

フォトマスクに関する特許出願技術動向調査報告

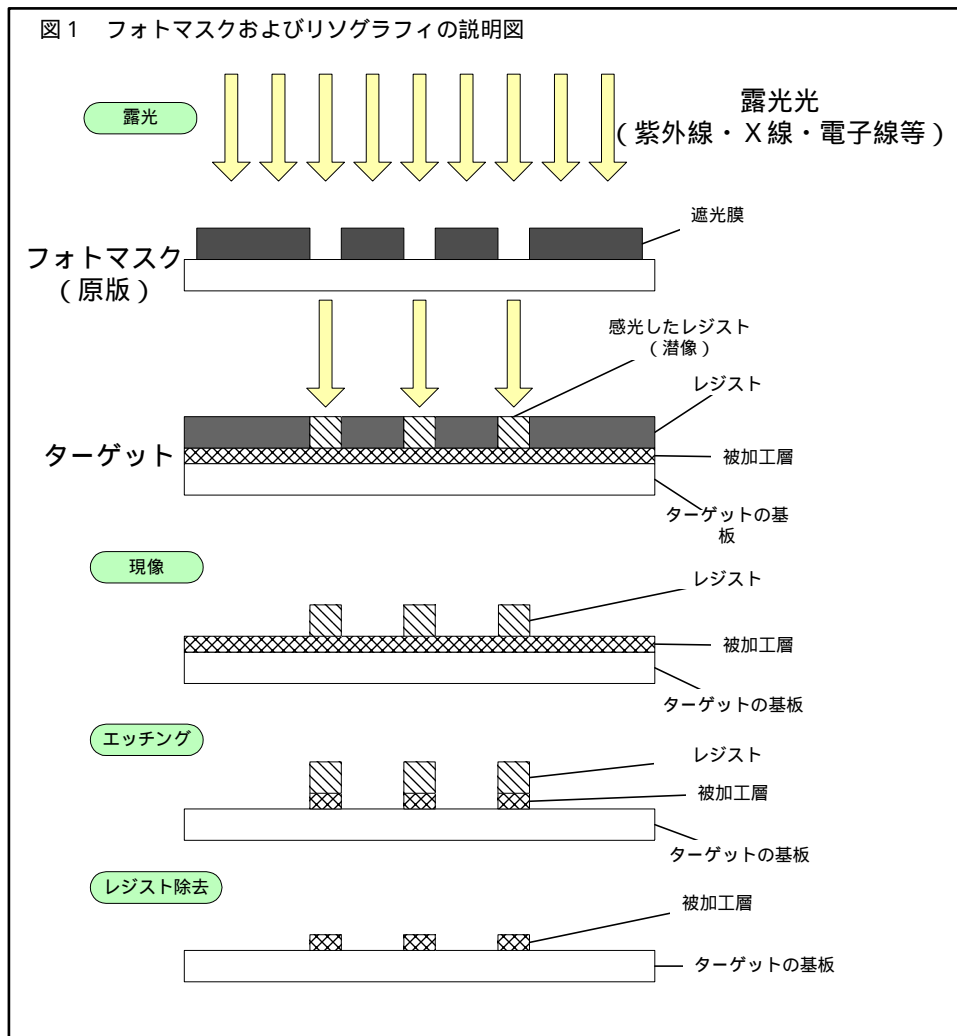
平成15年5月8日
特許庁総務部技術調査課

第1部 はじめに

1. フォトマスクとは

フォトマスク (Photomask) とは、平板上に形成されているパターンを、別の平板に転写するための原版 (マスター) である。この際にフォトリソグラフィ (Photolithography) 技術が用いられるが、その基本的なプロセスは次のようになる。

- 1) ターゲットの平板上に形成された感光体 (フォトレジストまたは単にレジスト) に、フォトマスク (原版) を透過させて露光する。
- 2) 感光したターゲット上のレジストを現像し、感光した (あるいはしなかった) 部分のレジストを除去する。
- 3) ターゲットの平板をエッチングする。この時ターゲット上に残ったレジスト部分の下はエッチングされずに残る。
- 4) レジストを除去する。



このフォトマスクならびにフォトリソグラフィ技術は一度のプロセスで大量に転写することができるという特徴と、微細な転写が可能であるという特徴を備えている。この特徴を活かし、これまで電子部品の製造などにおいて利用され、我が国の産業にとって大変寄与してきた。

また、フォトマスクの用途としても最先端技術が必要な半導体を始めとし、LCD などのフラットディスプレイやプリント配線板など多岐にわたっており、いずれもフォトマスクなしでは製造することができない。

日本の基幹産業の一つである半導体産業を影で支えているのがフォトマスクであると言える。

2．フォトマスクに用いられる様々な技術

フォトマスクの技術は、常に半導体産業の発展と密接に関連している。なぜなら半導体産業において使用されるフォトマスクこそが、その時代の最先端の精度を要求されるからであり、半導体メーカーやマスクメーカーが積極的にフォトマスクの技術を研究開発してきたからである。

半導体メーカーがフォトマスクを使用して製造するものは主にLSI やDRAMなどの半導体チップであるが、これらを製造する上で重要なのは歩留まりと高集積度である。この2つの要求を満たすべく、フォトマスクは欠陥がないことと、より微細なパターンを転写できる性能を持っていることが重要となる。

このため、フォトマスクを製造するにあたっては、

- 1．設計技術
- 2．製造加工・製造プロセス技術
- 3．構造・レイアウト技術
- 4．検査・修正技術
- 5．素材・材料技術

が重要となってくる。

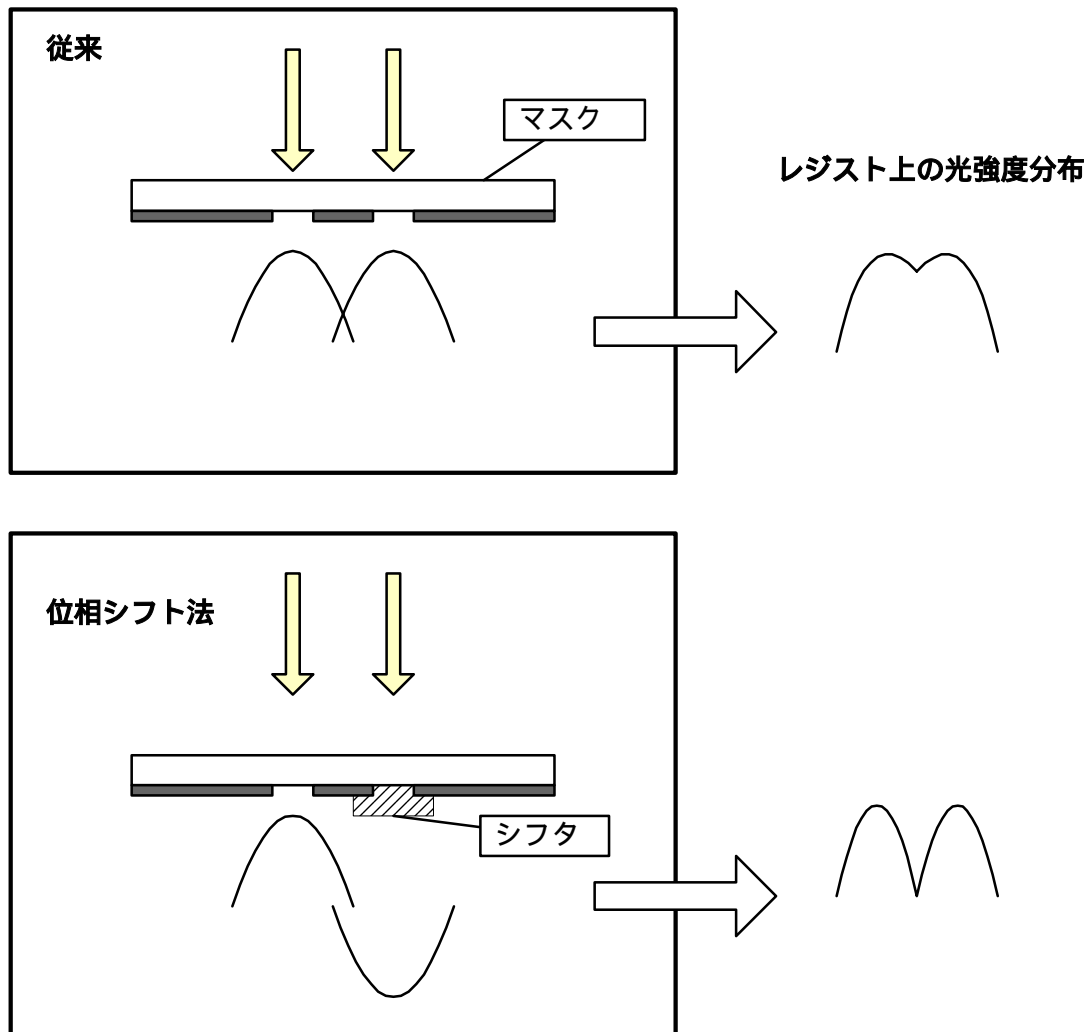
さらには、上記の基本技術に加えてより微細なパターンを形成するためのブレイクスルー技術として研究開発されてきた様々な技術がある。その様な技術の代表例として位相シフト法、OPC、EUVリソグラフィを紹介する。

位相シフト法

二つのスリットを近接させていくと、二つのスリットを通過した光が二つに分解できなくなる（下図参照）。そこで、二つのスリットを通過した光の間に 180° の位相差を与え、二つのスリットを通過した光の干渉を利用して解像させる方法が開発された。

これを位相シフト法と称し、 180° の位相差を与える方式として、種々の方式が開発されている。

図2 位相シフト法の概念図



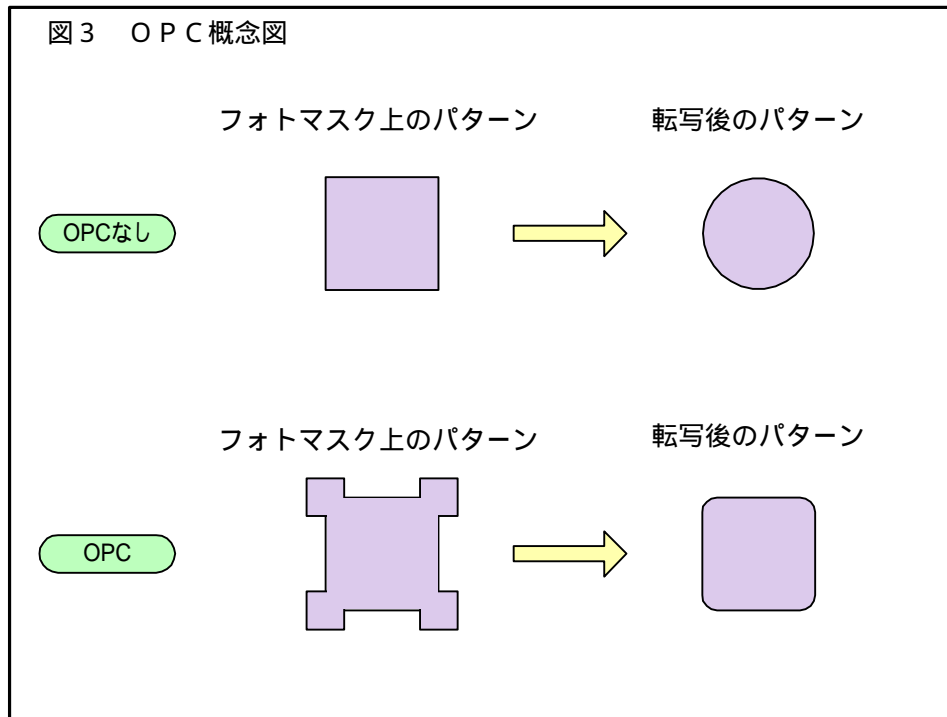
[代表的な特許 - 位相シフトマスク]

