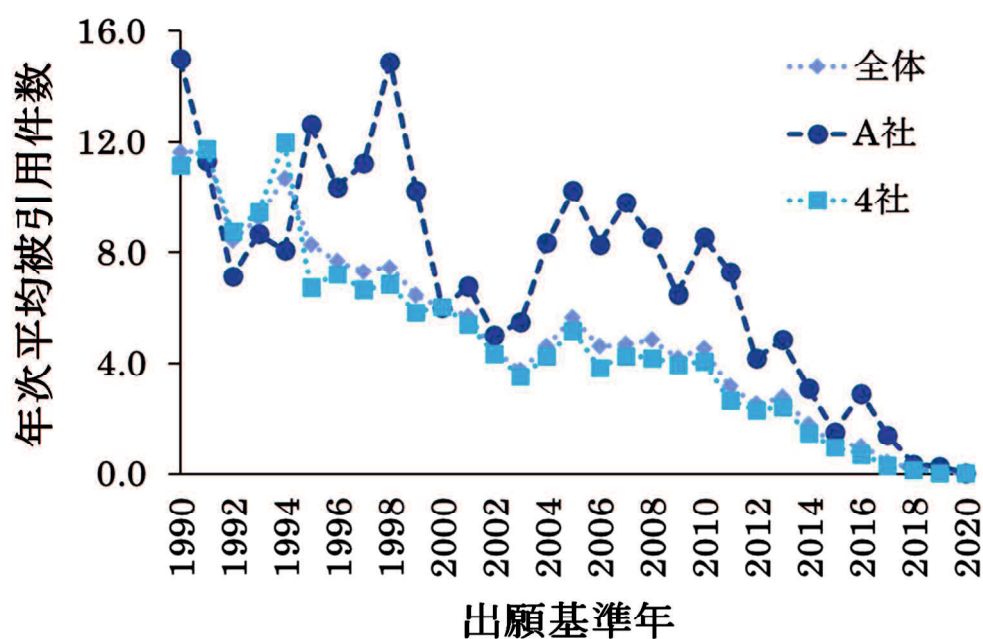


図 60. 平均被引用件数の年次推移

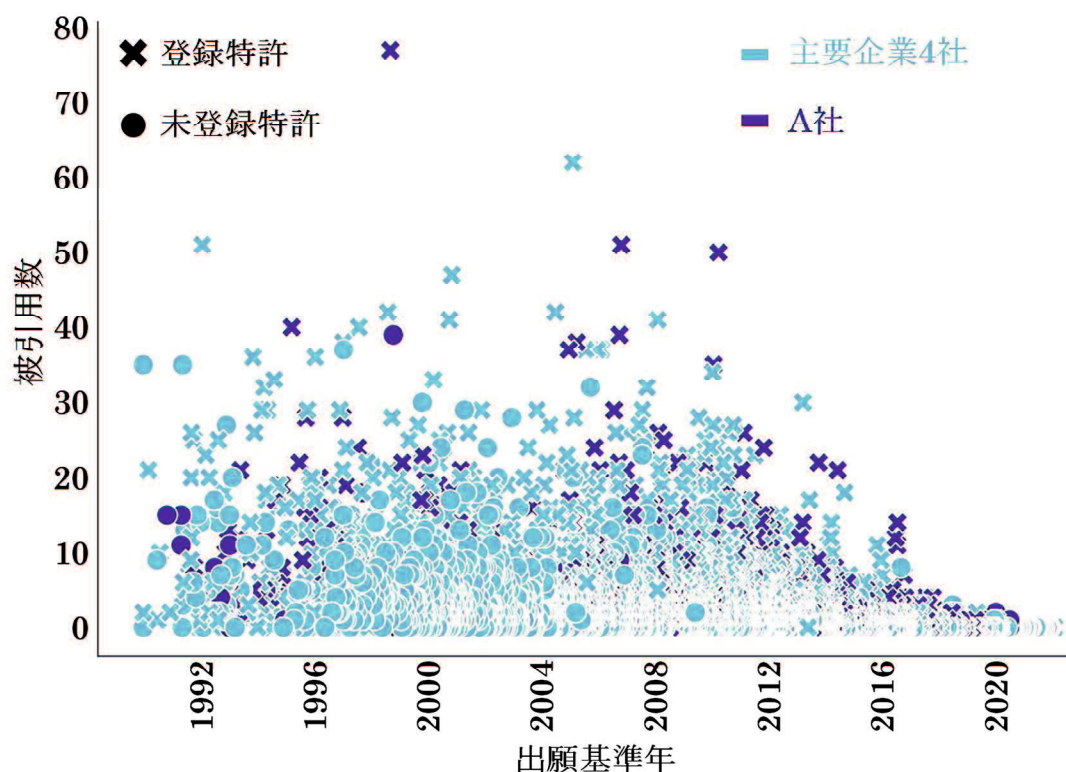


図 61. 企業と登録特許とそれ以外の特許における被引用数

4.2 主要企業 5 社と被引用の関係性

時間軸を示した期間の模式図を図 62 に示す。特許行政年次報告書 2023 年度版によると、出願人に求められている手続きを利用した場合を除き特許審査の権利化までの期間は 2013 年が平均 18.8 ヶ月（1.5 年） [8]であり、拒絶理由通知の応答期間は発送日から 60 日以内、また応答期間の延長が 2 ヶ月認められている。このことから、およそ 0.3 年の応答期間を含めて、日本特許は出願基準日から登録特許まではおよそ 5 年かかる。第三者が公開された特許情報を参考に行っている可能性とその利用時期を解明するため、特許が登録特許となるまでの間に関連する出願がされていないかを確認することを考え、本願出願基準日からおよそ 5 年間の間に提出された被引用特許に着目した。また、関連する出願が行われる時期を確認するため、各特許（以下、「本願」）の公開日とその特許の被引用特許の出願基準日を用い、被引用特許が提出された時期が本願特許公開前であるおよそ 1.5 年分の「公開前」と公開後から半年ごとに時期を分けて 3.5 年分の「公開後」の被引用数を抽出した。

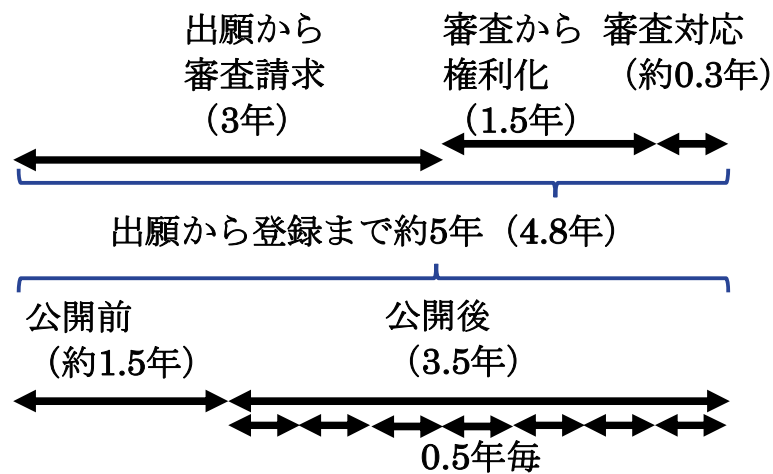


図 62. 期間の模式図

「公開前」の分類が 1.5 年分の理由は、本願の公開日前までに被引用特許の出願基準日となっていた案件とし、一般的に特許の公開が基準日から 1.5 年後のためである。対象特許の被引用特許となるには当該特許の公開時（被引用特許の出願から 1.5 年）に明細書に記載される先行文献に記載されていることや審査請求後に拒絶理由通知で先行文献として出されたとき（被引用特許のおよそ出願から 3 年以上）となり、被引用特許の出願時に追加される情報ではない。

そこで図 61 に示すように A 社から出ている被引用特許が多い特許が出願されている 2016 年までに登録された本願と被引用特許の関係性を確認した。通常、過去の出願特許ほどその後に出願された特許件数が多いため、時間経過により被引用件数が多くなる可能性がある。そこで本願の出願年代ごとの件数差の影響を減らすため、年代の平均値で割った。具体的には、各年で上記の期間で区切った被引用数を主要 5 社全体で同様に求めた被引用数で除算した数値を求めた。図 60 での A 社の年次平均被引用件数を全体の年次平均被引用件数で除算した値と期間で区切った値を用いて、1990 年からの移動平均の相関係数（R）を表 11 に示す。

表 11. A 社の平均被引用件数と公開から被引用特許の基準日までの
期間の相関係数 (R)

年代	公開前	0~0.5年	0.5~1年	1~1.5年	1.5~2年	2~2.5年	2.5~3年	3~3.5年	3.5~4年	4年以降
1992	-0.74	0.92	0.88	-0.93	-0.66	0.84	0.97	1.00	-0.72	-0.77
1993	-0.64	0.82	0.88	-0.59	-0.64	0.81	0.97	0.99	-0.64	-0.74
1994	-0.41	0.82	0.84	-0.44	-0.22	0.83	0.94	0.95	-0.64	-0.80
1995	0.00	0.45	0.55	0.18	0.38	0.55	0.82	0.62	-0.44	0.18
1996	0.16	0.36	0.56	0.25	0.44	0.45	0.74	0.57	-0.15	0.28
1997	0.28	0.29	0.63	0.46	0.60	0.61	0.75	0.38	-0.06	0.30
1998	0.50	0.20	0.70	0.75	0.51	0.50	0.54	0.30	0.44	0.56
1999	0.52	0.27	0.70	0.71	0.55	0.51	0.45	0.25	0.46	0.59
2000	0.50	0.28	0.71	0.71	0.55	0.52	0.49	0.30	0.44	0.59
2001	0.49	0.28	0.70	0.71	0.54	0.52	0.49	0.30	0.43	0.59
2002	0.47	0.29	0.70	0.71	0.54	0.38	0.44	0.31	0.43	0.59
2003	0.48	0.30	0.71	0.68	0.56	0.37	0.36	0.31	0.42	0.60
2004	0.50	0.36	0.63	0.67	0.62	0.47	0.29	0.35	0.55	0.64
2005	0.57	0.33	0.67	0.69	0.62	0.50	0.24	0.33	0.57	0.68
2006	0.56	0.38	0.69	0.69	0.63	0.52	0.27	0.26	0.60	0.69
2007	0.66	0.45	0.71	0.66	0.62	0.53	0.29	0.25	0.61	0.73
2008	0.67	0.45	0.70	0.64	0.64	0.54	0.25	0.28	0.63	0.74
2009	0.65	0.45	0.70	0.64	0.63	0.53	0.26	0.29	0.61	0.74
2010	0.68	0.42	0.68	0.65	0.62	0.54	0.21	0.32	0.63	0.72
2011	0.70	0.50	0.71	0.67	0.68	0.58	0.38	0.34	0.57	0.72
2012	0.70	0.50	0.71	0.68	0.68	0.58	0.35	0.34	0.56	0.72
2013	0.70	0.50	0.71	0.68	0.65	0.57	0.35	0.30	0.52	0.72
2014	0.71	0.50	0.71	0.67	0.65	0.56	0.33	0.30	0.52	0.65
2015	0.69	0.50	0.71	0.67	0.58	0.53	0.31	0.25	0.52	0.61
2016	0.66	0.56	0.78	0.78	0.72	0.65	0.57	0.25	0.23	0.61

