

平成18年度
特許出願技術動向調査報告書

ナノインプリント技術及び樹脂加工における
サブマイクロ成形加工技術
(要約版)

<目次>

第1章 ナノインプリント技術の俯瞰	1
第2章 ナノインプリント技術の特許動向分析	4
第3章 ナノインプリント技術に関する 研究開発動向分析	23
第4章 ナノインプリント技術に関する 産業政策動向分析	27
第5章 ナノインプリント技術に関する 市場動向分析	28
第6章 樹脂加工における サブマイクロ成形加工技術の俯瞰	29
第7章 樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術の 特許動向分析	31
第8章 樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術 に関する産業政策動向分析	37
第9章 樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術 に関する市場動向分析	38
第10章 技術開発の方向性に関する提言	39

平成19年4月

特許庁

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

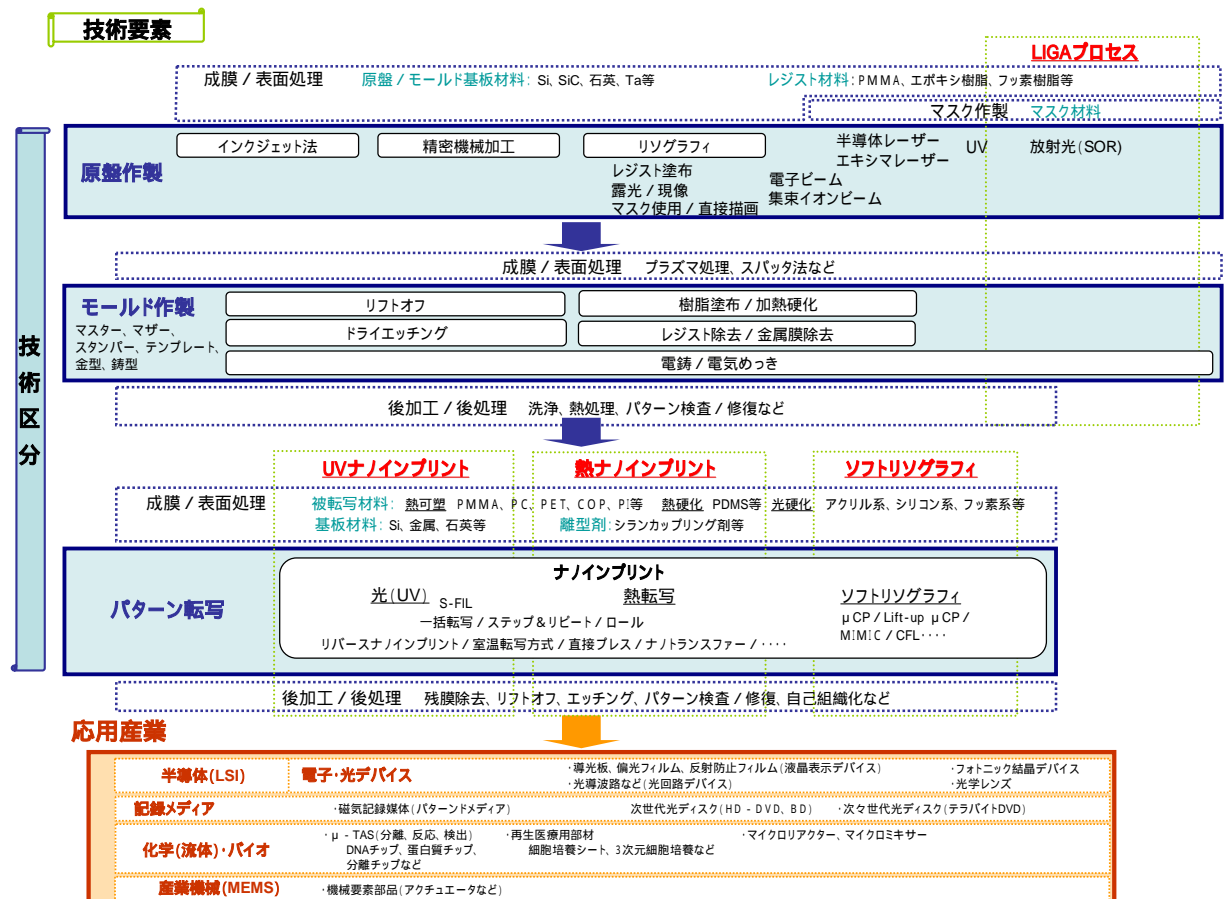
第1章 ナノインプリント技術の俯瞰

1. ナノインプリント技術の概要

ナノインプリント技術は、モールドを被転写材料の樹脂（レジストなど）に押し付け、ナノメーターオーダーでモールド上に形成されたパターンを樹脂に転写する技術である。原盤作製技術、モールド作製技術、パターン転写技術から構成され、エッチング技術などと組み合わせて微細加工などに使われ、半導体などの電子デバイス、光デバイス、記録メディア、化学・バイオデバイス、MEMSなどの産業機械への応用が検討されている。既存のリソグラフィ技術と比べて低コストで微細パターンを形成できる生産技術と言われ、プロセス工程数も少なく、簡単な装置で簡易に製造できると期待されている。

代表的な方式として、熱ナノインプリント（熱転写式ナノインプリントともいう）、UV ナノインプリント（光ナノインプリントともいう）、ソフトリソグラフィがある。また、ナノインプリントに使うモールドの作製方法としてLIGAプロセスがある。第1-1図に、ナノインプリント技術の技術俯瞰図を示す。

第1-1図 ナノインプリント技術の技術俯瞰図



2. ナノインプリント技術に関する技術の流れと原理

(1) 技術の流れ

ナノインプリント技術は、1995年に米国 Princeton 大学（発表当時は Minnesota 大学）の Chou らが初めて“ナノインプリントリソグラフィ”として提唱した微細加工技術である。彼らはモールドを基板上の熱可塑性樹脂の薄膜に押し付け、樹脂中に最小寸法 25nm、深さ 100nm のパターンなどを作り、10nm 以下の微細パターン転写や集積回路、光学部品への応用の可能性を示した。この研究成果は世界中の研究者から注目され、ナノインプリント技術の研究が活発に行なわれるようになった。

1999年には、米国 Texas System 大学の Willson らが、熱可塑性樹脂の代わりに紫外線（UV）で硬化する光硬化性樹脂を用いる UV ナノインプリント技術を開発し、“ステップアンドフラッシュインプリントリソグラフィ（S-FIL）”と名づけた。

一方、これらに先立ち、米国 Harvard 大学の Whitesides らは、1993年に“マイクロコンタクトプリンティング（ μ CP）”を提案した。パターンなどをポリジメチルシロキサン（PDMS）に型取りし、それをスタンプとして使用する技術である。柔らかい PDMS モールドを用いるソフトリソグラフィの代表的な方法になっている。

ナノインプリント技術は、その後も盛んに研究開発、技術改良がなされ、直接プレス法、室温ナノインプリント法、リバースナノインプリント法、ローラーナノインプリント法などが開発されている。直接プレス法は室温でモールドを金属基板に高圧で押し付けてパターンニングする技術で、1998年に NTT が特許出願している。室温ナノインプリント法は 2001年に兵庫県立大学が発表した方法で、ゾルゲル系材料を用い室温でモールドを押しつけパターン転写する。リバースナノインプリント法は 2002年に Michigan 大学が開発した技術で、モールドに付着させた樹脂を基板に転写して 3次元パターンを作る。ローラーナノインプリント法はモールドをロール上に設けるなどして連続的に転写する方法で、大面積の被転写物を得ることができる。

熱ナノインプリント、UV ナノインプリント、及びソフトリソグラフィでは、基本特許を出願した大学の研究グループ、及びその基本特許の専用実施権等を譲り受けたベンチャー企業が連携して、当該技術を先導的に発展させてきた。熱ナノインプリントにおける Chou ら（Princeton 大学）と Nanonex、UV ナノインプリントにおける Willson ら（Texas System 大学）と Molecular Imprints（以降 MII と略す）、ソフトリソグラフィにおける Whitesides ら（Harvard 大学）と Surface Logix である。

Nanonex は、熱ナノインプリント技術の実用化のため 1999年に Chou らによって設立され、Chou らの研究グループが開発した関連技術の専用実施権を有し、2002年にナノインプリント装置の販売を開始している。

MII は、UV ナノインプリント技術の実用化のため 2001年に Willson らによって設立され、S-FIL 技術の開発・使用の専用実施権を有し、2002年に最初の半導体用の装置を Motorola に販売している。

Surface Logix は、医薬の開発のため 1999年に Harvard 大学の Whitesides らによって設立され、Whitesides らによる研究を発展させている。ソフトリソグラフィを利用しミニチュアのバイオアッセイ等を製造している。

また、微細な部品の製造技術として、ドイツの Karlsruhe 研究所が 1980年代に開発した LIGA プロセスがある。高アスペクト比で側壁の加工精度がよいという特徴があり、LIGA プロ