公開番号(日本)	登録番号(日本)	米国公報番号	EP公報番号	優先日	タイトル	出願人
特開昭52-133756				1976/04/30	振幅組織の位相マスク製造法	カール ツァイス
特開昭57-062052	登録1441789			1980/09/30	透過照明用被投影原版	ニコン
特開昭58-173744			EP0090924	1982/04/05	マスク	IBM Corp.
特開昭62-067514	登録2128166			1985/09/20	ホトマスク	日立製作所
特開平01-147458	登録2564337			1987/12/04	マスク及びパターン転写方法並びに半導体集積回路の製造方法	日立製作所
特開平02-140743	登録2710967	US5045417		1988/11/22	集積回路装置の製造方法	日立製作所
特開平03-141354	登録2864570	US5593799	EP0424963	1989/10/27	露光マスク及び露光方法	ソニー
特開平04-136854	登録3105234			1990/09/28	半導体装置の製造方法	日立製作所

OPC

近年は転写パターンの微細化が進み、露光光源の波長以下（例えば 200nm 以下）の加工を要求されている。このようなミクロの世界になると光の回折により、転写パターンが変形するため、これに対応するための技術が必要となる。そこで OPC（Optical Proximity Correction：光近接効果補正）と呼ばれる技術が研究開発されてきている。

露光後の転写パターンが意図したパターンどおりになるように、あらかじめフォトマスク側のパターンに補正を加えておく技術で、以下に基本的な概念を示す。



転写後のパターンを得るためのマスクパターンの形状はソフトウェアによる計算で求めることができる。なぜなら光の回折効果を計算することで理想的なマスクパターンを決定することができるからである。そのため OPC 技術分野においては計算のためのアルゴリズムや設計を簡潔にするための計算方法などソフトウェア的設計技術が多い。

1993 年ごろより研究開発が活発になったようである。

[代表的な特許 - OPCマスク]

公開番号(日本)	登録番号(日本)	米国公報番号	EP公報番号	優先日	タイトル	出願人
特開昭58-200238				1982/05/19	フォトマスク	東芝
特開昭62-200727	登録2027141			1986/02/28	マスクパターンの形成方法	富士通
特開平02-039152	登録2892014			1988/07/29	光露光用マスク	ソニー
特開平03-210560	登録2881892			1990/01/16	投影露光用マスク	富士通
		US4895780		1987/05/13	サブミクロンフォトリソグラフィにおける近接効果補正のための偏差調整方法およびマスク	GENERAL ELECTRIC CO

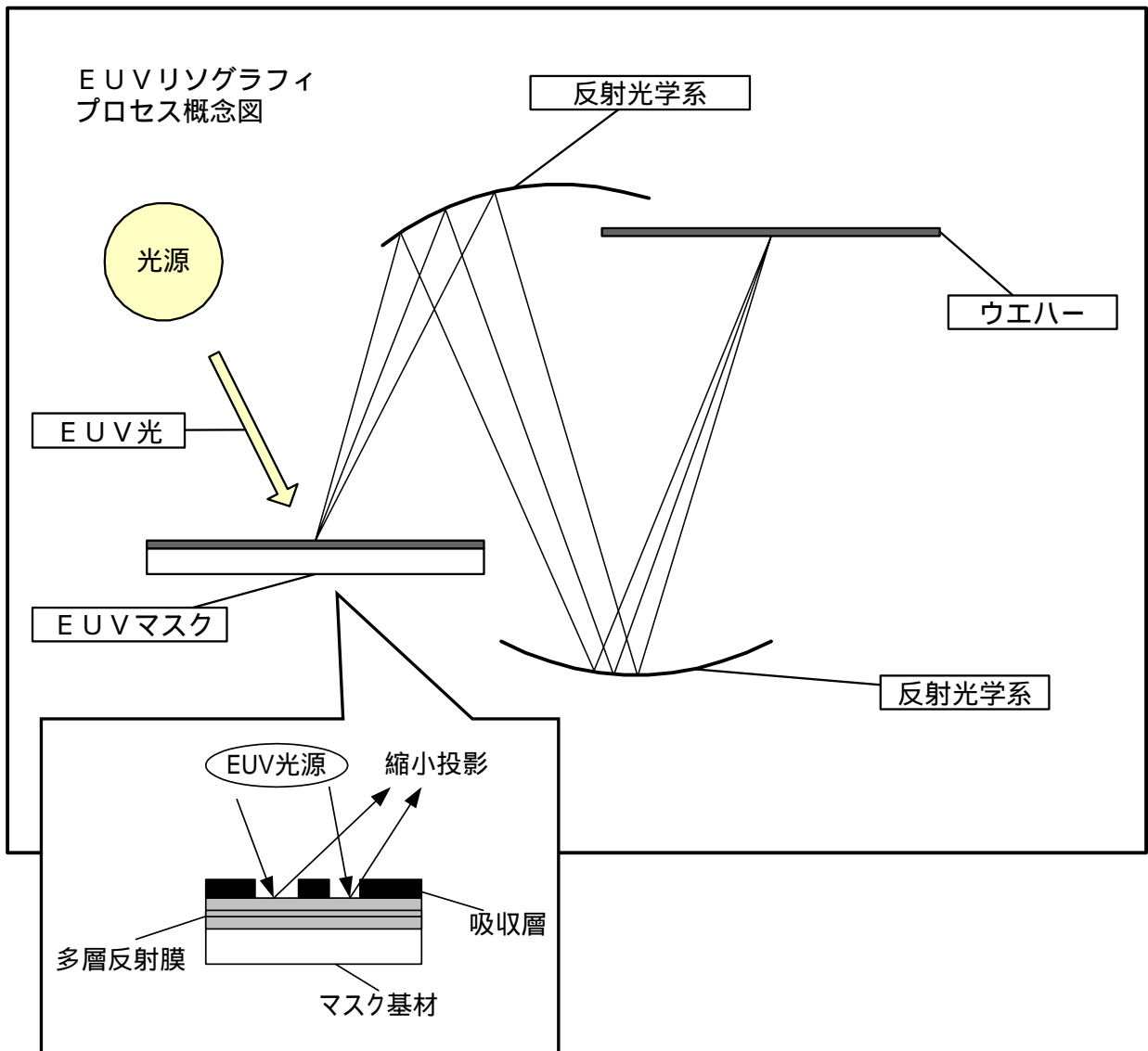
EUVリソグラフィ

パターン露光においては、使用する光の波長が短いほど解像力は高くなるが、波長が短くなるとレンズなどの光学部材での吸収率が高くなり屈折光学系では縮小投影ができなくなるという問題がある。

そこでX線リソグラフィの研究課程で発明された、X線を良好に反射する多層膜反射光学系をベースにして、現在では、波長が13nm程度の軟X線(以下EUV(Extreme Ultra Violet、極紫外線)に統一)の反射光学系による縮小投影露光(EUVリソグラフィ)の研究開発が盛んに行われており、このEUVリソグラフィは次世代以降のリソグラフィ技術として注目されている。

次世代リソグラフィ技術の有力候補の一つである電子ビーム露光と違い、EUVリソグラフィプロセスはマスク上に存在するパターン情報(二次元情報)を一度に転写できるという量産性が高く評価されている。その反面、安定した高出力光源の開発、高耐性マスクの開発など、克服すべき技術課題も多い。

図4 EUVリソグラフィの概念図



[代表的な特許 - E U Vマスク]

公開番号(日本)	登録番号(日本)	米国公報番号	EP公報番号	優先日	タイトル	出願人
特開昭63-201656	登録2140060			1987/02/18	多層膜反射型マスク	キヤノン
特開昭63-237523	登録1939431			1987/03/26	X線マスクおよびその製造方法	日本電信電話
特開平01-175734				1987/12/29	反射型マスク及びその製造方法	キヤノン
特開平01-175735				1987/12/29	反射型マスク及びその製造方法	キヤノン
特開平01-175736	登録2545905			1987/12/29	反射型マスクならびにこれを用いた露光方法	キヤノン
特開平01-187818	登録2615741			1988/01/22	反射型マスクならびにこれを用いた露光装置と露光方法	キヤノン
特開平04-118914	登録3153230	US5328784		1990/09/10	パターン形成方法	日立製作所
特開平06-177016	登録3219502	US5503950	EP0600708	1992/12/01	反射型マスクとその製造方法、並びに露光装置と半導体デバイス製造方法	キヤノン
特開2001-057328		US6333961		1999/08/18	反射マスク、露光装置および集積回路の製造方法	ニコン
特開2001-110705	登録3222118			1999/10/07	マスクパターン形成方法	日立製作所; 富士通
特開2002-072448				2000/08/30	反射型マスク検査装置および反射型マスク検査方法	富士通
特開2002-122981		US2002045108		2000/10/13	反射型フォトマスク	三星電子; 日立製作所; 富士通
特表2002-504715		US6011646	EP1057077	1998/02/20	多層フィルムの応力により生じる光学素子の変形を調節する方法	UNVIERSITY OF CALIFORNIA
特表2002-523893		US6316150	EP1116072	1998/08/24	低熱歪超紫外線リソグラフィーレチクル	EUV LLC

第2部 三極および韓国・台湾の特許動向から見た技術競争力

当該テーマである「フォトマスク」について、日米欧三極国籍企業および韓国・台湾国籍企業の特許出願動向についてあらかじめ設定した技術区分による詳細な調査・分析を行い、全体動向分析、出願人別動向分析および技術区分別動向分析を通じて技術競争力についての分析を行った。