被引用特許の動向を確認した図 60 および図 61 から確認できるように、A 社は 1995 年頃から全体と比べて差が出てきていることから 1992 年から 1997 年までは図 35 の特許出願件数から確認できるように 1990 年から 1995 年までの出願件数が少なかった影響が出ており、1998 年以降の挙動と異なると考えられる。「公開前」は 2007 年ごろから相関係数が高くなり、2011 年頃が最高値と確認できる。これは露光光源が ArF エキシマレーザー（ λ : 193nm）から EUV（ λ : 13.5nm）に向けての開発が行われている時期に該当し、顧客要求に基づき A 社が競合企業と技術開発の方向に整合性を持っていたことを示している。図 61 で最も被引用件数が多い登録特許を A 社が出願していた案件の被引用特許を確認し、競合からも関連出願が行われていた事実、並びに今回の被引用特許が先行技術や特許査定時の引用特許も含まれることから、A 社内で追加の関連出願が行われていった結果が表 11 のような挙動を示すものと考察される。公開後の半々ごとの期間においては、公開から半年から 2 年の間の当該相関係数が高いことが確認

できる。これは、A 社の特許公開による開示情報を参考に技術競争のための研究開発に活用され、関連する出願がなされている可能性を示唆する。

以上、被引用特許件数が多い主要企業の 1 社を基軸とした他社とのベンチマークにより、特許の被引用特許が出された時期を移動平均の相関係数で確認した。顧客要求を中心とし各社の技術開発が重なること、開示された情報を参考に研究開発および出願までの期間の推察が可能であることを見出した。また、特許の公開から半年から 2 年の間に被引用特許となりうる重要な特許が出願され、被引用特許が 1.5 年後に公開されることを考慮すると、本特許の審査時には被引用特許にはなっていないことが推測される（図 63）。そこで、本特許の拒絶理由通知時に本特許の出願後に関連する特許を調査することで、より有効な権利範囲での権利化を進めることができ、本特許の公開による情報開示のリスクを減らせる可能性を見出した。

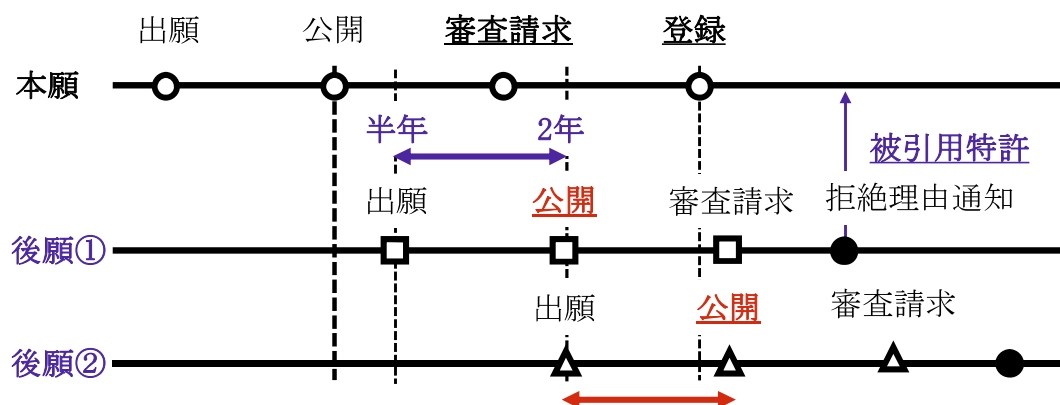


図 63. 被引用特許が出願される時期を考慮した時系列の模式図

4.3 特許請求項の情報開示特性

本節では、関連出願が行われる理由として各社が有する特許の権利範囲が影響していることから特許請求項の記載内容を解析し考察する。

4.3.1 特許請求項の記載量

レジストは化学材料であり、化学系の特許出願では権利として保護したい化合物の範囲を文章で表現することが難しい場合がある。そのため請求項に一般式を **R** などの記号を用いた図で示すことがある。例として、「**R** は水素原子、炭素数 1～5 のアルキル基又は炭素数 1～5 のハロゲン化アルキル基であり、」といったように、複数の場合に対応した置換基を活用し権利範囲としたい化合物を記載している。このように、特許で使われる化学構造の特定の表現方法はマルクーシュ構造と呼ばれ、置換基の種類や位置、頻度、相同性（「アルキル」などの多くの特定の置換基をカバーする一般的な表現の使用）が組み合わさることで多数の化合物の構造を表現することができ、広い権利範囲の主張と構造を曖昧にすることができる [111] [112]。そのため、組成に関する記載の構成要件部の文章と一般式の置換基などの説明部の文章の性質が異なり、権利範囲となる請求項を解明していく上でそれぞれを切り分け特徴を見出すことが有効であると考えられる。そこで、2.3.1 で出した特許リストに出願人が主要日本企業 5 社であり、かつ発明の名称から後工程（実装工程）に関するキーワード（層間絶縁、保護膜、基板、塗布、上層膜、下層膜、導電、ドライ、めっき、メッキ、液晶、平版、回路、着色、タッチ、硬化、表面処理、カラー、マスク、レンズ、レリーフ、有機 EL、ソルダー、配線、リンス、マイクロ、反転、自己組織）を除いた 6,959 件を抽出した。後工程に関するキーワードを持つ特許を除いたのは、産業分野だけでなく技術分野でも請求項の記載が大きく変化する可能性があり、結果に影響がでることを防ぐための技術分野の絞り込みにある。そのうち、4,427 件が登録特許である。さらに、レジストの特許請求項は組成に関する記載の構成要件部の文章と一般式の置換基などの説明部の文章が混在しており、請求項 1 に「【化 1】」や「式中」が記載された 3,734 件の登録特許を抽出した。抽出した 3,734 件の登録特許の請求項 1 を構成要件部と一般式の説明部に分離した。まず、請求項の文字数が時系列で公知情報が増えるにあたり変化しているかを確認するため、請求項の文章は各特許の文字数のばらつきが大きい可能性を考慮し、データ分散を大局的に把握することができる箱ひげ図（box plot）を用いて検証する。具体的には、横軸を

出願基準年，縦軸を登録公報における請求項の文字数とした箱ひげ図を活用し，構成要件部と一般式説明部の各結果を図 64，図 65 に示す。図中のダイヤモンドは第三四分位と第一四分位の 1.5 倍の値であった外れ値を示す。図中の点線は 1991 年から 2020 年までの文字数の平均値を示す。図 64，図 65 の箱ひげ図と平均値から一般式説明部の文字数が請求項全体の文字数に大きく影響していることが確認できた。次に，特徴的な挙動が確認できた 1998 年～2008 年と 2015，2016 年までの構成要件部と一般式部文字数の箱ひげ図を抜粋し図 66 に示す。A 社とそれ以外 4 社では，1998 年から 2008 年までは構成要件部の記載方法が異なるため文字数のばらつきの傾向が異なっている一方，一般式説明部の文字数の傾向は大きく変わっていない。他方で，2015 年と 2016 年のばらつきの傾向に影響しているのが一般式の説明部であることが確認できる。また，このことから A 社の最も被引用数が多い特許を出願していた 1998 年と 2016 年（図 61）でもばらつきの傾向の要因が異なっていることが確認できる。1998 年は構成要件部の文字数が少ないことから請求項 1 で化合物出願を中心に権利化しており，2016 年では化合物と組成物出願の両方の権利化又は複数の関連する出願が行われているためと考察できる。さらに，一般式における置換基が複数の場合でもその説明文が多くなることで請求項の文字数が増えている可能性を有し，すなわち先行研究の請求項の文字数が少ないほど良い特許である [113]という考えは当該レジストに関わる分野では必ずしも該当しえない。

