平成２０年度
特許出願技術動向調査報告書

フォトマスク
（要約版）

＜目次＞

第１章 フォトマスクの俯瞰 1
第２章 フォトマスクに関する特許動向分析 6
第３章 フォトマスクに関する研究開発動向分析 35
第４章 フォトマスクの政策動向分析 40
第５章 フォトマスクの市場環境分析 43
第６章 総合分析 44

平成２１年４月

特　許　庁

問い合わせ先
特許庁総務部企画調査課　技術動向班
電話：０３－３５８１－１１０１（内線２１５５）

第１章　フォトマスクの俯瞰

第１節　フォトマスクの概要

１．フォトマスクに関する技術の俯瞰

半導体素子の驚異的発展を支えてきたのはフォトリソグラフィによるパターン微細化技術の進歩であり、そのリソグラフィ技術の中核技術の１つにフォトマスク技術がある。

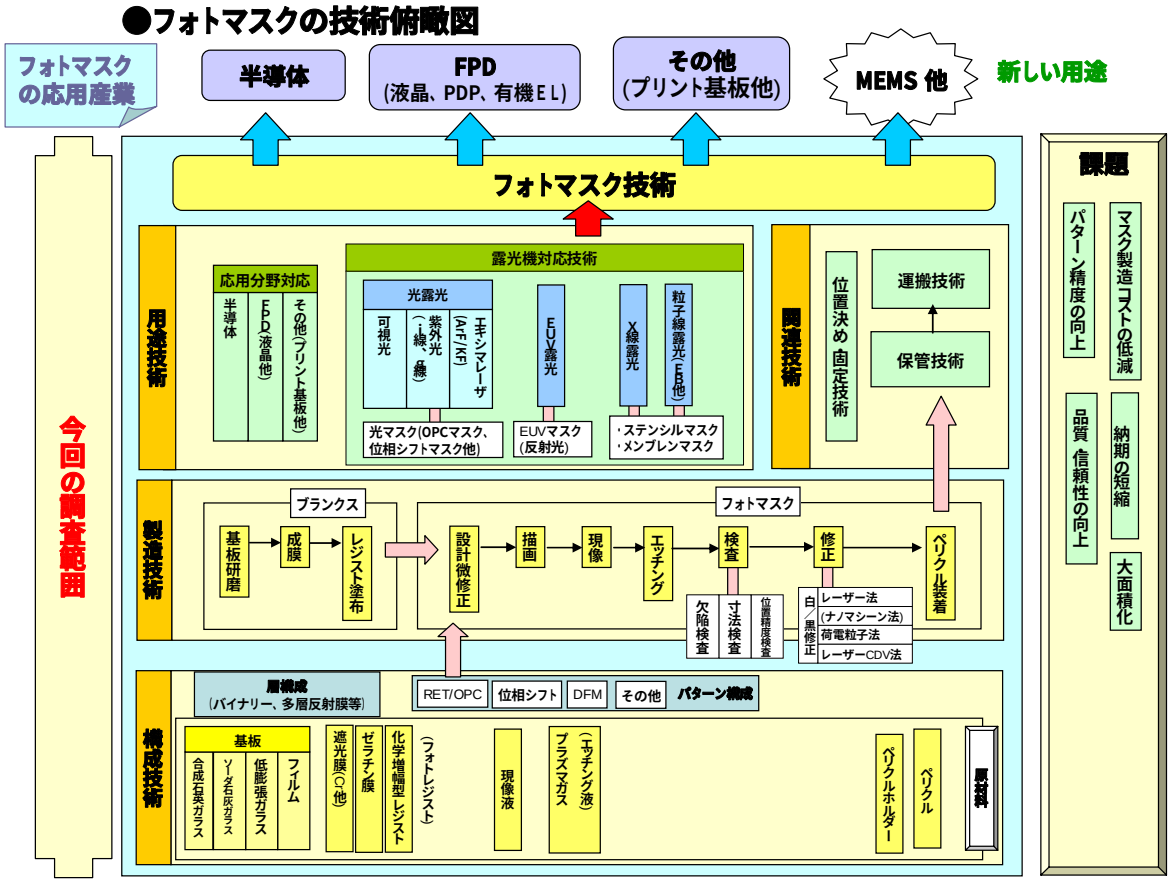
フォトマスク技術は、フォトマスク構成要素技術、フォトマスク製造技術、フォトマスク用途技術に大別される。フォトマスク構成要素技術は原材料技術と層構成技術、位相シフトなどのパターン構成技術からなる。近年重要性が増してきている DFM（Design For Manufacturability）技術は主にパターン構成技術に含まれる。フォトマスク製造技術はブランクス工程に関する製造技術、フォトマスク工程に関する製造技術に分類される。フォトマスク用途技術には、保管技術、運搬技術、位置決め・固定技術、半導体や液晶パネル用などの応用分野対応技術があり、さらに、露光機対応技術として、光露光（光マスク）、EUV 露光（EUV マスク）、X 線露光（X 線マスク）、粒子線露光（粒子線（電子ビーム線）マスク）などへの対応技術がある。

フォトマスクにおける主な技術的な課題として、パターン精度の向上、マスク製造コストの低減、品質・信頼性の向上、納期の短縮、大面積化などがあげられる。

フォトマスクの応用産業として、半導体、フラットパネルディスプレイ（以下 FPD（特に液晶パネル））、その他（プリント配線板他）、さらに、新しい用途として、MEMS などがあり、半導体、FPD が主体である。

フォトマスクの技術俯瞰図を図 1-1 に示す。

図 1-1　フォトマスクの技術俯瞰図



２．フォトマスク技術

フォトマスク技術は、フォトマスク構成要素技術、フォトマスク製造技術、フォトマスク用途技術に大別される。各技術について以下で説明する。

なお､半導体の高集積化､パターンの微細化が進むにつれて製造の困難性が増加しており、設計段階から製造容易性を考慮する DFM（Design For Manufacturability）技術、LFD（Litho Friendly Design)技術の重要性が増してきているが､半導体製造全体に関係する技術なので、フォトマスクに調査範囲を限定した今回調査では、該当特許出願はあまり多くなかった。また同様に、近年開発が進んでいるテンプレートマスクに関しても、フォトマスクに調査範囲を限定した今回調査では大部分が調査範囲外となってしまい、該当特許出願はあまりなかった。

（１）フォトマスク構成要素技術

フォトマスク構成要素技術は原材料技術と層構成技術、パターン構成技術からなる。

原材料としてはブランクス基板、遮光膜・ハーフトーン膜、レジスト、ペリクル等がある。ブランクス基板はフィルム基板とガラス基板に大別され、半導体用、FPD 用はほとんどガラス基板である。ガラス基板ではほとんど Cr 系遮光膜が使われ、フィルム基板ではハロゲン化銀エマルジョン膜がレジスト、遮光膜兼用で用いられる。ハーフトーン膜には主に MoSi、MoSiN 等のスパッタ膜が用いられている。レジストは多様であるが、半導体用フォトマスクでは化学増幅型レジストが主流である。フォトマスクの表面保護膜であるペリクルは、セルロース系樹脂やフッ素系樹脂が通常用いられる。

フォトマスクの層構成、パターン構成にはマスクが使われるリソグラフィ技術によって多くの種類がある。主なものに、基本的な遮光部と光透過部とからなる 2 階調のバイナリーマスク、隣接するパターンの回折光による干渉（光近接効果）を打ち消すためにパターン部と非パターン部の光位相を反転させる位相シフトマスク、有力な次世代リソグラフィ技術候補として検討が進んでいる EUV リソグラフィ用マスク、電子線リソグラフィ用のステンシルマスク、メンブレンマスク等がある。EUV 用マスクは反射型マスクで、Mo と Si の多層膜による反射層にパターンを描いた EUV 吸収層を載せた構造である。ステンシルマスクは電子線透過用に開口部を開けたマスクであり、支持薄膜を残した（または付けた）マスクがメンブレンマスクである。また光近接効果補正（OPC）技術（希望するパターンが転写されるようにマスクパターンを変形する）もパターン構成技術であり、現在の先端リソグラフィにあっては不可欠な技術となっている。

主なフォトマスクの模式図を図 1-2 に、OPC 技術によるパターン変形の模式図を図 1-3 に示す。

図 1-2　主なフォトマスクの模式図

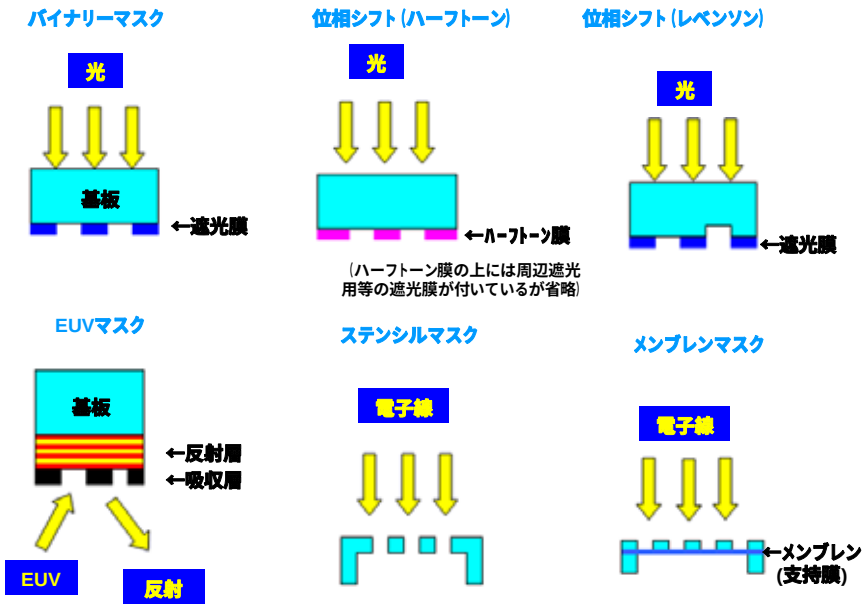
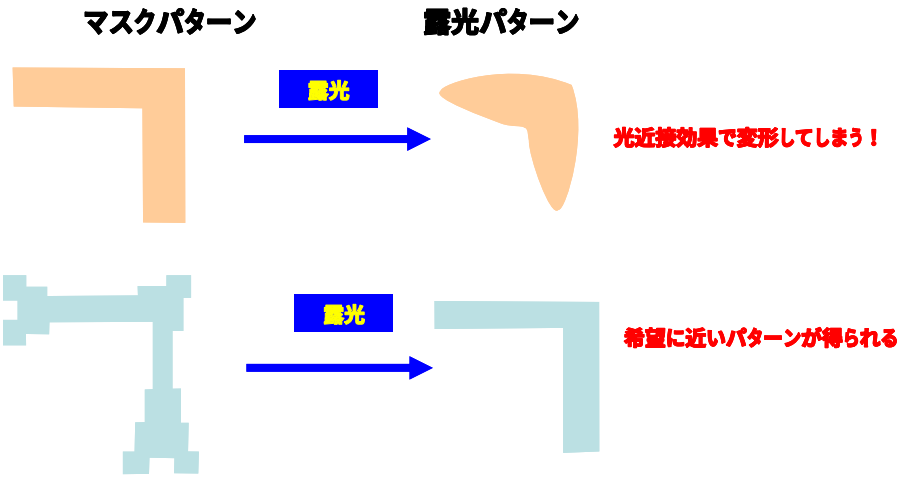


図 1-3　OPC 技術によるパターン変形の模式図



（２）フォトマスク製造技術

フォトマスク製造技術はブランクス工程に関する製造技術、フォトマスク工程に関する製造技術に分類される。ブランクス工程は基板研磨、成膜、レジスト塗布からなり、フォトマスク工程は描画、現像・エッチング、検査、修正、ペリクル装着からなる。

基板の欠陥は修正が困難で、転写への影響が大きいため、低い表面粗さと高平坦度が求められる。現在は半導体の CMP 技術に近い研磨方法も使われている。遮光膜、ハーフトーン膜等はスッパタリングにより成膜されている。描画は微細加工性に優れた電子ビーム描画と、微細加工性は劣るが、真空系が不要で生産性に優れ、スループットも高いレーザー描画の 2 つの方法があり、パターンサイズ等で使い分けられる。

検査には、欠陥検査、寸法検査、位置精度検査等がある。フォトマスクを使用して製造した全ての製品品質に直結するため、全てのマスクパターンが仕様を満足していることを保証する必要があり、非常に重要である。修正には黒欠陥修正と白欠陥修正がある。黒欠陥修正にはレーザー法や荷電粒子法、ナノマシーン法などがあり、白欠陥修正はFIB装置で有機ガスを使用して欠陥部分にカーボンを堆積させる方法が主流である。

（３）フォトマスク用途技術

フォトマスク用途技術には、保管技術、運搬技術、位置決め・固定技術があり、傷つけたり塵埃が付着することのないような収納、運搬ケースや保管条件が開発されている。露光時の位置決めや固定の工夫も多い。

また、半導体や液晶パネル用などの応用分野に対応した技術や、露光機対応技術として、光露光、EUV露光、X線露光、粒子線露光などに対応した技術も含まれる。半導体用途では微細化の進展とともに現行リソグラフィ技術の延命とEUV等次世代リソグラフィ技術の開発が進められている。FPD用途では、先端技術の半導体と比べるとパターンサイズは大きいが、ディスプレイの大型化と低価格化に対応して、フォトマスクの大面積化が強く要求されている。

第２節　フォトマスクの応用産業の概要

フォトマスク技術は、リソグラフィ技術の主要な一部であり、半導体、各種電子部品の製造に使用される。フォトマスクを使用する主な用途は、半導体と FPD（液晶、プラズマ、有機 EL 等）が主体であり、その他にプリント配線板、MEMS 等がある。

フォトマスクの応用産業としては半導体産業が大半を占めており、次いで FPD で、プリント配線板、MEMS 等の用途はあまり大きくない。

半導体産業は、WSTS（WORLD SEMICONDUCTOR TRADE STATISTICS：世界半導体市場統計）による世界地域別半導体市場予測（2008 年 11 月）では 、2009 年の半導体の世界市場が 2.2%のマイナス成長で、約 2,561 億ドルとなる見込みと発表されている。2008 年春の予測では 5.8%の成長が見込まれていた。前年割れは IT バブル崩壊が影響した 2001 年以来 8 年ぶりである。なお、2010 年は一転して 6.5%の伸びが予測されている。但し、現状（2009 年 2 月時点）はこの予測よりも更に悪化しているとの意見が出ている（半導体メーカー）。

主な半導体メーカーには、米国のインテル、テキサス　インスツルメンツ、韓国の三星電子、ハイニックスセミコンダクター、欧州のエステーマイクロエレクトロニクス、インフィニオンテクノロジーズ、エヌエックスピーセミコンダクターズ、日本の東芝、エヌイーシーエレクトロニクス、ルネサステクノロジ（日立と三菱電機の JV)、などがある。

FPD としては、液晶、プラズマ（PDP)、有機 EL 等のディスプレイがあるが、現在のところ液晶パネル市場が大部分を占めている。液晶パネルの主要メーカーは、韓国の三星電子、エルジーディスプレイ、台湾のエーユーオプトロニクス（AUO)、チメイオプトエレクトロニクス（CMO)、日本のシャープ等である。液晶パネルに次ぐプラズマパネルは急激な価格低下が進んで激しい業界再編が行われており、パナソニック、韓国の三星電子、エルジーディスプレイの 3 社に集約が進んでいる。

第２章　フォトマスクに関する特許動向分析

第１節　調査方法と対象とした特許

１．調査方法

フォトマスクに関する特許出願動向について、全体出願・登録動向分析、技術区分別動向分析、出願人（発明者）別動向分析を行った。

特許検索におけるデータベースは、日本への出願については PATOLIS（株式会社パトリスの登録商標)、外国への出願については Derwent World Patents Index（WPINDEX（STN)）を用いた。検索日は日本特許：2008 年 7 月 16 日、海外特許：2008 年 7 月 23 日である。調査対象としては､優先権主張日 2001 年 1 月 1 日から 2006 年 12 月 31 日の特許出願とした｡なお、データベース収録までの時間差により全データが収録されている年が各国で異なっており、特に 2005 年以降は全データが取得されていない場合があることを念頭においておく必要がある。さらに PCT 出願では国内移行までの時間が長く、公表公報発行時期が国内出願の公開（1 年 6 ヵ月）より遅くなる事情もある。

また、登録件数の推移については、特許出願から審査請求までの期間と審査にかかる期間が個別に異なること及び日本においては、従来、出願から 7 年間であった審査請求までの期間が 2001 年 10 月以降の出願から 3 年に短縮されており、現在これらが混在した移行期間であることも念頭におく必要がある。すなわち、今後審査が進むにつれて登録件数は増加する可能性がある。

特許動向分析は、検索された公開公報及び登録公報（韓国、中国、台湾については抄録）の内容から、用途軸、課題軸及び解決手段軸という分析軸を設けて分類した。

表 2-1 に分析軸（小分類まで）を示す。

大分類：用途軸は、露光対象（応用分野)、光源の種別、マスクの種別及び露光システムの種別を中分類とした。

大分類：課題軸はパターン精度の向上、パターン精度の維持、微細化、大面積化、品質・信頼性の向上、マスク製造コストの低減、納期の短縮、環境問題対応、アライメント性向上、互換性、デバイス等応用分野の課題及びその他の課題を中分類とした。

解決手段軸は、大分類として構成要素技術、製造技術、検査・修正技術及び周辺技術とし、これらをさらに中分類以下に分類した。

構成要素技術は材料、構造（層構成等)、パターン構成及びその他に中分類した。製造技術はブランクス製造技術、マスク製造技術、ペリクル装着技術、マスク再生技術、異物洗浄及びその他に中分類した。検査・修正技術は検査、修正、洗浄及びその他に中分類した。周辺技術は保管、運搬、使用管理、位置きめ・固定及びその他に中分類した。

用途､課題及び解決手段がそれぞれ複数個記載されている場合は複数の分類を付与したが、分析の際には用途以外は主たる課題、主たる解決手段についてのみ分析をおこなった。

分類・分析するにあたっては、同一発明を複数の出願先に出願している特許出願、すなわちファミリー特許出願がある場合は、日本、米国、欧州、韓国、中国、台湾及びその他の出願先の順に優先して読み込み､対応する他の特許出願にも同一の分類結果を付与した｡但し、日本への特許出願については全公報を読み込んでいる。なお、ファミリー特許出願の情報は WPI のデータに基づいている。また、出願件数及び登録件数のカウントは、特記のない場合

は、各国・地域への出願の公報一つ一つを個別にカウントする「公報単位」によるカウントの方法で行い、分析している。なお、技術分類作業においてノイズと判断された特許出願は、分析対象から除外した。

表 2-1　分析軸

(a) 用途軸（小分類まで）

大分類	中分類	小分類
用途	露光対象（応用分野）	半導体（微細）
		フラットパネル（微細大型）
		立体物
		磁気ヘッド（MR 素子）
		光学部材（レンズ）
		カラーフィルター
		印刷物
		プリント配線板（PWB）
		汎用
		その他
	光源の種別	可視光
		紫外光（i 線、g 線等）
		エキシマレーザ
		EUV
		X線
		粒子線
		その他
	マスクの種別	ステンシルマスク
		メンブレンマスク
		グレースケールマスク
		テンプレートマスク
		反射型マスク
		その他
	露光システムの種別	ステッパ
		スキャナ
		近接
		近接場光
		密着
		特殊照明（輪帯、傾斜、偏光等）
		液浸
		大面積露光
		つなぎ合わせ（分割）
		多重露光、トリム露光
		その他

(b) 課題軸（小分類まで）

大分類	中分類	小分類
課題	パターン精度の向上	CD精度の向上（線幅寸法精度）
		位置精度の向上
		平坦度向上、反り・応力の補正
		その他
	パターン精度の維持	
	微細化	数値－線幅（nm）
		ラインアンドスペースパターン
		コンタクトホールパターン
		ゲートパターン
		その他
	大面積化	
	品質・信頼性の向上	耐久性
		剛性
		その他
	マスク製造コストの低減	歩留の向上
		スループットの向上
		その他
	納期の短縮	高速化
		その他
	環境問題対応	
	アライメント性向上	
	互換性	
	デバイス等応用分野の課題	品質向上
		歩留向上
		スループットの向上
		その他
	その他	

(c)解決手段軸（小分類まで）

大分類	中分類	小分類
構成要素技術	材料	基板
		遮光膜
		特殊な膜
		位相シフト
		ペリクル
		その他
	構造（層構成等）	基板
		遮光膜
		特殊な膜
		その他
	パターン構成	位相シフト
		OPC
		位相シフト、OPC 以外のパターン
		設計プロセスに特徴
		DFM、LFD
		その他
	その他	
製造技術	ブランクス製造技術	基板形成（洗浄・研磨など）
		成膜
		レジスト
		その他
	マスク製造技術	マスクパターン設計（パターン構成以外）
		描画
		現像
		エッチング
		レジスト除去・洗浄
		その他
	ペリクル装着技術	
	マスク再生技術	不合格品
		使用済み品
		その他
	異物洗浄	
	その他	

大分類	中分類	小分類
検査・修正技術	検査	検査対象
		検査部位
		検査項目
		検査方法
		その他
	修正	修正部位
		修正項目
		修正方法
		その他
	洗浄	
	その他	
周辺技術	保管	マスクホルダー
		その他
	運搬	
	使用管理	
	位置きめ・固定	
	その他	

２．調査対象とした特許出願

今回の調査では、日本への出願、米国への出願、欧州への出願、中国への出願、韓国への出願、台湾への出願を対象にしている。

欧州の特許出願としては、欧州特許庁への出願（EPC 出願）だけでなく、イギリス、フランス、ドイツ、オランダ、イタリア、スイス、フィンランド、スウェーデン、オーストリア、ベルギー、デンマーク、スペイン、アイルランド、ルクセンブルク、ポルトガル、チェコ、ハンガリー、ルーマニア、スロバキア、ノルウェーの各国への特許出願も対象としている。欧州国籍の出願人は上記各国にブルガリア、キプロス、エストニア、ギリシャ、アイスランド、リヒテンシュタイン、リトアニア、ラトビア、マルタ、モナコ、ポーランド、スロベニア、トルコ、クロアチア国籍の出願人を加えた EPC 加盟国としている。