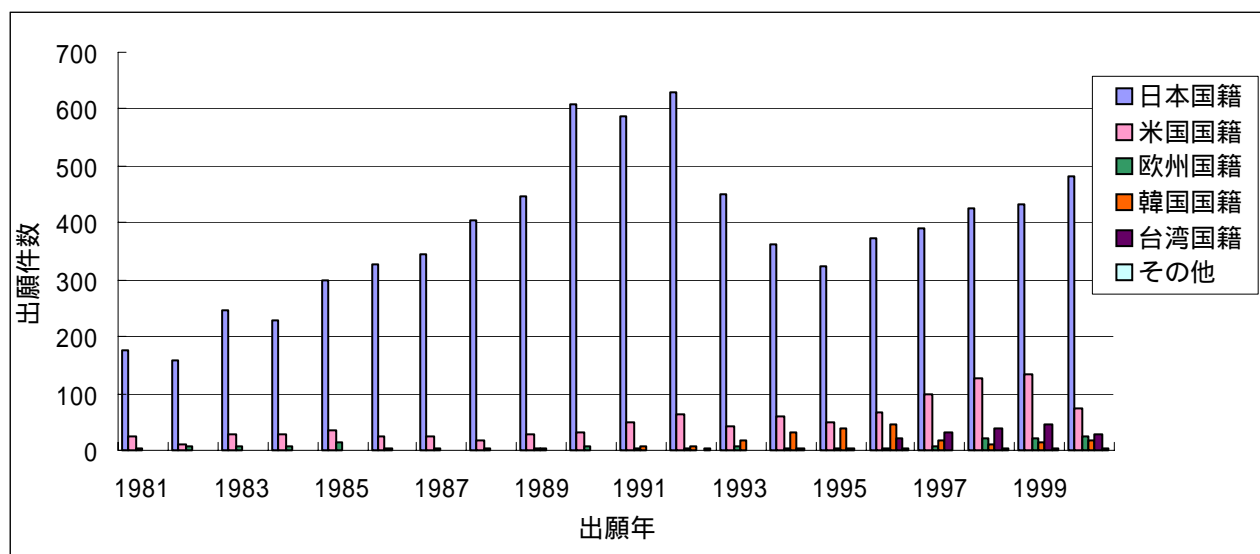
第1章 全体動向分析

1) 出願人国籍別特許出願件数（基出願のみ）の年次推移

特許は誰でも、どの国・地域にも出願することができる。したがって、ある国の特許の件数の多い少ないを以ってその国の（そのテーマにおける）技術開発力を推測することは困難である。

ここでは主要国・地域間の技術開発力を比較分析することを目的としており、その方法は純然たる発明の件数を特許出願人の属する国籍によってカウントし比較しようとするものである。そのために、パテントファミリー¹を排除して基出願（prior art）をカウントすることで出願人国籍別特許出願件数を算出し、分析した。

第5図 出願人国籍別特許出願件数（基出願のみ）の年次推移（出願ベース）



¹ある発明を自国に特許出願した場合、出願から1年以内であれば優先権主張をすることで他国にも自国と同じ出願日扱いでの出願が可能となる。この場合の他国への出願特許およびオリジナルの出願特許（prior art）をまとめてパテントファミリーと呼ぶ。

一般的に優先権主張を利用して複数国へ特許を出願することが多いが、これは元々一つの発明であっても出願先の国数だけ見かけ上の件数が増えることを意味する。ここでは発明の数を技術開発力とみなして比較分析を行うので、発明数でカウントする必要があり、パテントファミリーを排除し元出願（=基の発明）だけでカウントし、比較分析を行った。

第5図が出願ベースで見た出願人国籍別特許の出願件数の年次推移である。特許制度の違いにより米国の件数は低くなりがちであるが、日本国籍出願人による出願件数が非常に多いと言える。特に 1995 年頃までは圧倒的に日本国籍出願人による出願（発明）が多いと言えよう。

最近の動向として注目されるのは、米国の出願件数の増加傾向である。1996 年以降増加傾向でありフォトマスクの研究開発を活発化させていることを示していると思われる。

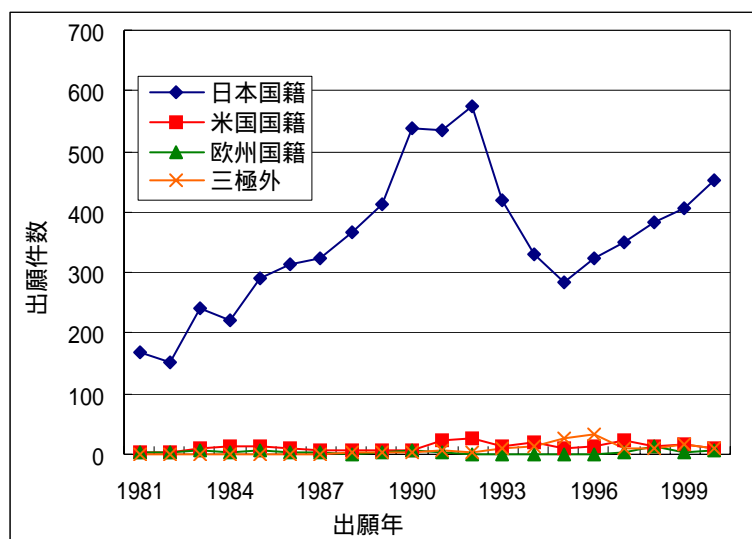
また韓国・台湾についても近年出願が顕著な増加傾向であるという特徴的な動向を示していた。

大局的には日本国籍出願人が圧倒的に多数の特許出願をしており、技術的優位性を持っていると推測される。また、米国国籍出願人も近年追い上げてきているようである。さらに、韓国および台湾国籍出願人も 1993 年以降特許出願を開始している。ただし、欧州国籍出願人の特許出願は非常に少ないまま推移している。

2) 日本国特許庁における出願人国籍別出願件数推移

当該テーマにおける日本国特許庁（以下 JP0）への出願人国籍別出願件数推移を表したのが下図である。

第6図 JP0 における出願人国籍別出願件数推移



注1) 公報数は公開ベースでカウントした

注2) 2001 年以降を含むデータは参考として資料編に掲載した

1981 年から 2000 年までのデータより、圧倒的に日本国籍の出願人からの出願が多いことが分かった。

日本国籍出願の推移については、1981 年より右肩上がりの増加の一途を辿り一つのピークを形成していることが特徴である。そのピークは 1989 年から 1993 年にかけてであり、その後 1994 年、1995 年と年間 300 件程度に減少したが、再び 1996 年より増加傾向となっている。この動向については、次のように分析した。

[1989 年～1993 年にかけてのピーク]

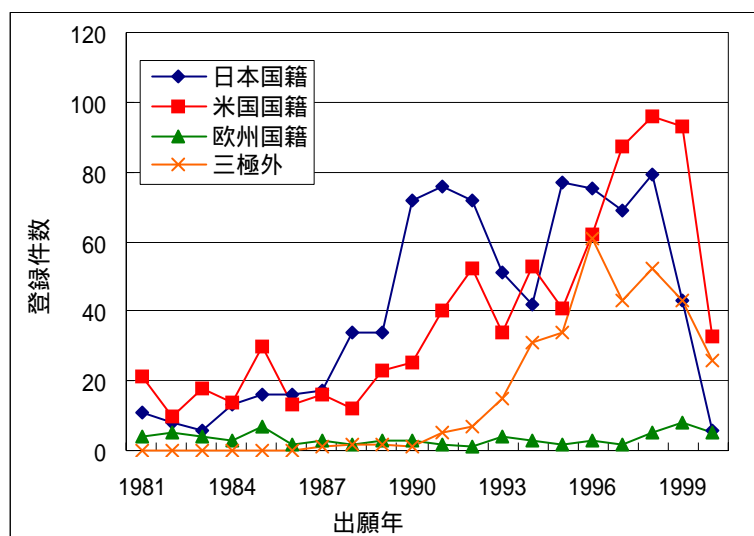
1980 年頃から 1990 年頃までは露光装置並びに露光プロセス技術の向上により、いわゆる 7years バケーションといわれる時期であり、人的にも資金的にも半導体メーカーに余裕のあった時期であった。そうした時期に当時究極の次世代技術と位置づけられていた X 線リソグラフィ/メンブレンマスクおよびフォトリソグラフィの延命として脚光を浴びた位相シフトマスクが研究開発テーマとして取り上げられたため、各社がこぞって研究開発を行い、その結果としてこれらのマスクに関する特許出願が活発に行われたためである。

[1996年以降の出願件数の増加]

微細化が進むにつれてOPC技術が注目されるようになった。このためマスクパターンの設計技術・OPC技術に関する研究開発が活発化し、特許出願件数の増加の一因となった。加えて次世代のリソグラフィ技術として電子線露光プロセスも注目され、ステンスルマスクの研究開発並びに特許出願が活発化した。これらの要因により、1996年以降出願件数が増加傾向となっている。

3) 米国特許商標庁における出願人国籍別出願件数推移

第7図 米国特許商標庁における出願人国籍別出願件数推移



注) 件数は登録ベースでカウントした

一方、米国特許商標庁（以下USPTO）における出願人国籍別出願件数推移を見ると、自国である米国籍出願人にほぼ匹敵する件数を日本国籍出願人が出願していたことが分かった。

左図がUSPTOにおける出願人国籍別出願件数推移であるが、むしろ1987年から1996年にかけては（1994年を除き）日本国籍出願人による出願件数の方が多いという結果であった。

米国籍出願人による出願動向に注目してみると、1996年以降に際だった増加が見られた。

2000年に落ち込んでいるように見えるが、まだ審査中の出願が存在すると思われるので件数は上方修正されるであろう。審査期間を勘案すると1999年でピークを迎えたとは言えない。

欧州国籍出願人¹のUSPTO出願は少なく一貫して低水準のまま推移している。ただし、1998年より増加傾向であると見受けられる。

¹ 欧州国籍出願人として、以下の国籍の出願人を対象とした。

(BE)ベルギー (DE)ドイツ (FR)フランス (GB)英国 (LU)ルクセンブルク (NL)オランダ (CH)スイス (SE)スウェーデン (DK)デンマーク (IT)イタリア (MC)モナコ (AT)オーストリア (LI)リヒテンシュタイン (GR)ギリシャ (ES)スペイン (PT)ポルトガル (IE)アイルランド (FI)フィンランド

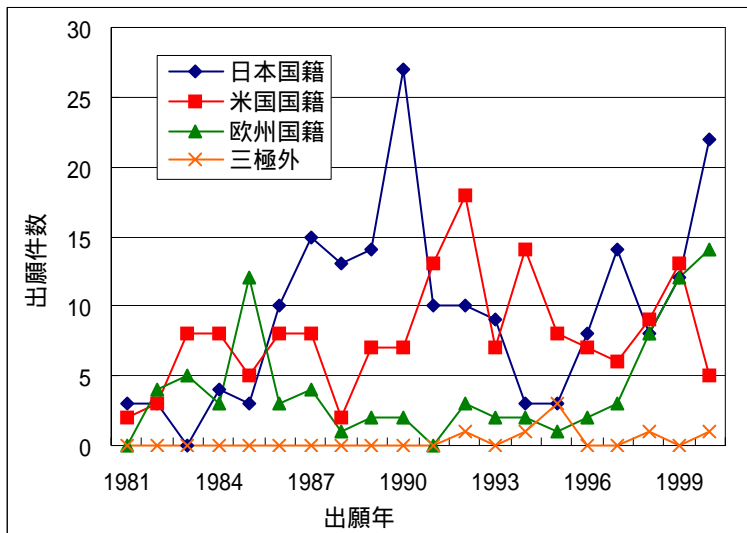
注目動向 - 三極外国籍出願人による出願動向

ここで USPTO における非常に特徴的な動向として、三極外国籍出願人からの出願動向が見出された。上図のとおり、1993 年頃より顕著な増加傾向であり、1996 年より高水準を維持して推移している。