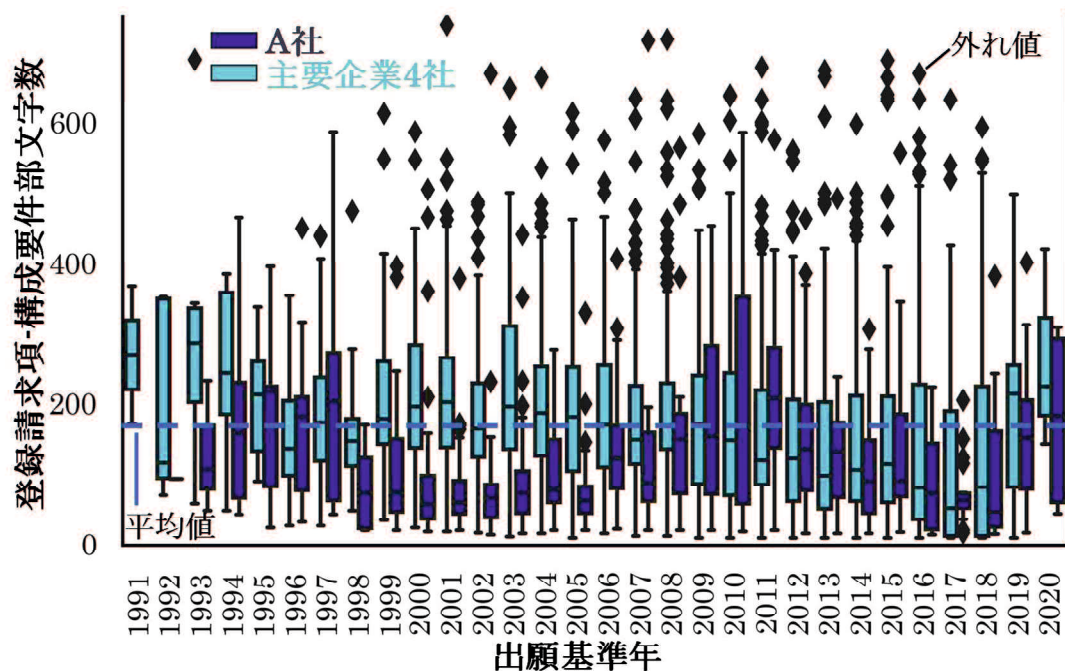


図 64. 登録請求項の構成要件部文字数の箱ひげ図

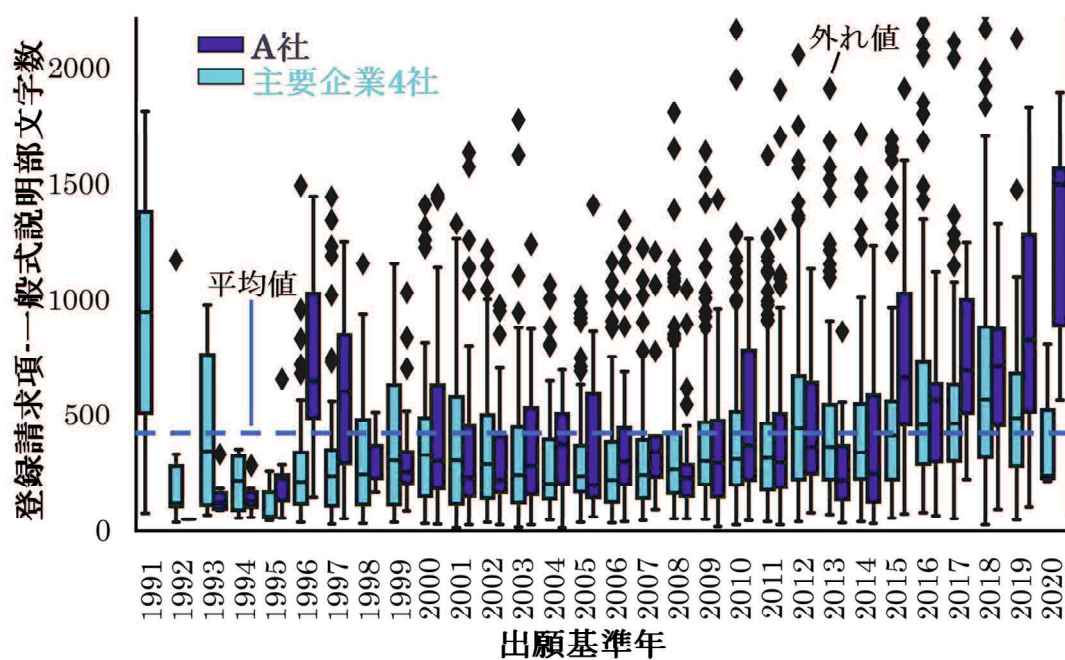


図 65. 登録請求項の一般式説明部文字数の箱ひげ図

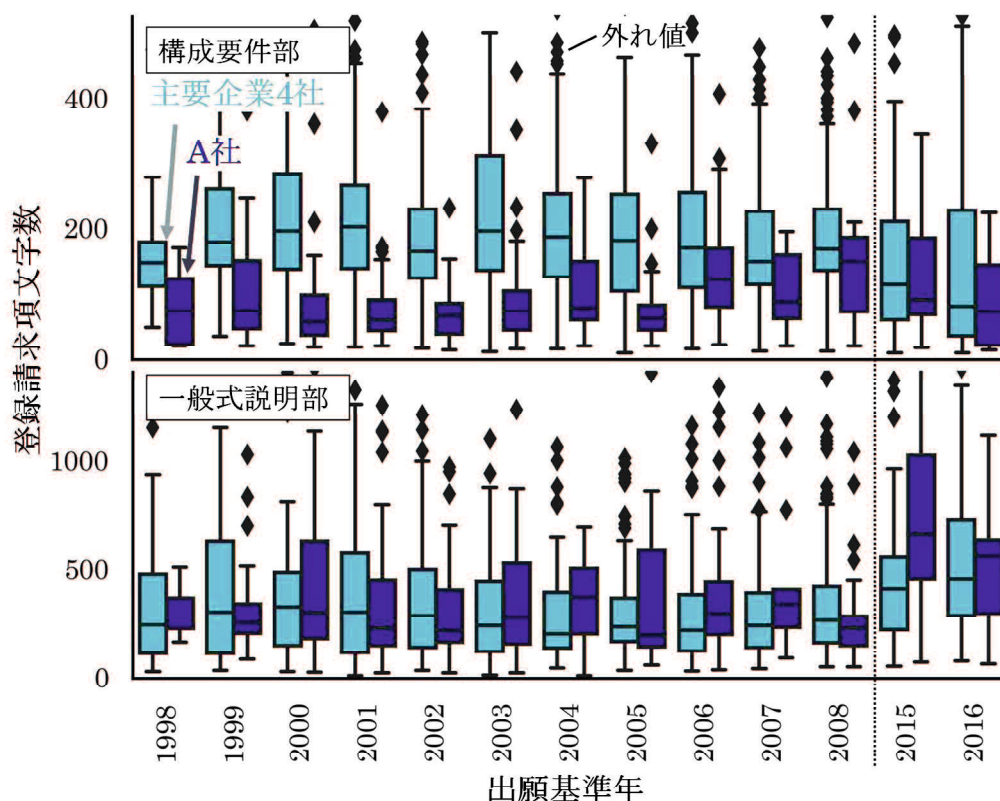


図 66. 1998 年～2008 年と 2015, 2016 年の
構成要件部と一般式部文字数の箱ひげ図の抜粋

4.3.2 特許請求項の記載内容

次に、請求項に記載されている単語が権利に関わっていることから、被引用件数からベンチマークの基準企業として選択した A 社の請求項の構成要件部と一般式説明部の記載の特徴を確認するため、計量テキスト分析ソフトウェア「KH Coder (3.Beta.07c)」を用いて共起ネットワークグラフにより解析した。形態素解析には MeCab を使用し、品詞として名詞・サ変名詞・形容動詞・未知語に絞った。A 社の特許請求項の特徴を確認するため、使用しない語の指定で記号の 1 語や単語が途切れている語に加え、請求項やレジスト特有の一般語を削除するため A 社の出現語から A 社以外の 4 社と重複する単語の頻出語上位 50 位までの語を除き語とした。構成要件部の記載から作成したグラフ（最小出現数 9 回，利用 105 語）を図 67 で示し，一般式説明部の記載から作成したグラフ（最小出現数 13 回，利用 103 語）を図 68 で示す。描画する共起関係を「媒介中心性」により明示した。なお，グラフにおいて各形態素の出現頻度を円の大きさ，中

心性の強度を濃度で示す。図 67 からレジストの組成に必要な樹脂や酸発生剤に関する構成要素や形成方法に関わる単語のクラスタを確認できる。一方、図 68 は一般式の説明部分となり、単語の多くで形成されているクラスタは置換基に関するものであることが確認できる。特徴語として両図で「ヨウ素」と「臭素」の単語が確認された一方、頻出語上位を除いてもレジスト特有の一般的な単語を抽出できた。以上からレジストに関わる特許請求項において、文章部分はレジスト特有の一般的な単語を中心として構築されており、請求項中の文字数は一般式説明部が大きな割合を占めているものの置換基の一般的な単語の説明であることから、請求項を用いたテキストマイニングから情報を読み取られるリスクを軽減し、一般式の図面に情報を集中させている開示特性を見出した。

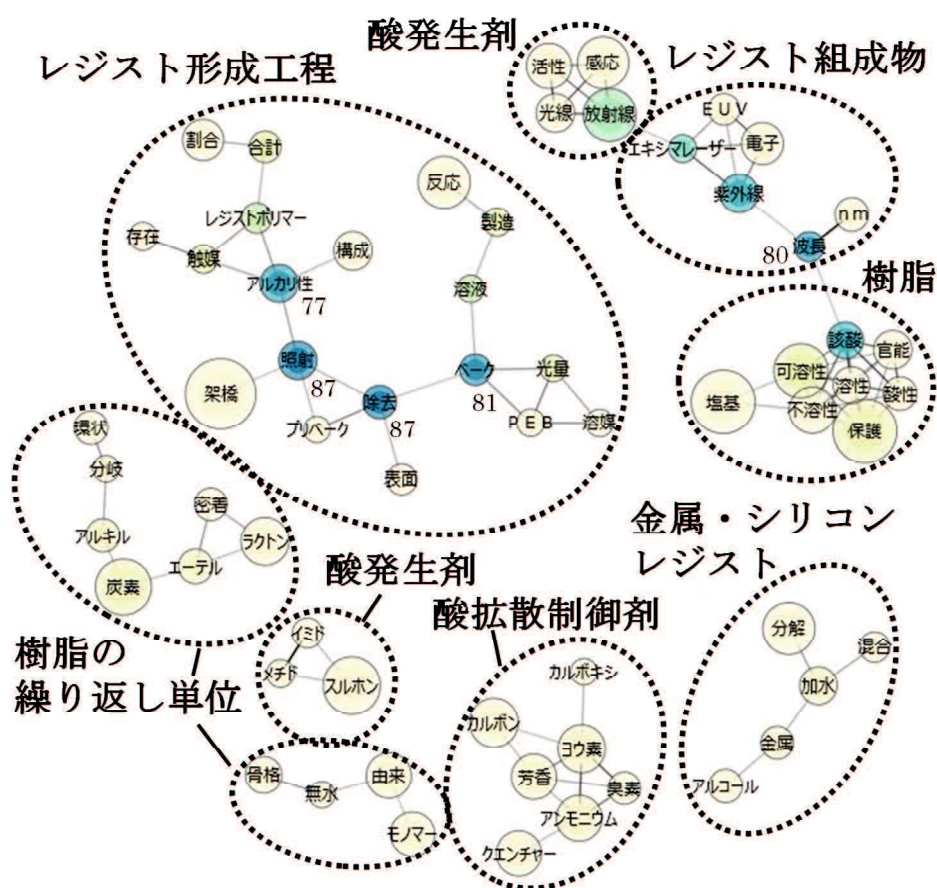


図 67. A 社の登録請求項の構成要件部の共起ネットワークグラフ

次に実施例にヨウ素を有した化合物が記載されているかを目視で確認し，登録特許 84 件を抽出した。

A 社と A 社以外の主要企業 4 社を濃淡で分け，登録特許の PDF の明細書ページ数を出願基準年に沿って視覚化した結果を図 69 に示す。明細書のページ数は PDF ドキュメントデータ抽出，分析等に優れた Python ライブラリ PyMuPDF と OCR（Optical Character Recognition）による文字認識を組み合わせ，明細書部分のみを自動抽出しページ数を算出した。

2016 年の A 社からの出願前に 2014 年に A 社以外の主要企業 4 社からヨウ素を特徴とした出願が行われていることが確認できるが，その後 2016 年までは出願が行われていない。これは当該主要学会である，“SPIE Advanced Lithography + Patterning”で 2014 年に日本の先端ナノプロセス基盤開発センター(EIDEC，旧社名：EUVL 基盤開発センター)からヨウ素の EUV 光の吸収性が高い一方，装置の洗浄性の悪影響に関わる発表 [114]からヨウ素の使用に技術課題が生じていたことに起因する。その後，前節 4.2 で論じた A 社の被引用件数を基に考察した情報活用と技術開発の迅速性の通り，2014