本調査において、分析対象とした特許出願の件数は、日本への出願 3,611 件、米国への出願 2,677 件、欧州への出願 764 件、中国への出願 583 件、韓国への出願 787 件、台湾での登録 410 件であった。なお台湾については、台湾の公開特許が 2005 年以降 WPI に収録されていないため、今回は分析対象を登録特許のみとした。

出願・登録動向の集計グラフにおいて、特に優先権主張年 2006 年の数値は、データベースへの収録の遅れなどに影響されることに注意する必要がある。なお、登録特許は、検索日時点で公報が発行されデータベースに収録されたものを対象にしている。

第２節　全体動向分析

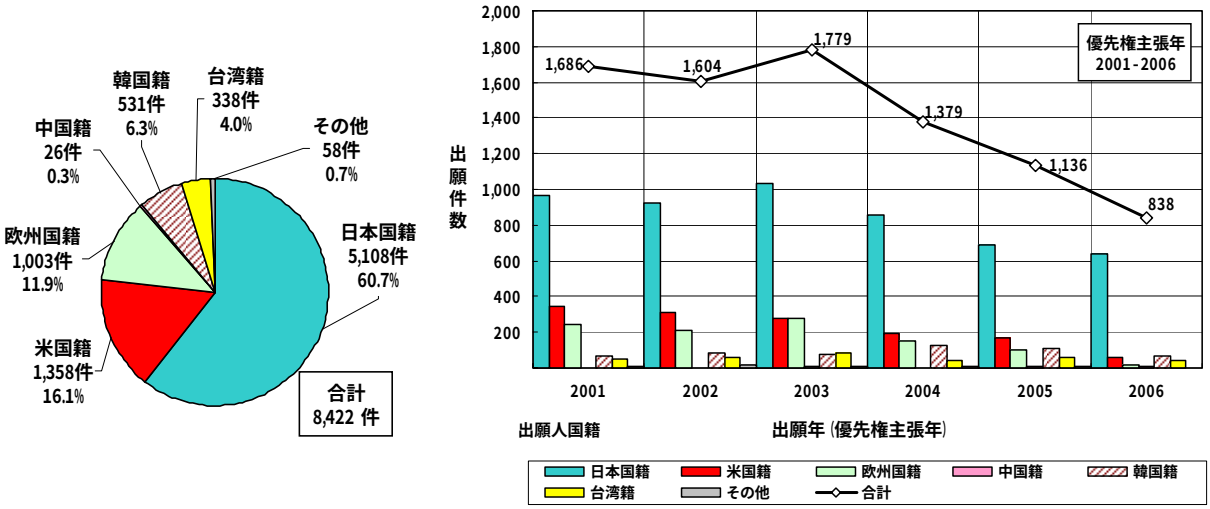
１．全体での出願動向

今回の調査では、日本への出願、米国への出願、欧州への出願、中国への出願、韓国への出願、台湾での登録を分析対象にしている。

日米欧中韓への出願人国籍別出願件数推移と出願人国籍割合を図 2-1 に示す。2001 年から 2003 年まで 1600 件～1800 件であったが、2004 年は減少している。出願人国籍別では、日本国籍による出願件数が圧倒的に多く 60.7%で、次いで米国籍 16.1%、欧州国籍 11.9%、韓国籍 6.3%、台湾籍 4.0%であり、中国籍は 1%以下である。

2001 年～2003 年と比べて 2004 年の出願件数が減少している原因としては、今回の調査で出願人別出願件数ランキングで上位にランキングされているソニー、インフィニオンテクノロジーズ等の半導体メーカーがフォトマスクの研究開発から撤退するなど、2001 年～2003 年は多量に特許出願していた半導体メーカー数が近年、減少していることが原因の一つと考えられる。

図 2-1　出願人国籍別出願件数推移と出願人国籍の割合（日米欧中韓への出願）



注）公報単位でカウント

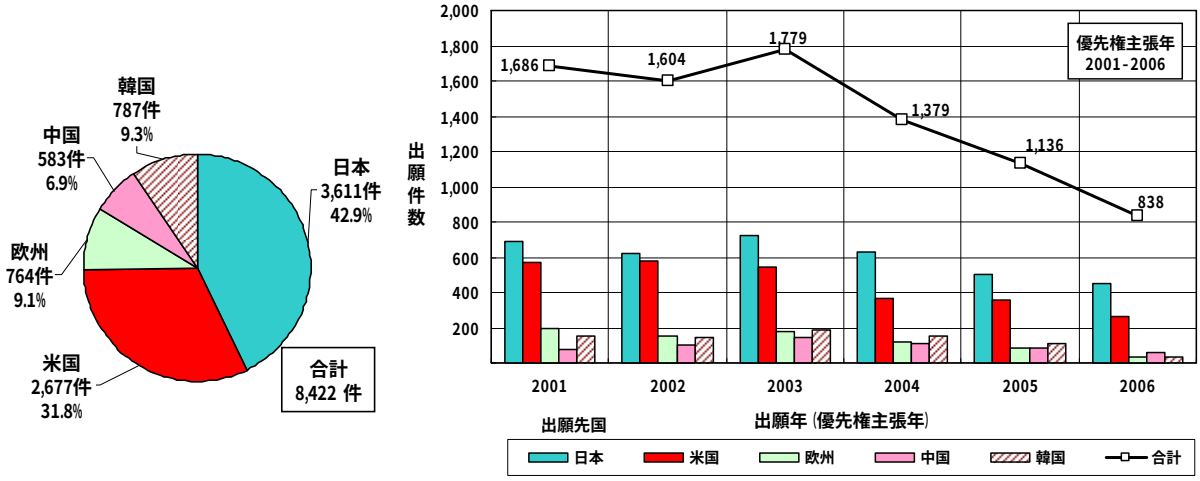
２．出願先国別出願動向

図 2-2 に出願先国別の出願件数推移と出願先国の割合を示す。

各国、地域への出願件数は 2003 年までは中国を除いて横ばいまたは微増である。中国のみはかなり増加している。2004 年はどこも減少に転じており、特に欧州への出願の減少が大きい。

出願先国別の件数割合は日本への出願が 42.9%と最も多く、次いで米国が 31.8%、韓国 9.3%、欧州 9.1%、中国が 6.9%となっている。

図 2-2　出願先国別出願件数推移と出願先国の割合（日米欧中韓への出願）



注）公報単位でカウント

３．出願先国別出願人国籍別出願動向

図 2-3(a)～(e)に各国・地域への出願人国籍別出願件数の推移と出願人国籍の割合を示す。

日本への出願(a)は 2003 年まではほぼ一定で推移したが、2004 年は減少している。出願人国籍別割合では、日本国籍が圧倒的に多く 88.1%を占める。次いで米国籍 4.7%、欧州国籍 4.3%、韓国籍が 2.3%と続いている。

米国への出願(b)は、2003 年までほぼ一定しているが 2004 年で大きく減少している。出願人国籍別割合は日本国籍が 36.2%、米国籍 32.1%、でこの 2 国で大半を占める。その後、欧州国籍が 11.8%、台湾籍が 10.4%、韓国籍が 7.8%と続く。

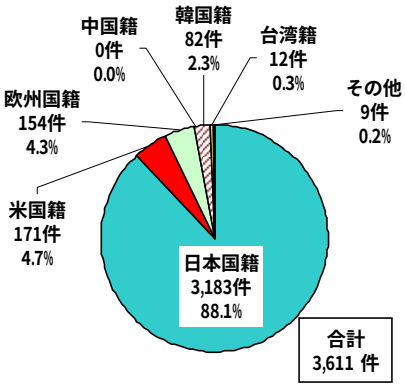
欧州への出願(c)は 2001 年から 2003 年まではほぼ一定であるが、2004 年に減少している。出願人国籍別割合では欧州国籍が 43.8%、日本国籍が 33.8%、米国籍が 18.2%、韓国籍が 2.6%と続いている。

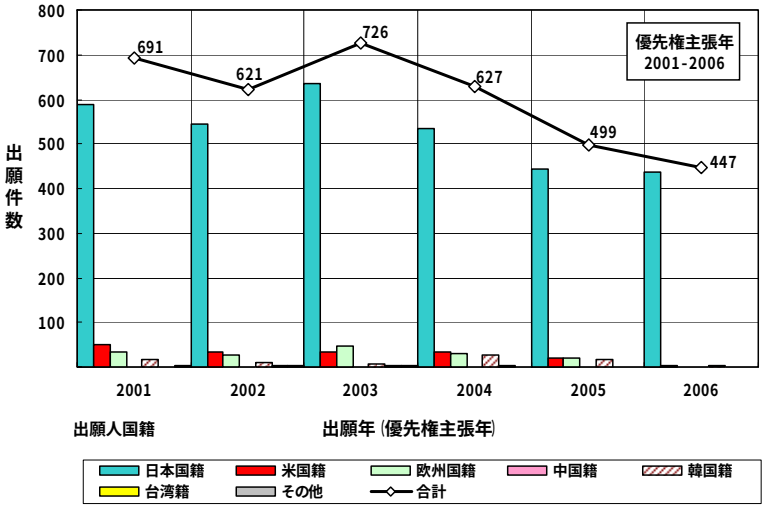
中国への出願(d)は 2001 年から増加し、2003 年をピークとして減少に転じている。出願人国籍別割合は日本国籍 46.5%、米国籍 18.7%、欧州国籍 15.1%、韓国籍 9.8%、台湾籍が 7.2%と続くが、中国籍のものは自国への出願であるにもかかわらず 2.4%の出願件数にとどまっている。

韓国への出願(e)も 2004 年は減少している。出願人国籍別割合は日本国籍 54.3%、韓国籍 20.7%、欧州国籍 14.1%、米国籍が 10.2%と続き、台湾籍、その他の国籍は 1%以下である。

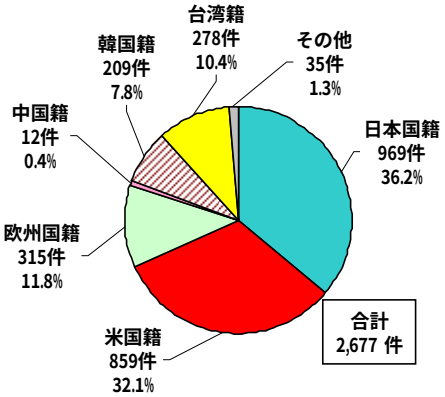
図 2-3　出願先国別－出願人国籍別出願件数推移と出願人国籍の割合　　注）公報単位でカウント

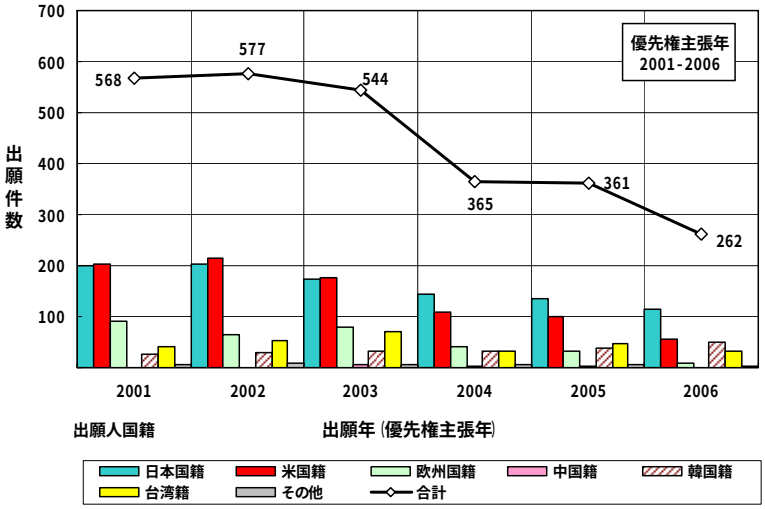
(a)日本への出願



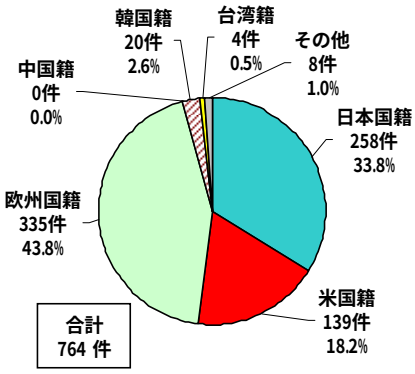


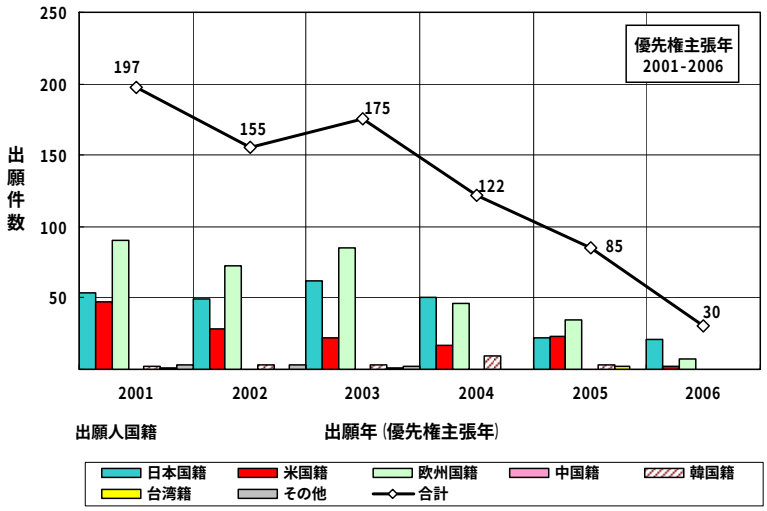
(b)米国への出願



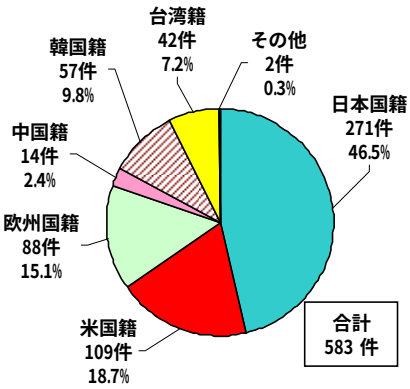


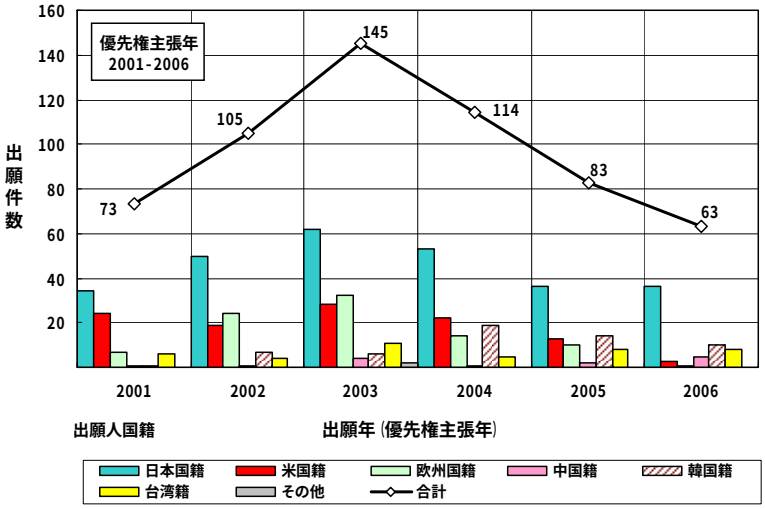
(c)欧州への出願



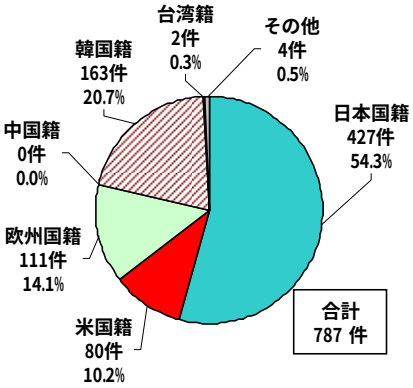


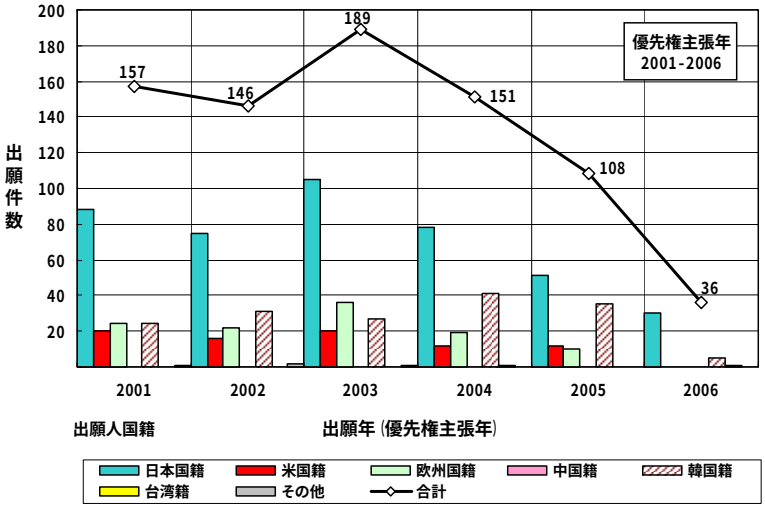
(d)中国への出願





(e)韓国への出願





４．全体動向のまとめ

出願先国別－出願人国籍別出願件数収支

日米欧中韓における出願先国別－出願人国籍別出願件数収支を図 2-4 に示す。

日本から米国への出願件数は 969 件に対し、米国から日本への出願件数は 171 件である。日本から欧州への出願件数は 258 件に対し、欧州から日本への出願件数は 154 件である。日本から韓国への出願件数は 427 件に対し、韓国から日本への出願件数は 82 件である。日本から中国への出願件数は 271 件に対し、中国から日本への出願はない。

米国から欧州への出願件数は 139 件に対し、欧州から米国への出願件数は 315 件である。米国から韓国への出願件数は 80 件に対し、韓国から米国への出願件数は 209 件である。米国から中国への出願件数は 109 件に対し、中国から米国への出願件数は 12 件である。

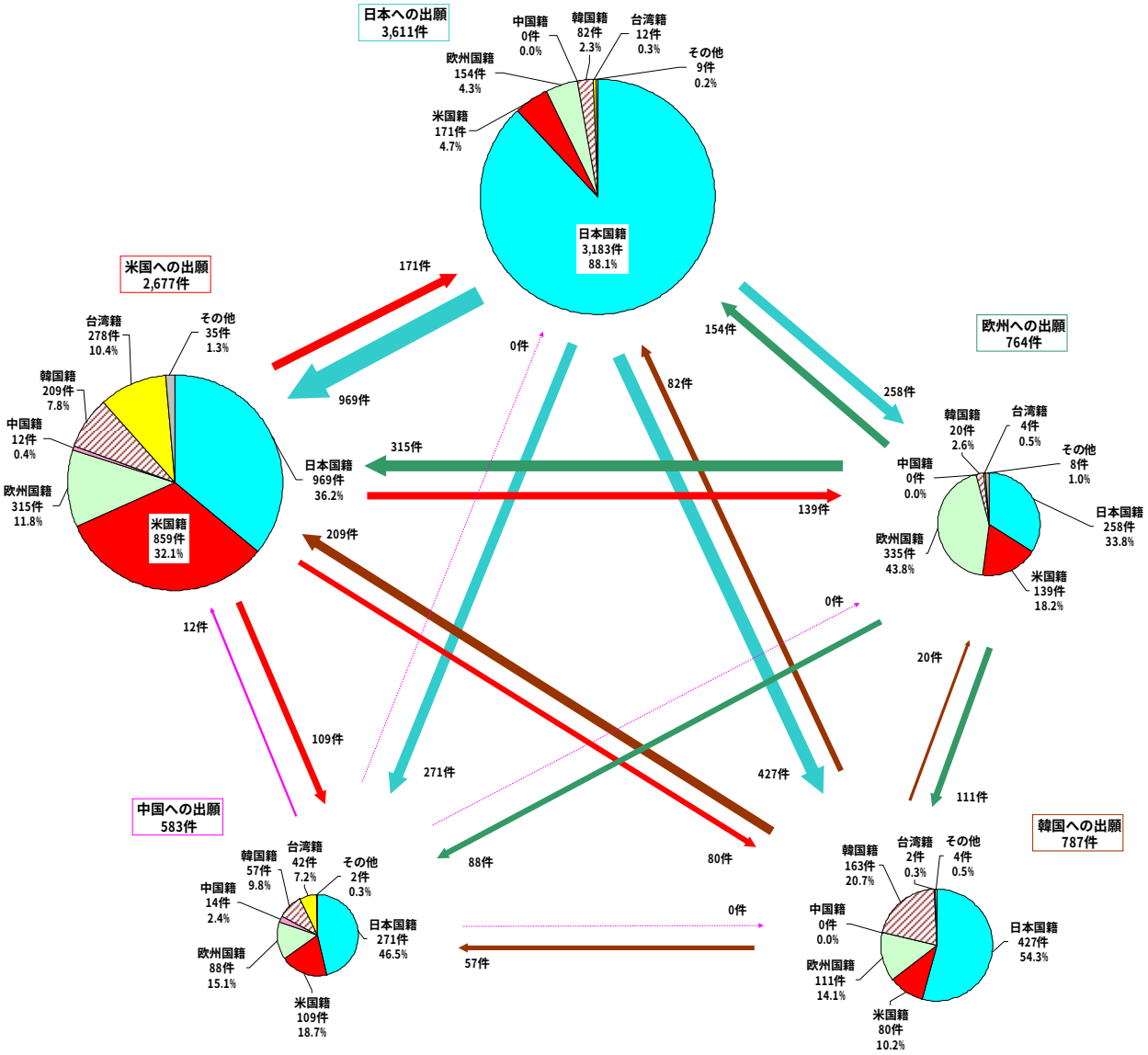
欧州から韓国への出願件数は 111 件に対し、韓国から欧州への出願件数は 20 件である。欧州から中国への出願件数は 88 件に対し、中国から欧州への出願はない。