前述の JPO 出願における分析では、件数が皆無でないもののはっきりと動向として見えるほどの件数ではなかった。また、後述する欧州特許庁（以下 EPO）における出願動向においても、三極外国籍出願人は EPO 出願を実はあまりしていないことが分かっている。したがって、三極外国籍出願人は、USPTO に集中的に出願しているという実態が明らかになった。そこで三極外国籍出願人の全体動向分析についても実施した。この分析結果については 11 頁以降に記載した。

4) EPO における出願人国籍別出願件数推移

第 8 図 EPO における出願人国籍別出願件数推移



注) 公報数は公開ベースでカウントした

左は EPO における出願人国籍別のグラフであるが、日米特許と比較して、まず件数の総数が少ないということが第一の特徴として挙げられる。

ここで、自身の地域である欧州国籍出願人の動向について見ていきたい。

先に述べた USPTO における出願人国籍別出願動向でも、欧州国籍出願人による USPTO 出願件数は少なかった。更に左図においても 2000 年を除いては欧州国籍出願人の自国・欧州への出

願件数は、日本・米国国籍出願人からの欧州特許出願件数より少ない。したがって、フォトマスクに関する研究開発活動は欧州においてはあまり活発ではないと言えるかもしれない。また、総数自体が少ないことから他国（他地域）から見ても欧州が特許上重要視されていない可能性もある。

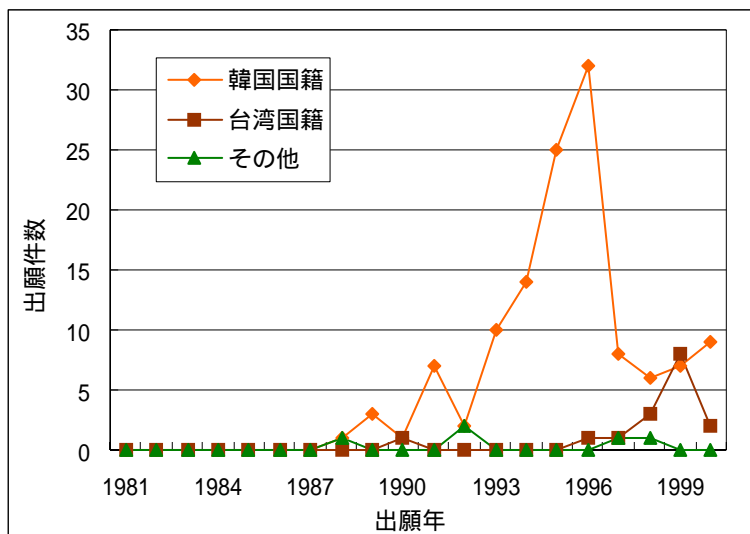
5) 三極外国籍出願人から三極への出願動向分析

USPTO における出願人国籍別出願件数推移の分析において、日米欧三極以外の国籍の出願人からの出願が近年増加傾向であるという興味深い動向が分かった。そこでここでは三極外国籍出願人の出願動向を分析する。

なお、9 頁および 10 頁で USPTO への積極的な出願姿勢について触れたように、三極外国籍出願人の三極特許出願については USPTO 出願件数が最多であった。また、USPTO における三極外国籍出願人からの出願について、その構造を分析した結果、ほとんどが韓国および台湾国籍出願人からの出願であった。そこで、日米欧三極の特許における三極外国籍出願人の出願動向として韓国・台湾に注目し分析を行った。

1. JPO における三極外国籍出願人の出願動向分析

第 9 図 JPO における三極外国籍出願人の出願構造



注) 公報数は公開ベースでカウントした

左図は JPO における三極外国籍出願人（韓国、台湾およびその他）の出願件数の年次推移を示したものである。

韓国

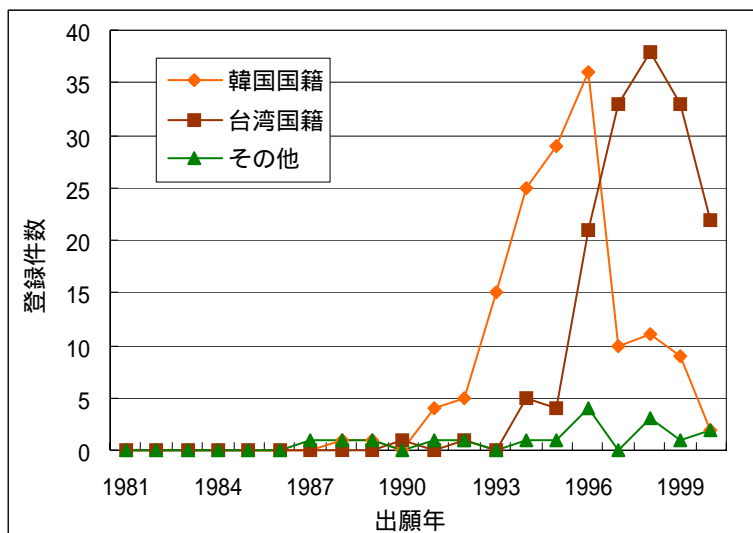
出願の年次動向の時的には USPTO におけるそれと一致しており、相関関係が認められる。また、出願件数的にも USPTO への出願件数と比較して若干少ないもののほぼ同数と言える。よって韓国国籍出願人は USPTO ならびに JPO へ等しく出願しているものと推測される。

台湾

一方台湾国籍出願人については、USPTO における動向分析結果とは異なる動向を示した。上図のとおり出願件数は非常に少ないまま推移しており、若干 1999 年に出現増が見られたがその後再び減少に転じている。

2. USPTO における三極外国籍出願人の出願動向分析

第 10 図 USPTO における三極外国籍出願人の出願件数推移



注) 登録ベースでカウントした

韓国

左図が USPTO における韓国および台湾の登録件数¹推移であるが、韓国は 1993 年から出願が急激に増加し、1996 年にピークを迎えていることが分かった。直近については審査期間の関係で見かけ上少なくなっている可能性はあるが、ひとまずピークを超えたと考えられる。

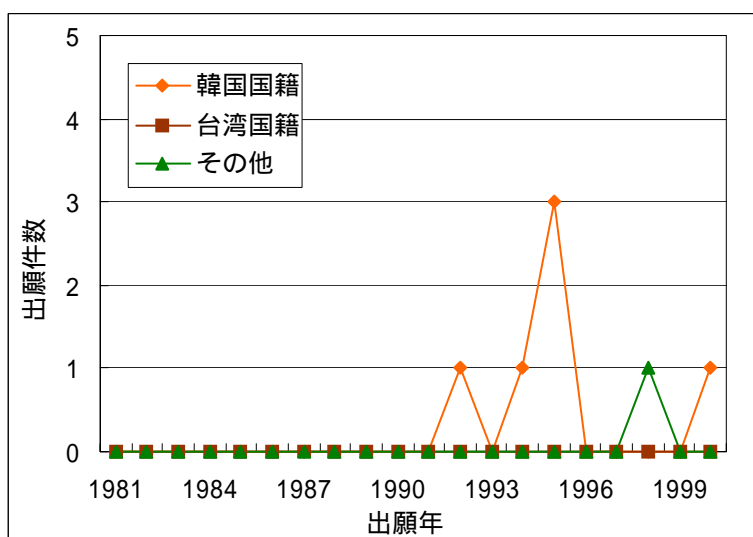
これは日本特許における動向と同じであり、したがって日本と米国を同じ姿勢で特許出願している様子が窺える。

台湾

台湾は、韓国からおよそ 3 年遅れて 1996 年から急激に出願が増加していることが分かった。USPTO 出願の件数的にも韓国に劣っていないこと、および 2000 年の出願件数から（審査中の分を勘案して）推測すれば、決してピークを迎えたとは言い切れず、USPTO 出願の増加傾向は継続しているかもしれない。

3. EPO における三極外国籍出願人の出願動向分析

第 11 図 EPO における三極外国籍出願人の出願構造



注) 公報数は公開ベースでカウントした。

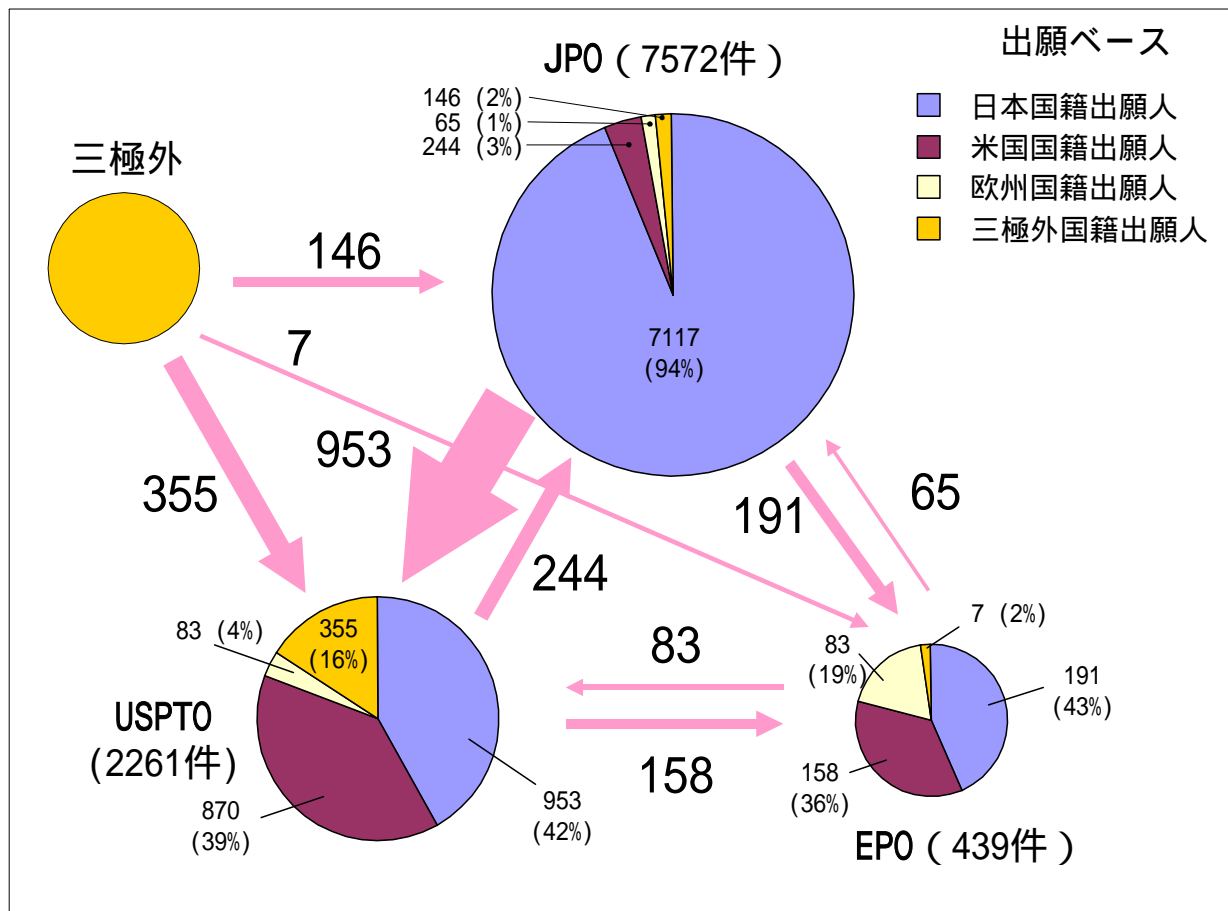
左図は EPO における三極外国籍出願人の出願件数の推移を示しているが、ほとんど出願していないのが実態のようである。特に台湾国籍の出願人は全く EPO 出願をしていないということが判明した。