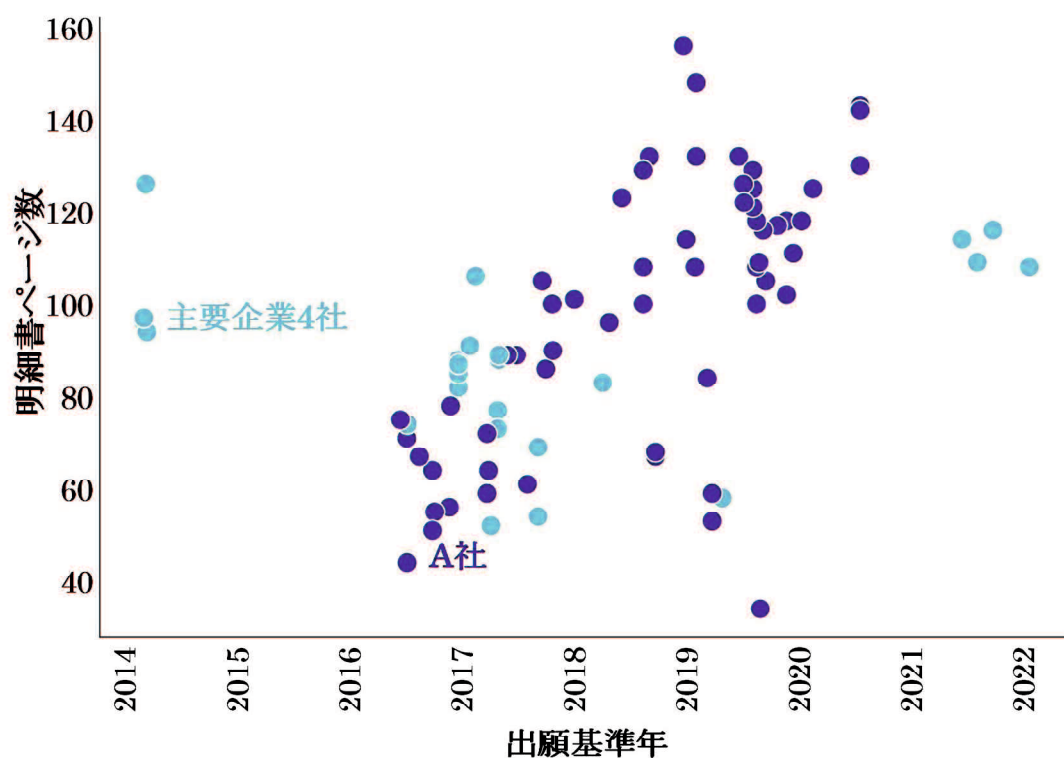


図 69. 明細書ページ数の年次推移

年の出願の公開からおよそ半年以降の 2016、2017 年に A 社とそれ以外の主要企業 4 社から出願が再開されており、その後も A 社が中心となり出願を継続していることが確認でき、半導体産業における技術開発の迅速性が理解できる。

また、2016 年の出願以降の出願の多くにおいて、明細書のページ数が増加しており、特許要件を満たすため明細書の公知となった部分に新規の情報が追加されていくことがその要因と思われる。次に、横軸を明細書のページ数とし縦軸を請求項の数とした散布図を図 70 に示す。ここでは、A 社と A 社以外の主要企業 4 社を濃淡で分け、公開から登録になるまでに請求項 1 が補正された場合、どの情報を基に補正を行ったかを「意見書」で確認し分類した結果を記号で示す。A 社は出願全体として請求項数が多い傾向を確認した。また、補正対応の分類が偏りなく存在していることから請求項数や明細書のページ数によって特定の補正が行われていないことも分かる。「請求項数を多く記載することで、審査時に拒絶理由を発見しない従属項を確認し、これは独立項に従属項を組み込むことで拒絶を回避する補正」や「明細書のページ数を多く記載することで明細書中の記載を用いて拒絶を回避する補正」での対応による権利化が必ずしも行われていないことを意味する。したがって、明細書のページ数と請求項数は権利範囲となる請求項の補正との根拠関係性が低いことを見出した。

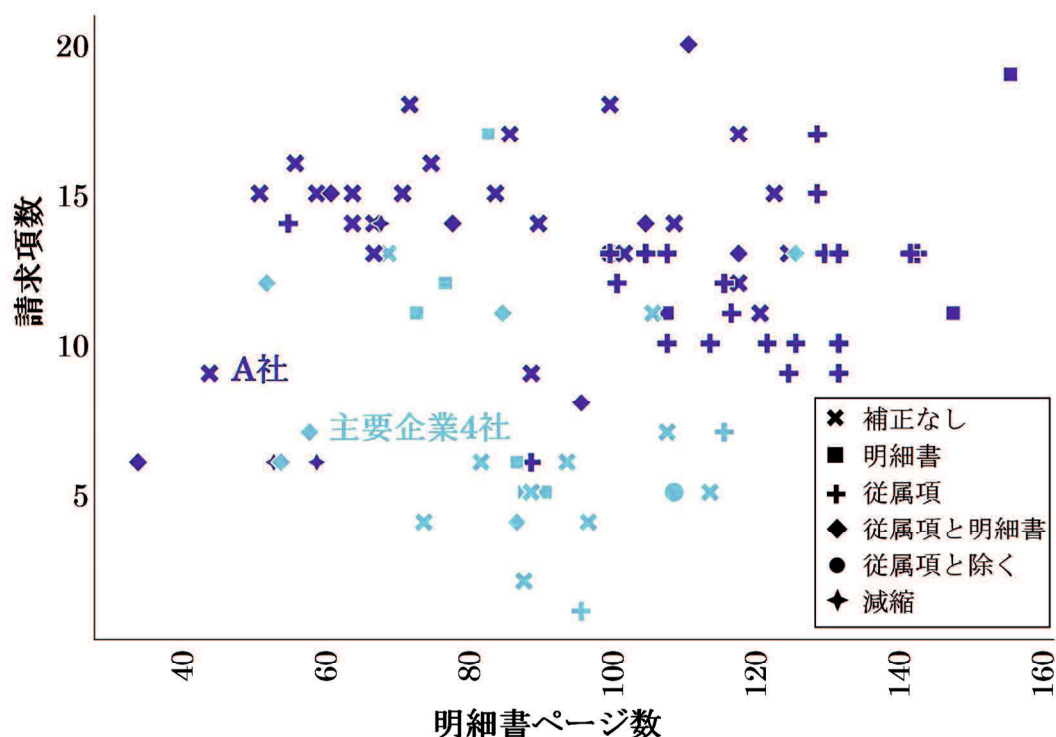


図 70. 明細書ページ数と請求項数と補正根拠箇所

また、公開から登録までに請求項 1 に補正がなかった特許は 34 件、従属項を用いて補正した特許 23 件、明細書を用いて補正した特許 9 件、従属項と明細書を用いて補正した特許 13 件、従属項の限定および除くクレーム対応と減縮を用いて補正した特許は計 5 件であり、補正をせずに公開公報の請求項のまま登録特許となっている特許が多いことも確認した。以上から明細書のページ数や請求項数とその特許権利化のために必要な情報量に比例して増加するわけではないと考えられる。

そこで、横軸を明細書ページ数とし PDF 中の画像データサイズを縦軸とし、A 社と主要企業 4 社それぞれの回帰曲線と信頼区間 95%とした結果を図 71 に示す。画像は実施例の結果で使用される表などは除いて、化学式や一般式が記載されている画像を対象とした。A 社の回帰曲線の決定係数 R^2 値が 0.96 と高いことを確認した。PDF 中の画像データサイズは先の PyMuPDF と画像解析により表以外の画像ブロックを抽出し、そのサイズを合計することで算出した。回帰曲線と信頼区間 95%は python の seaborn のライブラリ lmlot を活用した。A 社の明細書のページ数と画像サイズの信頼区間 95%

の幅は狭く、A 社の出願方法においてページ数と画像サイズは関係性があると予測できる。同図において、明細書のページ数と画像サイズが比例しており、図 69、70 の結果を併せて考察すると、企業ごとの特徴として各特許においてすべての記載内容が異なっているわけではなく、明細書中の記載内容が同一（もしくはほぼ同一）となっている一定の共通部分が存在していると考えられる。さらに、企業によって明細書ページ数における画像情報の割合も異なることを確認した。

以上、共通する特徴を有する特許群の請求項の権利範囲と明細書の情報開示量の関係性を確認するためには、明細書全体ではなく特定の部分の情報開示量の解析が求められることを確認した。

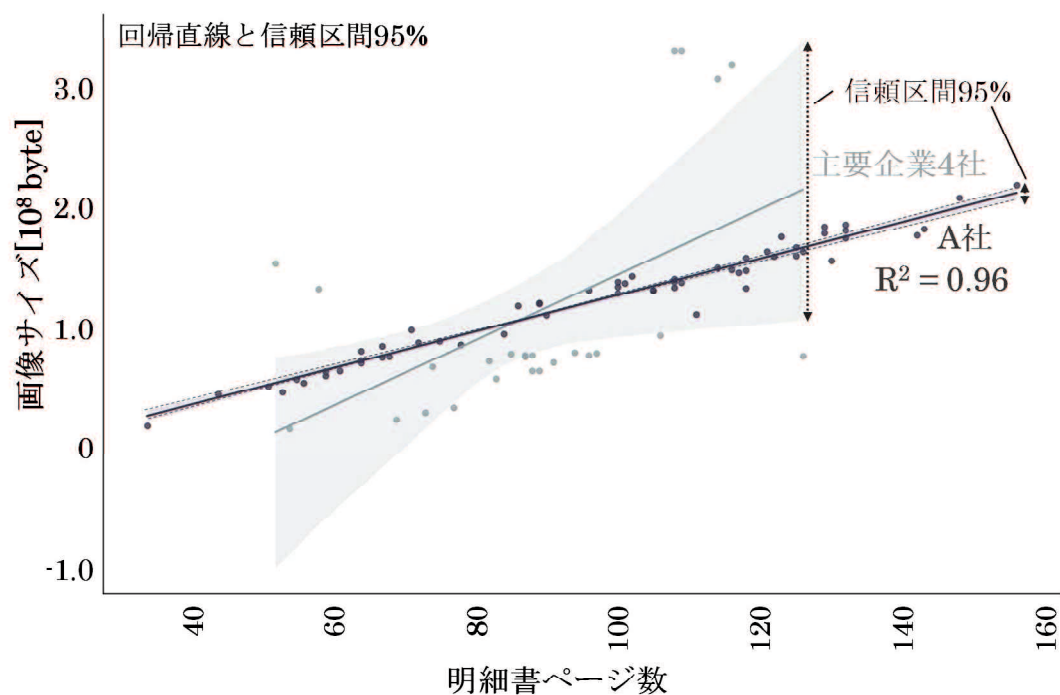
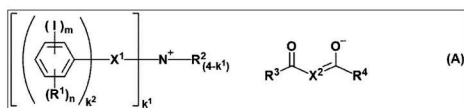


図 71. 明細書ページ数と画像サイズの関係

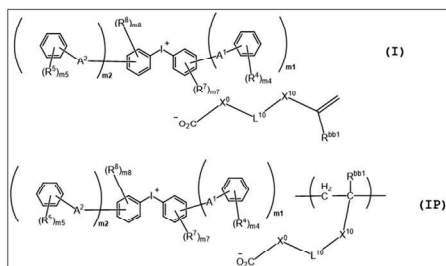
4.3.4 特許請求項の図面情報

請求項で一般式を R などの記号を用いた図で示すことがあることは 4.3.1 で確認し、4.3.2 および 4.3.3 で明細書中の図面（画像）の情報が重要であることを確認できたことから、明細書の PDF から抽出した画像ブロックを確認する。PyMuPDF による機械処理で抽出した画像ブロックは図 72 に示すように、1 画像ブロックに 1 つの構造式ではなく、複数の構造式が記載されていること、図面を特定するための記号も一緒に取り込まれていることが分かった。レジストの化学系の特許に記載されている画像は化学式が多いことから画像を SMILES 記法 (Simplified Molecular Input Line Entry System) と呼ばれる分子の化学構造を ASCII 符号の英数字で文字列化して計量テキスト分析を検討した。結果として、画像の SMILES 化を機械処理で行った一例を図 73 で示す。一般式や化学式と一緒に特定するための記号が記載されていることで誤った取り込みが行われること、一般式の場合は R などの置き換え記号が化学式に沿っているものは誤って取り込まれ化学式に沿っていないものは取り込まれないこと、が本検討にて明らかとなった。このように、画像データを機械処理で SMILES に変換することは現時点では困難であることを明らかにし、今後の展開に期待が寄せられる。