セスで作製したモールドをナノインプリントのモールドとして使うことも行われている。ただし、使用設備の一部が大きいかつ高価なため、産業として使うには制約がある。

(2) 原理

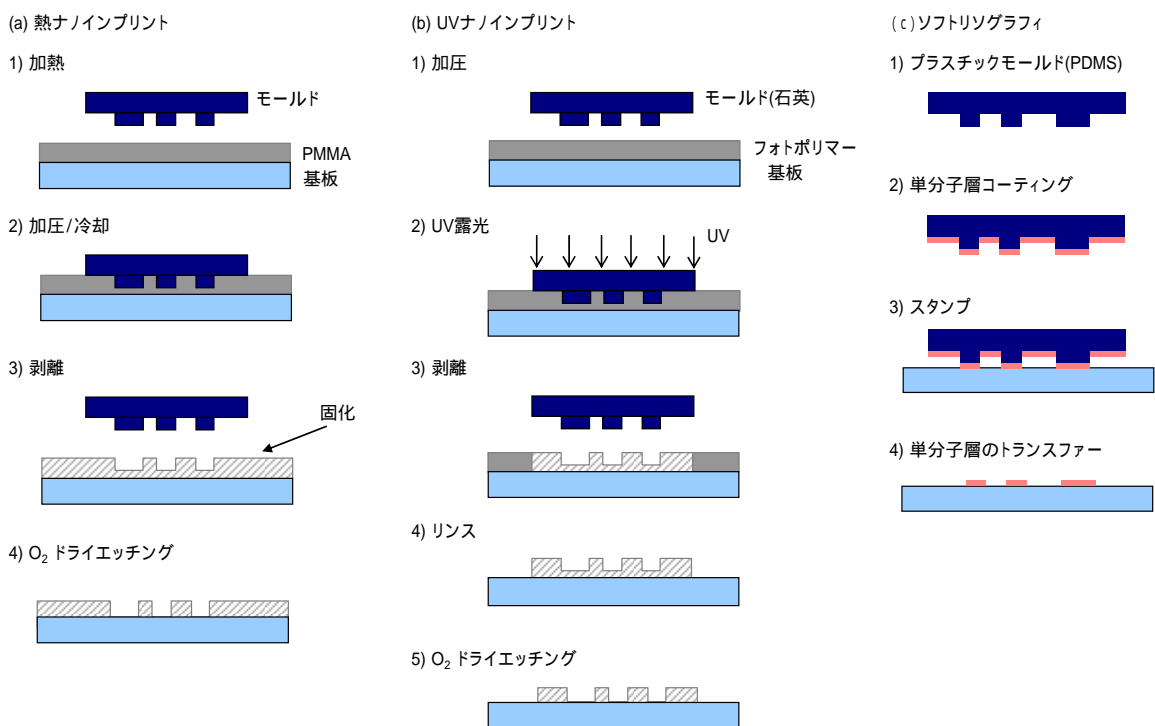
熱ナノインプリント、UV ナノインプリント、及びソフトリソグラフィの転写プロセスを第 1-2 図に示す。

熱ナノインプリントは、ポリメタクリル酸メチル (PMMA) などの熱可塑性樹脂を基板に塗布し、樹脂のガラス転移温度 (PMMA では 105) 以上に昇温してモールドをプレスし、冷却後モールドと基板を引き離すことにより、モールドのパターンを樹脂に転写する。

UV ナノインプリントは、基板上にある通常液体の光硬化性樹脂をモールドで変形させ、透明モールドを通じて光 (UV) 照射して樹脂を硬化させ、その後モールドを基板から離してパターンを転写する。

ソフトリソグラフィは、PDMS モールド(スタンプ)を用いてパターン転写する方法である。第 1-2 図に示すソフトリソグラフィのプロセスは、マイクロコンタクトプリンティングと呼ばれるプロセスで、原盤を用いて作製した PDMS モールドにインクをつけた後、それを基板に接触させてパターン転写を行う。PDMS モールドを用いてパターン転写する方法としては、この他に毛細管マイクロモールド法、毛管カリソグラフィなどがある。

第 1-2 図 ナノインプリント技術の各種パターン転写プロセス



LIGA プロセスは、Lithographie (リソグラフィ)、Galvanofornung (電鍍)、Abformung (成形) の頭文字をとったもので、これら 3 つのプロセスからなる。シンクロトン放射光から発生する直進性の良い X 線等をレジストに照射して微細構造体を作り、それに電鍍を施してモールドを作製し、そのモールドを使って樹脂等を成形する方法である。熱ナノインプリントや UV ナノインプリントにおいても、高アスペクト比のパターンの転写などに LIGA プロセスで作ったモールドが使われている。

第2章 ナノインプリント技術の特許動向分析

第1節 調査方法と対象とした特許

1. 調査方法

ナノインプリント技術に関する特許出願動向について、全体動向分析、技術別動向分析、出願人（発明者）別動向分析、重要特許分析を行った。

海外特許は、米国特許、欧州特許、韓国特許、中国特許を対象とした。特許検索は、日本特許では PATOLIS、海外特許では Derwent World Patents Index (WPINDEX(STN)) を用いた。検索では 1990 年以降に出願された特許を対象とし、登録された特許も 1990 年以降のものである。なお、出願件数の推移では優先権主張年で 2004 年までを対象としているが、データベース収録までの時間差により全データを収録している年が各国で異なっており、特に 2003 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 ヶ月）より遅くなる事情もある。また、米国特許では、2000 年 11 月 29 日に部分的に公開制度が開始されたので、特に、それ以前は、出願件数としてカウントできるのは登録されたものに限られる。したがって、出願件数の推移、各国間の出願件数の比較では、米国における出願件数は、特に公開制度以前の時期については、全件数になっていないことに注意する必要がある。

特許動向分析は、特許公報（韓国特許、中国特許については抄録）の内容から、技術要素別（熱ナノインプリント、UV ナノインプリント、ソフトリソグラフィ、LIGA プロセス）に分類し、さらに、「用途」「課題」「解決手段」という分析軸も設けて詳しく分類した。

用途軸は、電子デバイス、光デバイス、記録メディア、化学（流体）・バイオデバイス、産業機械（MEMS）、その他の用途（燃料電池等）、用途不特定（共通技術）とした。課題軸は、微細化、複雑なナノ構造体形成、位置合わせ精度向上、大面積化、膜厚依存性改善、コスト削減、離型性向上、その他の課題とした。解決手段軸は、原盤作製、モールド作製、パターン転写、後加工/後処理とした。

2. 対象とした特許

ナノインプリント技術を分類、解析するにあたっては、用途、課題、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。ノイズを除去した後、最終的に対象とした特許を第 2-1 表に示す。各国特許ごとに、出願件数と登録件数を併記している。なお、出願件数では 2004 年 12 月までに出願された特許、登録件数では 2006 年期中までに登録された特許を対象にしている。この出願・登録件数には、用途のみ記載されている特許も含まれているので、第 2-1 表の特許を、以降、「ナノインプリント関連技術を含む特許」と呼ぶ。

第 2-1 表 ナノインプリント技術で対象とする特許（ナノインプリント関連技術を含む特許）
1990-2004 年累積（登録は 1990-2006 年期中累積）

	出願件数	登録件数
日本特許	491	23
米国特許	634	210
欧州特許	181	12
韓国特許	106	22
中国特許	93	-

ナノインプリント関連技術を含む特許の中で、1つの主要な用途、その用途に対する課題、及びその課題の解析手段を取り上げることができた特許を、以降、「ナノインプリント技術に特徴のある特許」と呼ぶ。これらの特許を解析するにあたっては、1つの主要な用途、その用途に対する課題、及びその課題の解析手段に対して分類を付与した。これらの特許の出願・登録件数を第 2-2 表に示す。ナノインプリント技術に特徴のある特許を、主に、技術要素という括りの中で、技術区分や注目研究開発テーマという観点で詳細に解析している。

なお、第 2 章第 2 節と第 4 節はナノインプリント関連技術を含む特許を、第 2 章第 3 節はナノインプリント技術に特徴のある特許を対象にしている。

第 2-2 表 ナノインプリント技術で対象とする特許（ナノインプリント技術に特徴のある特許）
1990-2004 年累積（登録は 1990-2006 年期中累積）

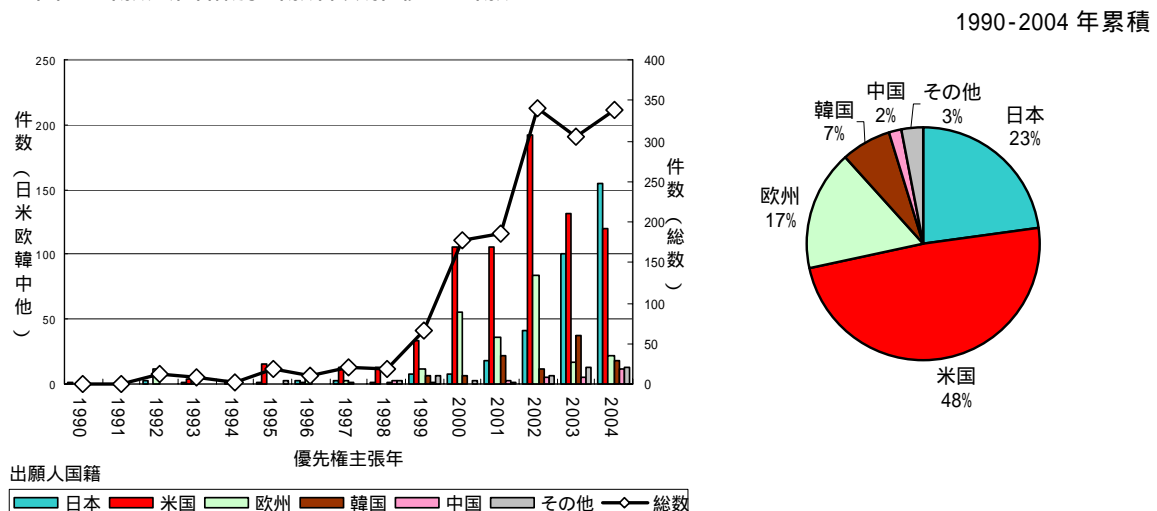
	出願件数	登録件数
日本特許	406	23
米国特許	550	180
欧州特許	149	10
韓国特許	94	20
中国特許	83	-