¹米国は 2000 年より公開制度を実施したが、1999 年以前との件数上の整合性をとるために登録ベースでカウントした。

第2章 三極間および三極 - 三極外間における出願の流れおよび構造

1) 三極間および三極 - 三極外間における出願の流れおよびその構造

第12図 三極間および三極 - 三極外間における特許の流れおよびその構造（出願ベース）



注) 出願年：1981年～2000年のデータ

三極間および三極 - 三極外間における出願ベースでの出願の流れおよび構図についてを上図で示した。以下、各国・地域間の特許の流れおよびその構造について分析を行った。

日米間

USPTO に最も出願しているのは、自国である米国国籍出願人ではなく実は日本国籍出願人であることが分かった。したがって、日本国籍出願人が USPTO 出願に非常に積極的である姿勢が示されたと言って良いだろう。日本国籍出願人による JPO 出願件数 (7117 件) の約 13% (953 件) が USPTO 出願されているという特筆すべき事実が判明した。一般的に日本国籍出願人による JPO 出願の 1 割弱が米国などの外国へも出願されると言われていることを考慮すると、フォトマスク分野においては明らかに米国を意識した特許出願傾向であると言える。

一方、米国国籍出願人から JPO への出願件数は 244 件であった。

したがって、圧倒的に日本から米国への流れが強いと言える。

米欧間

米国国籍出願人から EPO への出願件数は 158 件であるのに対し欧州国籍出願人から USPTO への出願件数は 83 件である。よって若干米国から欧州への流れの方が強いと言えるかもしれない。

欧州国籍出願人は自国（地域）に 83 件出願し、USPTO にも 83 件を出願している。よって欧州国籍出願人の傾向として自国（地域）へ出願した発明は、ほとんど USPTO へも出願していると推測できる（欧州国籍出願人は、EPO という自地域国際特許庁には出願していない特許を直接 USPTO に出願、もしくは自国特許庁を介して USPTO に出願している可能性がある）。

ただし、当該テーマにおいては EPO への出願件数が少なく、欧州はあまり重要視されていない感がある。

日欧間

日本国籍出願人から EPO への出願件数が 191 件であったのに対し、欧州国籍出願人から JPO への出願件数は 65 件にとどまっており、日本から欧州への流れの方が優勢である。ただし、出願件数自体が日本国籍出願人も欧州国籍出願人も USPTO 出願件数と比較して少ないので、互いに積極的なのは USPTO への出願であると言える。

三極外（韓国および台湾）からの流れ

三極外国籍出願人は USPTO には 355 件も出願しており、これは欧州国籍出願人のそれのざっと 4 倍以上の件数である。一方、JPO への出願は 146 件、EPO への出願に至ってはわずか 7 件のみである。したがって、明らかに USPTO に比重を置いて特許出願・登録をしていることがこの分析結果からも裏付けられたと言える。

まとめ - 三極間および三極 - 三極外間における外国出願（登録）の流れ およびその構造

1. USPTO へ最も多く出願し登録されていたのは日本国籍出願人であり、米国国籍出願人とほぼ同数（全体の約 4 割）を占めていた。
2. 日本国籍出願人および三極外国籍出願人（韓国・台湾国籍出願人）は、USPTO へ非常に積極的に出願している。
3. 三極外国籍出願人（韓国・台湾国籍出願人）は、USPTO 出願と比較すると JPO 出願はさほど積極的ではない。韓国国籍出願人は USPTO と JPO へ比較的同じ姿勢で特許出願している一方で、台湾国籍出願人は USPTO のみに注力して特許出願を行っていると言える。韓国・台湾国籍出願人ともに、EPO へはほとんど出願をしていない。
4. EPO 出願は JPO 出願、USPTO 出願と比較して明らかに件数が少なく、特許上は重要視されていないと思われる。

第3章 技術区分別動向分析

1) JP0における出願内容(マスクの種類)

これまでの分析から、日本国籍出願人による特許出願が多いことが分かった。そこで、具体的にどのような技術について注力してきたのか、技術区分からの動向分析を行った。

その結果、メンブレンマスク(X線・透過型リソグラフィ技術)の研究開発が1980年代中頃に盛んであったが、1990年頃から位相シフトマスク(遠紫外線(DUV)・透過型のフォトリソグラフィ技術)に移り、近年はステンシルマスク(荷電粒子線・透過型リソグラフィ技術)およびOPCマスクの特許出願が増加傾向である様子が分かる。

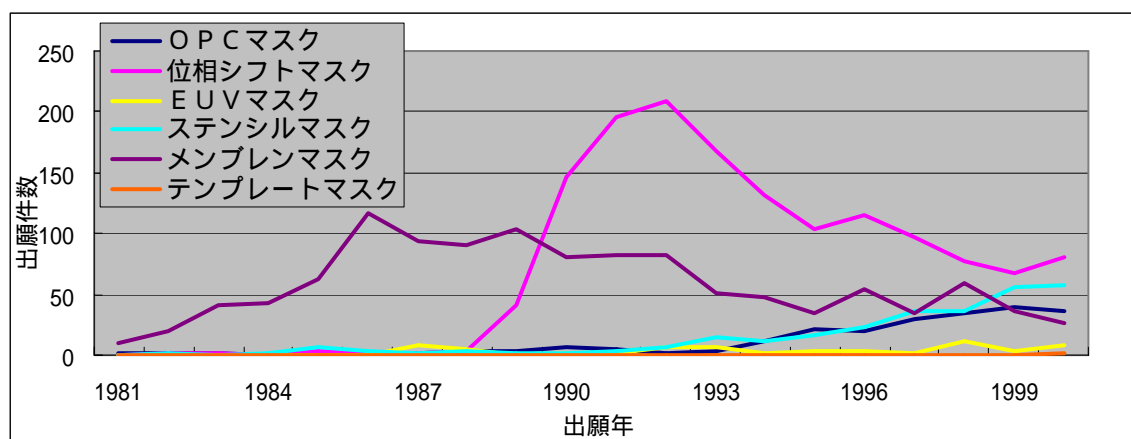
近年OPCマスクが増加してきている理由としては、OPC技術、位相シフトマスクおよびその他のプロセス技術(エッチング技術など)を組み合わせることで100nm以下の微細加工に目処が立ちつつあり、DUVフォトリソグラフィの延命に各社とも注力しているからではないかと思われる。

また、ステンシルマスクの増加理由は次世代リソグラフィ(NGL: Next Generation Lithography)を担う有望技術と期待されており、研究開発が活発化してきていることを反映しているためであると思われる。

なお、次世代以降の技術として最近特に注目されているEUVマスクおよびEUVリソグラフィ技術については、若干の特許出願はあるものの、急増はまだ見られない。これは特許出願から公開までの期間(18ヶ月)などの時間的要因のため、今回の調査では捉えきれなかったものと思われる。

メンブレンマスクは1980年代から次世代のリソグラフィ技術と位置づけられて活発な研究開発が行われてきたが、位相シフト法などによりDUVフォトリソグラフィ技術の延命が進んだことから、遂に実用化されずにきている。ただし、前述のEUVマスクはX線マスク技術を一部応用しているとも言えるため全くの無駄とも言えない訳だが、それでも研究に携わった研究者の努力や研究開発費は結実しない公算が大きい。

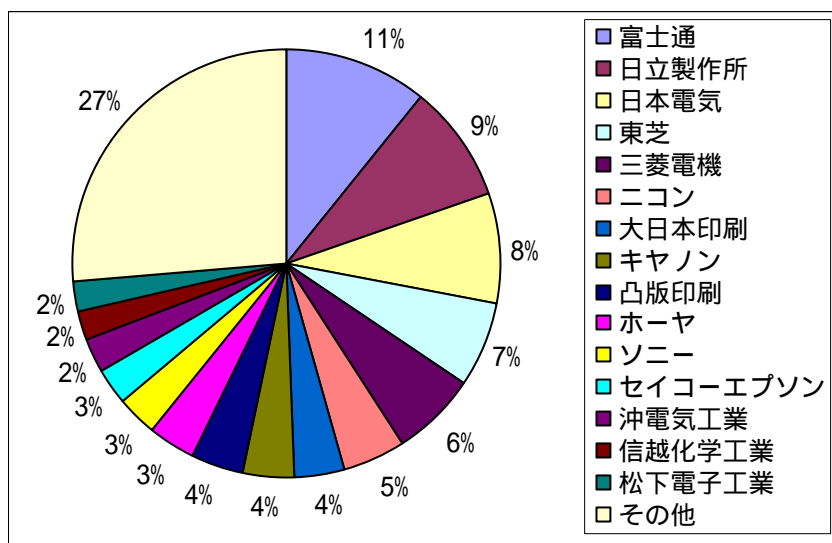
第13図 JP0における出願内容別件数推移(マスクの種類)



注) 公報数は公開ベースでカウントした

2) JPO における出願上位企業の内訳および出願傾向 (年次動向)

第 14 図 JPO における出願上位企業の内訳

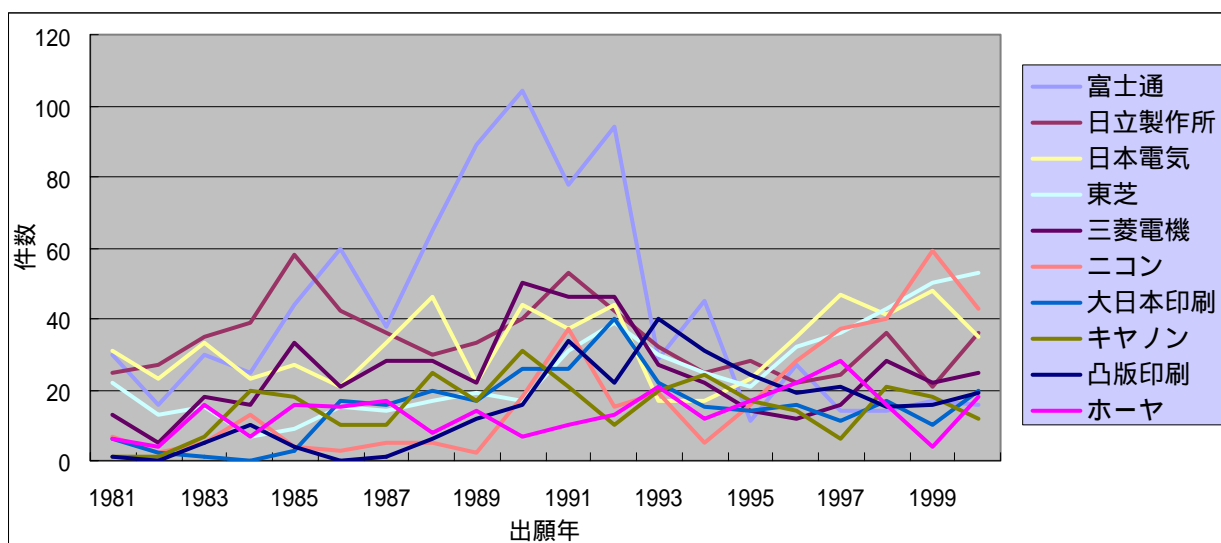


注) 公報数は公開ベースでカウントした

第 1 表 JPO における上位出願人内訳

出願人	出願件数	比率
富士通	846	10.8%
日立製作所	688	8.8%
日本電気	652	8.3%
東芝	515	6.6%
三菱電機	495	6.3%
ニコン	368	4.7%
大日本印刷	305	3.9%
キヤノン	304	3.9%
凸版印刷	299	3.8%
ホーヤ	271	3.5%
ソニー	256	3.3%
セイコーエプソン	203	2.6%
沖電気工業	190	2.4%
信越化学工業	183	2.3%
松下電子工業	179	2.3%
IBM (以下参考)	85	1.1%
LG	43	0.6%
HYNIX	38	0.5%