(1) PAGのカチオンとアニオンと (A) の記号



(2) 複数の一般式が一つの画像に含まれる



(3) 明細書の例示列挙が一つの画像に含まれる

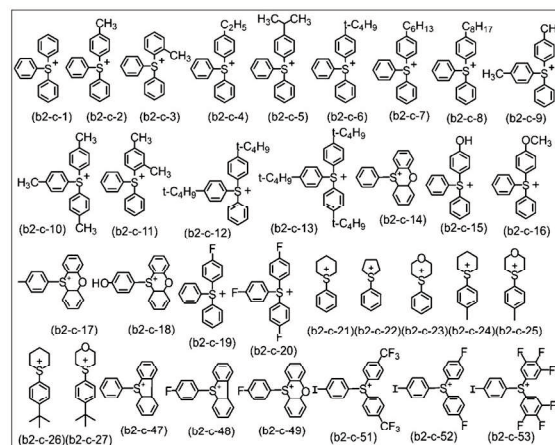
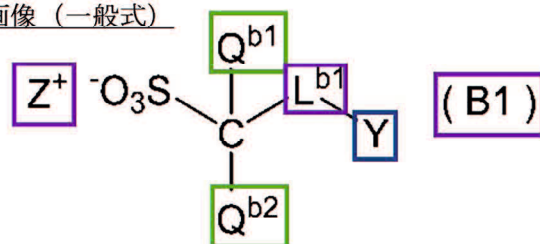


図 72. 画像ブロックの例

画像（一般式）



〔式 (B 1) 中、
 Q^{b1} 及び Q^{b2} は、それぞれ独立に、水素原子、フッ素原子、炭素数 1 ～ 6 の
 ペルフルオロアルキル基又は炭素数 1 ～ 6 のアルキル基を表す。
 L^{b1} は、炭素数 1 ～ 2 4 の 2 価の飽和炭化水素基を表し、該 2 価の飽和炭化
 水素基に含まれる $-CH_2-$ は、 $-O-$ 又は $-CO-$ に置き換わっていてもよく、
 該 2 価の飽和炭化水素基に含まれる水素原子は、フッ素原子又はヒドロキ
 シ基で置換されていてもよい。
 Y は、置換基を有していてもよいメチル基又は置換基を有していてもよい炭素
 数 3 ～ 2 4 の脂環式炭化水素基を表し、該脂環式炭化水素基に含まれる $-CH_2-$
 は、 $-O-$ 、 $-S-$ 、 $-SO_2-$ 又は $-CO-$ に置き換わっていてもよい。
 Z^+ は、有機カチオンを表す。〕

SMILES（機械処理）

C([I+][Y])([O])([O])S(=O)(=O)[O-].[Bi].[Zr]

図 73. 画像ブロックを機械処理で SMILES に変換した例

4.4 結言

本章では、リサーチクエッションのもう一つの観点である「他社へ有効な情報を与えない範囲」に必要な事象を知るために、現在の企業の開示状況の解析を行った。「他社」と比較して、特徴を抽出するため主要 5 社のうち 1 社をベンチマークして被引用の状況と請求項および明細書の記載情報の解析を行った。以下に本章の結論を述べる。

1. 主要企業 5 社の年次平均被引用件数に差があるかを有意水準 5%とした分散分析と 2 群間の多重比較の事後検定を行い、主要企業 1 社が他の企業と有意に異なることを確認しベンチマークとした。
2. 特許の被引用特許が出された時期を移動平均の相関係数で確認した結果、顧客要求を中心とした技術開発が重複すること、開示された情報を参考に研究開発および特許出願までの期間の推察が可能であること、を見出した。また、当該レジスト分野では本特許の拒絶理由通知時に本特許の出願後に関連する特許を調査することで、より有効な権利範囲での権利化を進めることができ、本特許の公開による情報開示のリスクを減らせる可能性を見出した。
3. 特許請求項の文字数の箱ひげ図を用いた年次推移と共起ネットワークグラフから経時変化につれレジストに関わる技術情報が公知になっていくものの、請求項の文字数の変動は大きくなく、一般式の説明部分の文字数が請求項の文字数に大きく影響しており、先行研究の請求項の文字数が少ないほど良い特許である [105]という考えは当該レジスト分野では必ずしも当てはまらないことを確認した。
4. 当該フォトレジスト分野では共起ネットワークグラフから請求項の文章中にはレジスト特有の一般的な単語を中心として構築されており、一般式の図面に情報を集中させることで、請求項を用いたテキストマイニングから情報を読み取られるリスクが軽減されていると考察した。
5. 特定の特徴に関する特許群の明細書と請求項の解析から、明細書のページ数や請求項数がその特許権利化のために必要な情報量に比例していないことおよびページ数と画像サイズは関係性があることを確認し、情報開示量の特定のためには、明細書全体ではなく特定の部分の情報開示量の解析が求められると考察した。請求項と明細書の情報が図面に集中していると考察し、レジスト分野の特許情報開示の本質が化学組成の原料を示す図面にあることを見出した。

以上の結果から、本章では、「他社へ有効な情報を与えない範囲」を検討し、フォト

レジスト分野における請求項と明細書の記載情報の現状把握を行い、本研究領域における特許情報開示特性で着目すべき点が、特許明細書の特定部分に集中している情報と化学組成に関連する図面であると結論づけた。

第5章 結論

特許制度を考えた時に、公開された発明を利用する機会を与えられた第三者による解析から知的財産の活用に着目が集まっている一方、新しい技術を公開した特許権者側の視点で公開による第三者の情報活用状況と権利取得の均衡を把握するという課題があった。そこで本研究では、当該課題を解決するため、日本企業が競争優位になる「先端半導体用フォトレジスト」の日本特許に研究領域を定めて、特許について、①自社が利用できる権利範囲、②他社へ有効な情報を与えない範囲、の2点を満足させるために特許の明細書や付与情報による情報開示特性（量と質）の解明を行った。本章では、総括として各章をまとめ、本論文の最終的な結論を述べる。

まず第1章では、研究背景として知的財産権の現状と課題を整理し、特許に関連する情報を明確にしたうえで、特許における公開情報と権利の均衡に関する課題を明らかにした。CGC改訂やIPLの普及に伴い知的財産への注目が集まり、解析手法や解析ツールなどがオープンになってきた一方、知的財産の絶対的独占権の中で企業の発明を保護する特許権の利用率に関しては大きく変化していない状況であった。特許の目的が記載された特許法第一条の趣旨である、「新しい技術を公開した者に対し、その代償として一定の期間、一定の条件の下に特許権という独占的な権利を付与」することと「第三者に対してはこの公開された発明を利用する機会を与える」ことにおける均衡を把握することは特許を出願する企業にとって有効性があり、企業の成長は社会の進歩に繋がる。しかしながら、先行研究の多くが、「公開された発明を利用する機会を与えられた第三者側」の視点による特許の活用方法の記載であり、特許は業界・技術分野ごとに記載に特徴があることから先行研究でも特定の国、特定の技術分野で解析が行われていた。そこで、本研究では、「新しい技術を公開した特許権者側」の視点に立って、日本が産業的な競争優位を保持できている先端半導体用フォトレジスト分野の日本特許を研究領域とした。そしてリサーチクエッションとして、①自社が利用できる権利範囲、②他社へ有効な情報を与えない範囲、の2点を満足させるため明細書や特許の付与情報に基づく情報開示の特性とその評価方法を探求することを目指した。

第2章では、第1章の日本が産業的な競争優位を保持している先端半導体用フォト

レジスト分野の日本特許を研究領域とした方針の信頼性を確認するため、日本の半導体産業の現状と歴史を確認した。次に、先端半導体用フォトレジストの産業の動向を特許情報から捉えることができるかを確認するため、開発状況と特許/非特許情報の関係性を、特許分類を活用した出願件数推移を用いた技術変遷動向や特許と市場情報の相関分析を行った。具体的には、日本独自の特許分類を活用してフォトレジストの重要な要素である露光光源波長ごとの累積出願件数とフィッティングを行い、結果として技術変遷に関連する情報を得ることができ、レジストの技術と特許の関係性が確認できた。また、売上高と出願件数の移動平均の相関係数（ R ）から研究開発投資と収益回収の傾向を推定することができた。以上から本章では、特許の情報開示特性を考えていく上で、研究範囲として先端半導体用フォトレジストの日本特許を選択した方針の信頼性と特許開示の重要性を確認した。

第3章では、「自社が利用できる権利範囲である」ためには、特許が設定登録を受けて登録となり、リーガルステータス上もアクティブになっていなければならないことから特許の審査状況と特許の開示情報を照らし合わせて解析を行った。具体的には、審査過程状態ごとの特許における被引用数の散布図から先端半導体用フォトレジスト分野における登録特許の重要性が鮮明化できたため、特許明細書の要約に記載されている課題をもとに自然言語処理（NLP/BERT）により生成されたモデルの文章ベクトルから各審査過程の分類固有の情報開示特性を確認した。また、登録特許によって「商品開発力」である発明が保護されている一方、権利化したい有用な技術であること、独占権の代償としての公開によって開示された情報が他社に利用されたことで被引用件数が増加していると考察し、特許権者が権利を有していることを確認した。

第4章では、「他社へ有効な情報を与えない範囲」であるために必要な事象を明らかにすることを目的とし、現在の企業の開示状況の解析を行った。具体的には、ベンチマークしたA社を軸として、特許の被引用特許が出された時期を移動平均の相関係数で確認や特許請求項の文字数の箱ひげ図を用いた年次推移と共起ネットワークグラフや特定の特徴に関する特許群の明細書と請求項の画像データの解析を行った。結果として、先端半導体用フォトレジスト分野では被引用特許が出願される時期を考慮すると本特許の拒絶理由通知時に本特許の出願後に関連する特許を調査することで、より有効な権

利範囲での権利化を進めることができ、本特許の公開による情報開示のリスクを減らせる可能性を見出した。また、情報開示量の特定のためには、明細書全体ではなく特定の部分の情報開示量の解析が求められると考察した。請求項と明細書の情報が図面に集中していると考察し、請求項を用いたテキストマイニングから情報を読み取られるリスクが軽減されており、レジスト分野の特許情報開示の本質が化学組成の原料を示す図面にあることを見出した。