韓国から中国への出願件数は 57 件に対し、中国から韓国への出願はない。

出願件数収支については、日本は他の全ての国、地域に対して、日本からの出願が日本への出願よりも多い。

図 2-4　出願先国別－出願人国籍別出願件数収支（日米欧中韓への出願）2001 年～2006 年

注）公報単位でカウント



第３節　技術区分別動向分析

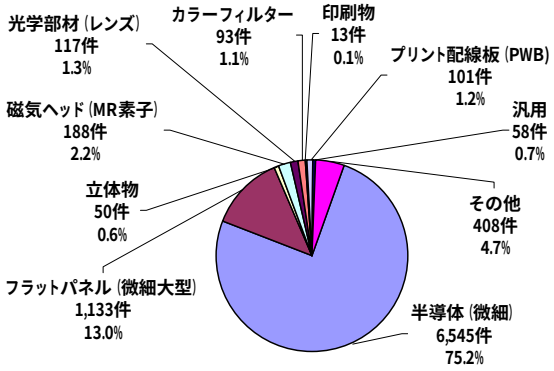
１．技術区分：用途

（１）技術区分「用途（露光対象）」

技術区分「用途（露光対象）」の内訳を図 2-5 に示す。対象とした全特許出願 8,422 件のうち、露光対象を分類付与された出願は 7,333 件であった。

半導体が 75.2%と大半を占めており、フラットパネルが 13.0%で、合わせると 9 割弱に達している。それぞれの出願件数推移と出願人国籍の割合を、図 2-6(a),(b)に示した。半導体用の出願件数は 2001 年～2003 年はほぼ横ばいで、2004 年は減少している。フラットパネルは凹凸はあるものの、出願件数はほぼ一定している。フラットパネルでは日本国籍出願人が 76.0%と大半を占めており、日本国籍出願人の出願件数も若干増加傾向である。

図 2-5　露光対象別の分類付与件数の割合（日米欧中韓への出願）

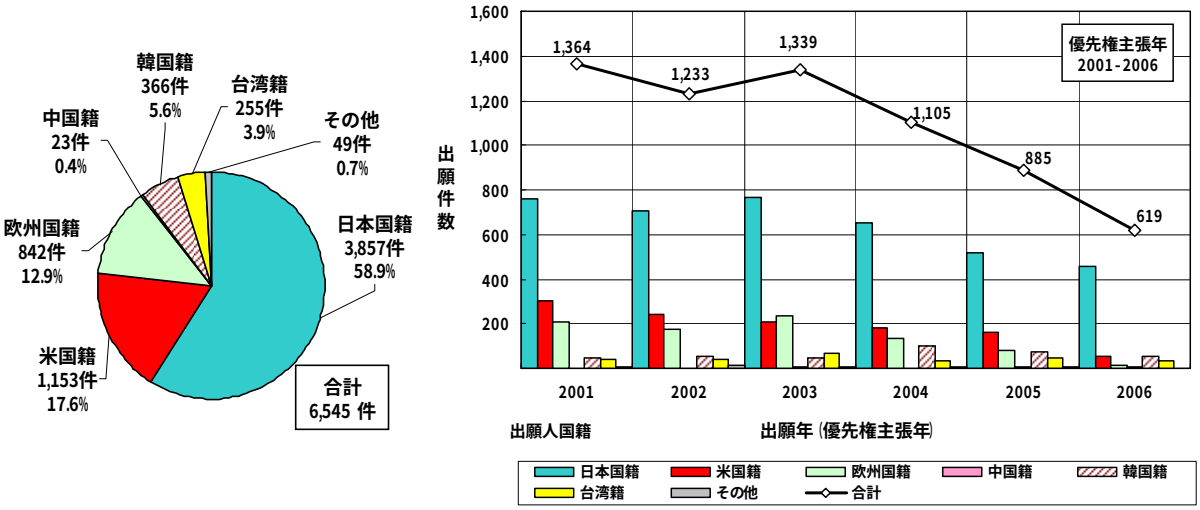


注）公報単位でカウント、複数分類付与の公報有

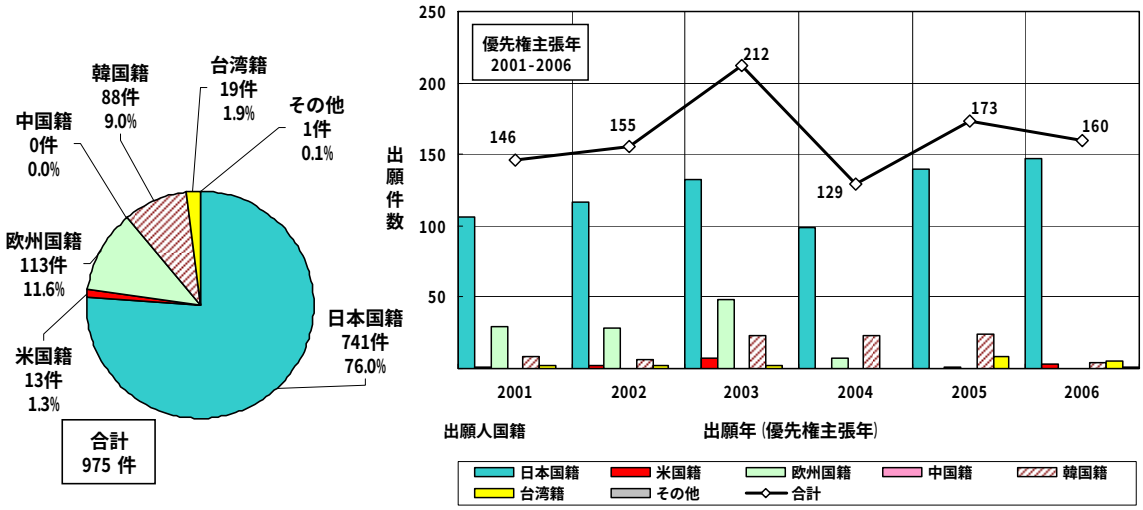
図 2-6　露光対象における出願件数推移と出願人国籍の割合（日米欧中韓への出願）

注）公報単位でカウント

(a)露光対象：半導体



(b)露光対象：フラットパネル



（２）技術区分「用途（光源の種別）」

技術区分「用途（光源の種別）」の内訳を図 2-7 に示す。対象とした全特許出願 8,422 件のうち、光源の種別を分類付与された出願は 2,120 件と少なく、光源を明記していない出願の方が多いことに留意する必要がある。

粒子線が 32.4%、EUV が 29.2%、エキシマレーザが 25.9%と続きこの 3 者で大半を占めている。それぞれの出願件数推移と出願人国籍の割合を図 2-8(a)～(c)に示す。エキシマレーザに関する出願は 2001 年～2003 年に向け増加し、2004 年は減少している。EUV 及び粒子線については 2001 年から 2003 年まではほぼ一定で、2004 年には減少している。

次世代リソグラフィの有力候補である EUV に関しては日本国籍出願人の割合が 45.2%と他の技術区分と比べ少なく、欧州国籍出願人が 31.1%と多くなっている。粒子線は逆に日本国籍出願人が 82.4%と大半を占めている。

図 2-7　光源の種別の分類付与件数の割合（日米欧中韓への出願）

注）公報単位でカウント、複数分類付与の公報有

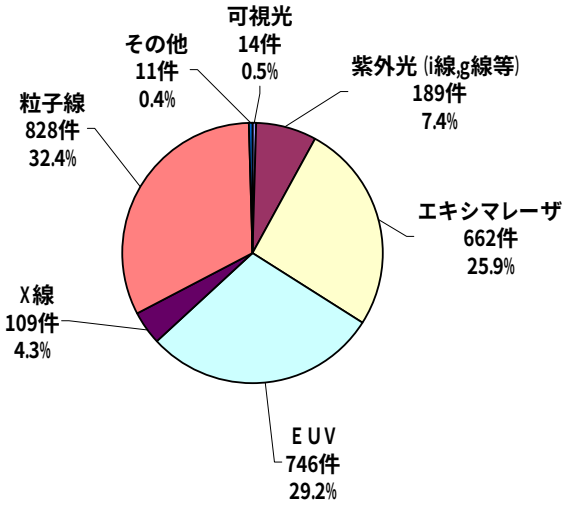
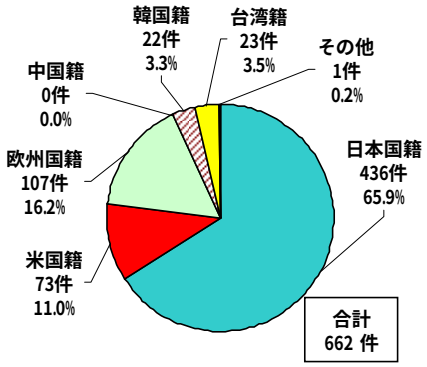
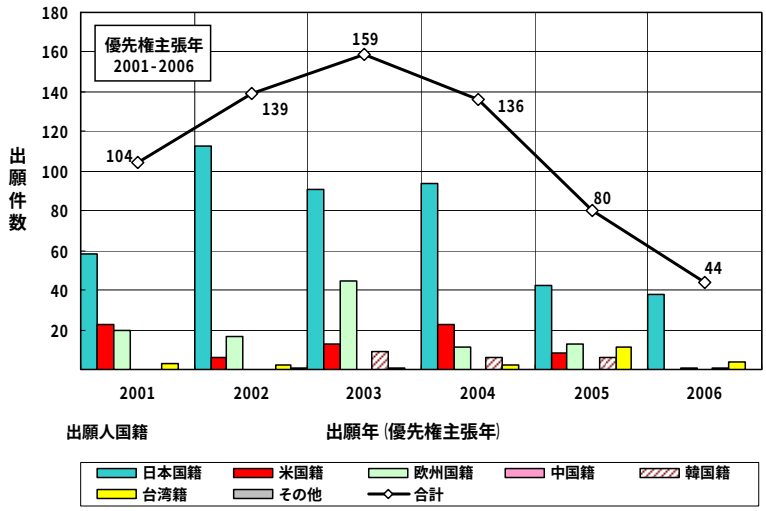


図 2-8　光源の種別の出願件数推移と出願人国籍の割合（日米欧中韓への出願）

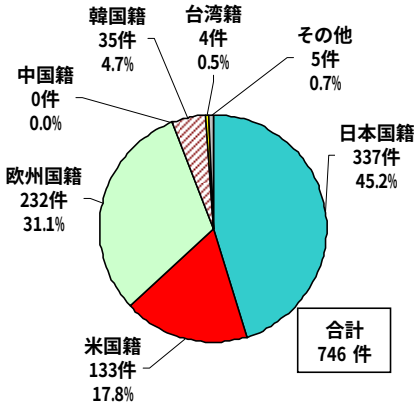
注）公報単位でカウント

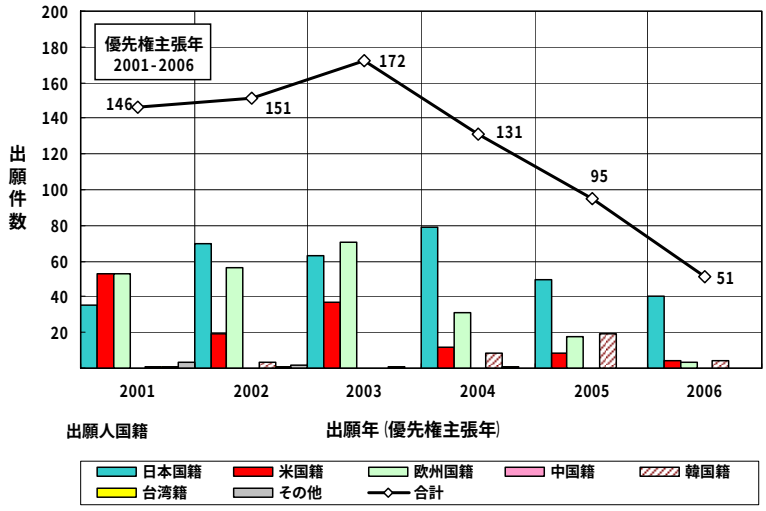
(a)光源の種別：エキシマレーザ



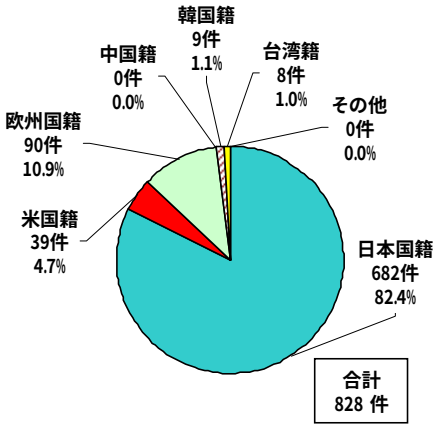


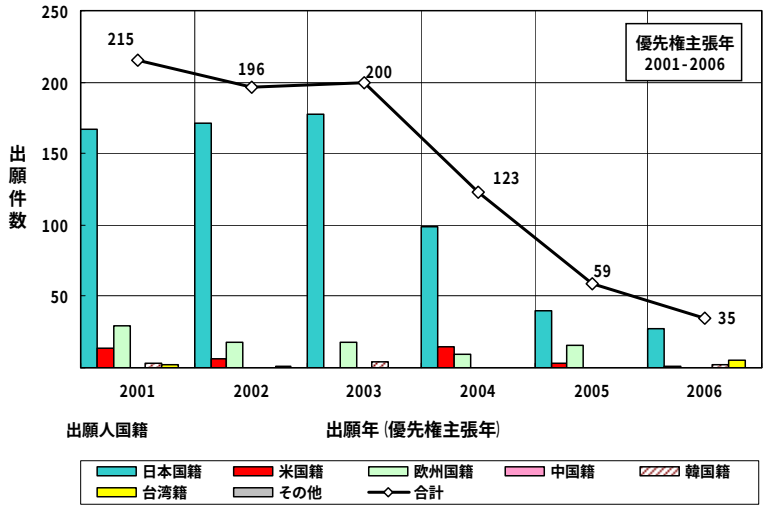
(b)光源の種別：EUV





(c)光源の種別：粒子線

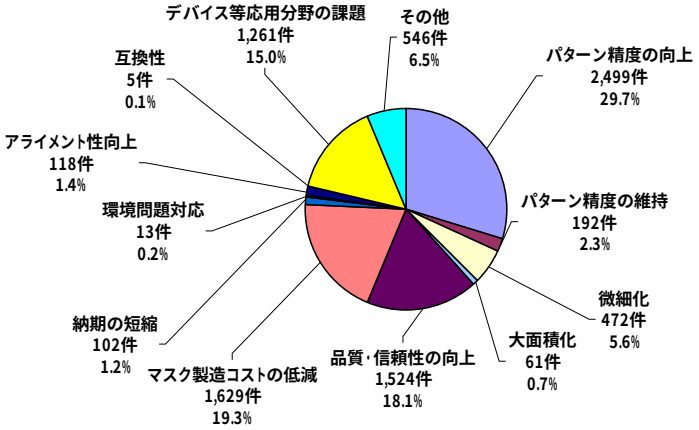




２．技術区分：課題

図 2-9 に課題別の出願件数の割合を示す。パターン精度の向上が 29.7%、マスク製造コストの低減が 19.3%、品質・信頼性の向上が 18.1%、デバイス等応用分野の課題が 15.0%と続く。この 4 課題について、出願件数の推移と出願人国籍の割合を図 2-10(a)～(d)に示す。デバイス等応用分野の課題については、2002 年以降出願件数はほぼ横ばいの推移を示す。パターン精度の向上、マスク製造コストの低減については 2004 年に減少している。品質・信頼性の向上は 2001～2004 年で横ばいである。

図 2-9　課題別の出願件数の割合（日米欧中韓への出願）

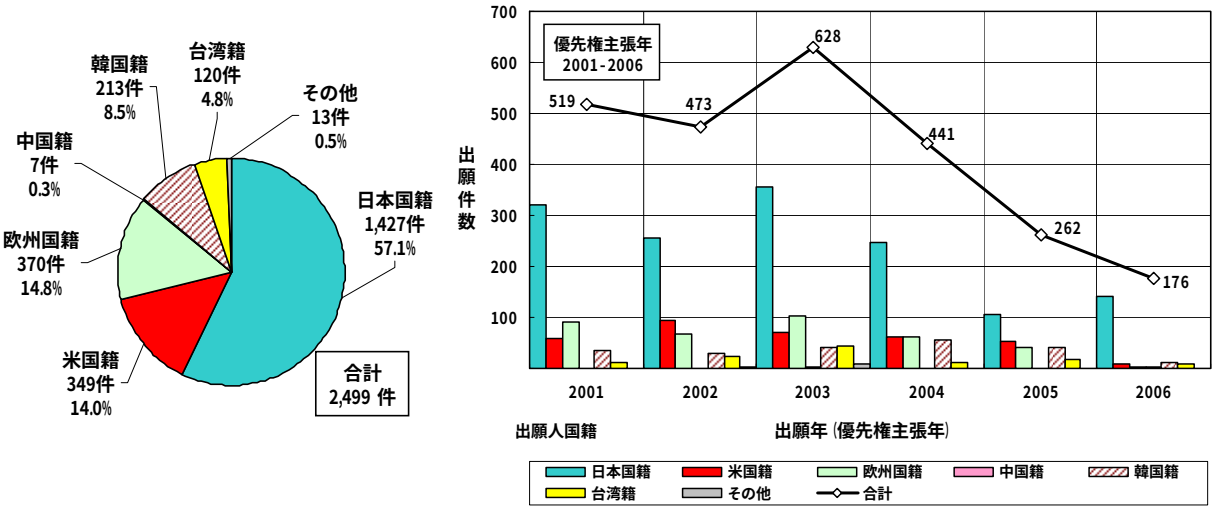


注）公報単位でカウント

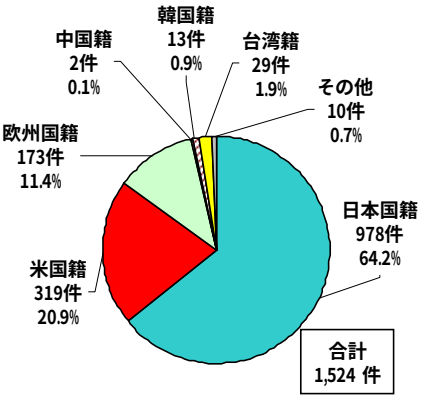
図 2-10　課題別の出願件数推移と出願人国籍の割合（日米欧中韓への出願）

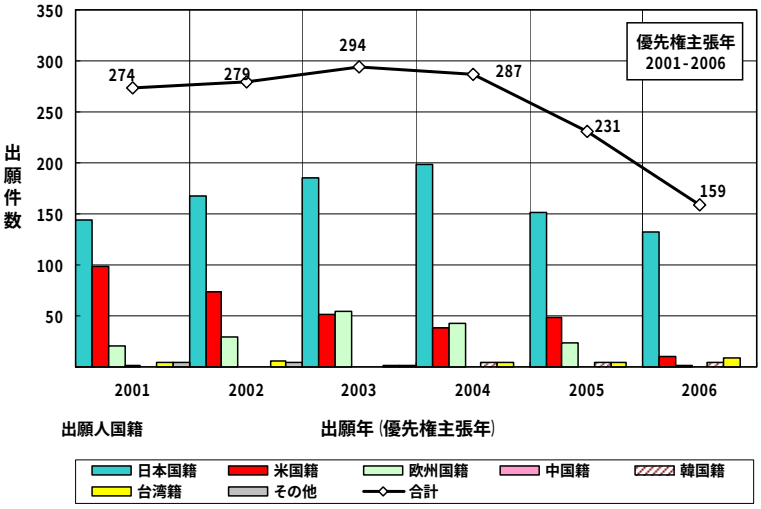
注）公報単位でカウント

(a)課題：パターン精度の向上

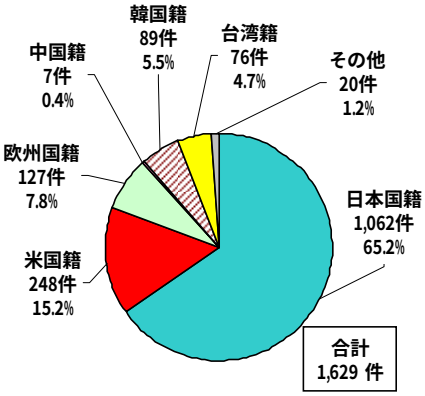


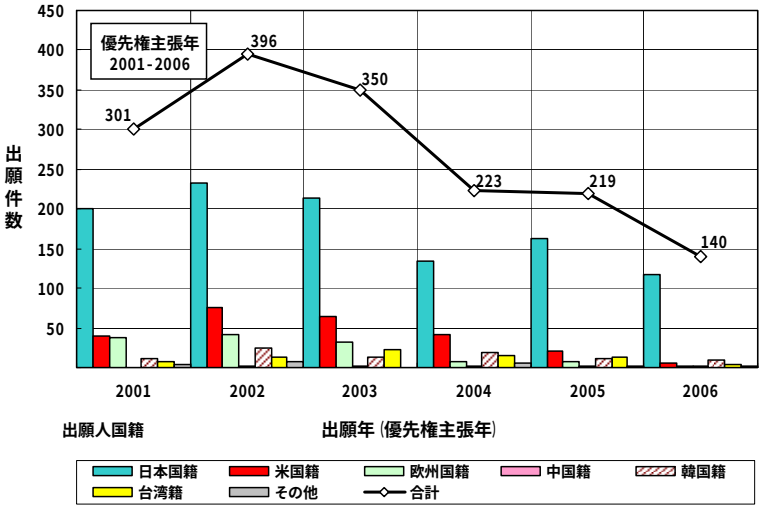
(b)課題：品質・信頼性の向上



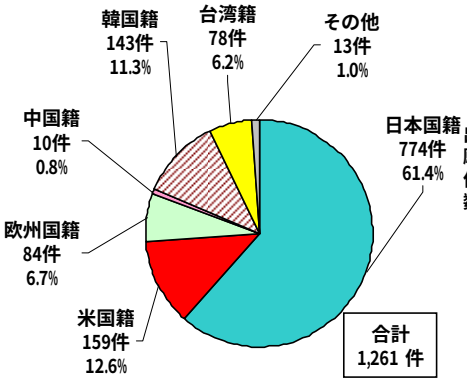


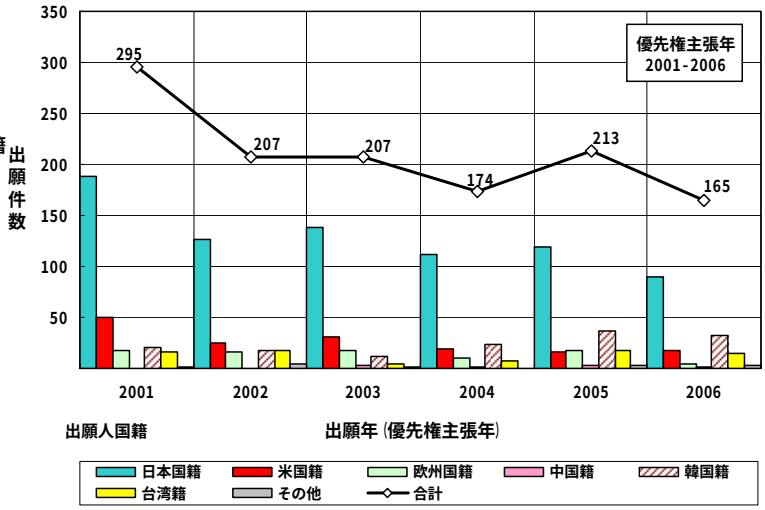
(c)課題：マスク製造コストの低減





(d)課題：デバイス等応用分野の課題

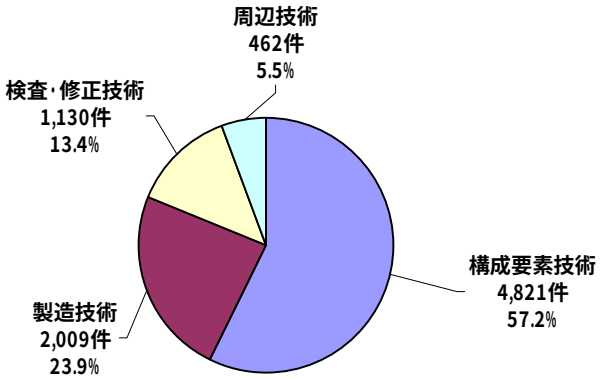




３．技術区分：解決手段

図 2-11 に解決手段別出願件数の割合を示す。構成要素技術が 57.2%と大半を占め、製造技術が 23.9%、検査・修正技術が 13.4%、周辺技術が 5.5%である。