第 2 節 全体動向分析

1. 出願先別出願人国籍別の出願動向

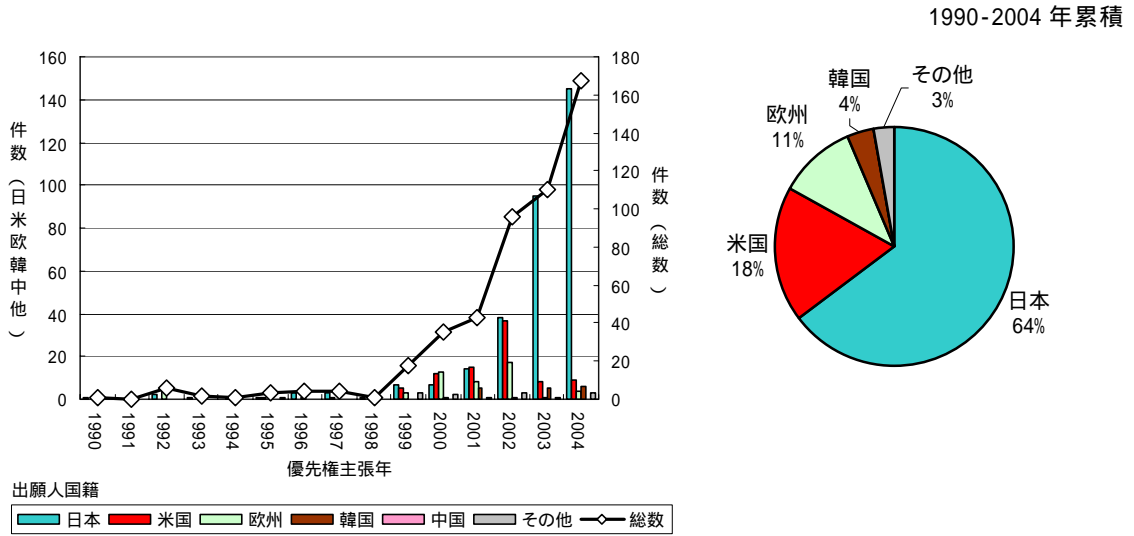
まず、日本、米国、欧州、韓国、中国への特許を合計した出願人国籍別出願件数推移と出願シェアを第 2-3 図に示す。米国籍出願人は 1999 年から、日本国籍出願人は 2～3 年遅れて 2001 年～2002 年から出願件数が急増している。

第 2-3 図 出願人国籍別出願件数推移と出願シェア

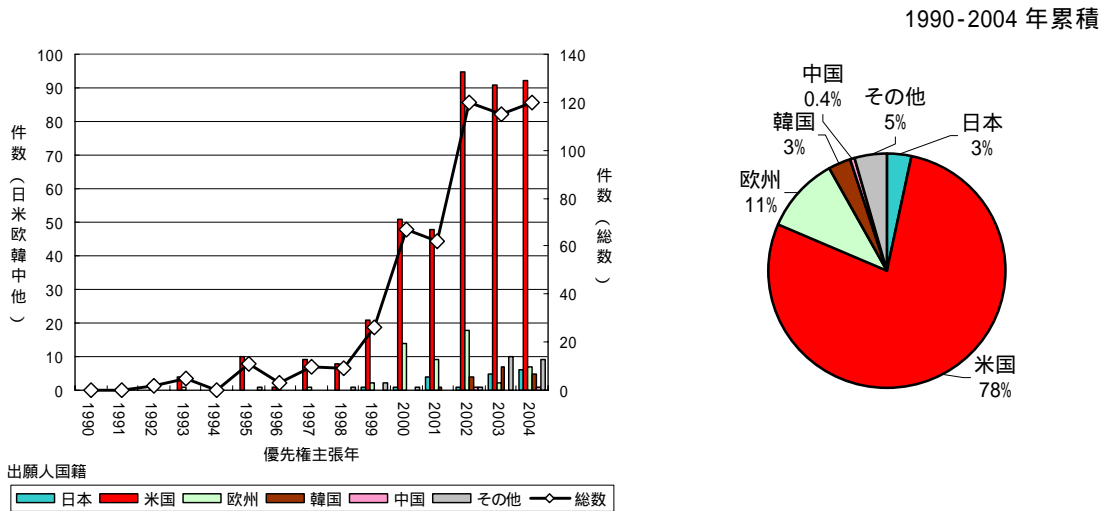


次に、出願先ごとに、出願人国籍別の出願動向（年次推移と出願シェア）を、第 2-4 図～第 2-6 図に示す。

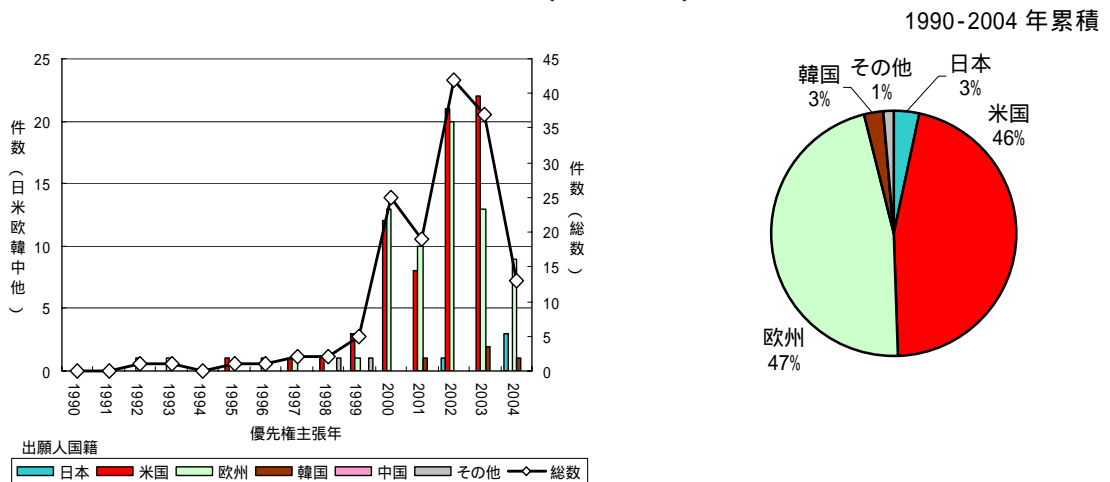
第 2-4 図 出願人国籍別出願件数推移と出願シェア（日本特許）



第 2-5 図 出願人国籍別出願件数推移と出願シェア（米国特許）



第 2-6 図 出願人国籍別出願件数推移と出願シェア（欧州特許）

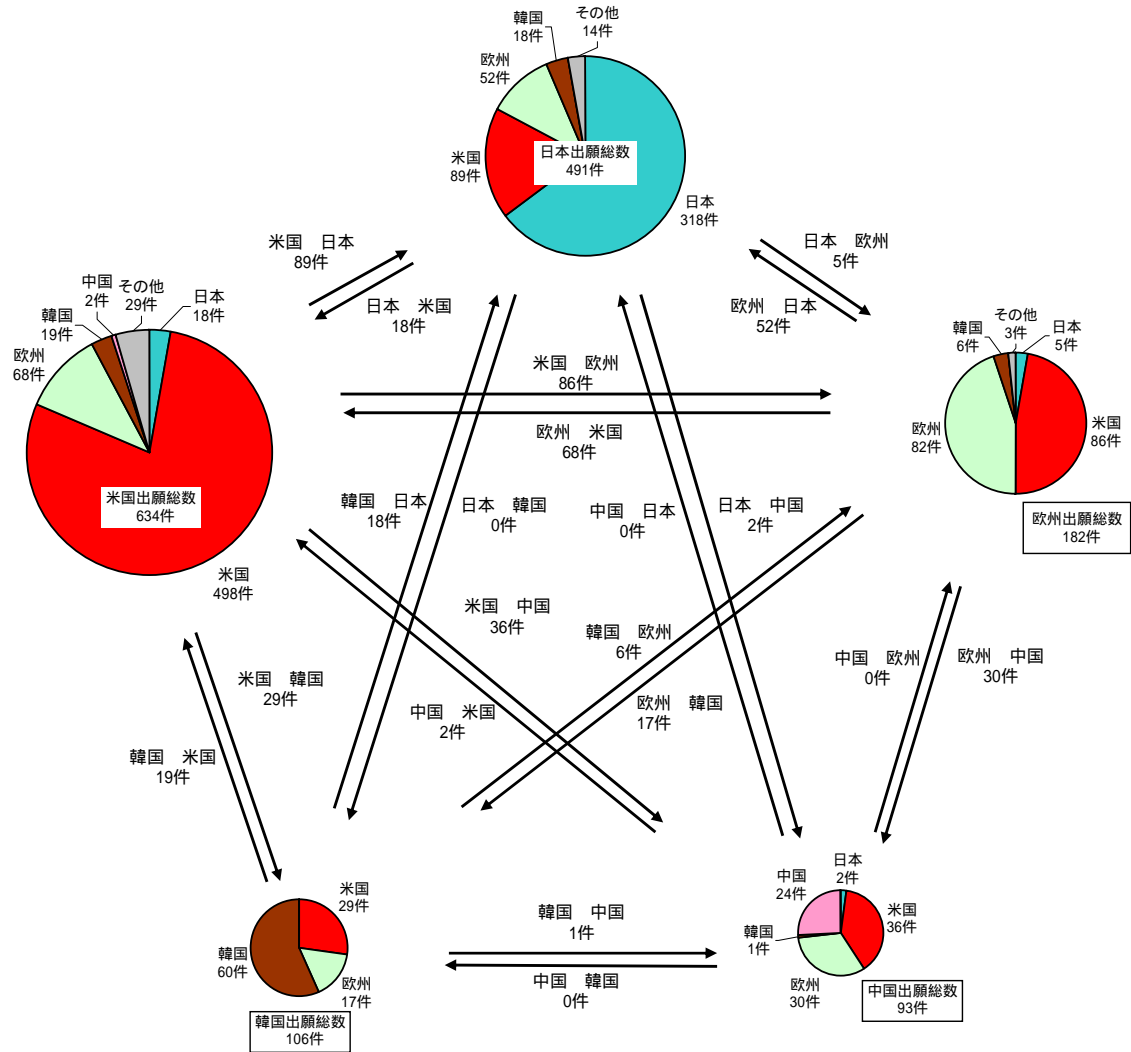


2. 出願先別出願人国籍別の出願件数収支

日米欧韓中の各国（地域）への出願件数収支を第2-7図に示す。日本から米国や欧州への出願が非常に少ない。韓国への出願も同様である。一方、米国籍出願人と欧州国籍出願人は、日本をはじめ他の国（地域）へも多く出願している。米国と欧州の間では出願件数の収支はほぼ均衡している。出願件数の多い日米欧の間での他国への出願件数の比率は、欧州(59%)、米国(26%)、日本(7%)で、日本の他国への出願が、欧米に比べて極めて少ない。