以上により、本研究の結論を述べる。

本研究で研究範囲として選択した日本が産業的競争優位にある先端半導体用フォトレジスト分野における、特許について

① 自社が利用できる権利範囲と②他社へ有効な情報を与えない範囲

の 2 点を満足させるために特許の明細書や付与情報による情報開示特性（量と質）とは、請求項や明細書の全体ではなく特定の部分に存在しており、化学組成の原料を示す図面にあることを見出した。それを評価する手法となる指標は、先端半導体用フォトレジスト分野で被引用特許が出願されている時期を考慮するとまだ本特許と紐づけられていない状況となる。そのため本特許の拒絶理由通知時に自社出願よりも後に公開された関連する特許を調査することが重要であり、それによって自社が利用できる権利範囲にもっていくことができると結論づける。さらに、図面に情報があることで請求項の記載情報を用いたテキストマイニングから情報を読み取られるリスクが軽減されていると結論づける。

本研究の内容をさらに発展させるためには、特許出願件数と市場の相関で「先端半導体用フォトレジスト」の特許の出願動向と日本も強みを有する半導体製造装置に関連する半導体露光装置の市場推移との関係性を確認したが、さらに「先端半導体用フォトレジスト」の特許と半導体製造装置等の特許から読み取れる技術情報の関係性を紐づける記載となる情報開示特性がないか確認していくことが考えられる。半導体デバイス製造メーカーの課題を達成する手段は材料の改良だけでなく、装置側の改良等があり、企業の営業部門が得る情報と特許から得られる情報を照らし合わせ自社が利用できる権利範囲の確度を高めていくことができると考察する。また、文書分類モデル結果の考察で **KH Coder** の外部変数の利用や抽出する語句が特有の語となるように除き語や抽出語を手動で設定し検討していたが、**Large Language Models (LLM : 大規模言語モデル)**

の利用による明細書中の【発明が解決しようとする課題】や【発明の効果】等の項目を生成 AI で分類に置き換えて外部変数とすることや除き語や複合語を生成 AI に選択させることで情報開示特性がより明確になると考える。さらに、特許明細書の図面の情報量で示したように明細書のページ数と画像サイズが比例していることから、企業による特色として各特許において全ての記載内容が異なっているわけではなく、明細書中の記載内容が同一（もしくはほぼ同一）となっている一定の共通部分が存在している可能性がある。共通情報を取り除き、特許ごとの新規の開示情報部分を解析することで、情報開示特性がより明確になる可能性が考えられるため、共通情報にも表記ゆれや記載に工夫を行うことで他社へ有効な情報を与えない形にする手段を検討するための参考となると考察する。他にも化学組成の原料を示す図面である画像データをテキストデータに変換することができるようになることで自然言語処理などによって、権利の類似範囲の判断ができるようになると考え、自社が利用可能な権利群が形成されているかの判断ができるようになる。また、競合の権利との位置関係で、競合と範囲が重なり競り合っている技術か、独自の技術路線目的で出願されたものかなどの考察が可能である。一方で他社に有効な情報を与えないようにするためには現在使用されているマルクーシュ構造をさらに化学式の部分を置換基とし、種類や位置、頻度、相同性や条件を組み合わせることで情報を複雑にすることや請求項の構成要件部とした箇所にも情報を含めて、情報を読み取りにくくすることが考えられる。これらの課題を解決することでより詳細な特許開示特性を明らかにすることができるとともに、フォトレジスト分野や今回確認のために行った半導体関連の後工程の材料分野以外の技術分野にも適用可能となり、各業界の企業の技術保護に貢献することができ、研究の社会的な有効性が高まっていく。

本研究は当該分野における特許公開と権利取得範囲の均衡に関する新たな視点を与えるものであり、企業の知財戦略における実践的応用にも貢献することができるため、日本の先端半導体材料の競争力確保に向けて、その情報開示特性を明示する有益な成果となる。

謝辞

本論文は、筆者が山口大学大学院創成科学研究科博士後期課程在籍中における研究成果をまとめたものである。多くの方々にご指導を賜ったことをここに深謝の意を表します。

まず、入学当初から指導頂いた現在、日本工業大学大学院技術経営研究科の岡本和也教授（現・山口大学大学院技術経営研究科客員教授・大阪大学招聘教授）には、研究活動を進めるにあたり、考え方をご指導頂き、多くの議論を通じて研究内容の深掘の仕方や研究者としての在り方、取り組む姿勢を学ばせて頂きました。また、学会発表や論文での確かな指摘をしていただき、研究の質を高めていくことができました。ご指導頂いた経験を今後の仕事に活かし、社会に貢献していきたいと存じます。

主指導教員である山口大学大学院創成科学研究科の山口真悟教授からは、途中のコース転換で分野が異なっていたにも関わらず主指導教員を受け入れて頂きました。進捗状況の確認を定期的に実施して頂き、ご助言を頂いたことで、研究をまとめていくことができました。また、博士後期課程の諸手続きについてもご支援いただきました。

副指導教員である山口大学大学院創成科学研究科の鬼村謙二郎教授からは、予備審査および本審査にて、先端半導体用フォトレジストと関係が深い半導体装置との関係性についてのご指摘・ご助言をして頂きました。

審査委員の山口大学大学院創成科学研究科の中村秀明教授からは、予備審査および本審査にて、企業による出願戦略が存在しており、特許の情報開示特性から読み取ることができないかといった考察についてご指摘ご助言を頂きました。

もう一人の審査委員の山口大学大学院創成科学研究科の浅田裕法教授からは、予備審査および本審査にて、BERTを用いたクラスタリングに関しての考察についてご指摘・ご助言をして頂きました。

もう一人の副指導教員である山口大学大学院創成科学研究科の NGUYEN PHUC HUU 准教授からは、予備審査および本審査にて、KH Coder の外部変数の利用や LLM の利用等の可能性についてご指摘・ご助言をして頂きました。

次に大阪大学大学院情報科学研究科情報システム工学専攻の御堂義弘特任准教授には、今回の研究で重要となった特許情報の自然言語処理や解析で多くのフォローをして頂きました。また、研究と学会発表、論文において、自身の考察で足りていない点をご

指摘・ご助言をして頂き、研究の質を高めていくことができました。

また、岡本和也教授のもとで研究活動を行っている芹澤覚子様、武野泰彦様とは研究室の集まりや学会発表等でお会いし、それぞれの進捗状況等について情報交換をさせて頂きました。

最後に、社会人博士課程に進学する機会を与えて頂き、仕事以外の多くの時間を研究に費やすことに理解を示し、サポートしていただいた企業の関係者にも心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 内閣府知的財産戦略推進事務局, “知財・無形資産の投資・活用戦略の開示及びガバナンスに関するガイドライン（略称：知財・無形資産ガバナンスガイドライン） Ver.2.0 の策定,” 2023.3.27. : https://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/tyousakai/tousi_kentokai/governance_guideline_v2.html. [2024.10.14 参照].
- [2] 特許庁, “特許法,” 2022.4. : <https://www.jpo.go.jp/system/laws/rule/kaisetu/kogyoshoyu/document/chikujokaisetsu22/tokkyo.pdf>. [2024.10.14 参照].
- [3] 特許庁, “知的財産権について,” 2020.4.8 : <https://www.jpo.go.jp/system/patent/gaiyo/seidogaiyo/chizai02.html>. [2024.10.14 参照].
- [4] 特許庁, “特許情報提供事業者リスト集,” 2024.1.25 : <https://www.jpo.go.jp/toppage/links/johoteikyou/index.html>. [2024.10.14 参照].
- [5] Japio, “Japio YEAR BOOK 2023 システム／サービス紹介,” 2023. : <https://www.japio.or.jp/00yearbook/intro2023.html>. [2024.10.14 参照].
- [6] 特許庁, “特許情報提供サービスに関する調査報告書について,” 2024.4. : <https://www.jpo.go.jp/resources/report/sonota/service/index.html>. [2024.10.14 参照].
- [7] 公益財団法人未来工学研究所, “令和 4 年度 特許情報提供サービスの現状と今後に関する調査報告書（公表版）,” 2023.3. : https://www.jpo.go.jp/resources/report/sonota/service/document/index/2022hokokusho_2.pdf. [2024.10.14 参照].
- [8] 特許庁, “特許行政年次報告書 2023 年版,” 2024.1.22 : <https://www.jpo.go.jp/resources/report/nenji/2023/document/index/all.pdf>. [2024.10.14 参照].
- [9] 特許庁, “初めてだったらここを読む～特許出願のいろは～,” : <https://www.jpo.go.jp/system/basic/patent/index.html>. [2024.10.14 参

照].

- [10] 特許庁，“願書等様式（通常出願）特許，”：
https://faq.inpit.go.jp/FAQ/industrial/files/01_tokkyo_20090101-1.pdf.
[2024.10.14 参照].
- [11] 特許庁，“第 II 部 明細書及び特許請求の範囲，”：
https://www.jpo.go.jp/system/laws/rule/guideline/patent/handbook_shinsa/document/index/02.pdf. [2024.10.14 参照].
- [12] 特許庁，“明細書の作成実務，”（一社）発明推進協会アジア太平洋工業所有権
セ ン タ ー ， 2013.：
https://www.jpo.go.jp/news/kokusai/developing/training/textbook/document/index/Writing_Patent_Specifications_2013_jp.pdf#:~:text=%E8%A6%81%E7%B4%84%E6%9B%B8%E3%81%AF%E3%80%81%E7%AC%AC%E4%B8%89%E8%80%85,%E6%B3%9536%E6%9D%A17%E9%A0%85%29%E3%80%82. [2024.10.14 参照]..
- [13] 特許庁，“日本国特許庁における進歩性の判断基準について，”：
https://www.jpo.go.jp/resources/shingikai/sangyou-kouzou/shousai/kijun_wg/document/seisakubukai-02-shiryou/04.pdf.
[2024.10.14 参照].
- [14] 特許庁，“3 節．規性・進歩性の審査の進め方，”：
https://www.jpo.go.jp/system/laws/rule/guideline/patent/tukujitu_kijun/document/index/03_0203.pdf. [2024.10.14 参照].
- [15] 中山信弘，小泉直樹 編，“新・注解 特許法〔第 2 版〕，”青林書院，2017.
- [16] 特許庁，“【 6.5.3 】 引用・被引用情報の活用，”：
<https://www.jpo.go.jp/resources/report/sonota/service/document/h28-minkan/03.pdf>. [2024.10.14 参照].
- [17] 飯田 康，“引用情報の活用 日本特許における引用情報の有用性の検証および活用例，” Japio 2007 YEAR BOOK, pp.198-207, 2007.
- [18] 特許庁，“特許分類の概要とそれらを用いた先行技術文献調査，” 2017.：
<https://www.jpo.go.jp/support/general/searchportal/document/index/03.pdf>. [2024.10.14 参照].