図 2-11　解決手段別の出願件数の割合（日米欧中韓への出願）



注）公報単位でカウント

（１）技術区分－「解決手段：構成要素技術」

構成要素技術の内訳を図 2-12 に示す。パターン構成が 65.9%、材料が 20.5%、構造（層構成等）が 13.2%と続いている。出願件数の推移と出願人国籍の割合を図 2-13(a)～(c)に示す。いずれも出願件数は 2001 年～2004 年でほぼ横ばい又はやや減少している。材料の日本国籍出願人の出願は 2006 年までほぼ横ばいである（2005、2006 年の出願件数は増加する可能性がある）。また、構造（層構成等）の韓国籍出願人の出願は増加傾向を示している。

図 2-12　構成要素技術別の出願件数の割合（日米欧中韓への出願）

注）公報単位でカウント

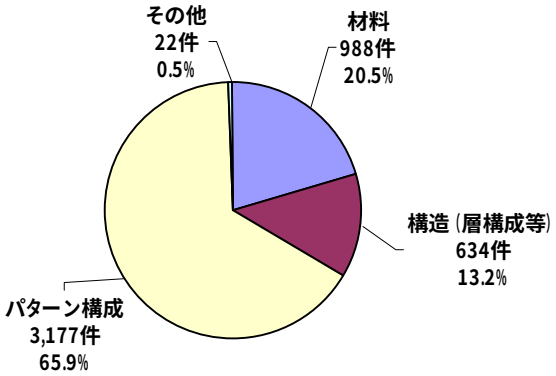
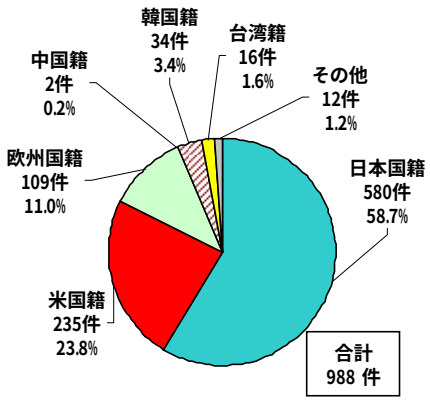
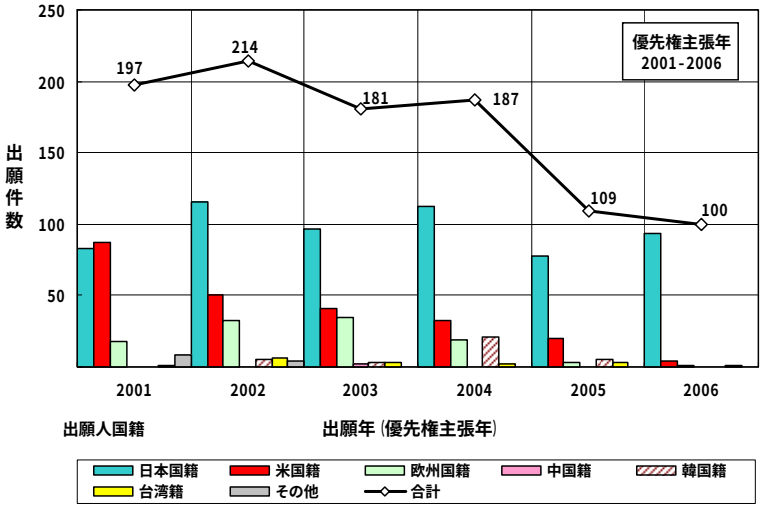


図 2-13　構成要素技術別の出願件数推移と出願人国籍の割合（日米欧中韓への出願）

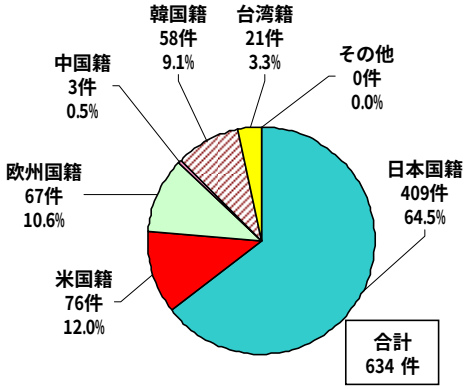
注）公報単位でカウント

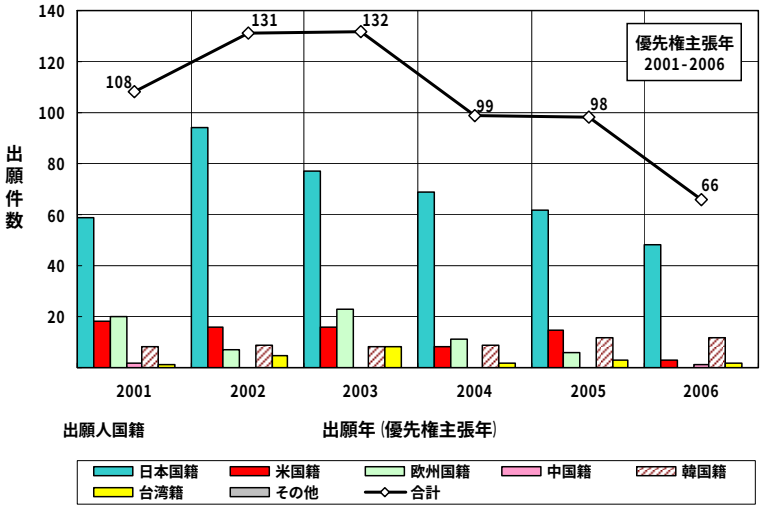
(a) 材料



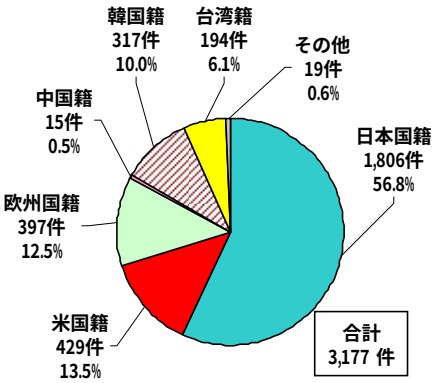


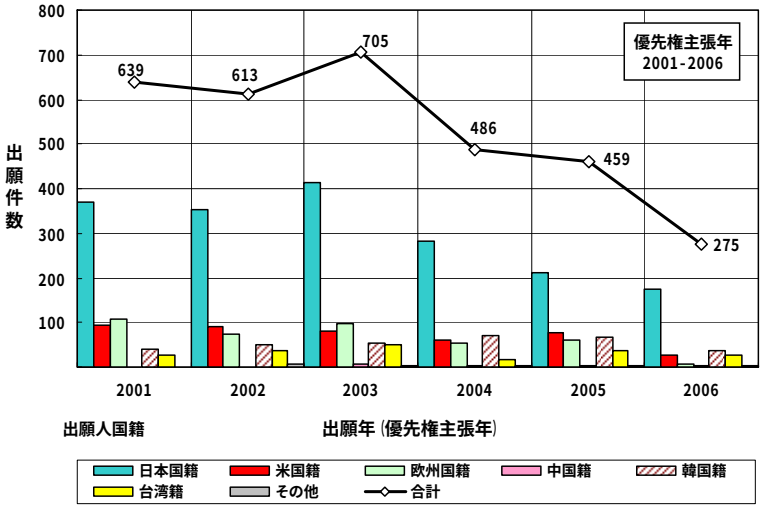
(b) 構造（層構成等）





(c)パターン構成



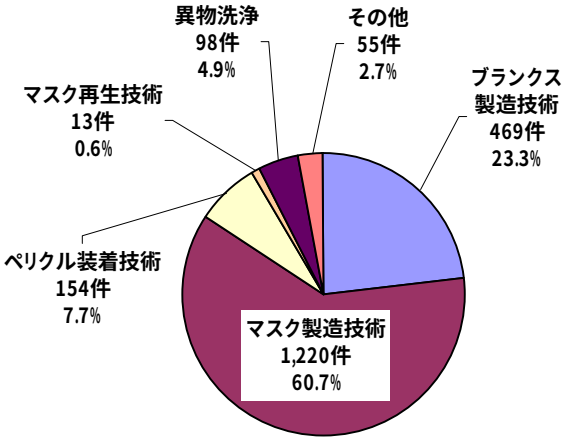


（２）技術区分－「解決手段：製造技術」

製造技術の内訳を図 2-14 に示す。マスク製造技術が 60.7%と大半を占め、ブランクス製造技術が 23.3%、ペリクル装着技術 7.7%と続いている。出願件数の推移と出願人国籍の割合を図 2-15(a),(b)に示す。

マスク製造技術は 2001～2004 年で年毎の増減が大きい。ブランクス製造技術は 2001 年が多く、その後 2004 年までほぼ横ばいである。ブランクス製造技術は日本国籍出願人が 82.3%と、日本が非常に強い分野である。

図 2-14　製造技術別の出願件数の割合（日米欧中韓への出願）

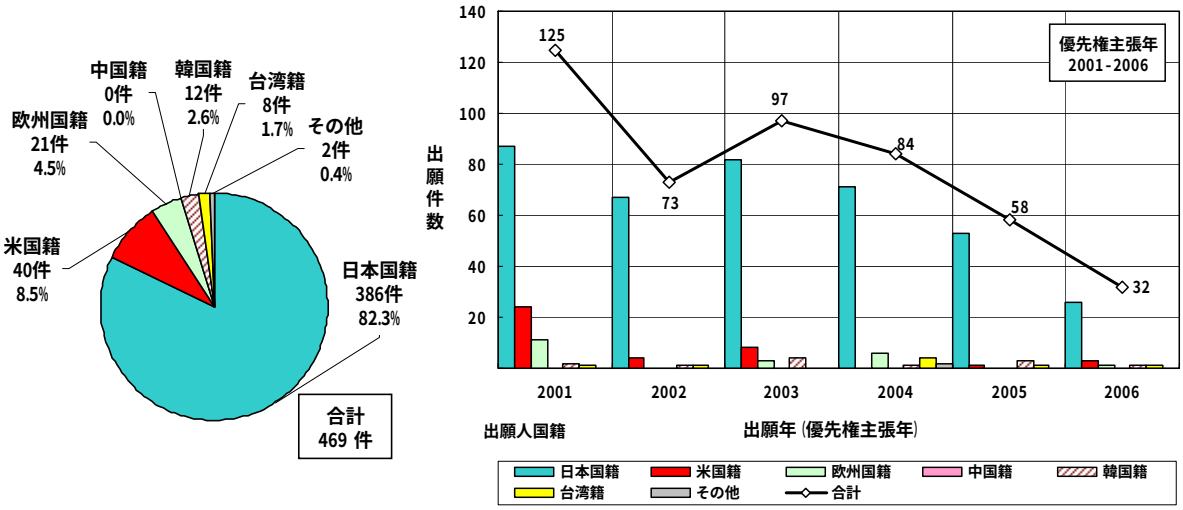


注）公報単位でカウント

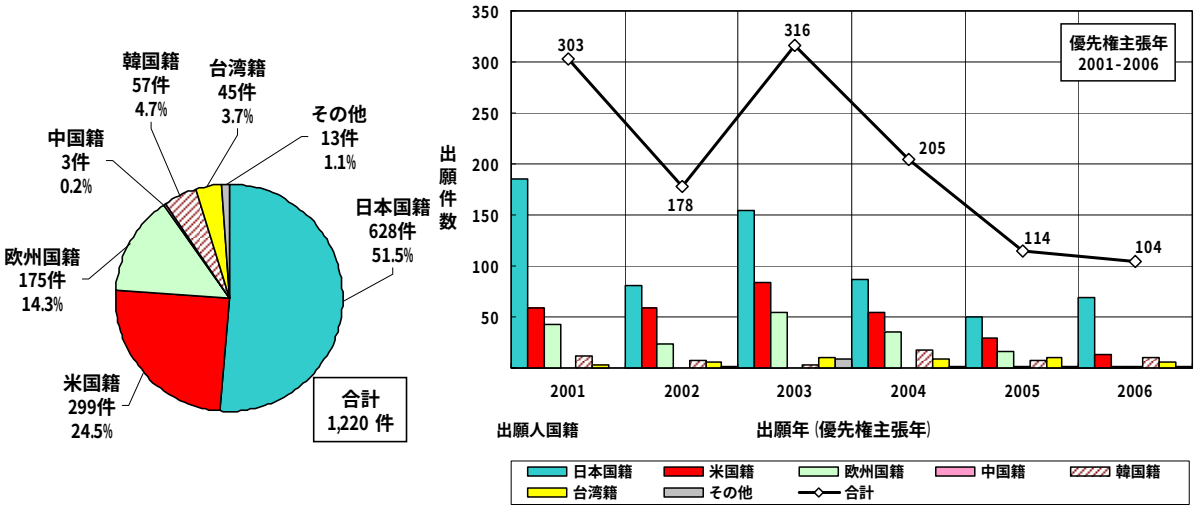
図 2-15　製造技術別の出願件数推移と出願人国籍の割合（日米欧中韓への出願）

注）公報単位でカウント

(a)ブランクス製造技術



(b)マスク製造技術

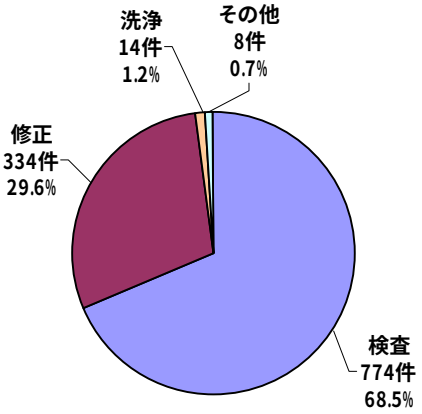


（３）技術区分－「解決手段：検査・修正技術」

検査・修正技術別の出願件数の割合を図 2-16 に示す。検査が 68.5%、修正が 29.6%で、検査技術の出願が多い。出願件数の推移と出願人国籍の割合を図 2-17(a),(b)に示す。

検査技術の出願件数は多少凹凸があるものの、おおよそ同じ水準で推移している。これは、全体的な動向と異なり、検査技術に関しては今も課題があり、その解決のための開発が続けられているものと思われる。この分野では日本国籍出願人が 73.5%と大多数を占めており、出願件数は横ばいである。日本国籍以外の出願人は減少している。修正技術に関しては 2004 年まで横ばいである。韓国籍出願人は増加している。

図 2-16　検査・修正技術別の出願件数の割合（日米欧中韓への出願）

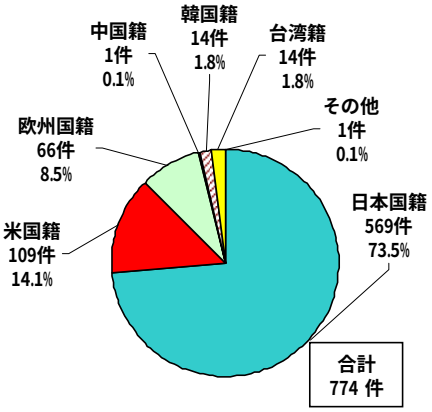


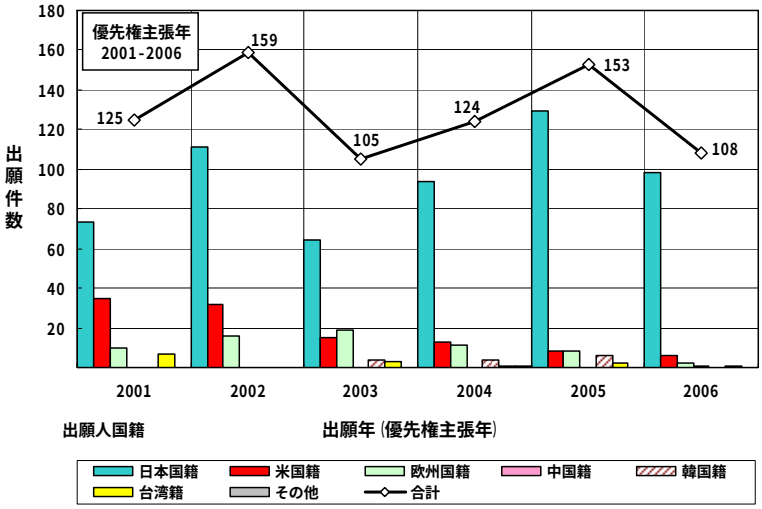
注）公報単位でカウント

図 2-17　検査・修正技術別の出願件数推移と出願人国籍の割合（日米欧中韓への出願）

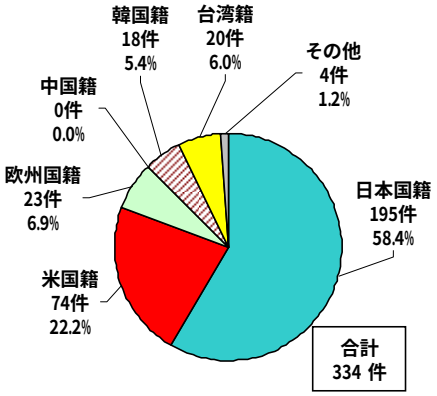
注）公報単位でカウント

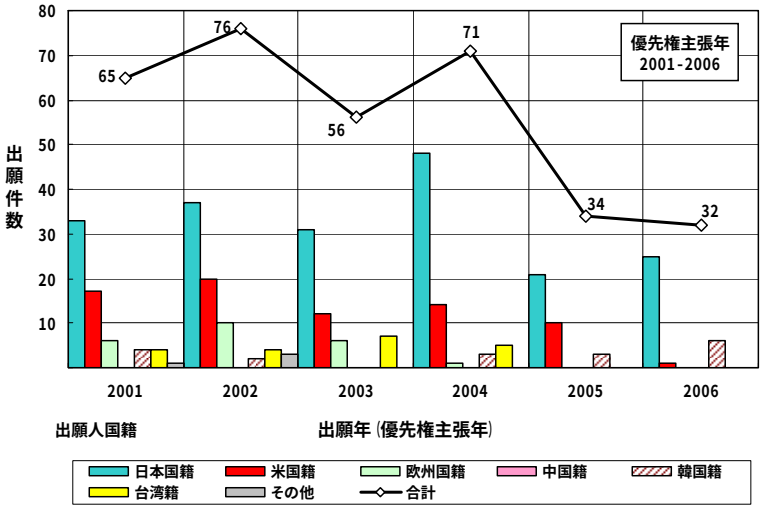
(a)検査技術





(b)修正技術





第４節　注目研究開発テーマ別動向分析

フォトマスクの技術開発における注目研究開発テーマとして、下記の２テーマを選定し分析した。

[1]　半導体の微細化に対応したパターン精度の向上

半導体製造技術の微細化のトレンドはとどまることなく進んでおり、国際半導体技術ロードマップ 2007（ITRS）では、2007 年に hp65nm、2010 年に hp45nm、2013 年に hp32nm、2016 年に hp22nm を達成していくとしている。この半導体の微細化の進展に伴い（または進展させるためには)、半導体パターンの元となっているフォトマスクのパターン精度の向上は必須である。フォトマスク技術において微細化に対応したパターン精度の向上のため、OPC や位相シフトマスク、液浸露光などの超解像技術の開発が行われ、また次世代リソグラフィの有力候補として EUV リソグラフィの開発が行われている。

[2]　描画及び検査工程におけるマスク製造コストの低減

半導体微細化の急速な進展にともない、マスク製作においても高精度が求められるようになり、マスクの製作コストも急激に増大している。半導体産業の競争力強化には、マスク製造コストの低減は必須である。

マスクの製造コストは、描画工程が約 35%、検査工程が約 40%、材料・プロセスが約 15%、データ処理が約 10%と見積もられていた（NEDO「高効率マスク製造装置技術開発プロジェクト」事業原簿（公開）8 頁)。描画工程及び検査工程がマスクの製造コストの約 75%を占めており、マスク製造コストの削減のためには、描画工程と検査工程の改善策が最も重要となる。

描画では、デジタルミラーデバイスを利用して広い面積にわたり一括露光することで、パターン形成に要する時間を大幅に短縮する技術等が検討されている。また、描画におけるマスクショット数の削減とともに、OPC パターンを、必要性や効果の観点から最適化してデータ量を低減することで、パターン形成に要する時間を短縮することも重要である。