第2-7図 出願先別出願人国籍別の出願件数収支

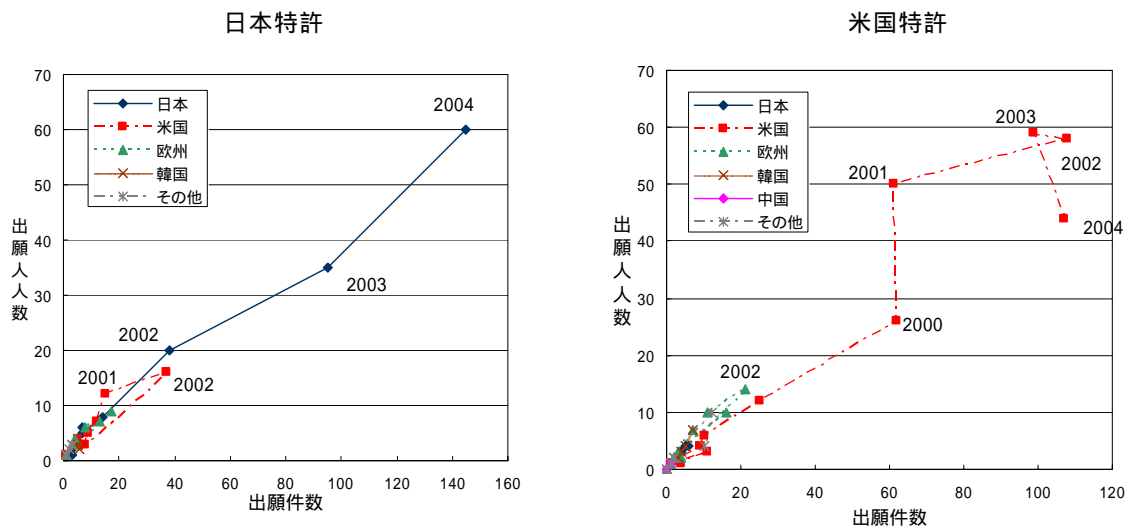
1990-2004年累積



3. 出願人国籍別出願件数と出願人人数の推移

日本、米国に出願された出願人国籍別出願件数と出願人人数の推移を第2-8図に示す。日本特許では、日本（自国）国籍出願人で特に顕著であるが、全体として、出願件数、出願人人数とも増加し続けており、ナノインプリント技術は技術開発の発展期にあると言える。米国特許でも同様な傾向が見られる。

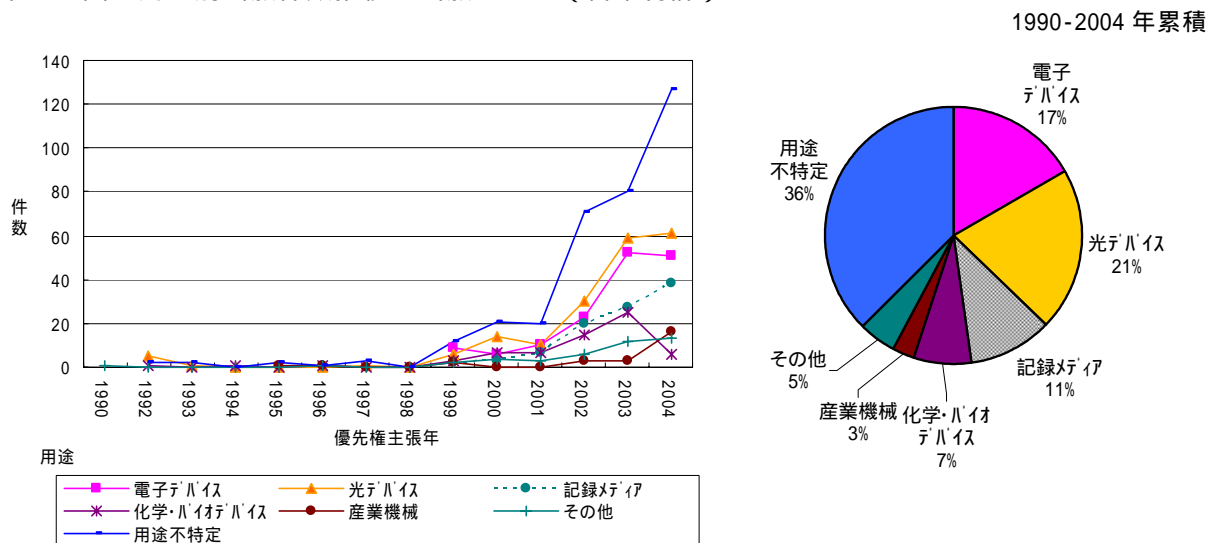
第2-8図 出願人国籍別出願件数と出願人人数の推移



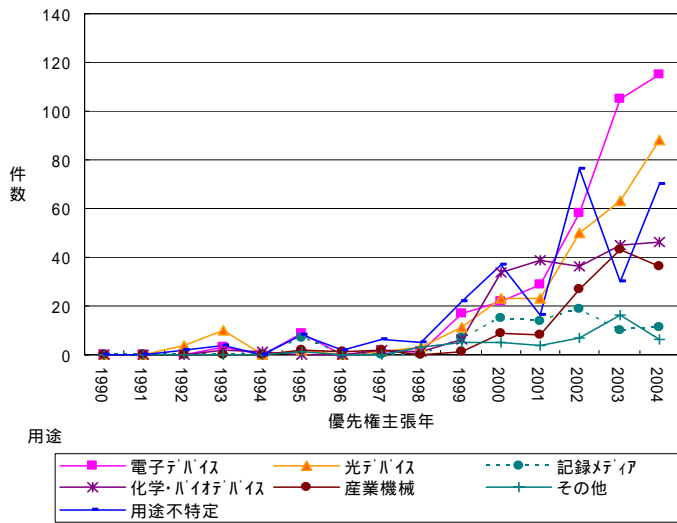
4. 各国における用途別出願動向

日米欧への特許について、用途別出願件数の推移と出願シェアを第2-9図～第2-11図に示す。欧米では、電子デバイスの用途の伸びが大きく、特に米国では用途不特定（共通技術）の伸びを上回っている。一方、日本では、まだ用途不特定の伸びが大きく、ついで光デバイス、電子デバイスが同様に増えている。