第 15 図 JPO における出願上位企業の出願の年次推移 (上位 10 社)



注) 公報数は公開ベースでカウントした

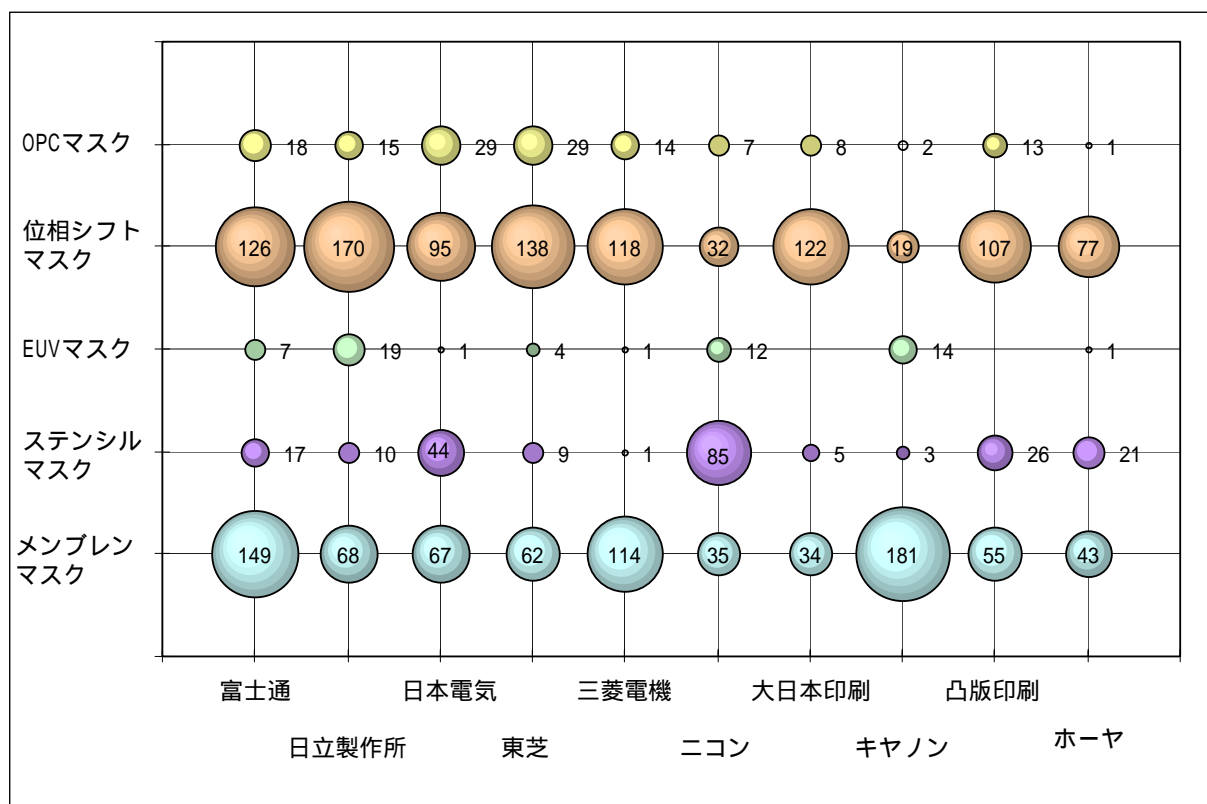
出願上位企業の出願動向を時系列に分析することで、研究技術開発の変遷を把握することによって出願上位企業の戦略を特許の面から窺うことができる。

JPO における出願件数上位の顔ぶれを見ると、日本国内の半導体メーカー、マスクメーカー、露光装置メーカーで占められており、各社の活発な出願状況が把握できる。

年次別の動向としては、富士通の 1989 年から 1992 年にかけての集中的な出願傾向が特徴的である。ただしここ数年富士通からの出願は顕著に減少している。また、近年東芝およびニコンの出願件数が増加傾向である。

3) JPOにおける出願上位企業の技術区分別出願動向(マスクの種類別)

第16図 JPOにおける出願上位企業の技術区分別出願動向(マスクの種類別)



注) 公報数は公開ベースでカウントした¹

上位企業各社の出願した技術内容について、「マスクの種類」という切り口で分析した。その結果、各社とも概ね位相シフトマスクを中心に、メンブレンマスクやOPCマスク、ステンシルマスクへの出願もあり、各種のマスクに対応すべく幅広い研究開発に取り組んでいる様子が窺えた。

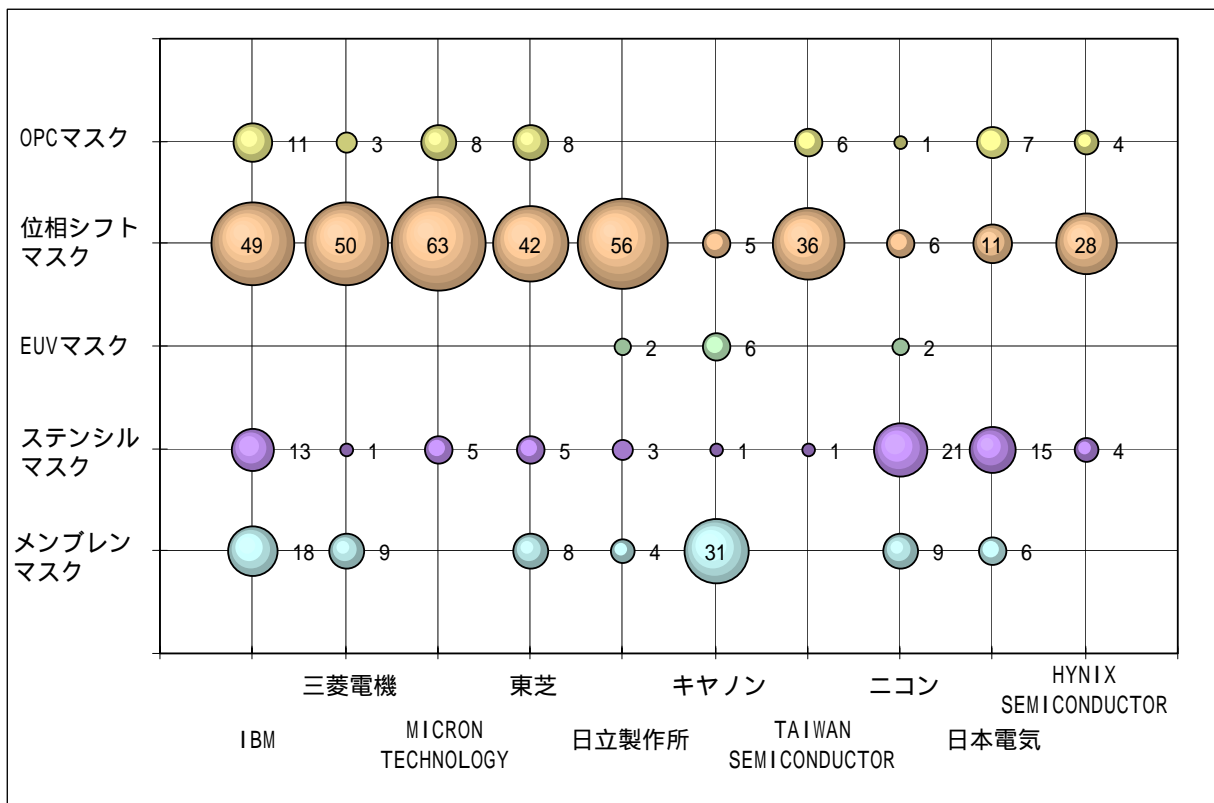
またニコン、キヤノンという露光装置メーカーは注力してきたマスクの種類がその出願件数に顕著に現れている。

加えてEUVマスクの出願に注力しつつある企業として、日立製作所やニコン、キヤノンが挙げられる。

¹ 共同出願の場合は、各々に重複してカウントしている。

4) USPTO における出願上位企業の技術区分別出願動向 (マスクの種類別)

第 17 図 USPTO における出願上位企業の技術区分別出願動向 (マスクの種類別)



注) 登録ベースでカウントした

外国における出願人の動向を把握するために、USPTO における出願上位企業の出願内容を分析した。その結果 13 頁に示したとおり、日本国籍出願人がかなりランクインしていた。

また他国籍出願人の出願と比較して技術的に優位であると判断できる。どのマスクについても日本国籍企業が最多あるいは他国籍企業と同じ程度の件数の出願であり、他国籍企業に技術的優位性があると思われる状態ではない。

以上、本章でこれまで何度も述べてきたように、JPO における出願上位は全て国内企業であり、高い技術力を持っていると判断できる。また、メンブレンマスクやステンシルマスク、OPCマスクなどへの出願も他の国籍出願人に決して劣っていないことから、高い技術競争力を保持していると判断して良いであろう。