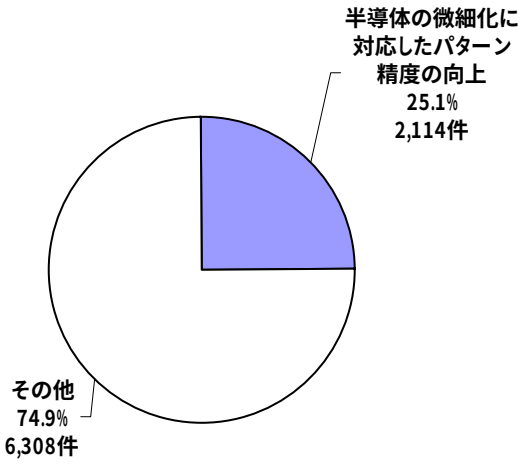
一方、マスク検査では、デバイス性能への影響が軽微な欠陥を判定し、良品として救済することにより、マスクの歩留まりを向上させるような欠陥検査技術の開発が求められている。

１．半導体の微細化に対応したパターン精度の向上

図 2-18 に対象とした全特許出願に対する半導体の微細化に対応したパターン精度の向上が占める割合（日米欧中韓への出願）、図 2-19 に出願人国籍別出願件数の推移と出願人国籍の割合（日米欧中韓への出願）を示す。

全出願に対する半導体の微細化に対応したパターン精度の向上が占める割合は 25.1%と非常に大きく、フォトマスク技術における最重要テーマといえる。出願件数は 2001 年～2003 年にかけてほぼ横ばいで 2004 年は減少している。出願人国籍別割合は日本国籍が 56.0%と大半を占め、欧州国籍が 15.8%、米国籍が 14.0%、韓国籍が 8.6%と続いている。2004 年に全体の出願件数が減少した中で、韓国籍出願人の出願が増加しているのが注目される。

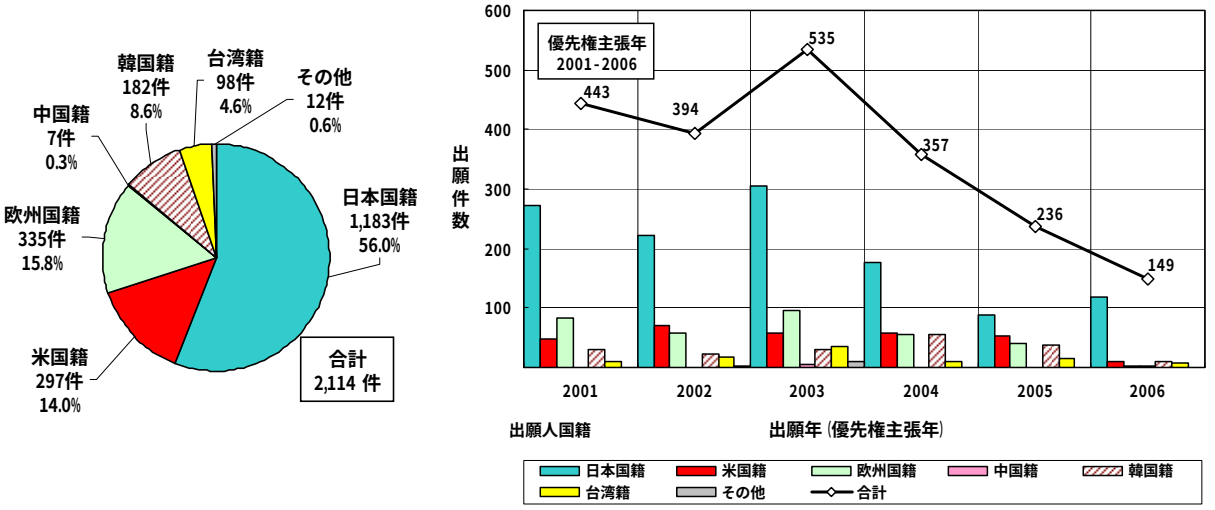
図 2-18　半導体の微細化に対応したパターン精度の向上が占める全出願に対する割合（日米欧中韓への出願）



注）公報単位でカウント

図 2-19　半導体の微細化に対応したパターン精度の向上における出願人国籍別出願件数推移と出願人国籍の割合（日米欧中韓への出願）

注）公報単位でカウント



２．描画及び検査工程におけるマスク製造コストの低減

図 2-20(a)～(c)にそれぞれ「描画及び検査工程のマスク製造コスト低減」と、描画工程、検査工程に分けた「マスク製造コスト低減」の 3 テーマにつき、出願人国籍別出願件数推移と出願人国籍の割合（日米欧中韓への出願）を示した。

「描画工程のマスク製造コスト低減」の分類に入る出願件数が非常に少なかったため、「描画及び検査工程のマスク製造コスト低減」は「検査工程のマスク製造コスト低減」とほとんど同じになっている。

「描画工程のマスク製造コスト低減」では出願件数が非常に少なく、また出願件数推移では凹凸が大きい。

出願人国籍の内訳は日本が 75.4%と大多数を占めており、欧州が 20.0%である。

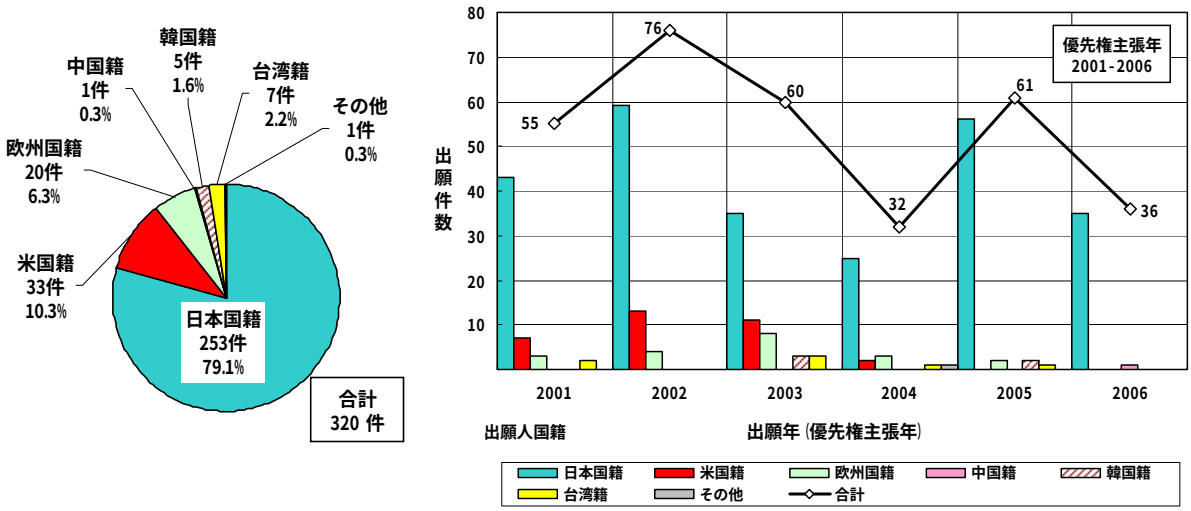
「検査工程のマスク製造コスト低減」では、2002 年と 2005 年に２つのピークを持つ分布をしている。出願人国籍の割合は日本が 80.0%と大半を占め、米国が 11.8%であるが、近年（2004 年～2006 年）はほとんど日本国籍出願人のみとなっていて、特に米国籍の出願はなくなっている。

件数は多くないが、描画工程、検査工程ともに、マスク製造コスト低減は日本国籍出願人が大多数で、日本において注力しているテーマといえる。特に近年（2004 年～2006 年）はほとんど日本国籍出願人のみとなっている。

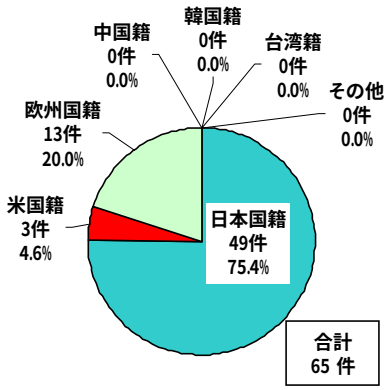
図 2-20　描画及び検査工程のマスク製造コスト低減における出願人国籍別出願件数推移と出願人国籍の割合（日米欧中韓への出願）

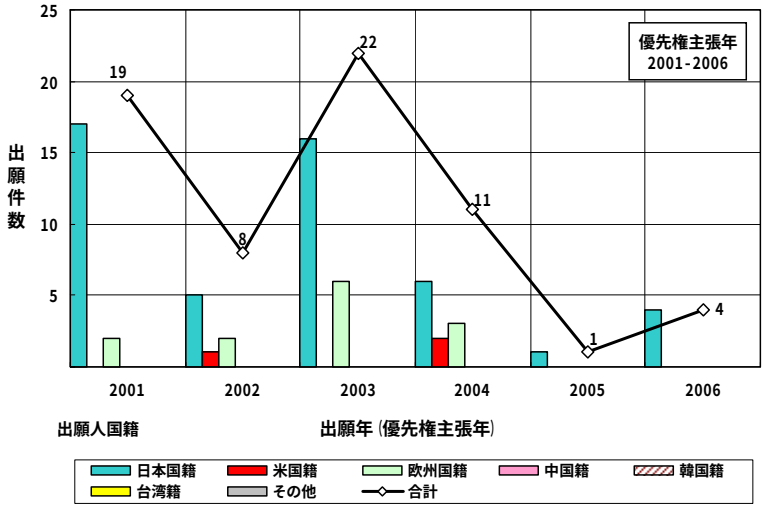
注）公報単位でカウント

(a)「描画及び検査工程のマスク製造コスト低減」

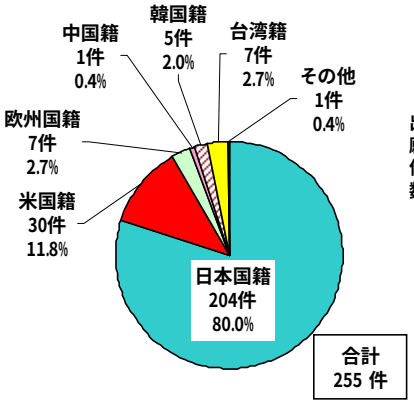


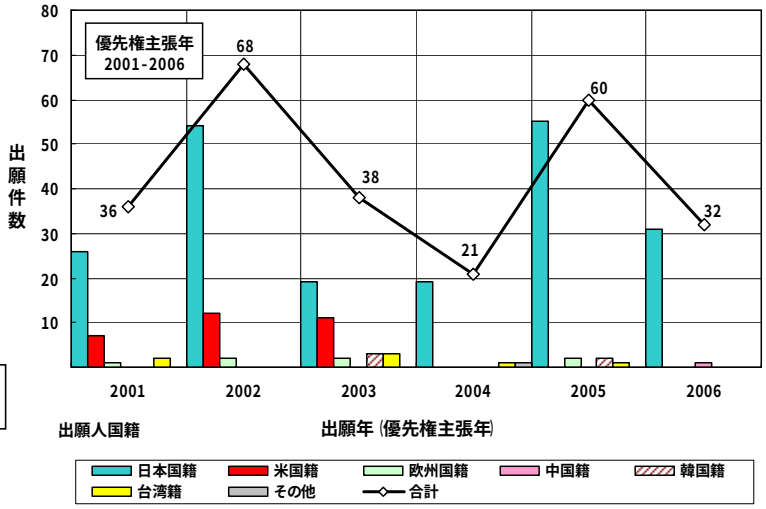
(b)「描画工程のマスク製造コスト低減」





(c)「検査工程のマスク製造コスト低減」





第５節　出願人別動向分析

１．日米欧中韓への出願及び出願先国別の出願動向

日米欧中韓への全体の出願件数の出願人上位ランキングを表 2-2 に示す。また、出願先国別の全体の出願件数の出願人上位ランキングを表 2-3 に示す。表は出願人の国籍によって色分けして示している。

日米欧中韓への出願件数でみると、上位 3 社は日本国籍出願人であり、上位 10 社を見ても 7 社までが日本国籍出願人となっており、日本国籍出願人の優位性が目立っている。出願件数上位は全て民間企業であり、フォトマスク分野では海外も含めて大学・研究機関からの特許出願は非常に少ない。

出願先国別でみると、日本への出願では上位 10 社全て日本国籍である。米国、中国、韓国それぞれへの出願でも 1 位は日本国籍出願人ではあるが、オランダのエーエスエムエルグループ、韓国の三星電子、ドイツのインフィニオンテクノロジーズ、米国のインターナショナル　ビジネス　マシーンズ（IBM）等が海外への出願では上位に入っている。欧州への出願ではインフィニオンテクノロジーズとエーエスエムエルグループが 1､2 位を占めている。また、米国への出願では 1 位は東芝であるが、2～6 位は海外国籍出願人である。

表 2-2　出願人別全体の出願件数ランキング（日米欧中韓への出願）

順位	出願人（国籍）	出願件数
1	東芝（日本）	599
2	HOYA（日本）	573
3	ソニー（日本）	494
4	エーエスエムエルグループ（オランダ）	382
5	ニコン（日本）	342
6	凸版印刷（日本）	330
7	ルネサステクノロジ（日本）	304
8	三星電子（韓国）	294
9	インフィニオンテクノロジーズ（ドイツ）	273
10	信越化学工業（日本）	269
11	富士通（日本）	251
12	パナソニック（日本）	202
13	大日本印刷（日本）	188
14	インターナショナル　ビジネス　マシーンズ（IBM）（米国）	172
15	台湾積体電路製造（台湾）	140
16	セイコーエプソン（日本）	135
17	エヌイーシーエレクトロニクス（日本）	120
17	キヤノン（日本）	120
19	インテル（米国）	118
20	旭硝子（日本）	115
21	アプライド　マテリアルズ（米国）	99
22	ハイニックス　セミコンダクター（韓国）	94
23	エスアイアイ･ナノテクノロジー（日本）	87
24	シャープ（日本）	69
25	大日本スクリーン製造（日本）	66
26	ニューメリカル　テクノロジーズ（米国）	61
26	アドバンスド　マイクロデバイス（米国）	61
28	フリースケール　セミコンダクター（米国）	58
29	29 位 3 社	56

注）公報単位でカウント

表 2-3　出願先国別出願人別全体の出願件数ランキング

日本への出願			米国への出願			欧州への出願			中国への出願			韓国への出願		
順位	出願人	出願件数	順位	出願人	出願件数	順位	出願人	出願件数	順位	出願人	出願件数	順位	出願人	出願件数
1	ソニー（日本）	343	1	東芝（日本）	188	1	インフィニオンテクノロジーズ（ドイツ）	124	1	HOYA（日本）	56	1	HOYA（日本）	108
2	東芝（日本）	293	2	インフィニオンテクノロジーズ（ドイツ）	119	2	エーエスエムエルグループ（オランダ）	80	2	エーエスエムエルグループ（オランダ）	50	2	三星電子（韓国）	87
3	HOYA（日本）	286	3	三星電子（韓国）	114	3	HOYA（日本）	36	3	東芝（日本）	46	3	エーエスエムエルグループ（オランダ）	66
4	凸版印刷（日本）	265	3	台湾積体電路製造（台湾）	114	4	信越化学工業（日本）	35	4	三星電子（韓国）	27	4	東芝（日本）	51
5	ニコン（日本）	240	5	インターナショナル　ビジネス　マシーンズ（IBM）（米国）	111	5	ソニー（日本）	32	5	インターナショナル　ビジネス　マシーンズ（IBM）（米国）	23	5	信越化学工業（日本）	48
6	ルネサステクノロジ（日本）	158	6	エーエスエムエルグループ（オランダ）	108	6	カールツァイス　エスエムティ（ドイツ）	29	6	台湾積体電路製造（台湾）	22	6	ソニー（日本）	40
7	富士通（日本）	148	7	HOYA（日本）	87	7	ニコン（日本）	24	7	信越化学工業（日本）	21	7	ルネサステクノロジ（日本）	38
8	大日本印刷（日本）	127	8	インテル（米国）	77	8	東芝（日本）	21	8	パナソニック（日本）	20	8	ハイニックス　セミコンダクター（韓国）	27
9	信越化学工業（日本）	122	9	ソニー（日本）	71	9	凸版印刷（日本）	20	8	ルネサステクノロジ（日本）	20	9	ニコン（日本）	20
10	パナソニック（日本）	117	9	富士通（日本）	71	10	ルネサステクノロジ（日本）	18	10	インテル（米国）	14	10	アプライド　マテリアルズ（米国）	17
11	セイコーエプソン（日本）	96	11	ルネサステクノロジ（日本）	70	11	アプライド　マテリアルズ（米国）	17	10	ハイニックス　セミコンダクター（韓国）	14	11	凸版印刷（日本）	16
12	エーエスエムエルグループ（オランダ）	78	12	マイクロン　テクノロジー（米国）	52	11	インテル（米国）	17	10	富士通（日本）	14	12	エヌイーシーエレクトロニクス（日本）	13
13	キヤノン（日本）	72	13	ニコン（日本）	46	13	大日本印刷（日本）	15	13	セイコーエプソン（日本）	12	13	パナソニック（日本）	12
14	エスアイアイ･ナノテクノロジー（日本）	66	14	パナソニック（日本）	44	14	フランス原子力庁（フランス）	14	13	ニコン（日本）	12	13	大日本印刷（日本）	12
15	エヌイーシーエレクトロニクス（日本）	64	15	信越化学工業（日本）	43	14	旭硝子（日本）	14	15	トッパンフォトマスク（米国）	11	15	エルジーフィリップスエルシーディ（韓国）	11
16	旭硝子（日本）	62	16	アドバンスド　マイクロデバイス（米国）	40	16	三星電子（韓国）	13	15	凸版印刷（日本）	11	15	旭硝子（日本）	11
17	三星電子（韓国）	53	16	ニューメリカル　テクノロジーズ（米国）	40	17	コニン　フィリップス　エレクトロニクス（オランダ）	12	17	聯華電子（UMC）（台湾）	10	17	コニン　フィリップス　エレクトロニクス（オランダ）	10
18	シャープ（日本）	46	18	シノプシス（米国）	38	18	ショット（ドイツ）	11	18	コニン　フィリップス　エレクトロニクス（オランダ）	9	17	東部ハイテック（韓国）	10
19	大日本スクリーン製造（日本）	39	19	ハイニックス　セミコンダクター（韓国）	37	19	キヤノン（日本）	10	18	中芯国際集成電路製造（SMIC）（中国）	9	17	富士通（日本）	10
20	東京精密（日本）	36	20	エヌイーシーエレクトロニクス（日本）	36	20	20 位 4 社	9	20	20 位 4 社	8	20	20 位 2 社	9

注）公報単位でカウント

２．技術区分別動向

技術区分別の出願動向では、ほとんど全ての技術区分で日本国籍出願人が上位を占めているが、有力な次世代リソグラフィ候補である用途（光源の種別：EUV）に関しては 1 位がエーエスエムエルグループである。上位 10 社のうち、5 社が日本国籍以外の出願人となっていることは注目される。

用途（光源の種別：EUV）及び代表的な解決手段であるパターン構成、マスク製造技術、検査技術について日米欧中韓への出願件数の出願人上位ランキングを表 2-4 から表 2-7 までに示す。検査技術では上位 8 社は全て日本国籍出願人である。米国のケーエルエー　テンコール　テクノロジーズ等の海外の有力な検査装置メーカーは、今回の調査範囲の結果ではあまり特許出願をしていない。

表 2-4　用途（光源の種別：EUV）における出願人別出願件数ランキング（日米欧中韓への出願）

順位	出願人（国籍）	出願件数
1	エーエスエムエルグループ（オランダ）	139
2	HOYA（日本）	88
3	ニコン（日本）	72
4	インテル（米国）	62
5	旭硝子（日本）	42
6	ソニー（日本）	36
7	インフィニオンテクノロジーズ（ドイツ）	35
7	三星電子（韓国）	30
9	凸版印刷（日本）	26
10	ショット（ドイツ）	21

注）公報単位でカウント

表 2-5　解決手段：パターン構成における出願人別出願件数ランキング（日米欧中韓への出願）

順位	出願人（国籍）	出願件数
1	東芝（日本）	332
2	ソニー（日本）	254
3	エーエスエムエルグループ（オランダ）	244
4	三星電子（韓国）	186
5	ルネサステクノロジ（日本）	163
6	パナソニック（日本）	158
7	富士通（日本）	146
8	ニコン（日本）	133
9	インフィニオンテクノロジーズ（ドイツ）	120
10	セイコーエプソン（日本）	101

注）公報単位でカウント

表 2-6　解決手段：マスク製造技術における出願人別出願件数ランキング（日米欧中韓への出願）

順位	出願人（国籍）	出願件数
1	ソニー（日本）	95
2	東芝（日本）	54
3	富士通（日本）	53
4	インフィニオンテクノロジーズ（ドイツ）	50
4	HOYA（日本）	50
6	大日本印刷（日本）	45
7	インターナショナル　ビジネス　マシーンズ（IBM）（米国）	44
8	アプライド　マテリアルズ（米国）	40
8	ルネサステクノロジ（日本）	40
10	マイクロニック　レーザ　システムズ（スウェーデン）	37

注）公報単位でカウント

表 2-7　解決手段：検査技術における出願人別出願件数ランキング（日米欧中韓への出願）

順位	出願人（国籍）	出願件数
1	東芝（日本）	115
2	HOYA（日本）	68
3	アドバンスド　マスク　インスペクション　テクノロジー（日本）	55
4	ソニー（日本）	47
5	レーザーテック（日本）	29
5	富士通（日本）	29
7	ニコン（日本）	28
8	凸版印刷（日本）	26
9	9 位 3 社	24

注）公報単位でカウント

３．注目出願人の出願動向

注目出願人として、研究開発リーダー9 社、ビジネスリーダー4 社の合計 13 社を選定し、それらの出願人の特許出願動向（出願件数推移、主要な技術区分の課題と解決手段の相関）を詳細に調べた。

研究開発リーダーは、半導体メーカーとして、日本は出願件数が圧倒的に多いので出願件数ランキングの 1、2 位の 2 社、米欧韓台から各 1 社の 6 社と、露光装置メーカーから出願件数の多い 3 社を選定した。半導体メーカーとして、東芝、ソニー、インターナショナル　ビジネス　マシーンズ（IBM）（米国）、インフィニオン（ドイツ）、三星電子（韓国）、台湾積体電路製造（台湾）の 6 社、露光装置メーカーとして、キヤノン、ニコン、エーエスエムエルグループ（オランダ）の 3 社の合計 9 社である。