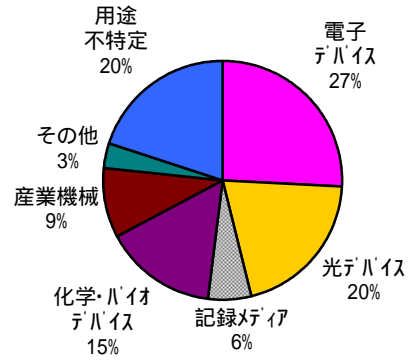
第2-9図 用途別出願件数推移と出願シェア（日本特許）



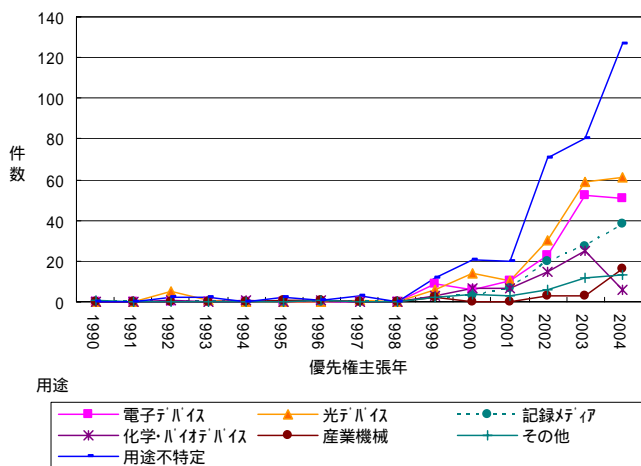
第 2-10 図 用途別出願件数推移と出願シェア（米国特許）



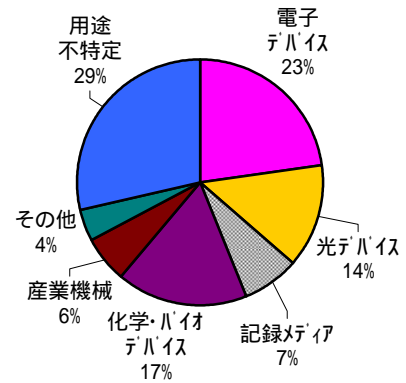
1990-2004 年累積



第 2-11 図 用途別出願件数推移と出願シェア（欧州特許）



1990-2004 年累積



第3節 技術別動向分析

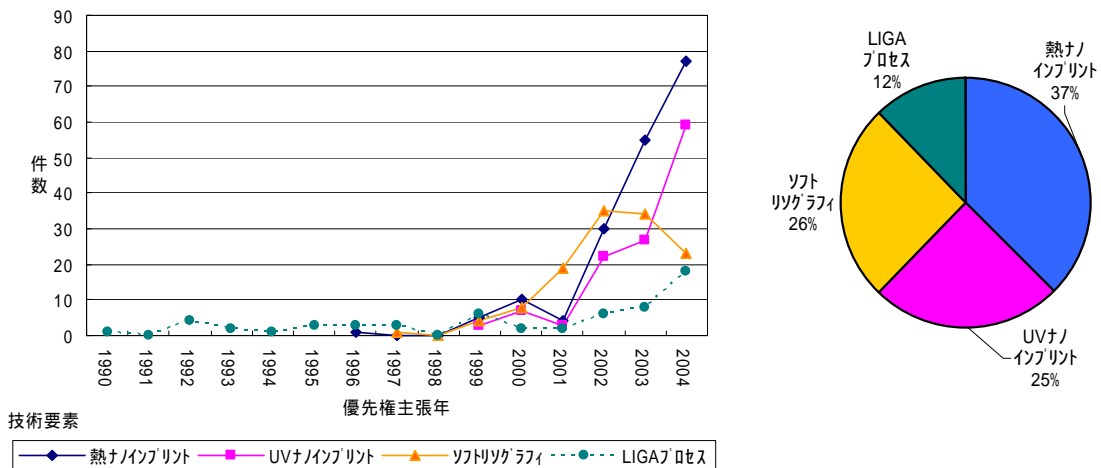
1. 全体動向

第3節では技術の詳細な動向を分析するため、ナノインプリント技術に特徴のある特許を対象にしている。まず、日米欧への特許について、各技術要素の割合を第2-12図、第2-16図、第2-20図に示す。さらに、日本特許と米国特許について、熱ナノインプリント、UVナノインプリント、及びソフトリソグラフィにおける出願人国籍別の動向を第2-13図～第2-15図、第2-17図～第2-19図)に示す。

日本特許では、熱ナノインプリント、ついで、UVナノインプリントとソフトリソグラフィが同程度の比率である。2002年以降、熱ナノインプリントとUVナノインプリント(以降、両者を合わせて熱/UVナノインプリントと呼ぶ)は急増している。一方、ソフトリソグラフィは横ばい傾向である。LIGAプロセスは、件数が少ないが、2002年以降着実に増加傾向である。出願人の国籍別出願件数では、いずれの技術要素でも日本国籍出願人が圧倒的に多い。熱/UVナノインプリント、ソフトリソグラフィでは、米国籍出願人が15～20%程度で二番目に多い。

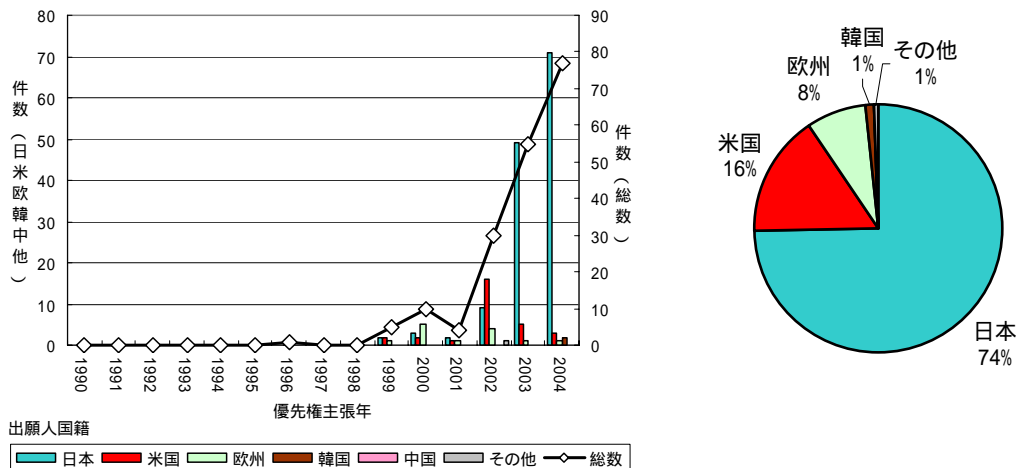
第2-12図 技術要素別出願件数推移と出願シェア(日本特許)

1990-2004年累積

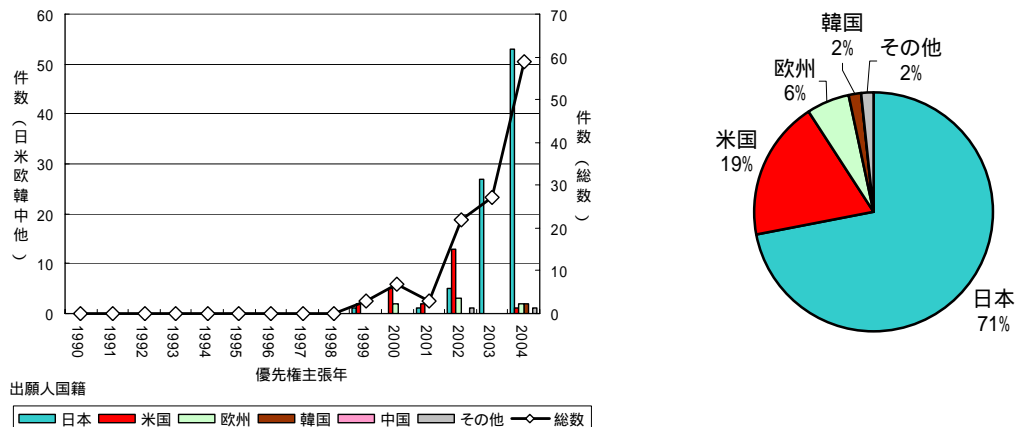


第2-13図 出願人国籍別出願件数推移と出願シェア(日本特許:熱ナノインプリント)

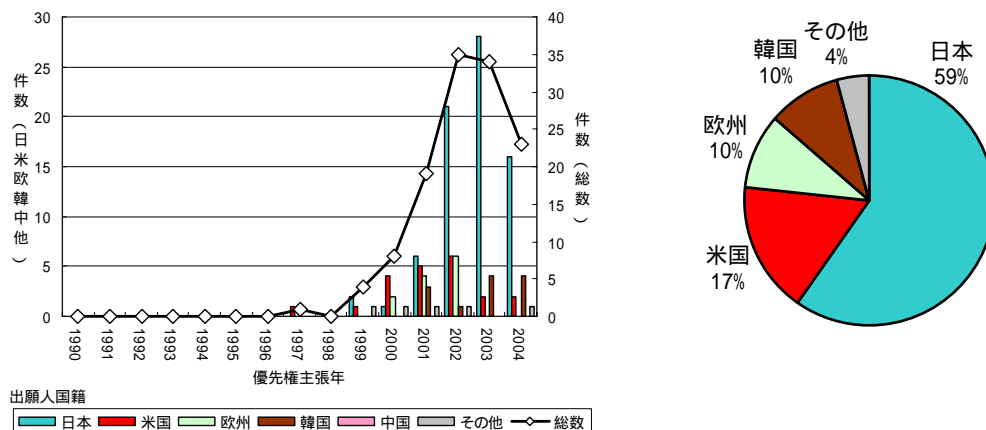
1990-2004年累積



第 2-14 図 出願人国籍別出願件数推移と出願シェア（日本特許：UV ナノインプリント）
1990-2004 年累積



第 2-15 図 出願人国籍別出願件数推移と出願シェア（日本特許：ソフトリソグラフィ）
1990-2004 年累積

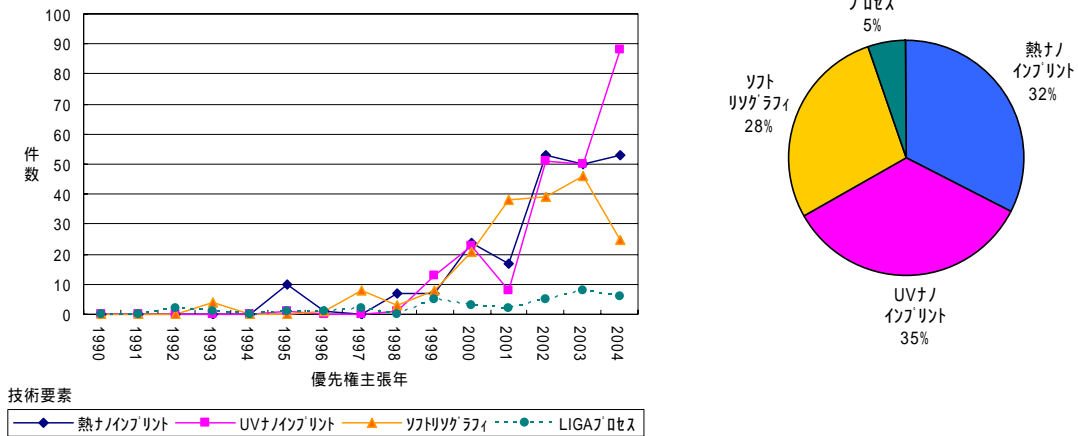


米国特許では、熱ナノインプリント、UV ナノインプリント、ソフトリソグラフィそれぞれが 1/3 程度になっている。2002 年以降、熱/UV ナノインプリントは急増している。UV ナノインプリントで顕著である。一方、ソフトリソグラフィは日本と同様、横ばい傾向である。出願人の国籍では、いずれの技術要素でも米国籍出願人が圧倒的に多い。熱ナノインプリントとソフトリソグラフィでは、欧州国籍出願人が約 10% 程度で二番目に多い。熱/UV ナノインプリントでは 2002 年から、ソフトリソグラフィは 2000 年から米国籍出願人による出願件数が大きく伸びている。

また、半導体用途への応用が有望視されている UV ナノインプリントでは、米国特許における米国籍出願人による出願件数は、日本特許における日本国籍出願人による出願件数より倍近く多い。