- [19] 特許庁, “特許出願非公開制度について,” 2024.2.2.: <https://www.jpo.go.jp/system/patent/shutugan/hikokai/index.html>. [アクセス日: 14 10 2024].
- [20] 特許庁, “特許情報プラットフォームにて, 特許のリーガルステータスを提供し
ま す ,” 2023.8.30. : https://www.jpo.go.jp/support/j_platpat/tokkyo_platform_230830.html.
[2024.10.14 参照].
- [21] 特許庁, “第 5 節 外国での権利取得,” : https://www.jpo.go.jp/news/shinchaku/event/seminer/text/document/2019_syosinsya/1_2_5.pdf. [2024.10.14 参照].
- [22] 特許庁, “ファミリー情報の活用,” : <https://www.jpo.go.jp/resources/report/sonota/service/document/h28-minkan/02.pdf>. [2024.10.14 参照].
- [23] M. Bregonje, “Patents: A unique source for scientific technical information in chemistry related industry?,” *World Patent Information*, Vol.27, No.4, 2005.
- [24] D. Hegde, K. Herkenhoff, and C. Zhu, “Patent Publication and Innovation,” *Journal of Political Economy*, Vol. 131, No. 7, pp.309-315, 2023.
- [25] Iwan von Wartburg, T. Teichert, and K. Rost, “Inventive progress measured by multistage patent citation analysis,” *Research Policy*, Vol.34, pp.1591-1607, 2005.
- [26] Y. Kanechika, K. Okamoto, “Technology and Trend Analysis on High Thermally Conductive Resin-Based Materials for the Future Semiconductor Systems,” *Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging*, Vol.15, pp.E21-015-1-E21-015-016, 2022.
- [27] S. Mariagrazia, H. Dernis, and C. Criscuolo, “Measuring Patent Quality: Indicators of Technological and Economic Value,” *OECD iLibrary*, 2013.
- [28] J. Lerner, “The Importance of Patent Scope: An Empirical Analysis”, *RAND Journal of Economics*, Vol.25, No.2,

pp.319-333, 1994.

- [29] H. Dietmar, F. M Scherer, and K. Vopel, “Citations, family size, opposition and the value of patent rights,” *Research Policy*, Vol.32, No.8, pp.1343-1363, 2003.
- [30] M. Trajtenberg, “A penny for your quotes - patent citations and the value of innovations,” *Rand Journal of Economics*, Vol.21, No.1, pp.172-187, 1990.
- [31] B. H. Hall, A. Jaffe, and M. Trajtenberg, “Market value and patent citations,” *RAND Journal of Economics*, Vol.36, No.1, pp.16-38, 2005.
- [32] M. Acosta, D. Coronado, E. Ferrándiz, and M. Jiménez, “Effects of knowledge spillovers between competitors on patent quality: what patent citations reveal about a global duopoly,” *The Journal of Technology Transfer*, Vol.47, No.5, pp.1451-1487, 2021.
- [33] 後藤晃, 玄場公規, 鈴木潤, 玉田俊平太, “重要特許の判別指標,” *RIETI Discussion PaperSeries*, 06-J-018, 2006.
- [34] 安川聡, “特許・特許間の引用情報に関する研究：日米における審査官前方引用件数の有用性について,” 東京大学博士論文, 2015.
- [35] D. Harhoff, and S. Wagner, “The Duration of Patent Examination at the European Patent Office,” *Management Science*, Vol. 55, No.12, pp.1969-1984, 2009.
- [36] F. Narin, K. S. Hamilton, and D. Olivastro, “The increasing linkage between U.S. technology and public science,” *Research Policy*, Vol.26, No.3, pp317-330, 1997.
- [37] J. Callaert, Bart Van Looy, A. Verbeek, K. Debackere, and B. Thijs, “Traces of Prior Art: An Analysis of Non-Patent References Found in Patent Documents,” *Scientometrics*, Vol.69, pp3-20, 2006.
- [38] X. Tong, and J. D. Frame, “Measuring national technological performance with patent claims data,” *Research Policy*, Vol.23, No.2, pp133-141, 1994.
- [39] A. Pakes, “Patents as Options: Some Estimates of the Value of Holding European Patent Stocks,” *Econometrica*, Vol.54, No.4, pp.755-784, 1986.

- [40] R. Svensson, “Commercialization, renewal, and quality of patents,” *Economics of Innovation and New Technology*, Vol.21, No.2, pp.175-201, 2012.
- [41] LexisNexis, “Patent Asset Index,” : <https://www.lexisnexisip.jp/resources/patent-asset-index/>. [2024.10.14 参照].
- [42] ANAQUA, “AcclaimIP’s Quantitative Patent Score: A Guidepost to Patent Quality,” : <https://www.acclaimip.com/patent-evaluation/patent-scores-and-how-to-use-them-acclaimip/>. [2024.10.14 参照].
- [43] Patent Result, “パテントスコア,” : <https://www.patentresult.co.jp/service/patentscore/>. [2024.10.14 参照].
- [44] G. Abiko, Y. Tanaka, and H. Nakagawa, “A Statistical Investigation of Quantitative Parameter in the Patent Specification to Have an Influence on Usefulness of Patent,” *Transactions of Japan Society of Kansei Engineering*, Vol.8, No.4, pp.1161-1169, 2009.
- [45] G. Abiko, “The Oroposal of Estimating Method of Patent Rate Using Quantitative Parameter in Patent Specification,” *The Journal of Science Policy and Research Management*, Vol.28, No.2, pp.223-234, 2014.
- [46] J. M. Kuhn, N. C. Thompson, “How to Measure and Draw Causal Inferences with Patent Scope,” *International Journal of the Economics of Business*, Vol.26, No.1, pp.5-38, 2019.
- [47] S. Wittfoth, “Measuring technological patent scope by semantic analysis of patent claims – An indicator for valuating patents,” *World Patent Information*, Vol.58, 101906, 2019.
- [48] J. S. Lee, and J. Hsiang, “Patent classification by fine-tuning BERT language model,” *World Patent Information*, Vol.61, 101965, 2020.
- [49] H. C. Lo, and J. M. Chu, “Pre-trained Transformer-based Classification for Automated Patentability Examination,” *2021 IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering*, pp.1-5, 2021.
- [50] 経済産業省, “半導体・デジタル産業戦略検討会議,” :

- https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/semicon_digital.html. [2024.10.14 参照].
- [51] 藤田実, “1990 年代の半導体産業・逆転と再逆転の論理-,” 企業環境研究年報, No.5, pp47-60, 2000.
- [52] 総務省, “情報通信白書令和 5 年版 データ集,” : <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r05/html/datashu.html>. [2024.10.14 参照].
- [53] 経済産業省 商務情報政策局, “半導体・デジタル産業戦略,” 2023.6. : <https://www.meti.go.jp/press/2023/06/20230606003/20230606003-1.pdf>. [2024.10.14 参照].
- [54] 湯之上隆, “半導体製造装置と材料, 日本のシェアはなぜ高い? ～「日本人特有の気質」が生み出す競争力,” 2021.12.14 : <https://eetimes.itmedia.co.jp/ee/articles/2112/14/news034.html>. [2024.10.14 参照].
- [55] semi, “イラストで分かる半導体製造工程,” : https://www.semijapanwfd.org/manufacturing_process.html. [2024.10.14 参照].
- [56] semi jornal, “【図解】半導体製造工程の流れ,” : <https://semi-journal.jp/basics/process/flow.html>. [2024.10.14 参照].
- [57] Wikipedia, “File:Cmos-chip structure in 2000s (en).svg,” : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cmos-chip_structure_in_2000s_\(en\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cmos-chip_structure_in_2000s_(en).svg). [2024.10.14 参照].
- [58] 岡本和也, 佐藤了平, “半導体産業とシステムデザイン・インテグレーションの重要性-先端微細化・3次元化と実装技術の統合化に関する一考察-,” エレクトロニクス実装学会誌, Vol.21, No.6, pp.531-541, 2018.
- [59] 高橋一雄, “国立科学博物館 技術の系統化調査報告 第6集 露光装置技術発展の系統化調査,” 独立行政法人 国立科学博物館, 2006.
- [60] G. E. Moore, “Cramming more components onto integrated circuits,” Proceedings of the IEEE, Vol.86, No.1, pp.82-85, 1965.
- [61] R.H. Dennard, F.H. Gaensslen, Hwa-Nien Yu, V.L. Rideout, E. Bassous,

- and A.R. LeBlanc, "Design of ion-implanted MOSFET's with very small physical dimensions," IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.9, No.5, pp-256-268, 1974.
- [62] 福田昭, "福田昭のデバイス通信 (97) 高性能コンピューティングの相互接続技術 (2) NVIDIA が MOSFET の比例縮小則 (デナード則) を解説," 2017.1.13 : <https://eetimes.itmedia.co.jp/ee/articles/1701/13/news025.html>. [2024.10.14 参照].
- [63] 岡崎信次, "半導体微細パターンニング 限界を超えるポスト光リソグラフィ技術," 株式会社 エヌ・ティー・エス, pp.4-5, 2017.
- [64] 東司, "Si 集積回路の発展を支えるフォトリソグラフィにおける最先端技術," 応用物理, Vol.81, No.5, pp.367-372, 2012.
- [65] 龜山雅臣, "光リソグラフィの技術進化—相変化プロセス一般化の試み—," 一橋大学イノベーション研究センター, 2013.3.29: <https://pubs.iir.hit-u.ac.jp/admin/ja/pdfs/show/1610>. [2024.10.14 参照].
- [66] IEEE, "IRDS™ Roadmap," : <https://irds.ieee.org/editions>. [2024.10.14 参照].
- [67] 征矢野晃雅, "フォトレジスト材料における高分子材料技術," 日本ゴム協会誌, Vol.85, No.2, pp.33-39, 2012.
- [68] 岡崎信次, 鈴木章義, 上野巧著, "現場の即戦力 はじめての半導体リソグラフィ技術," 株式会社 技術評論社, pp.217-220, 2012.
- [69] 鴨志田洋一, 上田充監修, "フォトレジスト材料開発の新展開 第 4 章," シーエムシー出版, 2004.
- [70] H. Ito, C. G. Wilson, and J. H. J. Frechet, "New UV Resists with Negative or Positive Tone," Digest of Technical Papers - Symposium on VLSI Technology, pp.86-87, 1982.
- [71] 上野巧, 上田充監修, "フォトレジスト材料開発の新展開 第 5 章," シーエムシー出版, 2004.
- [72] 岩佐繁之, 長谷川悦雄, 上田充監修, "フォトレジスト材料開発 の新展開, 第 6 章," シーエムシー出版, 2004.