結論 - 三極および韓国・台湾の特許動向から見た技術競争力

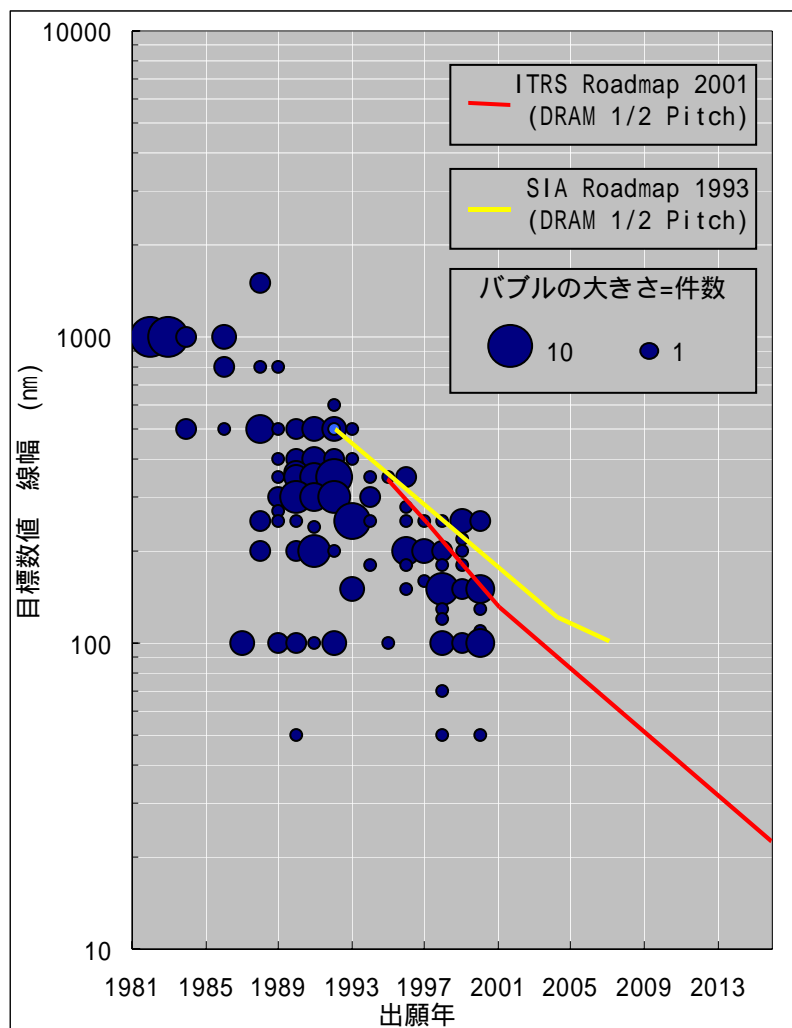
以上のことから、日本国籍企業は高い技術競争力を有していると判断できる。

第4章 外部環境と特許動向との関係および比較検討（ITRS ロードマップ）

当該テーマならびに半導体業界としての重要な外部環境としてロードマップを挙げることができる。このロードマップは現在では ITRS（International Technology Roadmap for Semiconductors）から、それ以前はアメリカ半導体工業会（SIA：Semiconductor Industrial Association）から出されており、各社の研究技術開発における重要な指標となってきた。

そこで特許明細書に記載されていた目標数値を抽出し、抽出した目標数値とその特許が出願された時期におけるロードマップ上の数値との関係を比較検討した。

第18図 特許明細書中に記載されていた目標数値とロードマップとの関係



左図は特許明細書に記載されていた目標数値（線幅）とロードマップとの関係を表すものである。

ロードマップの数値は、技術の進歩が早かったことなどから、年々若干微細化方向に修正される傾向があるが、概ね各特許とも、このロードマップに沿って、あるいはやや先行するレベルを目標と設定しているようである。

注) 日米欧の各国特許を全てカウントし、集計した

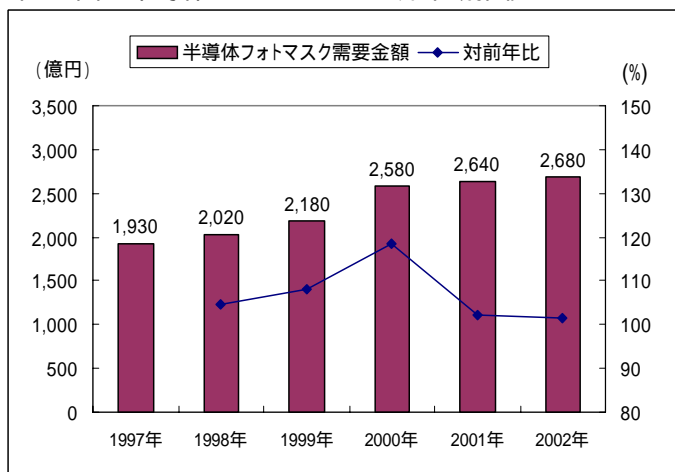
出典：ITRS Roadmap 2001

SIA Roadmap 1993、他

第5章 市場規模・シェアの推移

半導体フォトマスクの世界市場推移を示すと以下のとおりである。

第19図 半導体フォトマスク世界市場推移



注) 半導体メーカーの内製分含む

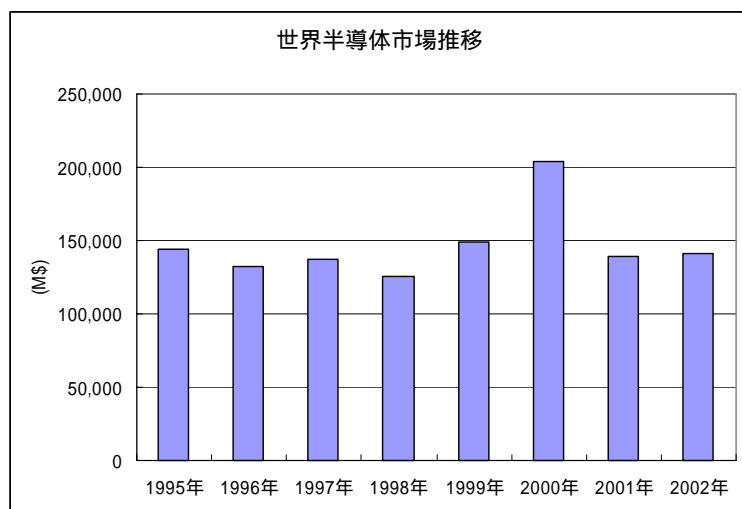
半導体フォトマスクの世界市場は、2,680 億円（円換算ベース）と推定される。

市場規模は右肩上がりの増加基調をたどっているが、2000 年以降の市場の伸び率は 2% 程度とほぼ横這いで、1997～2000 年までの伸び率 5～20% と比べると市場成長が鈍化している状況が見られている。

半導体フォトマスクは、1) 半導体自体の需要動向、2) 半導体の品種動向（多品種少量生産の傾向が強まると、フォトマスクの必要品種が

増え、市場も拡大）3) 半導体の高機能化の動向（先端プロセスを必要とする半導体生産の方が、半導体 1 品種を製造するために必要とするフォトマスク数は増加する）、4) フォトマスクの単価動向、などの要因によりその需要が左右される。その中でも特に影響力が大きい半導体生産量については次のように推移している。

第20図 世界半導体市場推移



出典：WSTS 半導体市場統計（WSTS=World Semiconductor Trade Statistics）

全世界の半導体市場は左図のように推移しており、先の半導体フォトマスク市場推移と比較すると、半導体市場推移に比べて半導体フォトマスク市場の方が、なだらかに市場が推移していることがわかる。

つまり、フォトマスクは半導体生産量とは完全には相関しないことを示している。これは、周知のように半導体製品の生産ロット数に応じてフォトマスクが必要となるのではなく、小ロット品から大ロット品まで、一

品種の半導体製品を製造するためには、そのためのフォトマスクが必ず 1 セットは必要となるためである。半導体の総生産数量が減少しても、生産品種数に大きな違いがなければ、必要とされるフォトマスク数は大きく変動しない。この点がフォトマスク市場が比較的安定した市場推移を示す最たる要因となっている。

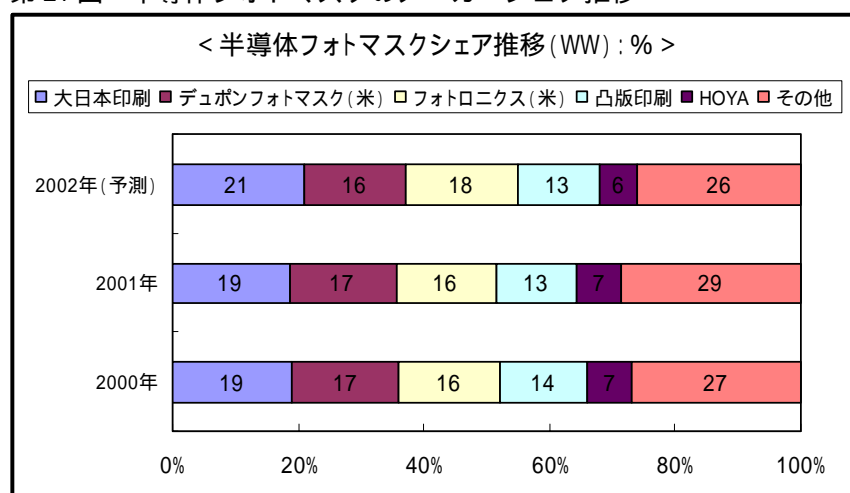
第2表 半導体用市場シェア（全世界）

（億円、％）

	2000年	2001年	2002年
大日本印刷	490 [19]	500 [19]	560 [21]
DuPont Photomask	440 [17]	440 [17]	430 [16]
Photronics	410 [16]	430 [16]	480 [18]
凸版印刷	360 [14]	350 [13]	350 [13]
ホーヤ	180 [7]	170 [7]	160 [6]
その他	700 [27]	750 [29]	700 [26]
合計	2,580 [100]	2,640 [100]	2,680 [100]

注）半導体メーカーの内製分含む

第21図 半導体フォトマスクのメーカーシェア推移



世界市場を対象とした半導体用フォトマスクメーカーシェアは、大日本印刷、DuPont Photomask（米）、Photronics（米）、凸版印刷、ホーヤの上位5社で70～75%のシェアを占めている。また、年次変動はあまりないようで、いわゆる寡占状態である。

その他に含まれるのは、半導体メーカーの自製分が主体であり、Intel（米）、IBM（米）、日本電気、Samsung Electronics（韓）、TSMC（台湾）などのマスクショップで製造されている分がここに含まれる。1999年以前は日本国内の半導体メーカーによる内製分も多かったと思われる。

以上のことから、日本国籍企業を念頭において分析すると次のことが言える。

[マスクメーカー]

- ・少なくともこれまでにおいては技術競争力が高いからと言って大きくシェアを伸ばせる訳では無かった。

[半導体メーカー]

- ・技術競争力が高いものの、半導体生産市場規模推移から判断して収益に結びつきにくくなっている。

第6章 業界の取り組み、産官学の連携

近年においては、マスクパターンおよびその転写先であるウエハーの微細加工の寸法が極めて微細であり、技術的困難さが高まってきている。従って技術開発に要する研究開発費が膨大になり、もはや企業単独でまかなえるものでもなくなってきている。

そこで企業同士あるいは産官学が共同で技術開発を行うケースが主流となってきた。

第22図 日米欧の産業政策動向および共同技術開発プロジェクト

	1950年代	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代
日本	<政府主導先端技術キャッチアップ時代>			<次世代先端技術競争時代>	
	電振法(1957)	機電法(1971)	機情法(1978)		ASET(1996) Selete(1996) J300(1996) STRJ(1998) STARC(1995) SIRIJ(1994)
		大型プロジェクト制度(1966)	次世代産業基盤研究開発制度(1981)		産業科学技術研究開発制度(1993)
米国	<政府調達(軍需・宇宙開発)による先端技術研究開発>			<コンピュータ・産業分野市場へのシフト>	
				SIA(1978) MCC(1983) SEMATECH(1987) VHSICプロジェクト(1979)	
欧州				<ECによる産学官連携体制> ESPRITプロジェクト(1984) EUREKAプロジェクト(1985) JESSIプロジェクト(1988) MEDEAプロジェクト(1996)	