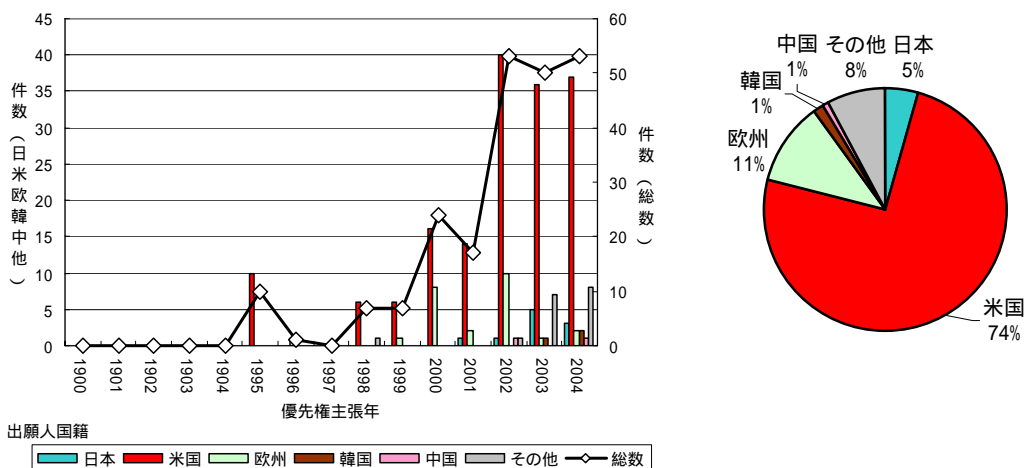
第 2-16 図 技術要素別出願件数推移と出願シェア（米国特許）

1990-2004 年累積



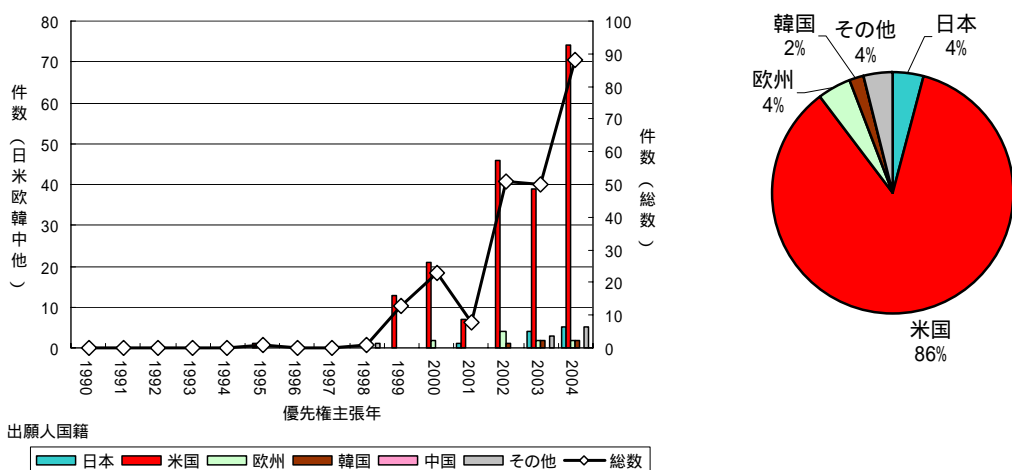
第 2-17 図 出願人国籍別出願件数推移と出願シェア（米国特許：熱ナノインプリント）

1990-2004 年累積



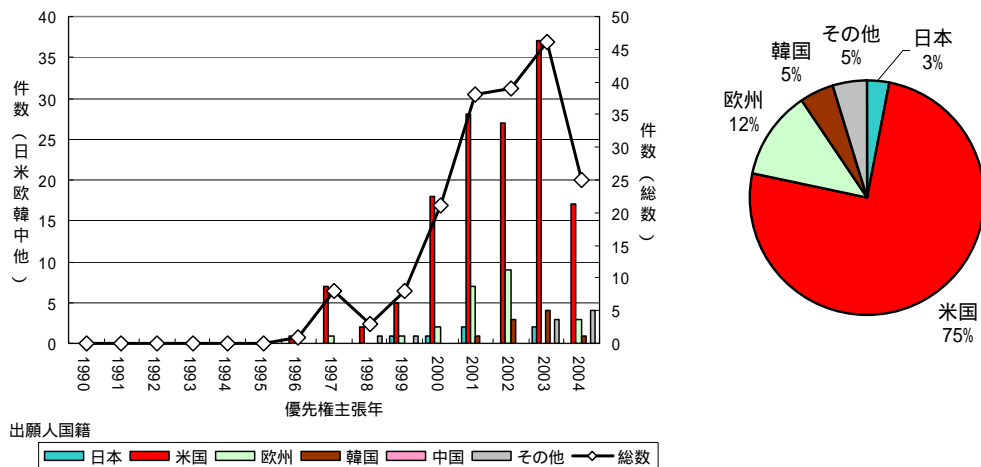
第 2-18 図 出願人国籍別出願件数推移と出願シェア（米国特許：UV ナノインプリント）

1990-2004 年累積



第 2-19 図 出願人国籍別出願件数推移と出願シェア（米国特許：ソフトリソグラフィ）

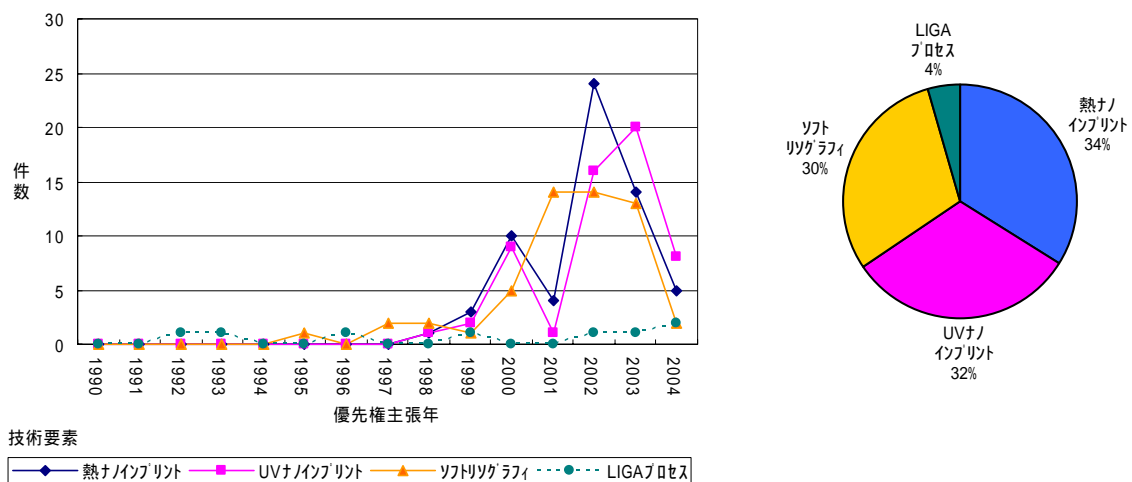
1990-2004 年累積



欧州特許では、米国と同様、熱ナノインプリント、UV ナノインプリント、ソフトリソグラフィそれぞれが 1/3 程度になっている。2002 年以降、熱/UV ナノインプリントは急増している。一方、ソフトリソグラフィは日米と同様、横ばい傾向である。

第 2-20 図 技術要素別出願件数推移と出願シェア（欧州特許）

1990-2004 年累積



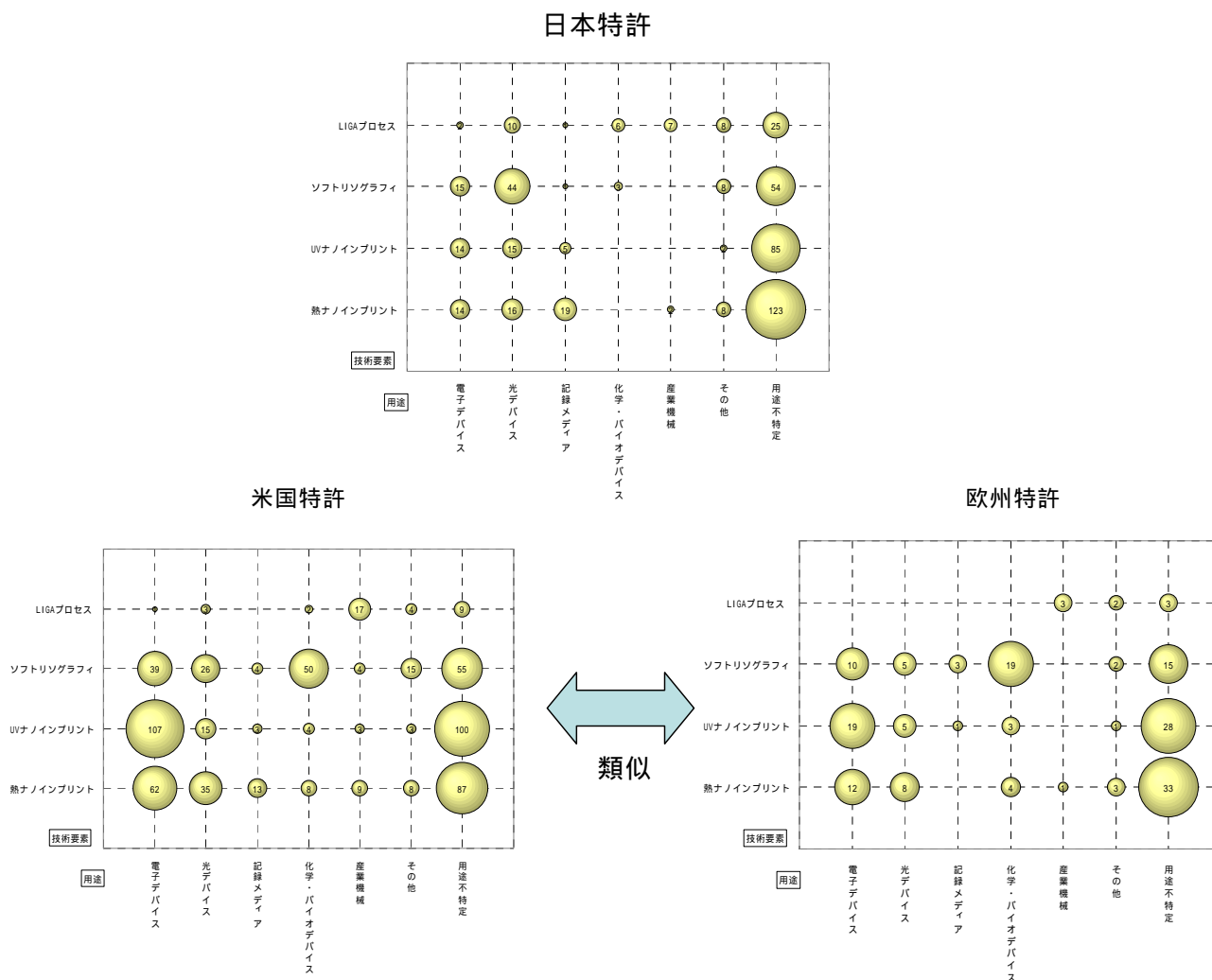
また、欧州特許における出願人国籍別の出願シェアは、熱/UV ナノインプリントでは、米国籍出願人が 50～60%、欧州国籍出願人が 30～40%である。ソフトリソグラフィでは、米国籍出願人が 39%、欧州国籍出願人が 51%である。いずれにおいても、欧州特許は、自国籍出願人による出願件数が圧倒的に多い日本特許や米国特許と状況が異なっている。