- [73] S. Funato, N. Kawasaki, Y. Kinoshita, S. Masuda, H. Okazaki, M. Padmanaban, T. Yamamoto, and G. Pawlowski, "Application of photodecomposable base concept to two-component deep-UV chemically amplified resists," Proc. SPIE 2724, Advances in Resist Technology and Processing XIII, pp. 186-195, 1996.
- [74] P. Zimmerman, "Double patterning lithography: double the trouble or double the fun?," 2009.7.20. : https://www.spie.org/news/1691-double-patterning-lithography-double-the-trouble-or-double-the-fun#=_. [2024.10.14 参照].
- [75] T. Kozawa, S. Tagawa, H. Oizumi , and I. Nishiyama, "Acid generation efficiency in a model system of chemically amplified extreme ultraviolet resist," Journal of Vacuum Science & Technology B, Vol.24, No.6, pp.L27-L30, 2006.
- [76] J. J. Biafore, M. D. Smith, C. A. Mack, J. W. Thackeray, R. Gronheid, S. A. Robertson, T. Graves, and D. Blankenship, "Statistical simulation of photoresists at EUV and ArF," Proc. SPIE 7273, Advances in Resist Materials and Processing Technology XXVI, 727343, pp. 1207-1216, 2009.
- [77] Y. Ogata, G. Masson, Y. Hishiro, and J. M. Blackwell, "Scissionable polymer resists for extreme ultraviolet lithography," Proceedings Volume 7636, Extreme Ultraviolet (EUV) Lithography; 763634, pp. 938-951, 2010.
- [78] J. Deng, S. Bailey, and C. K. Ober, "Scissionable polymer photoresist for EUV lithography," Proceedings Volume 12055, Advances in Patterning Materials and Processes XXXIX; 120550H, pp. 132-138, 2022.
- [79] A. D. Silva, N. Felix, J. Sha, J. K. Lee, and C. K. Ober, "Molecular glass resists for next generation lithography," Proceedings Volume 6923, Advances in Resist Materials and Processing Technology XXV; 69231L, pp. 509-522, 2008.
- [80] C. T. Lee, M. Wang, N. D. Jarnagin, K. E. Gonsalves, J. M. Roberts, W. Yueh, and C. L. Henderson, "Photosensitivity and line-edge roughness of novel polymer-bound PAG photoresists," Proceedings Volume 6519,

- Advances in Resist Materials and Processing Technology XXIV; 65191E, pp. 483-491, 2007.
- [81] D. L. Goldfarb, O. Wang, C. R. Thomas, H. Polgrean, M. C. Lawson, A. E. Hess, and A. D. Silva, “EUV chemically amplified resist component distribution and efficiency for stochastic defect control,” Proceedings Volume 11326, Advances in Patterning Materials and Processes XXXVII; 1132609, pp. 17-31, 2020.
 - [82] H. Furutani, M. Shirakawa, W. Nihashi, K. Sakita, H. Oka, M. Fujita, T. Omatsu, T. Tsuchihashi, N. Fujimaki, and T. Fujimori, “Novel EUV resist materials for 7 nm node and beyond,” Journal of Photopolymer Science and Technology, Vol.31, No.2, pp.201-207, 2018.
 - [83] Y. Ekinici, M. Vockenhuber, M. Hojeij, L. Wang, and N. Mojarad, “Evaluation of EUV resist performance with interference lithography towards 11 nm half-pitch and beyond,” Proceedings Volume 8679, Extreme Ultraviolet (EUV) Lithography IV; 867910, pp. 246-256, 2013.
 - [84] J. Passarelli, M. Murphy, R. D. Re, M. M. Sortland, J. Hotalen, L. Dousharm, R. Fallica, Y. Ekinici, M. Neisser, D. A. Freedman, and R. L. Brainard, “Organometallic carboxylate resists for extreme ultraviolet with high sensitivity,” Journal of Micro/Nanolithography, MEMS, and MOEMS, Vol. 14, No. 4, 043503, 2015.
 - [85] H. S. Suh, D. D. Simone, C. Beral, M. Gupta, N. Vandenbroeck, A. D. Silva, A. Haider, C. C. Huang, M. Brouri, F. Gullo, S. Jambaldinni, B. Kam, H. Zaid, E. Verveniots, S. Tan, and T. Weidma, “Dry resist patterning readiness towards high-NA EUV lithography,” Proceedings Volume 12498, Advances in Patterning Materials and Processes XL; 1249803, pp. 1249803, 2023.
 - [86] 信越化学工業株式会社, “有価証券報告書,” : https://www.shinetsu.co.jp/wp-content/uploads/2023/08/yuho_147.pdf. [2024.10.14 参照].
 - [87] 東京応化工業株式会社, “有価証券報告書,” : https://www.tok.co.jp/application/files/7817/1195/2189/securities_2312.pdf

- f. [2024.10.14 参照].
- [88] JSR 株式会社, “有価証券報告書,” 2023.6.19. : https://ssl4.eir-parts.net/doc/4185/yuho_pdf/S100QYM7/00.pdf. [2024.10.14 参照].
- [89] 住友化学株式会社, “有価証券報告書,” : https://www.sumitomo-chem.co.jp/ir/library/security_report/files/docs/23_4q.pdf. [2024.10.14 参照].
- [90] 富士フイルムホールディングス株式会社, “有価証券報告書,” 2024.6.28. : <https://data.swcms.net/file/ir-fujifilm/dam/jcr:f5295285-a766-433d-9dfe-3cab76c29727/S100TWKF.pdf>. [2024.10.14 参照].
- [91] 東京応化工業株式会社, “統合レポート 2022,” : https://www.tok.co.jp/application/files/5916/9925/2245/Integrated_report_2022_all_a3.pdf. [2024.10.14 参照].
- [92] 日本経済新聞, “研究開発投資, 規模より質 製薬が映す課題 ニッポンの革新力,” 2018.2.26 掲載.
- [93] U.S. Department of Justice, “2.1. Guideline 1: Mergers Raise a Presumption of Illegality When They Significantly Increase Concentration in a Highly Concentrated Market,” : <https://www.justice.gov/atr/merger-guidelines/applying-merger-guidelines/guideline-1>. [2024.10.14 参照].
- [94] 東京マーケティング本部ケミカル&マテリアルグループ 調査・編集, “光機能材料・製品市場の全貌シリーズ レジスト&リソグラフィ関連市場の全貌 2011,” 富士経済, 2011.
- [95] 研究開発本部第一研究開発部門 調査・編集, “先端/注目半導体関連市場の現状と将来展望 2017,” 富士キメラ総研, 2016.
- [96] ケミカルソリューションビジネスユニット 調査・編集, “2021 年 光機能材料・製品市場の全貌,” 株式会社富士経済, 2021.
- [97] 富士キメラ総研, “2024 先端／注目半導体関連市場の現状と将来展望 市場編,” 富士キメラ総研, 2024.
- [98] 日本経済新聞, “JSR, 1 兆円 TOB 成立 半導体材料業界 再編主役めざす,” 2024.4.18 掲載.

- [99] 六車正道, “情報検索におけるノイズの役割り,” Japio YEAR BOOK 2018 寄稿集, pp.186-193, 2018.
- [100] 間瀬久雄, “特許を対象とした概念検索の技術課題,” Japio YEAR BOOK 2010 寄稿集, pp.200-207, 2010.
- [101] 知的財産情報検索委員会 第2小委員会, “分類とキーワード検索に関する研究・主として研究開発者が特許調査を行う際の指針・解説-,” 知財管理, Vol.57, No.12, pp.1961-1974, 2007.
- [102] 成松大志, “特許検索における実務上の留意点,” 知財管理, Vol.71, No.6, pp.859-865, 2021.
- [103] 東京エレクトロン株式会社, “コーポレートアップデート,” 2024.9.17. : https://www.tel.co.jp/ir/library/corporate-update/hq95qj0000000734-att/IR-STD-2024.09.17J_rev01.pdf. [2024.10.14 参照].
- [104] 武野泰彦, 岡本和也, “Porter’s Diamond Model(PDM)による先端半導体・CMP 産業の日本の競争優位性,” 日本経営システム学会誌, Vol.40, No.3, pp.269-277, 2024.
- [105] 近江崇宏, 金田健太郎, “BERT による自然言語処理入門 —Transformers を使った実践プログラミング—,” スtockマーク株式会社, 2021.
- [106] J. Devlin, M. W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, “BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding,” arXiv preprint arXiv:1810.04805, 2018.
- [107] 東北大学, “tohoku-nlp/bert-base-japanese-whole-word-masking,” : <https://huggingface.co/tohoku-nlp/bert-base-japanese-whole-word-masking>. [2024.10.14 参照].
- [108] H. Shim, S. Luca, D. Lowet, and B. Vanrumste, “Data augmentation and semi-supervised learning for deep neural networks-based text classifier,” In Proceedings of the the 35th Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC '20), pp.1119-1126, 2020.
- [109] 地方独立行政法人大阪産業技術研究所, “データ解析入門 7<k-means 法>,” 2022.6.1. : <https://orist.jp/content/files/technicalsheet/22-11.pdf>. [2024.10.14 参照].

- [110] 岡本和也, 福代和宏, “MOT 研究開発マネジメント入門,” 朝倉書店, 2020.
- [111] E. A Markush, “Pyrazolone dyes and process for making the same”. US 特許番号: US1506316, 1924.
- [112] P. Geyer, “Markush structure searching by information professionals in the chemical industry – Our views and expectations,” World Patent Information, Vol. 35, No. 3, pp.178-182, 2013.
- [113] A. C. Marco, J. D. Sarnoff, and C. A. W. deGrazia, “Patent claims and patent scope,” Research Policy, Vol.48, No.9, 103790, 2019.
- [114] E. Shiobara, T. Takahashi, N. Sugie, Y. Kikuchi, I. Takagi, K. Katayama, H. Tanaka, S. Inoue, T. Watanabe, T. Harada, and H. Kinoshita, “Contribution of EUV resist components to the non-cleanable contaminations,” Proc. SPIE 9048, Extreme Ultraviolet Lithography V, 904819, pp. 304-314, 2014.

研究業績

【本論文に関する公表論文（査読付）】

1. 綿引 康介, 御堂 義博, 岡本 和也, “先端半導体材料における収益性と特許情報の開示特性”, 日本経営システム学会誌, Vol.40, No.3, pp.227-234, 2024
2. 綿引 康介, 御堂 義博, 岡本 和也, “先端半導体材料における出願特許の例証考察”, 日本経営システム学会誌, Vol.41, No.2, pp.59-68, 2024

【本論文に関する国際会議報告（査読付）】

1. Kosuke Watahiki, Yoshihiro Midoh, Kazuya Okamoto, “Technology Trends and Characteristics of Patent Information Disclosure in Advanced Semiconductor Photoresist”, 2022 International Symposium on Semiconductor Manufacturing, 2022 (IEEE Xplore 掲載)
2. Kosuke Watahiki, Yoshihiro Midoh, Kazuya Okamoto, “Materials Technology Correlation Between Front-end and Back-end Processes in Advanced Semiconductor Industry”, 2023 International Conference on Electronics Packaging (ICEP), 2023 (IEEE Xplore 掲載)

【本論文に関する国内学会発表・報告】

1. 綿引 康介, 御堂 義博, 岡本 和也, “先端半導体材料・SDGsにおける特許情報開示に関する一考察”, 日本経営システム学会 第 68 回 (2022 年春季) 全国研究発表大会, 2022
2. 綿引 康介, 御堂 義博, 岡本 和也, “先端半導体材料における情報開示特性と収益性”, 日本経営システム学会 第 69 回 (2022 年秋季) 全国研究発表大会, 2022 (学生研究発表優秀賞)
3. 綿引 康介, 御堂 義博, 岡本 和也, “先端半導体材料における特許請求項の内容変動に関する一考察”, 日本経営システム学会 第 71 回 (2023 年秋季) 全国研究発表大会, 2023
4. 綿引 康介, 御堂 義博, 岡本 和也, “知的財産情報からの先端フォトレジストの技術遷移特性”, 第 85 回 応用物理学会秋季学術講演会, 2024