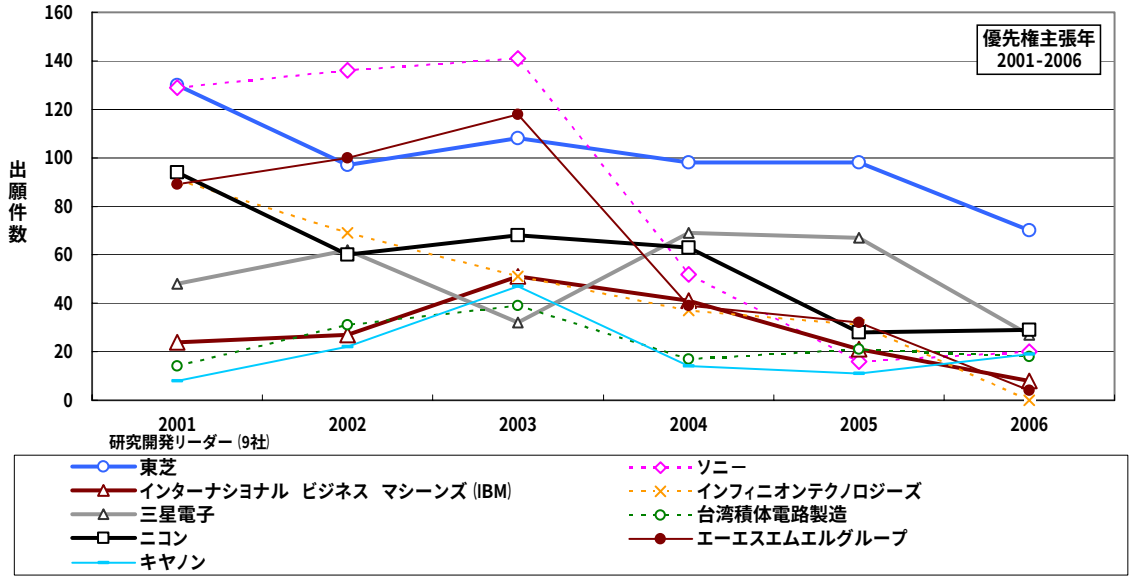
ビジネスリーダーとしては、半導体用フォトマスクの世界シェア上位 4 社の凸版印刷、大日本印刷、HOYA、フォトロニクス（米国）のフォトマスクメーカーを選定した。

（１）研究開発リーダーの出願動向

研究開発リーダーの出願件数推移（日米欧中韓への出願）を図 2-21 に示す。

全体として出願件数が減少傾向であるが、中でも半導体メーカーのソニー、インフィニオン、露光機メーカーのエーエスエムエルグループは大きく減少している。特にソニーとエーエスエムエルグループは 2004 年に大きく減少している。ソニーとインフィニオンの減少は最先端半導体の製造からの撤退が影響していると思われる（撤退発表は 2006～2007 年）。半導体メーカーでも東芝、三星電子はほぼ横ばいといえる。日米欧中韓への出願数ではソニーとエーエスエムエルグループが大きく減少しているため、近年（2004、2005 年）では東芝と三星電子が 1、2 位となっている。

図 2-21　研究開発リーダーの出願件数推移（日米欧中韓への出願）



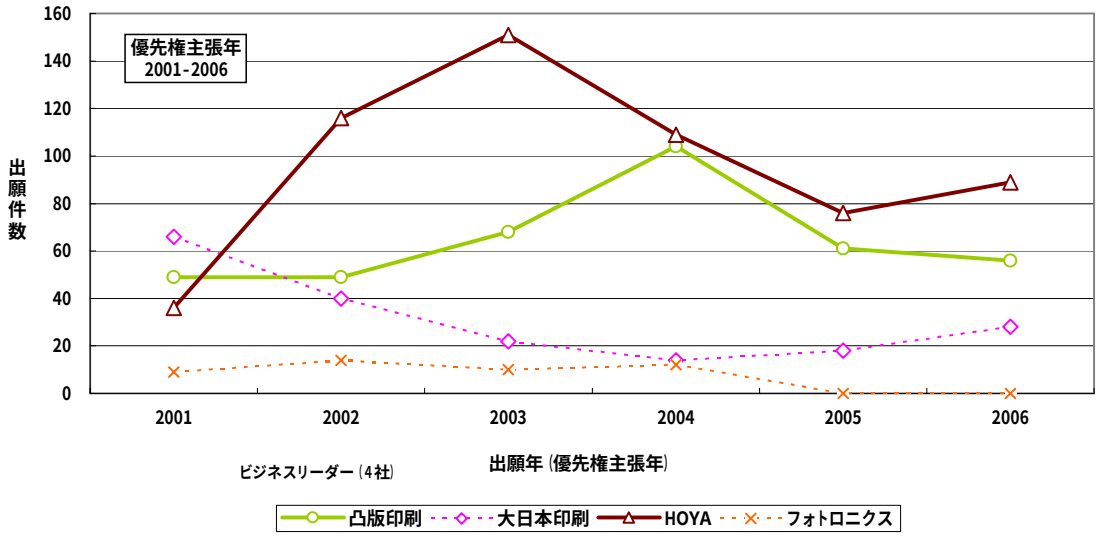
（２）ビジネスリーダーの出願動向

ビジネスリーダーの出願件数推移（日米欧中韓への出願）を図 2-22 に示す。

ビジネスリーダーでは研究開発リーダーの場合のような出願件数の減少は見られない。日米欧中韓への出願では、出願件数の最も多い HOYA は 2003 年まで出願が急増し、その後減少したが、下げ止まったようにみえる。凸版印刷は 2004 年まで増加している。大日本印刷は逆に 2004 年まで減少しているが、その後増加に転じている。フォトロニクスはもともと出願件数が少ないが、特に 2005 年からは出願がない。

出願件数（2001 年～2006 年）は HOYA、凸版印刷、大日本印刷、フォトロニクスの順である。

図 2-22　ビジネスリーダーの出願件数推移（日米欧中韓への出願）



４．ベンチャー企業の出願動向

フォトマスクの製造装置や検査装置の導入には大きな設備投資が必要となるため、マスクブランクスやマスク製造分野へのベンチャー企業の参入は難しい。一方、フォトマスクの設計においては、コンピュータを中心とした設備で対応できるため、ベンチャー企業の参入も可能である。実際、フォトマスクの設計にかかわる EDA（Electronic Design Automation）ベンダーと呼ばれる企業の中には、ベンチャー企業も存在する（但し、出願人ランキングで上位に入るベンチャー企業はなかった）。

ベンチャー企業として、EDA ベンダーの中で、今後の微細化にかかわる新しい設計技術の開発に取り組んでいるタクミ･テクノロジーとルミネッセント･テクノロジーズを取り上げ、特許出願動向を調査した。

タクミ・テクノロジーの出願件数（発明単位）は 3 件で、出願された特許はすべて OPC に関するものである。ルミネッセント・テクノロジーズの出願件数（発明単位）は 3 件で、出願された特許は、Inverse Lithography に関するもの（Inverse Lithography とは、ウエハ上に形成すべき回路パターンから出発して、適切な光リソグラフィ空間を逆算して、製造可能なマスクパターンを生成する手法）とコンタクトホール形成用のパターン形状に関するものである。

第３章　フォトマスクに関する研究開発動向分析

第１節　調査方法と対象とした論文

国際会議の要旨集と、論文データベース（JSTPlus）で検索した結果について、全体動向、技術区分別動向、注目研究開発テーマ動向、研究者所属機関・研究者別動向を調べた。

国際会議としては、2002 年から 2007 年に開催されたフォトマスク分野の国際会議である Photomask Japan（Symposium on Photomask and NGL Mask Technology：日本)、BACUS（Annual SPIE/BACUS Symposium on Photomask Technology：米国)、EMLC（European Mask and Lithography Conference：欧州)、さらに、フォトマスクをはじめリソグラフィーの中核的な国際会議である SPIE Advanced Lithography（Adv. Litho.）（米国）を対象とした。

時期的範囲は 2002 年～2007 年発行の論文（会議録を除く、抄録あり）を対象とした。検索日は 2008 年 8 月 29 日である。

これらについて、フォトマスク以外の分野のもの、課題と解決手段という観点が明確でないものを除いて、特許分析と同様の分析軸で分類した（第２章第１節１．調査方法参照)。最終的に、論文・学会動向分析の対象とした件数を表 3-1 に示す。

表 3-1　対象とした論文・学会発表件数

論文･学会誌	件数
Photomask Japan	527
BACUS	502
EMLC	137
SPIE Advanced Lithography	701
JSTPlus	428

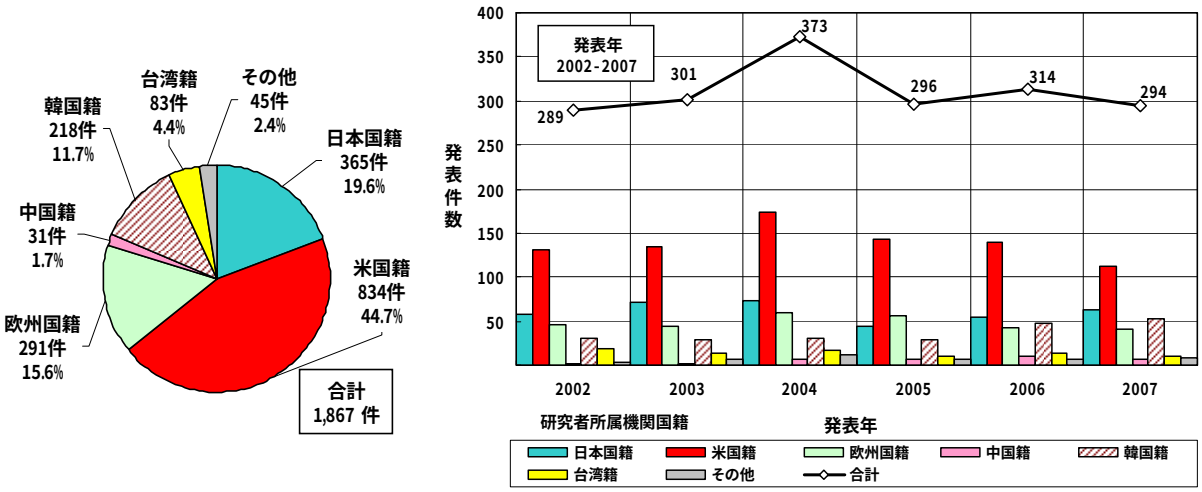
第２節　全体動向

図 3-1 に、4 つの国際会議での発表論文について、研究者所属機関国籍別論文発表件数推移と所属機関国籍の割合を示す。米国の研究機関からの発表が 834 件（44.7%）で最も多く、次いで日本が 365 件（19.6%）、さらに欧州が 291 件（15.6%）、韓国が 218 件（11.7%）、台湾が 83 件（4.4%）、中国が 31 件（1.7%）と続いている。米国の発表件数は日本の倍以上で差が大きいが、日本と欧州、欧州と韓国の発表件数の差は顕著ではない。米国において、フォトマスクに関する研究が活発に行なわれていることを示すデータと考えられる。

論文発表件数推移は 2004 年の増加を除けばほぼ横ばいである。

研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移では、米国と欧州が緩やかな傾斜ながら 2004 年にピークをもつ山型となっており、2004 年以降やや減少傾向である。日本は年ごとに若干の増減があるが、50 件／年前後で推移しており、ほぼ横ばいである。一方韓国は、2005 年以降わずかに増加傾向にある。

図 3-1　研究者所属機関国籍別論文発表件数推移と割合（4 国際会議の合計）

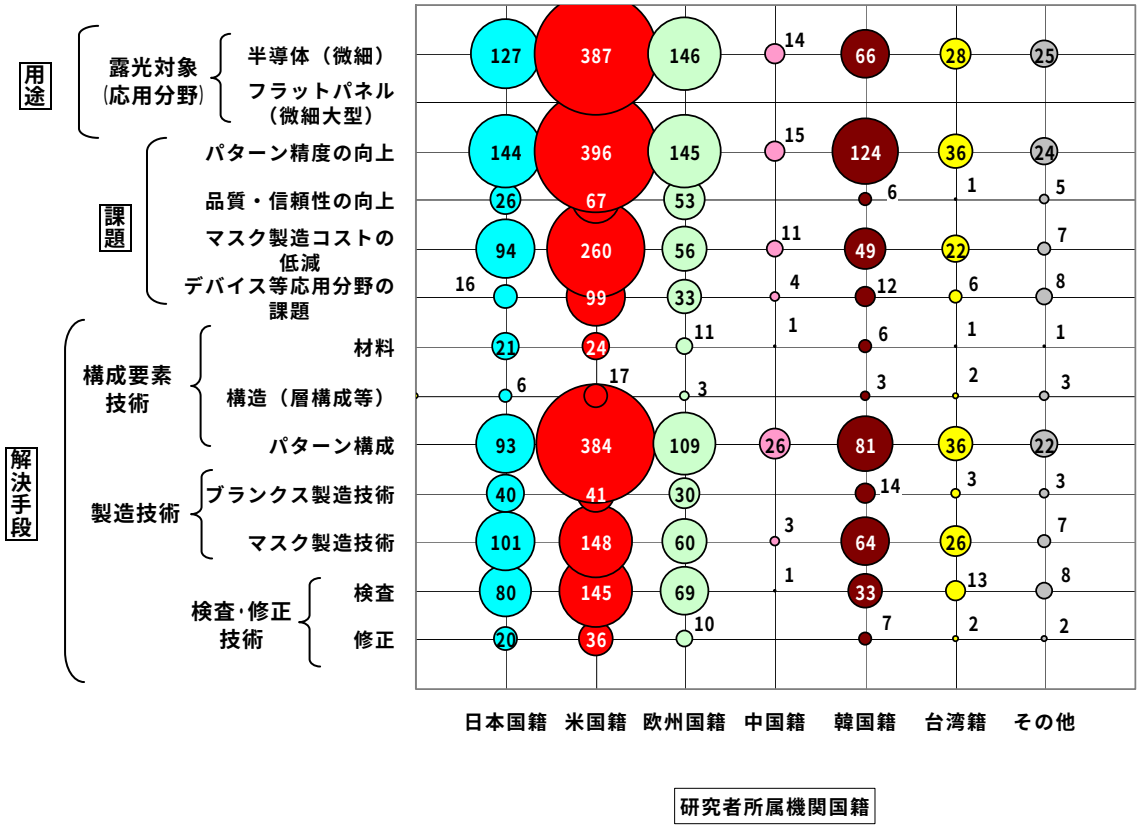


第３節　技術区分別動向

4 つの国際会議での発表論文について、研究者所属機関国籍別の技術区分ごとの論文発表件数（バブル図）を図 3-2 に示す。グラフの縦軸に技術区分、横軸に研究者所属機関の国籍をとっている。縦軸の技術区分には、露光対象（応用分野）、課題、解決手段の中から、論文の分類・集計結果において件数の多い項目を取り上げた。構成要素技術、製造技術、検査・修正技術は、解決手段の大分類項目である。

露光対象（応用分野）については、フラットパネルに関する論文発表は 0 件で、すべて半導体にかかわる発表であった。課題ではパターン精度の向上に関する件数が最も多く、次がマスクコストの低減に関するものである。解決手段の構成要素技術ではパターン構成に関する発表が圧倒的に多い。製造技術では、マスク製造技術に関する発表件数がブランクス製造技術より多く、検査・修正技術では、検査に関する発表件数が修正より多くなっている。縦軸の解決手段の中で最も件数の多いのはパターン構成である。なお、日本国籍のみパターン構成よりもマスク製造技術の件数の方が若干多くなっており、また、検査技術の件数もパターン構成に近い件数があることが特徴的である。

図 3-2　研究者所属機関国籍別の技術区分ごとの論文発表件数（4 国際会議の合計）



第４節　所属機関別、研究者別動向

表 3-2 に､4 つの国際会議を対象とした研究者所属機関別発表件数上位ランキングを示す。1 位はメンター　グラフィックス（米国)、2 位は三星電子（韓国)、3 位はシノプシス（米国）で、上位 3 位のうち 1 位と 3 位の 2 社が EDA（Electronic Design Automation）ベンダーで、1 社が半導体デバイスメーカーである。1 位から 10 位までの内訳は、半導体デバイスメーカーが 5 社、EDA ベンダーが 2 社、マスクメーカーが 1 社、検査装置メーカーが 1 社、プロセス開発のコンソーシアムが 1 社となっている。また、19 位までに大学や公的研究機関がランキングされておらず、フォトマスクの分野の研究開発は企業が主体と考えられる。

10 位までにランキングされている日本の企業は大日本印刷と半導体先端テクノロジーズ（Selete（コンソーシアム)）の 2 社である。特許出願の出願人別出願数ランキングでは、上位 10 社のうち 7 社が日本国籍となっているのに対し､論文件数では 2 社のみが日本国籍であり、日本のフォトマスク関連の企業は、研究より事業に重点をおいている状況を反映していると考えられる。

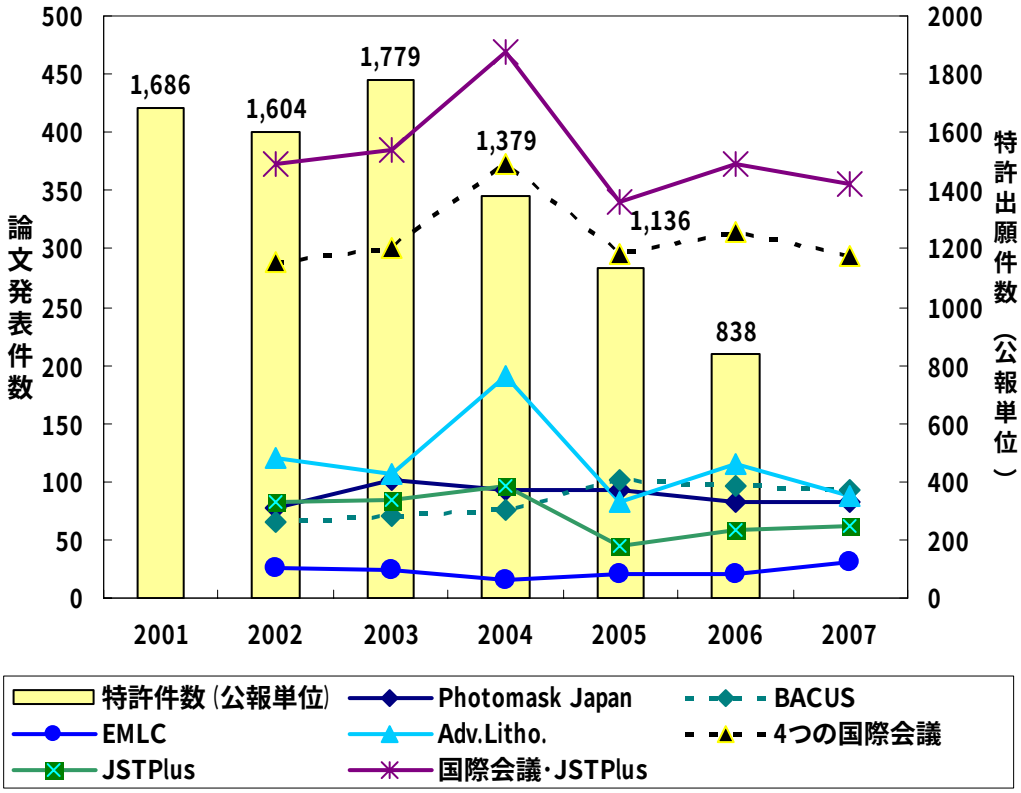
表 3-2　研究者所属機関別発表件数上位ランキング（4 国際会議の合計）

順位	研究者所属機関名（国籍）	発表件数
1	メンター　グラフィックス（米国）	114
2	三星電子（韓国）	106
3	シノプシス（米国）	101
4	インフィニオンテクノロジーズ（ドイツ）	87
5	フリースケール　セミコンダクター（米国）	86
6	ケイ　エル　エイ　テンコール　（米国）	85
7	大日本印刷（日本）	84
8	インターナショナル　ビジネス　マシーンズ（IBM）（米国）	76
9	インテル（米国）	69
10	半導体先端テクノロジーズ（日本）	61
11	セマテック（SEMATECH（米国））	56
11	アドバンスト　マスク　テクノロジー　センター（ドイツ）	56
13	ハイニックスセミコンダクター（韓国）	52
14	東芝（日本）	51
15	エーエスエムエルマスクツールズ（米国）	50
16	トッパン　フォトマスクス（米国）	47
16	アイメック（IMEC（ベルギー））	47
18	エーエスエムエル（オランダ）	46
19	凸版印刷（日本）	44
19	フォトロニクス（米国）	44

第５節　論文動向と特許動向との比較

図 3-3 に、論文発表件数推移と、同じ年に出願された特許出願件数推移を示す。2004 年に特許出願件数が減少しているのに対して、論文発表件数は 2002 年以降ほぼ横ばいである。

図 3-3　論文と特許出願の件数（日米欧中韓への出願）推移の比較
（論文は発表年、特許は優先権主張年）



第４章　フォトマスクの政策動向分析

第１節　産業政策動向

市場が最も大きく、最先端技術が使われる半導体用フォトマスクを対象にした産業政策動向を述べるが、フォトマスクのみの産業政策はほとんどないため、フォトマスクに関連した半導体に関する産業政策について述べる。なお、産業政策動向には科学技術政策動向も含めて記述している。