基本的に日米欧ともにプロジェクトを発足させて共同技術開発を行う構図は変わらない。ただし、日本においては同時期に複数のプロジェクトが発足しているのに対し、欧米はそれぞれ1つだけ中心的プロジェクトが存在してきた点が異なっている。

例えば米国のSEMATECHを見てみると、1987年に国防総省とアメリカ半導体メーカー14社の出資で設立され、年間事業予算2億ドルで64MビットDRAMの製造技術の確立を目指した。これは日本に遅れをとったLSI製造技術の国際競争力回復を図るため、日本の超LSI技術研究組合をモデルに設立した共同研究コンソーシアムである。

その後1997年には日米の市場シェアが再逆転したことを受けて直接的な政府支援が打ち切られ、SEMATECHは民間の研究開発組織に改組され、次世代半導体製造装置の標準化などを推進するようになっている。1998年には半導体分野における国際連携の必要性の高まりを受けて、Hyundai Electronics(韓) Siemens(独) Philips(蘭)等の外国企業が参加した下部組織「International SEMATECH」が設立された。そして2000年1月にはInternational

SEMATECH を吸収するかたちで一体化するとともに、正式名称を SEMATECH から「 International SEMATECH 」に改め、現在に至っている。

各国(地域)の半導体産業政策は上記のようにまとめられるが、第7図および第8図の「出願人国籍別特許出願件数推移」と照らし合わせると以下のことが言える。

[米国] 1987年にSEMATECHが発足したが、これに対し1989年より米国国籍出願人からのUSPTO出願が増加した。

(第7図)

[欧州] 1996年にMEDEAプロジェクトが発足し、これに対し欧州国籍出願人からのEPO出願が増加した。

(第8図)

このようにプロジェクトによって技術研究開発が活発化し、それに伴って特許出願が増えしてきたことが窺える。

近年においては研究開発に非常に高額な資金が必要となっており、もはや企業単独でこれをまかなうことは難しくなってきたと思われる。

上記のような複数の企業・団体がプロジェクトを立ち上げて共同研究開発を行うことの利点は、次の3つであると推測される。

1. 資金増
2. 研究人員増(各社単独での研究人員と比較して)
3. 研究開発課題を絞ることによる資金の集中配分

そして、1996年以降の特許出願件数の増加は上記のようなプロジェクト設立による影響が大きいものと考えられる。

したがって、今後もこのような国家規模のプロジェクトが研究開発を推進していく原動力になると予想される。

第3部 総合動向分析および結論の導出

第1章 特許動向から分析した技術開発の方向性

マクロ特許出願動向および各マスクごとの出願動向を分析した結果、日本国籍出願人からの特許出願の多さが際だっていることが判明した（7頁、第5図参照）。

もちろん個別に見ればEUVマスクのように米国との差があまりないものもあるが、技術別の特許出願件数およびヒアリングの結果、総論としては日本国籍出願人の技術力は外国籍の出願人に比べ優勢であると思われる。

しかしながら、パターン線幅が100nmを切るであろう近い将来においても日本が技術的優位性を保つためには、さらなる技術開発・実用化が求められると思われる。特に、近年は次世代のリソグラフィ技術として下記の候補が挙がっており、それぞれに対応するマスクの開発が必要である。

- 1．F₂露光への対応
- 2．EUV、電子線露光への対応

これらのマスクは、今後のリソグラフィ技術の進展を担っていくものであることから、**日本が世界に先駆けて実用化することが重要**である。

そのためには、露光光源・マスク材料などの要素技術の研究開発を各企業が個別に行うのではなく協同することが必要である。

したがって上流から下流まで、つまり**マスクの素材メーカー、マスクメーカー、露光装置メーカー、半導体メーカーのすべてが密に連携することが重要**である。

第2章 特許動向から分析した特許戦略の方向性

これまでの特許動向分析で示したように、日本国籍企業は日本国内だけでなくUSPTOにも積極的に特許出願をしている。またEPOにも米国・欧州国籍出願人と同程度以上の特許出願をしており、国際的な特許戦略に特に問題となる点は見受けられない。

ただし、特許はあくまで個々の明細書に記載されている技術によって価値が決まるものであり、件数による優劣は目安に過ぎない。この点を考慮すると、今後も**日米およびその他の重要国に対し、質の高い特許出願を継続していくことが重要**である。

第3章 特許動向および市場動向から分析した研究開発体制・企業戦略の方向性

総論としては日本国籍出願人の技術力は外国籍の出願人に比べ優勢であると思われることは既に述べた。したがって、技術的には大きな問題点はないと推察される。

一方、研究開発体制・企業戦略の方向性について見た場合、当該テーマにおける特色として、マスクメーカーだけが参入プレイヤーではないという点が挙げられる。たとえばフォトマスクを使用する側である半導体メーカーも、自社内にマスク製造部門を持ち、研究開発を行ってきた。また、半導体ウエハの露光装置メーカーも、露光装置に適合したマスクの開発を行ってきた。

このような研究開発を行ってきた日本国籍企業の問題点を特許動向・市場動向等から分析すると、次のようになる。

[日本国籍企業の特許動向と問題点]

	特許動向	市場概況	問題点
半導体メーカー	各社とも積極的に研究技術開発を行っており、特許の出願件数も非常に多い	国内企業の多くが撤退し、韓国勢が台頭	近年半導体製造部門の収益性が悪化している 他国と比較して国内の企業数が多い
露光装置メーカー	各社とも積極的に研究技術開発を行っており、特許の出願件数も非常に多い	3社寡占	互いに全く違う方向の研究開発を進めており、技術の共有化が行われていない
マスクメーカー	各社とも積極的に研究技術開発を行っており、特許の出願件数も非常に多い	5社寡占	高い技術力があれば、それだけでシェアを劇的に伸ばせるという市場環境ではない 先端マスクの研究開発費が、今後増大すると予想される

上記問題点を解決し、今後も日本国籍企業が優位性を保っていくためには、各企業において、下記のような対策が必要であると考えられる。

[解決策]

	技術開発の方向性	解決策
半導体メーカー	高付加価値製品を製造するための先端マスク開発に注力する。	今までに蓄積してきた、先端マスク製造のための技術ノウハウ等を有効活用するため、マスク製造部門を所有する企業は、今後も継続して研究開発を行う。
露光装置メーカー	次世代以降のマスクの研究開発にさらに注力する。	露光装置メーカー間の技術を共有し、次世代マスクの研究開発を促進する。 マスクメーカーの有する超解像技術を次世代マスクの研究開発に生かすため、マスクメーカーとの協力・提携を行う。
マスクメーカー	先端マスクの技術開発に加え、次世代以降のマスクの研究開発にも注力する。	先端マスクの研究開発費を、先端マスクによる収益のみではなく、汎用マスクによる収益からも得られるような事業展開を行う。

第4章 ベンチャー企業について

当該テーマにおいては、ベンチャー企業が参入することは困難であると思われる。理由は次のとおりである。

理由	1. マスクの製造には多額の費用が必要であり、資金的に困難である 2. 仮に技術開発を行えたとしても、過去に出願された膨大な特許が存在するため、知的財産で収益を上げることも困難である
----	--

ただし、ソフトウェア的技術であって多額の資金を必要としないと思われるマスクの設計技術については、ベンチャー企業が参入する余地がある。また、ナノテクノロジーを転用した新規なマスク製造技術の分野にも、ベンチャー企業が参入する可能性がある。

第5章 公的研究機関および大学について

次世代以降のリソグラフィ技術として近年EUVマスクが注目されているが、マスク技術においては日米間に差がないと言われている。一方露光技術においては米国が一步先を行っているとも言われている。その技術開発の発端となったのはEUV LLC（民間企業）の設立であったと言って良いだろう。また、日本においてもASETやSeleteが、欧州ではMEDEAなどのプロジェクトが立ち上がり、EUVやその他のマスクの技術開発が熱心に行われている。

企業単独ではなく、このような複数の企業・団体がプロジェクトを立ち上げて共同研究開発を行うことの利点は、やはり資金が増えたこと、研究人員も（各社単独での研究人員と比較して）増えたこと、および研究開発課題を絞ることでその資金を集中配分できる点であると思われる。

そして、実際にその形態（プロジェクト設立）による研究開発は効果があると思われる。これは近年の最先端技術が極めて技術的に高度であり、研究開発に必要な装置も高額で、人智を結集させなければならないためだと推測される。

したがって、今後もこのような国家規模のプロジェクトが研究開発を推進していく原動力になると予想される。

近年盛んに言われていることに「産官学の連携」がある。これは基礎研究を行っている大学と実際の製品を製造するための研究開発を行っている産業界とを結びつけることが大きな目的である。しかし、当該テーマにおける現状としては、まだ大学と官民とのはっきりした連携は見えてこない。この理由として、官民とどのように連携すれば良いのか、何を社会的目的とすれば良いのか、という点が明確に見えてないためではないだろうか。この点を補うためにも、今後TL0（Technology Licensing Organization：技術移転機関）には、さらなる実効性が要求されるであろう。

例えば、マサチューセッツ工科大学には知的財産に関する支援組織が存在し、出願の方法やライセンスの方法など様々な状況に対応し、支援を行っている。つまりこれは、特許出願をすれば終わり、というのではなく、実社会において価値を見いだして利用することが前提となっていることを意味する。

したがって、大学は「実社会での価値も意識する」という視点が求められていると言える。またこれが産学の連携を深めることになると思われる。

第6章 結論 - 日本の優位性拡大、劣位性回復のために

1. 技術開発の方向性

-) F₂露光対応マスクの開発・実用化
 -) EUV、電子線露光対応マスクの開発・実用化
- を世界に先駆けて行うことが重要である。

2. 国際的な特許戦略

今まで同様、今後も積極的に国際的に特許出願して行くべきである。
特に次世代以降のマスクの開発においては、特許の重要性が増していくものと考えられる。

3. 研究開発体制と企業戦略の方向性

-) マスクの素材メーカー、マスクメーカー、露光装置メーカー、半導体メーカーのすべてが密に連携することが重要である。
-) 半導体メーカーの中でマスクショップを持つ企業は積極的な研究開発を継続すべきである。
-) 露光装置メーカーは、マスクメーカーとの提携あるいは露光装置メーカー間での技術の共有を行うことが重要である。
-) マスクメーカーは米国や欧州、あるいはアジア等での現地生産を行い、低コスト体制を目指すべきである。そして最先端の技術の開発を継続することに加え、価格の競争となるマスク（先端マスク以外のマスク）でも収益を得られるようすることが重要である。

4. ベンチャー企業の可能性

ベンチャー企業が参入することは困難である。ただし、マスクの設計技術については参入する余地がある。

5. 政府、公的研究機関のありかた

国家規模のプロジェクトがマスクならびにリソグラフィの研究開発を推進していく原動力になる。

6. 大学の進むべき道

大学は、本技術分野においても「実社会での価値を見いだす」という視点が求められており、産学連携による新技術の誕生を期待している。

【お問い合わせ先】特許庁 総務部 技術調査課 技術動向班

TEL : 03-3581-1101 (内 2155) FAX : 03-3580-5741

E-mail : PA0930@jpo.go.jp