2. 各国特許における技術要素と用途の関係

各国特許における技術要素と用途の関係をバブル図として、第 2-21 図に示す。

第 2-21 図 各国における技術要素と用途との関係

1990-2004 年累積



日本特許は、熱/UV ナノインプリントでは用途不特定（共通技術）に関する特許が多い。ソフトリソグラフィでは用途不特定とともに光デバイスへの応用の特許が多い。

米国特許は出願件数では欧州特許より圧倒的に多いが、両者の技術要素と用途との関係はよく似ている。熱/UV ナノインプリント、ソフトリソグラフィは、電子デバイスへの応用と用途不特定が多く、ソフトリソグラフィはさらに化学・バイオデバイスへの応用も多い。

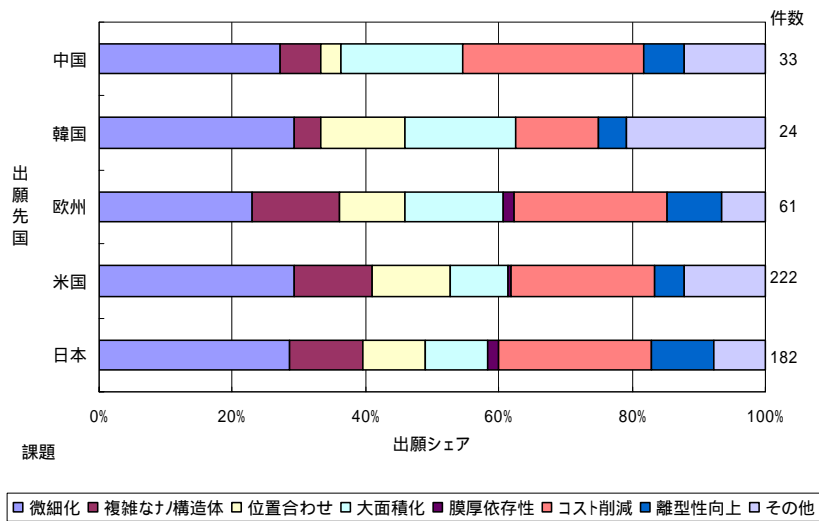
3. 課題別動向

技術要素ごとに課題別の出願状況を各国間で比較する（第 2-22 図～第 2-24 図）。課題としては、微細化、複雑なナノ構造体形成、位置合わせ精度向上、大面積化、膜厚依存性改善、コスト削減（高スループットも含む）、離型性向上、その他の課題を取り上げた。

熱ナノインプリントでは、日米欧中において、微細化とコスト削減の割合が大きい。欧韓中では、課題が大面積化である割合が日米に比べて大きい。UV ナノインプリントでは、日米韓中において微細化に関する出願が最も多い。ソフトリソグラフィでは、各国とも微細化とコスト削減の割合が圧倒的に大きい。日本は米国に比べ、コスト削減の割合が大きい。

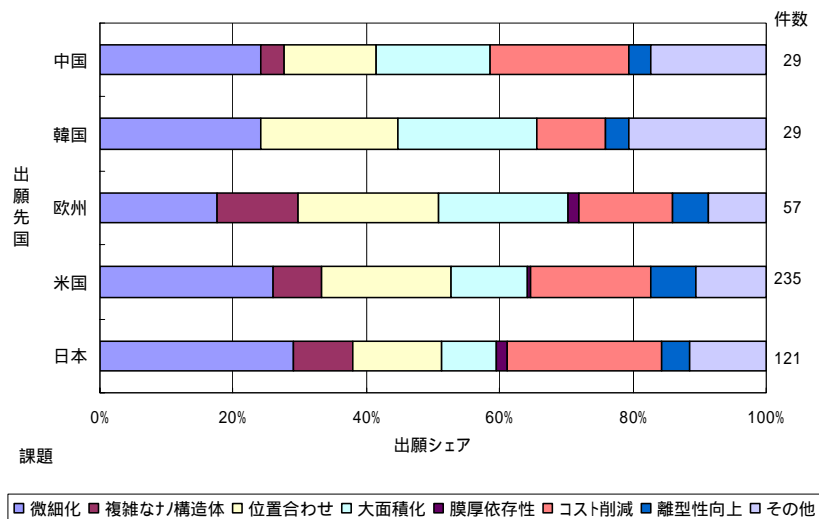
第 2-22 図 各国における課題別の出願シェア（熱ナノインプリント）

1990-2004 年累積



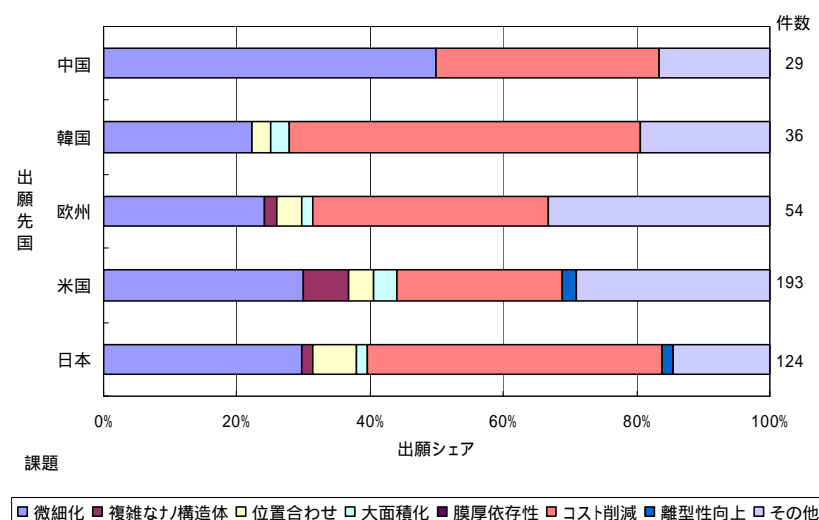
第 2-23 図 各国における課題別の出願シェア（UV ナノインプリント）

1990-2004 年累積



第 2-24 図 各国における課題別の出願シェア（ソフトリソグラフィ）

1990-2004 年累積



4．技術区分別動向

技術要素ごとに技術区分別の出願状況を各国間で比較する(第2-25図～第2-27図)。技術区分としては、原盤作製、モールド作製、原盤・モールド後加工/後処理、パターン転写、後加工/後処理という解決手段を取り上げた。

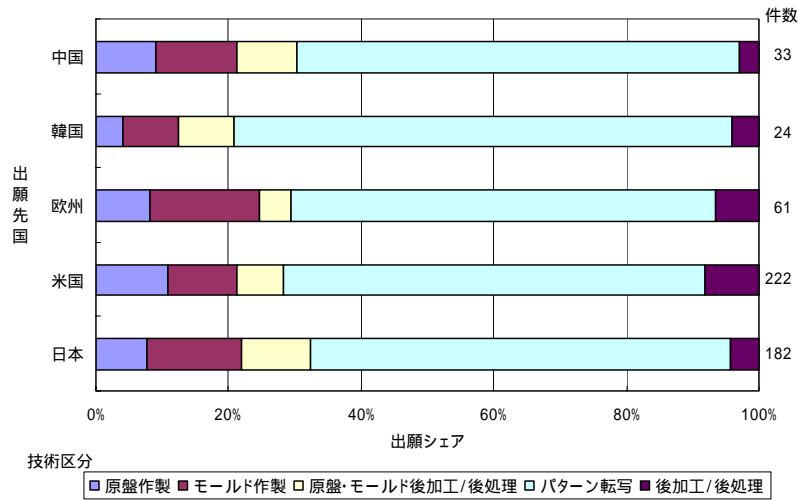
熱ナノインプリントでは、日米欧中各国とも、パターン転写は全体の約65%である。なお、韓国はさらに大きく約75%である。件数の多い日本と米国を比較すると、日本は、米国に比べ、モールド作製、原盤・モールド後加工/後処理の割合がやや大きく、原盤作製の割合がやや小さい傾向が見られる。