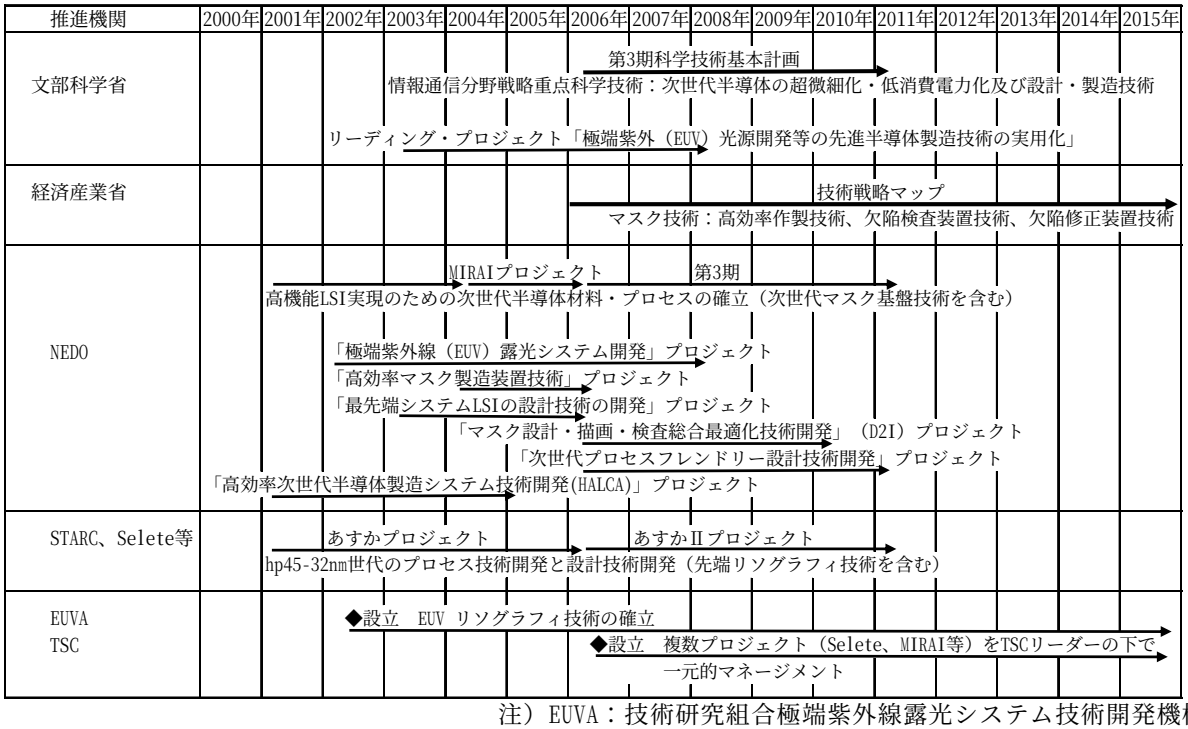
１．日本の産業政策

経済産業省が 2008 年 4 月に策定した「技術戦略マップ 2008」にはマスク技術に関しても言及され、重要課題として、高効率作製技術では、設計・描画・検査時間の短縮、欠陥検査装置技術では、検出感度向上と検査時間短縮、欠陥修正装置技術では、13.5nmEUVL マスク欠陥修正が取り上げられている（技術戦略マップは 2006 年から策定）。

フォトマスク技術を含む開発プロジェクトとして、半導体理工学研究センター（以下 STARC）、半導体先端テクノロジーズ（以下、Selete）を中心とした「あすかⅡプロジェクト」、新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDO）が推進している「次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発プロジェクト（以下、MIRAI プロジェクト）」をはじめとして多くのプロジェクトが実施されている。

図 4-1 に日本のフォトマスクに関係がある国家計画、コンソーシアム、プロジェクト等をまとめた。

図 4-1　日本のフォトマスクに関係がある国家計画、コンソーシアム、プロジェクト等



注）EUVA：技術研究組合極端紫外線露光システム技術開発機構
TSC：つくば半導体コンソーシアム

２．海外の産業政策

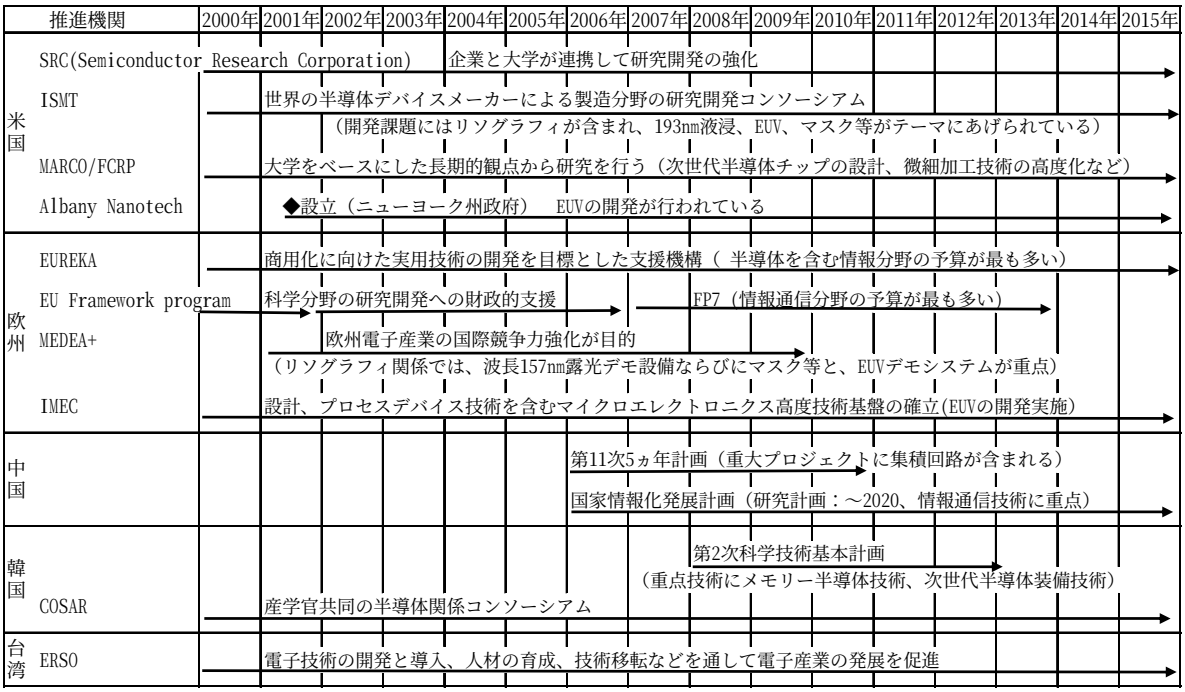
米国ではインターナショナルセマテック（International SEMATECH、以下、ISMT)、アルバニーナノテク（以下、Albany Nanotech）等多くの機関がフォトマスクを含む半導体製造分野の研究を行っている。マイクロエレクトロニクス・アドバンス・リサーチ・コーポレーション（Microelectronics Advanced Research Corporation、以下、MARCO）/半導体技術フォーカスセンターリサーチプログラム（Focus Center Research Program、以下、FCRP）が大学をベースにした長期的観点から研究支援を行っている。

欧州では商用化に向けた実用技術の開発を目標とした支援機構として欧州先端技術共同開発機構（以下、EUREKA）や欧州電子産業の国際競争力強化を目的に MEDEA+プロジェクトが活動している。科学技術分野の研究開発への欧州連合（以下、EU）の財政的支援として「欧州研究開発フレームワーク計画（EU Framework program)」があり、現在第７次計画（FP7）が進行中である。また、ベルギーのアイメック（Interuniversity Microelectronics Center、以下、IMEC）が現在は欧州の半導体先端開発の拠点になっている。

中国、韓国、台湾ではいずれも半導体を重点技術の一つとする国家計画を推進中である。韓国の韓国半導体研究組合（以下、COSAR)、台湾の台湾電子工業研究所（以下、ERSO）はともに半導体関連のコンソーシアムである。

図 4-2 に海外のフォトマスクに関係がある国家計画、コンソーシアム、プロジェクト等をまとめた。

図 4-2　海外のフォトマスクに関係がある国家計画、コンソーシアム、プロジェクト等



第２節　標準化動向、環境対策動向

標準化に関しては、JIS 規格にも ISO 規格にもマスク分野は特に設けられていない。マスク関連のスタンダードとしては唯一 SEMI（Semiconductor Equipment and Materials Institute）スタンダードがあり、マイクロリソグラフィー、FPD、トレーサビリティの３分野にマスク関連規格が入っている。

環境対策に関しては、フォトマスクは消耗品ではなく、リソグラフィ工程の備品としての位置づけであるため、量的に見てあまり問題は少ないが、近年、クロムエッチング液、レジスト、マスク洗浄水等に微量使用されている PFOS（パーフルオロオクタンスルホン酸）に代表されるフッ素系界面活性剤による環境汚染が課題と言われている。

第５章　フォトマスクの市場環境分析

第１節　フォトマスク関連産業の市場動向

フォトマスク技術は、リソグラフィ技術の主要な一部であり、半導体、各種電子部品の製造に使用される。フォトマスクを使用する主な用途は、半導体と FPD（液晶、プラズマ、有機 EL 等）が主体であり、その他にプリント配線板、MEMS 等がある。

フォトマスクの応用産業としては半導体産業が大半を占めており、次いで FPD で、プリント配線板、MEMS 等の用途はあまり大きくない。半導体産業は、WSTS（WORLD SEMICONDUCTOR TRADE STATISTICS：世界半導体市場統計）による世界地域別半導体市場予測（2008 年 11 月）では、2009 年の半導体の世界市場が 2.2%のマイナス成長で、2,561 億ドルに転じる見込みと発表されている。2008 年春の予測では 5.8%の成長が見込まれていた。前年割れは IT バブル崩壊が影響した 2001 年以来 8 年ぶりである。但し、現状（2009 年 2 月時点）ではこの予測よりも更に悪化しているとの意見が出ている（半導体メーカー、フォトマスクメーカー）。

第２節　フォトマスクの市場動向

フォトマスク市場の大半を占める半導体用フォトマスクの 2007 年の世界市場は約 3,100 億円であった。半導体用に次ぐ FPD 用は約 780 億円である。2008 年は世界的な不況の影響を受け半導体用フォトマスク市場は約 2,900 億円と約 6%減少し 2009 年以後は微増するが、2007 年の 3,100 億円を超えるのは、4 年後の 2012 年になると予測された（2008 年 11 月のマスクメーカーへのヒアリング結果による）。しかしその後、世界的不況の影響がより深刻化しており、2009 年 2 月時点においては、2009 年度の需要が 2008 年度のそれを上回ることは難しいとの意見も聞かれる（フォトマスクメーカー、半導体メーカー）。

第６章　総合分析

第１節　技術開発動向分析結果の総括

１．特許出願動向分析結果の総括

フォトマスクに関する特許出願を検索し、技術分類することにより、特許出願から見た技術動向を調査した。時期的範囲は優先権主張年が 2001 年から 2006 年とした。

分析対象とした特許出願は日本、米国、欧州、中国、韓国への出願で、出願件数は 8,422 件、このうち、各国で登録された特許が 2,225 件である。なお登録特許に関してはこの外に、台湾での登録特許 410 件も分析対象とした。台湾への出願（登録特許以外）に関しては、使用データベースへ収録されていないものが大部分のため、分析対象とはしていない。

日米欧中韓全体への出願件数は 2003 年まではほぼ横ばいで、2004 年は減少している。各国、地域への出願件数は、中国を除いて 2003 年まではほぼ横ばいで、中国のみは 2003 年までかなり増加しているが、2004 年はどの国、地域も減少に転じており、特に欧州、韓国への出願の減少が大きい（図 2-2）。

出願人国籍別の出願件数では、日米欧中韓への出願において、日本国籍が 60.7%、米国籍が 16.1%、欧州国籍が 11.9%となっており（図 2-1）、フォトマスクに関しては日本国籍出願人が圧倒的に強い技術分野であると考えられる。出願人国籍別出願収支でも日本は他の全ての国、地域に対して、日本からの出願が日本への出願よりも多い（図 2-4）。

技術分野別では、用途（露光対象）では 3／4 以上が半導体であり、次いでフラットパネルが約 13%で、合わせると 9 割弱に達している（図 2-5）。課題ではパターン精度の向上、マスク製造コストの低減、品質・信頼性の向上が大きな課題であり、それぞれ 29.7%、19.3%、18.1%を占めている（図 2-9）。半導体の微細化が進むなか、パターン精度の向上が最重要課題である。解決手段では、構成要素技術が 57.2%、製造技術が 23.9%、検査・修正技術が 13.4%、周辺技術が 5.5%となっており、半導体微細化に直接かかわるパターン構成等を含む構成要素技術が非常に多くなっている（図 2-11）。構成要素技術の中では前記したように、微細化の主要技術であるパターン構成が 65.9%と大半を占めており、次いで材料が 20.5%、構造（層構成等）が 13.2%となっている（図 2-12）。

出願人国籍別では、用途、課題、解決手段、どの技術区分においても日本国籍の出願件数が最も多い。特に、フラットパネル、粒子線、ブランクス製造技術、検査技術などでは、日本国籍出願人の出願が多い。光源の種別：EUV は日本国籍が 45.2%と 1 位ではあるが、他の技術区分と比べると少なくなっている（図 2-6、2-8、2-10、2-13、2-15、2-17）。

対象とした全特許出願に対する注目研究開発テーマ「半導体の微細化に対応したパターン精度の向上」が占める割合は 25.1%と非常に大きく、これがフォトマスク技術における最重要テーマといえる（図 2-18）。注目研究開発テーマ「描画及び検査工程におけるマスク製造コストの低減」に関する特許出願件数は多くないが、描画工程、検査工程ともに、日本国籍出願人が大多数で、日本が注力しているテーマである。特に、近年（2004 年～2006 年）はほとんど日本国籍出願人のみとなっている（図 2-20）。

出願件数の多い順に出願人別ランキングを集計した。日米欧中韓への出願件数でみると、上位 3 社は東芝、HOYA、ソニーと日本国籍出願人である。上位 10 社を見ても 7 社までが日本

国籍であり、日本国籍出願人の優位性が目立っている。日本国籍以外の 3 社はオランダのエーエスエムエルグループ、韓国の三星電子、ドイツのインフィニオンテクノロジーズである（表 2-2)。出願先国別でみると、日本への出願では上位 10 社全て日本国籍である。米国、中国､韓国それぞれへの出願でも 1 位は日本国籍出願人ではあるが､前記海外出願人 3 社や、米国のインターナショナル　ビジネス　マシーンズ（IBM)、台湾の台湾積体電路製造等が海外では上位に入ってきている（表 2-3)。技術区分別では、ほとんど全ての技術区分で日本国籍出願人が日米欧中韓への出願件数上位を占めているが、現状での次世代リソグラフィの有力候補である用途（光源の種別：EUV）に関しては 1 位がエーエスエムエルグループである。この分野では上位 10 社をみても 5 社までが日本国籍以外の出願人となっており､注目される（表 2-4)。なお、フォトマスク関連の出願人はほとんど全て民間企業であり、この分野では海外も含めて大学・研究機関からの特許出願は非常に少ない。

２．研究開発動向分析結果の総括

フォトマスクに関する技術論文として、4 つの国際会議の要旨集と論文データベースで検索した結果を技術分類した。時期的範囲は 2002 年から 2007 年である。分類対象とした論文の件数は 2,295 件である。

研究者所属機関国籍別では米国籍が 44.7%、日本国籍が 19.6%、欧州国籍が 15.6%、韓国籍が 11.7%、台湾籍が 4.4%、中国籍 1.7%（図 3-1）である。米国籍の発表件数が日本国籍の倍以上と多く、米国において、フォトマスクに関する研究が活発に行なわれていることを示すデータと考えられる。逆に日本国籍は特許出願件数の割合と比べて発表数が少ない。

技術分野別では、露光対象（応用分野）については、すべて半導体にかかわる発表であった。課題ではパターン精度の向上に関する件数が最も多く、次がマスク製造コストの低減に関するものである｡解決手段の構成要素技術ではパターン構成に関する発表が圧倒的に多い。製造技術、検査・修正技術では、特許出願の傾向と同様、マスク製造技術、検査技術に関する発表件数が多くなっている。解決手段の中で最も件数の多いのはパターン構成であるが、日本国籍のみパターン構成よりもマスク製造技術の件数の方が若干多くなっており、また検査技術の件数もパターン構成に近い件数があるなど、特徴的である。(図 3-2)。

研究者所属機関では、1 位はメンター・グラフィックス（米国)、2 位は三星電子（韓国)、3 位はシノプシス（米国）である。また、19 位までに大学や公的研究機関がランキングされておらず、フォトマスクの分野の研究は企業が主体となっていると考えられる。10 位までにランキングされている日本の企業は大日本印刷と半導体先端テクノロジーズ（SELETE、コンソーシアム）の 2 社である。(表 3-2)。

３．政策動向分析結果の総括

フォトマスクのみの産業政策はほとんどないため、市場が最も大きく最先端技術が使われる半導体用フォトマスクに関連した半導体に関する国家計画、プロジェクト、コンソーシアムなどを、日本、米国、欧州、中国、韓国及び台湾についてまとめた。

日本では、NEDO のプロジェクトである MIRAI プロジェクトや、つくば半導体コンソーシアムのもとで、あすかⅡプロジェクトが進行中で、ともに先端リソグラフィの技術開発が含まれている（図 4-1)。米国では、SRC、ISMT 及び MARCO のもとで FCRP が活動している。また、Albany Nanotech では EUV リソグラフィ（EUVL）の開発が進められている。欧州では、ベル

ギーの IMEC と、EU として MEDEA+が活動している。韓国では COSAR、台湾では ERSO が半導体に関するコンソーシアムである（図 4-2）。標準化については、SEMI（Semiconductor Equipment and Materials Institute）がフォトマスク関連の多くの規格を制定している。

環境対策に関しては、近年、PFOS（パーフルオロオクタンスルホン酸）に代表されるフッ素系界面活性剤による環境汚染が課題と言われている。

４．市場動向分析結果の総括

フォトマスクの主要な応用産業である半導体産業におけるフォトマスクの市場動向について調査した。

フォトマスク用途の大半を占める半導体産業は、世界的不況の影響により 2009 年の世界市場が 2.2%のマイナス成長で、約 2,561 億ドルとなる見込みと発表されている。

フォトマスク世界市場は、2008 年 11 月時点では、大半を占める半導体用途が 2007 年の約 3100 億円から、2008 年には約 2900 億円まで減少し、その後は微増と予測されていた。但し、現状（2009 年 2 月時点）ではこの予測よりも更に悪化しているとの意見が出ている（フォトマスクメーカー、半導体メーカー）。

FPD ではいまだ液晶パネルが大部分であり、液晶パネル用フォトマスクの世界市場は 2007 年で約 780 億円と半導体用途の約 1／4 と推測されている（2008 年 11 月）。但し、現状（2009 年 2 月時点）では 2009 年度はかなり減少する可能性が高いとの意見が出ている（半導体メーカー）。

第２節　技術開発の方向性に関する提言

フォトマスクは半導体用及び液晶パネル用を主体に市場を拡大してきた。フォトマスクの最大の応用産業である半導体において、技術進展の鍵を握っているのは微細化（高集積化）と高性能化（高速化・低消費電力）である。そして、これらの技術課題を解決するには、高度なフォトマスク技術の開発が不可欠である。

フォトマスクに関する提言として、〔１〕国際競争力の強化のために引き続きフォトマスク関連技術の開発に注力すること、〔２〕フォトマスク産業と、半導体素子、設計ソフト、露光装置、描画・計測・検査・修正装置、ブランクス基板等の関連産業との連携の強化、〔３〕フォトマスクの応用先の拡大について提案する。

提言－１　我が国の半導体産業の国際競争力を維持・発展させるため、半導体素子製造工程における重要なキー技術であるフォトマスクの技術開発に引き続き注力し、関連する知的財産を蓄積することが期待される。

半導体の高集積化、高性能化、低コスト化を実現するには、リソグラフィ技術が重要である。半導体の微細化の急速な進展により、リソグラフィ技術は、さらなる高解像度化が求められている。半導体用フォトマスク技術は露光装置技術、フォトレジスト技術とともに、半導体素子製造の主要プロセスであるリソグラフィにおける重要なキー技術である（下図 6-1 を参照）。半導体素子の最小寸法が露光波長の半分以下になるとともに、露光装置の高性能化による微細化にも限界が見えはじめ、フォトマスクの技術的役割がますます重要になってきている。特に、90nm 以下の先端 LSI 分野での微細化に対応するリソグラフィ技術をブレークスルーするためには、日米欧中韓へ出願された特許出願において、「パターン精度の向上」を課題とする特許出願が最も多い（29.7%）ことからも、注力されている技術課題であることがわかる（図 6-2 を参照）。この技術課題は、半導体の微細化にともなって、その難易度は加速的に高くなっている。

図 6-1　リソグラフィ技術とマスク技術の関連図

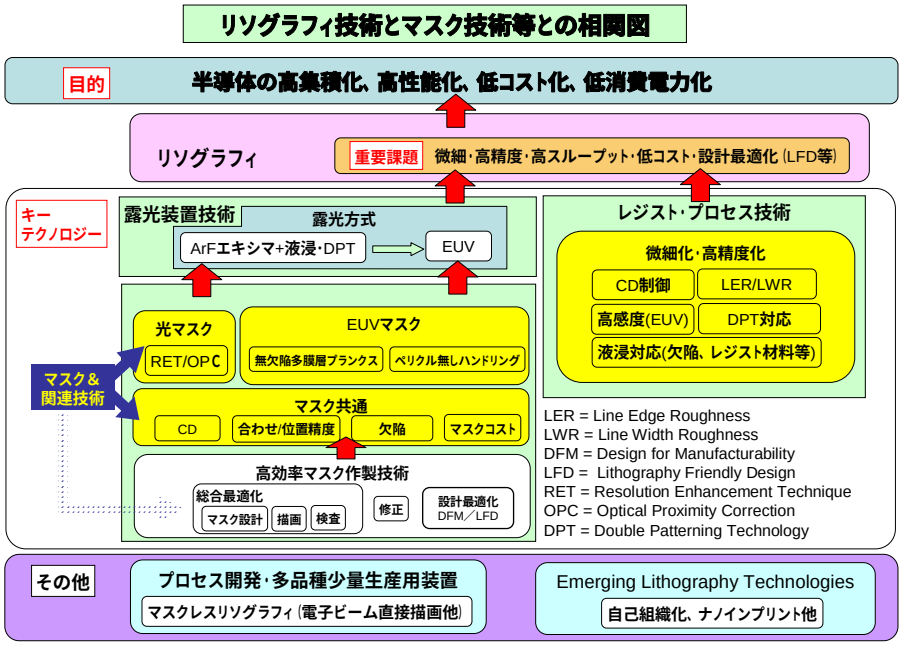
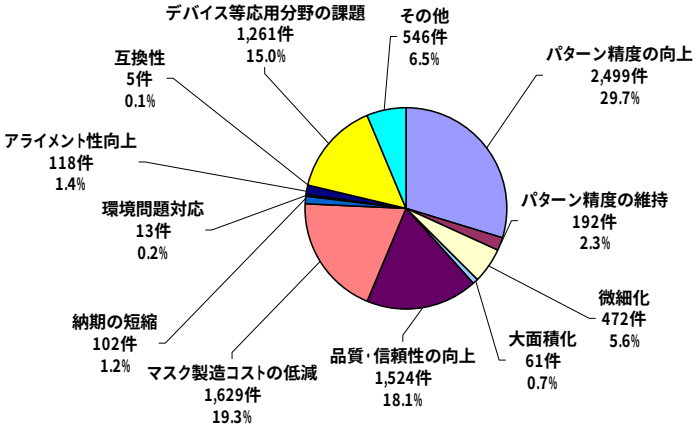


図 6-2（図 2-9 の再掲）　課題別の出願件数の割合（日米欧中韓への出願）



半導体の微細化（高集積化）の急速な進展に対応したリソグラフィ技術の開発において、フォトマスクの課題を解決するためには、マスク設計、描画、検査、修正などのフォトマスクに関連した要素技術を複合的に組合せた、統合的な最適化技術が重要となってくる。さらに、提言－２でも触れるが、リソグラフィの技術開発において、マスクのみの技術開発でなく、設計・マスク・露光等と連携した技術開発が従来以上に重要となりつつある。

激しい国際競争の渦中にあるわが国の半導体産業の国際競争力を維持･発展させるために、半導体素子の技術開発を支えるキー技術の１つであるフォトマスクに関連する技術について、引き続き技術開発に注力することが期待される。

また、光リソグラフィの次世代技術として、EUVL が注目されているが、現在、EUV マスクの技術開発には、日本勢のほかに、エーエスエムエル（オランダ）やインテル（米国）、インフィニオンテクノロジース（ドイツ）、三星電子（韓国）などが熱心に技術開発中である（表 6-1）。今後 EUVL の実用化の目途が立つようになると、32nm 以降では EUVL が一気に広がることが予想される。したがって、EUV マスクの技術開発に注力するとともに、EUV マスクに関連した特許を国内外に出願して、フォトマスクに関連する知的財産を積極的に蓄積することが期待される。

表 6-1（表 2-4 の再掲）　光源：EUV の上位出願人（日米欧中韓への出願）

順位	出願人（国籍）	出願件数
1	エーエスエムエルグループ（オランダ）	139
2	HOYA（日本）	88
3	ニコン（日本）	72
4	インテル（米国）	62
5	旭硝子（日本）	42
6	ソニー（日本）	36
7	インフィニオンテクノロジーズ（ドイツ）	35
8	三星電子（韓国）	30
9	凸版印刷（日本）	26
10	ショット（ドイツ）	21

提言－２　我が国の半導体用フォトマスク技術の国際的な優位性を活かし、フォトマスクメーカー、半導体メーカー、設計ソフト会社、露光装置メーカー、描画・計測・検査・修正装置メーカー、ブランクスメーカー等が連携して技術開発を推進することが期待される。

半導体の微細化・高性能化を支えているのがリソグラフィ技術であり、フォトマスクは露光装置、フォトレジストとともにリソグラフィ技術のキー技術である(前出の図 6-1 を参照)。現在、ArF（波長 193nm）リソグラフィが hp90nm 技術領域や hp65nm 技術領域の半導体 LSI に適用されているが、この光リソグラフィの延命を支えているのは、光近接効果補正（OPC）技術や超解像技術（RET）などのフォトマスクの関連技術である。RET やより複雑な OPC の適用等に対応するために、フォトマスク製造において、高精度な微細加工技術や効率的な検査技術が必要となりつつあり、そのために、フォトマスクメーカーと検査装置メーカー・検査ソフト会社が連携した技術開発が必要となってきた。また、従来技術の延長上にあるリソグラフィ技術をレベルアップするためには、設計から、マスク作製、露光、レジスト・プロセスまでを総合した最適化技術が今後ますます重要になり、フォトマスクメーカーは設計ソフト会社・デバイスメーカー・露光装置メーカー等との緊密な協力による技術開発が必要となってきている。

さらに、hp32nm 以降の技術領域でのリソグラフィ技術として、EUVL が有望といわれておりその技術開発が進展している。しかし、EUVL の実用化に時間がかかるとの見方もあり、ArF（液浸）にダブルパターニング（DPT）を適用した技術開発も並行して進められている。このように、半導体の微細化・高性能化に対応するために、複数のリソグラフィ技術を並行して研究開発することが必要になってきた。他方、企業においては限られたリソースを有効に振り分けて、最大の効果を生み出すことが、従来以上に求められるようになっており、全てを自前で技術開発するのではなく、専門技術を持った企業と連携することがより重要な時代となってきた。

日米欧中韓への特許出願における出願人別出願件数ランキング上位 15 社（表 6-2 を参照）から、フォトマスクの研究開発を行っている主な企業として、

①半導体メーカー：東芝、ソニー、ルネサステクノロジ、三星電子、インフィニオン、富士通、パナソニック、インターナショナル　ビジネス　マシーンズ（IBM）、台湾積体電路製造（TSMC）

②フォトマスクメーカー：凸版印刷、大日本印刷、HOYA

③ブランクスメーカー：HOYA、信越化学工業

④露光機メーカー：エーエスエムエル、ニコン

などがあげられる。

このことから、フォトマスクの研究開発を熱心に行っている企業は、フォトマスクメーカーのみでなく、半導体メーカー、ブランクスメーカー、露光機メーカー等、さまざまであることがわかる。

表 6-2（表 2-2 の再掲（上位のみ））　出願人別出願件数ランキング（日米欧中韓への出願）

順位	出願人（国籍）	出願件数
1	東芝（日本）	599
2	HOYA（日本）	573
3	ソニー（日本）	494
4	エーエスエムエルグループ（オランダ）	382
5	ニコン（日本）	342
6	凸版印刷（日本）	330
7	ルネサステクノロジ（日本）	304
8	三星電子（韓国）	294
9	インフィニオンテクノロジーズ（ドイツ）	273
10	信越化学工業（日本）	269
11	富士通（日本）	251
12	パナソニック（日本）	202
13	大日本印刷（日本）	188
14	インターナショナル　ビジネス　マシーンズ（IBM）（米国）	172
15	台湾積体電路製造（台湾）	140

フォトマスクに関する特許の出願人の属性別出願件数では、企業からの出願が 90.4%と圧倒的に多い（図 6-3 を参照）。また、属性別共願件数では、企業同士の共願特許が 88.9%と圧倒的に多い（表 6-3 を参照）。これらの結果から、わが国において、フォトマスクは研究設備費等が高いため、企業主体で研究開発されており、かつ、バイオ分野等で見られるような企業と大学の産学共同的な研究開発は少なく、企業間の共願が多いと推察される。

図 6-3　出願人属性別出願件数
（日米欧中韓への出願、2001 年～2006 年）

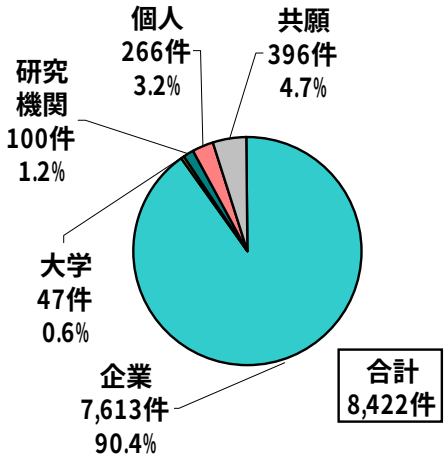


表 6-3　出願人属性別共願件数
（日米欧中韓への出願、2001 年～2006 年）

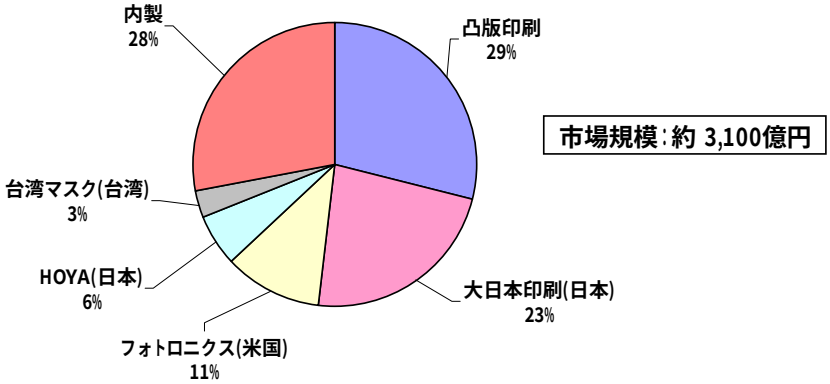
共願詳細	出願件数	割合
企 - 企	352	88.9%
企 - 大	2	0.5%
企 - 研	22	5.6%
企 - 個	18	4.5%
大 - 大	1	0.3%
大 - 研	0	0.0%
大 - 個	0	0.0%
研 - 研	0	0.0%
研 - 個	0	0.0%
個 - 個	1	0.3%
企 - 研 - 個	0	0.0%
大 - 研 - 個	0	0.0%
企 - 大 - 研	0	0.0%
企 - 大 - 個	0	0.0%
企 - 大 - 研 - 個	0	0.0%
合計	396	100.0%

一方、米国では、ブライオン テクノロジーズ（Brion Technologies）やニューメリカル テクノロジーズ（Numerical Technologies） のような大学発ベンチャーが設備的な負担の少ない設計ソフトやシミュレーションなどを技術開発しているケースが多い。なお、ブライオンテクノロジーズは、2007年にエーエスエムエルが買収しており、ニューメリカル テクノロジーズは2003年にシノプシスが買収している。わが国の大学が今後、海外に比べて劣勢にある、設計ソフトやシミュレーションなどの技術領域へ積極的に進出し、フォトマスクメーカー等と共同開発を推進することが期待される。

わが国のフォトマスクメーカーは半導体用マスク市場において、現在、過半数のシェアを占有しており、国際競争面で、優位な状況にある（図 6-4 を参照）。また、わが国は、フォトマスクの技術面でも、世界をリードしている（図 6-5 を参照）。しかし、有識者によれば、マスクの設計ソフト技術では、海外に比べて遅れている旨、指摘されている。

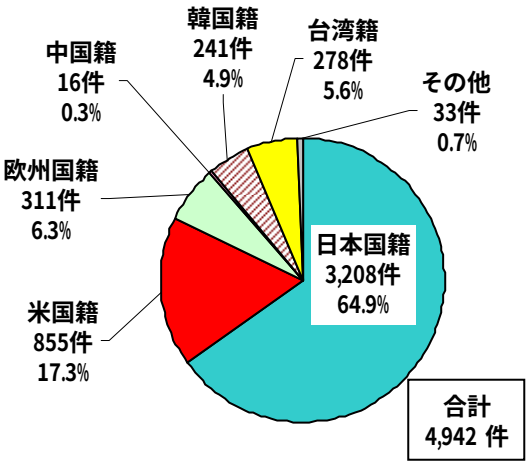
従って、わが国はマスク技術を梃子（てこ）にして、企業と大学が連携するなどして今後は設計ソフトとマスクを組合せた領域での技術開発を強化することも期待される。

図 6-4　半導体用フォトマスクのメーカーシェア（2007 年）



出典：半導体産業新聞　2008 年 4 月 16 日

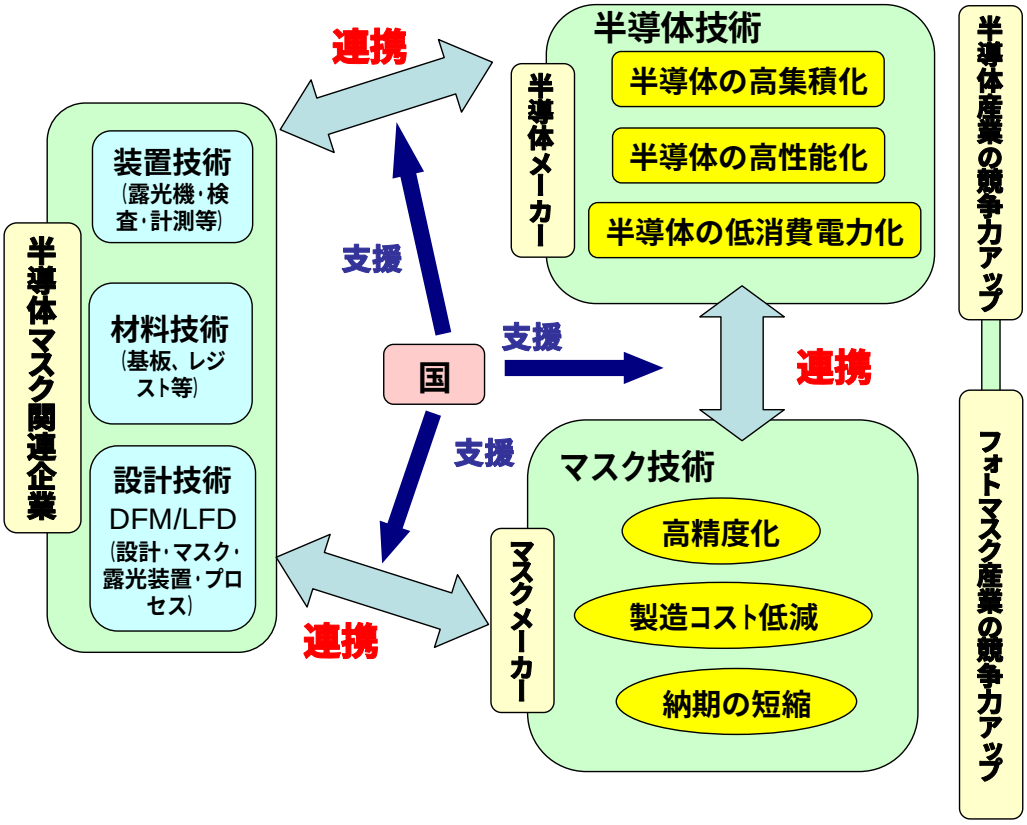
図 6-5　出願人国籍別出願件数の割合（日米欧中韓への出願：発明単位）



以上の通り、わが国のフォトマスク産業が国際競争において今後も優位性を維持・拡大するためには、フォトマスクの技術開発において、マスクメーカーが半導体メーカー、設計ソフト会社、露光装置メーカー、描画・計測・検査・修正装置メーカー、ブランクスメーカー等と連携して共同開発を推進することができる体制作りが期待される。また、これらの企業等の連携を推進するドライビングフォースとして、国からの支援も望まれている。

これらの企業等の連携を促進させることで、わが国のフォトマスク産業の国際競争力が強化されれば、ひいては半導体産業の国際競争力の強化にも繋がるものである。(図 6-6 を参照)

図 6-6　マスクメーカーと半導体メーカー、関連企業（露光機、描画・計測・検査等メーカー、材料メーカー、設計ソフト会社）との連携関係

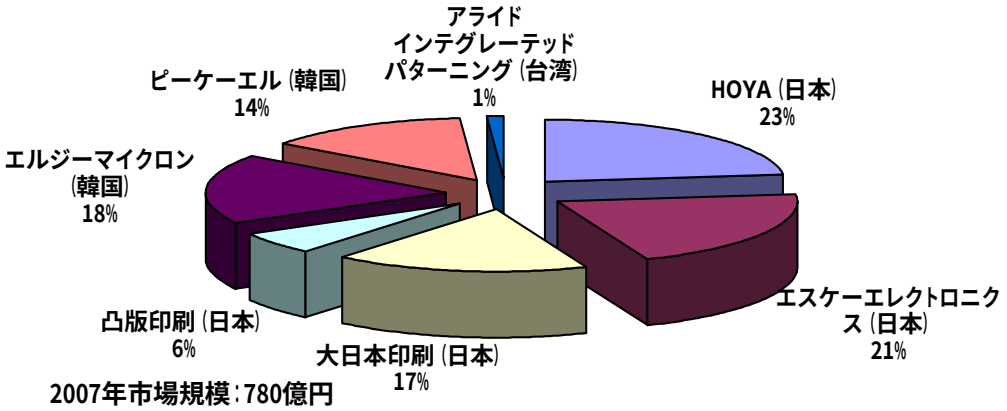


提言－３　新しいアプリケーションに対応したフォトマスクの技術開発を推進させ、フォトマスクの用途を拡大し、世界に先駆けた新しい領域の応用技術開発を推進することが期待される。

半導体用フォトマスク及び液晶パネル用フォトマスクの開発がフォトマスク市場を拡大してきた。市場シェア（図 6-7 を参照）を見ると、国内の液晶パネル用フォトマスクメーカーは過半数のシェアを占有し、液晶パネル用フォトマスク市場においても、半導体用市場と同様、国際競争力を持っていることがわかる。

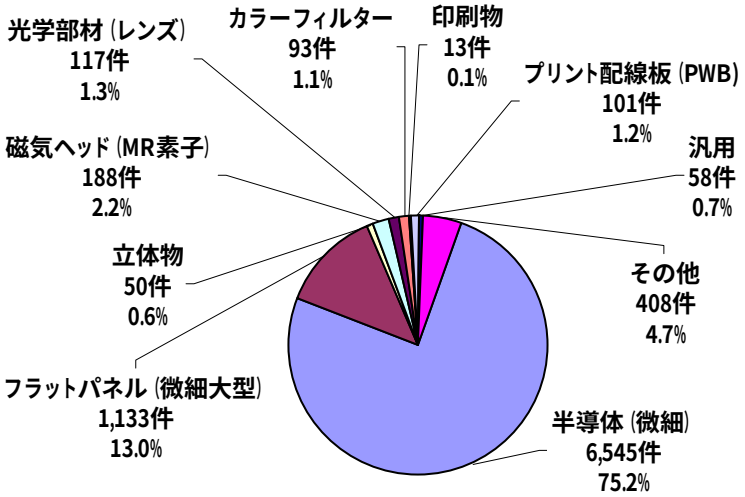
また、フォトマスクの露光対象別出願件数の割合は、半導体用途が 75.2%と圧倒的に多く、次いで、フラットパネル用途が 13.0%で続いている（図 6-8 を参照）。これら 2 つの用途で全体の約 90%を占め、半導体及び液晶パネルがフォトマスクの主要なアプリケーションであることが確認される。

図 6-7　液晶用フォトマスクのメーカーシェア（2007 年）



出典：2008 年 11 月マスクメーカーへのヒアリング結果に基づき MCTR が作成

図 6-8（図 2-5 の再掲）　露光対象別の出願件数の割合（日米欧中韓への出願）



液晶パネル用マスクとして、シミュレーションを多用した多階調マスク（グレイトーンマスク、ハーフトーンマスクなど）の開発とともに、基板サイズの大面積化に対応した製造技術の開発が進められてきた。その他の用途において、微細なフォトリソグラフィが必要なフォトマスクに関する特許出願は磁気ヘッド用など、ごくわずかである。

フォトマスクの新しい用途として、一時期、有機 EL パネル等の新タイプの FPD や MEMS などが期待されたが、いずれも、まだ将来の大きな市場は見えていない。また、バイオ分野へのフォトリソグラフィの応用も期待されているが、必ずしも将来展望が明確ではない。半導体、液晶パネルに続くフォトマスクの将来展開につながる新しいアプリケーションは現時点では、まだ明確になっていない。

Emerging Technology であるナノインプリント技術は非常に微細なパターニングが必要であるので、わが国は、新しいアプリケーションの候補として、この分野の技術開発において先行することが期待される（図 6-1 を参照）。

ナノインプリントは、現行のマスク製造技術の水平展開でナノインプリント用モールドが製造可能なため、大いに期待されている。しかし、ナノインプリント用モールドは、現在、サンプル試作を行っているが、実用レベルでの検査はまだできていない。今後、2010 年頃に実用化が予想されている磁気ディスク（500GB／2.5 インチ）用や 32nm 以降の半導体用、FPD のフレキシブル化にともなう偏光板、配光板、導光板等の大面積ロールインプリント用、モスアイ型光部品用などが今後、順調に実用化されることが期待される。

なお、最近、マスクレス露光技術が注目されているが、マスクレス露光技術（電子ビーム直接描画等）はフォトマスクと競合する（すなわち、フォトマスク市場を侵蝕する）技術ではなく、デバイス開発・検証のコスト低減・TAT（Turn Around Time）短縮技術、及び比較的少量・多品種のデバイス製造用としてマスク技術を補完する技術との位置付けで、共存できるものと予想されている。

フォトマスク業界が半導体用及び液晶パネル用を主体とした現状に甘んじていると、現状の市場規模を維持することすら難しくなると懸念される。2009 年 2 月時点のヒアリングにおいて、2008 年の市場規模は 2007 年よりも大幅に減少し、2009 年は 2008 年よりもさらに減少すると予測されている旨、指摘されている。

わが国は、フォトマスクの最大の用途である半導体用フォトマスクの開発には、従来通り注力するとともに、今後は、新しいフォトマスクのアプリケーションに対応した技術開発が従来以上に重要になると予想される（図 6-9 を参照）。そのためには、新しいアプリケーションに対応したフォトマスクの技術開発を促進させ、フォトマスクの用途を拡大し、世界に先駆けた新しい領域の応用技術開発を推進することが期待される。

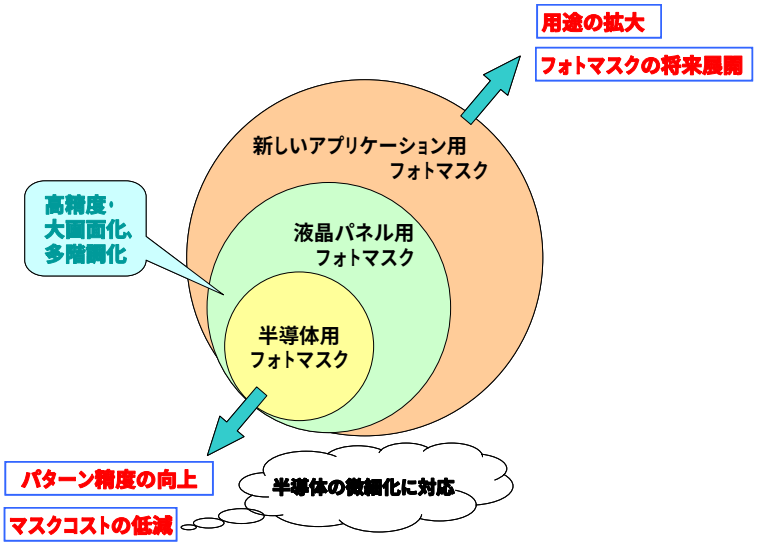



図 6-9 フォトマスクのアプリケーションの拡大