UVナノインプリントでも、熱ナノインプリントと同様に各国ともパターン転写の割合が高い。また、日本は、米国に比べ、原盤・モールド後加工/後処理の割合が大きい。

ソフトリソグラフィでも、熱/UVナノインプリントと同様に各国ともパターン転写の割合が高い。件数の少ない欧韓中においてはその傾向がさらに顕著である。

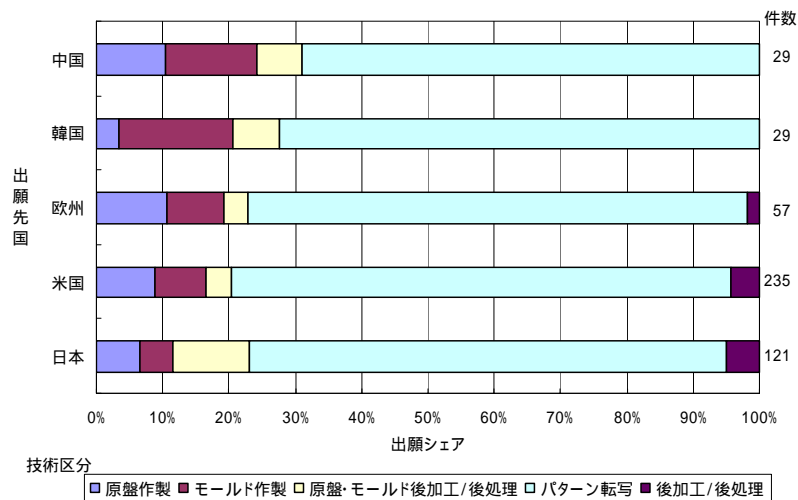
第 2-25 図 各国における技術区分別の出願シェア（熱ナノインプリント）

1990-2004 年累積



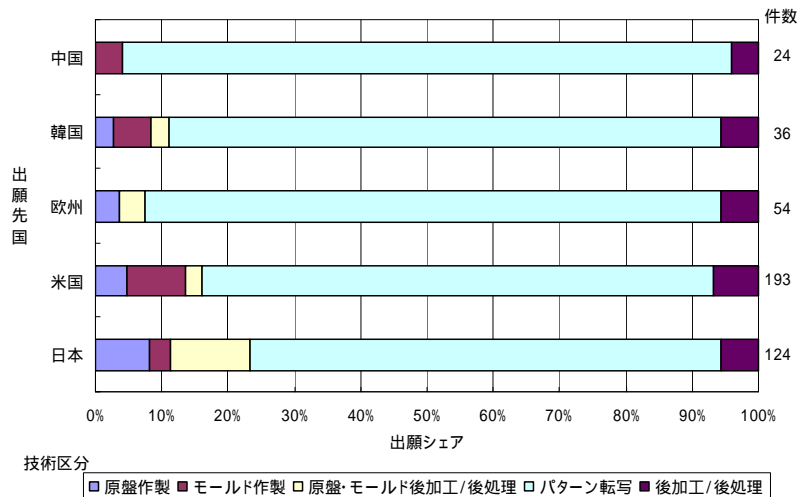
第 2-26 図 各国における技術区分別の出願シェア（UV ナノインプリント）

1990-2004 年累積



第 2-27 図 各国における技術区分別の出願シェア（ソフトリソグラフィ）

1990-2004 年累積



第4節 出願人別動向分析

1. 各国における出願件数の上位出願人

出願人別出願件数上位ランキングを、日本特許について第2-28表に示す。日本特許では、出願件数は、富士ゼロックス、キヤノン、セイコーエプソン、東芝、Hewlett-Packard（以降HPと略す；米国）、日立製作所の順に多い。海外からの出願人では、HP、Obducat（スウェーデン）、IBM（米国）、Koninklijke Philips Electronics（以降Philipsと略す；オランダ）大学や公的研究機関では、Texas System 大学（米国）、科学技術振興機構、工業技術研究院（Ind.Technology Res.Inst.：台湾）からの出願件数が多い。

第2-28表 出願人別出願件数上位ランキング（日本特許）

1990-2004年累積

順位	出願人	出願件数
1	富士ゼロックス	35
2	キヤノン	29
3	セイコ-エプソン	23
4	東芝	21
5	HEWLETT-PACKARD(米国)	18
6	日立製作所	15
7	住友電気工業	14
8	リコ-光学/リコー	13
9	松下電器産業	11
9	OBDUCAT(スウェーデン)	11
9	IBM(米国)	11
12	KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS(オランダ)	10
13	ソニ-	8
13	KOMAG(米国)	8
15	UNIV TEXAS SYSTEM(米国)	7
15	ZEPTOSENS(スイス)	7
15	大日本印刷	7
15	LG PHILIPS LCD(韓国)	7
19	旭硝子	6
19	日立化成工業	6
19	科学技術振興機構	6
19	三菱電機	6
19	IND TECHNOLOGY RES INST(台湾)	6

米国特許では、Texas System 大学（米国）やMII（米国）のグループによる出願が圧倒的に多い。ついでHP、同程度の件数のIBMとChou（米国：Princeton大学）の順である。なお、米国の公開特許では、出願人名が記載されていないものが多いことに注意する必要がある。ただ、登録件数で見ても、Texas System 大学やMIIのグループが圧倒的に多い。次いでIBM、HPである。

欧州特許では、出願件数が最も多いのはObducatであるが、Texas System 大学とMIIを合わせるとObducatに近い件数になる。

韓国特許では、LG電子、KIMM、三星電子といった韓国勢の他に、Texas System 大学とMIIのグループ、Philips、IBM（米国）が多い。

2. 注目出願人の各国での出願状況

各国での上位出願人の中から、ナノインプリント技術における研究開発リーダーもしくは

将来のビジネスリーダーと期待されている注目出願人として 11 企業を選んだ。熱・UV ナノインプリントでは、日本のキヤノン、東芝、日立製作所、米国の HP、Willson ら (Texas System 大学) を含めた MII、Chou ら (Princeton 大学) を含めた Nanonex、欧州の Obducat である。ソフトリソグラフィでは、日本の富士ゼロックス、米国の IBM、Whitesides ら (Harvard 大学) を含めた Surface Logix、欧州の Philips である。このうち、Chou ら (Princeton 大学) と Nanonex、Willson ら (Texas System 大学) と MII、Whitesides ら (Harvard 大学) と Surface Logix は、それぞれ熱ナノインプリント、UV ナノインプリント、ソフトリソグラフィにおける先駆的な技術を開発し、それらの基本特許を有している。さらに、現在も、大学と企業とが緊密に連携して技術開発を進めていることから、研究開発リーダーとして位置づけている。

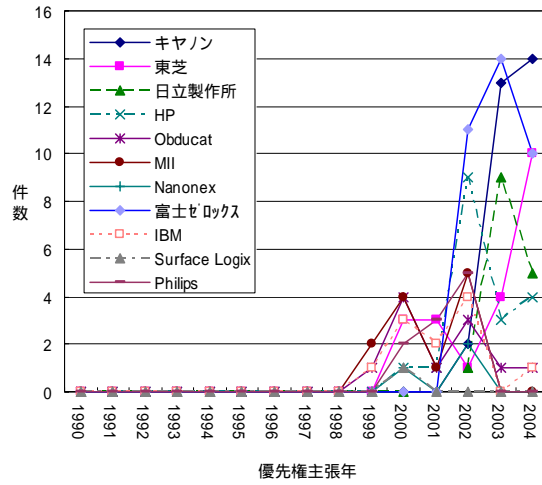
各国への特許について、これらの注目出願人による出願件数の年次推移、技術要素別出願件数、及び用途別出願件数を分析した。出願件数の多い日本特許と米国特許についての結果をそれぞれ第 2-29 図、第 2-30 図に示す。

日本特許では、キヤノン、東芝、日立製作所は、2003 年以降の出願件数の増加傾向が目立つ。東芝は熱ナノインプリントを主体に記録メディアへの応用が多い。キヤノンと日立製作所は熱ナノインプリント、UV ナノインプリントがほぼ半々である。キヤノンは電子デバイスへの応用と用途不特定 (共通技術) が多い。一方、日立製作所はどの用途にも万遍なく出願している。海外勢では HP の出願件数が多いが、2003 年から減少傾向にある。HP、Obducat は主に熱ナノインプリント、MII は主に UV ナノインプリントに関する特許が多い。特定の用途では、HP と MII は電子デバイスの割合が、Obducat は記録メディアの割合が大きい。一方、ソフトリソグラフィでは、最も出願件数の多い富士ゼロックスが最近出願件数を増している。富士ゼロックスはほとんど光デバイス用途であり、Philips と IBM は電子デバイスと用途不特定の割合が大きい。

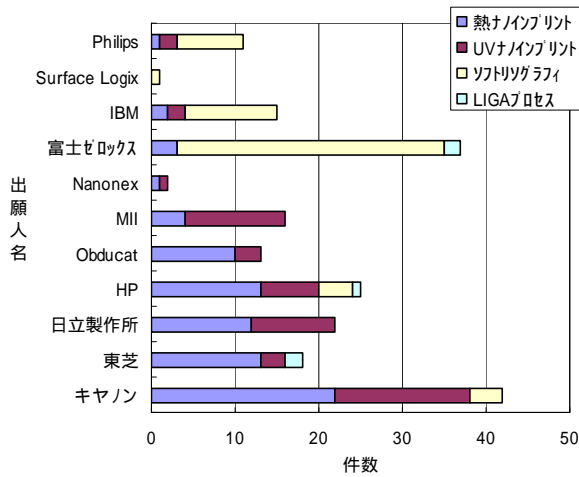
米国特許では、増減はあるが、2000 年以降、MII と HP の出願件数が着実に増加している。MII の出願件数が圧倒的に多く、主に UV ナノインプリントに関する特許である。用途では電子デバイスの割合が少し高いが、比較的万遍なく特許出願している。MII は他の出願人と比べると圧倒的に電子デバイスへの応用の出願件数が多い。HP は熱ナノインプリント、UV ナノインプリントが半々で、主に電子デバイスへの応用と用途不特定 (共通技術) が多い。ソフトリソグラフィでは、Surface Logix の出願件数が多い。

第 2-29 図 注目出願人の出願状況（日本特許）

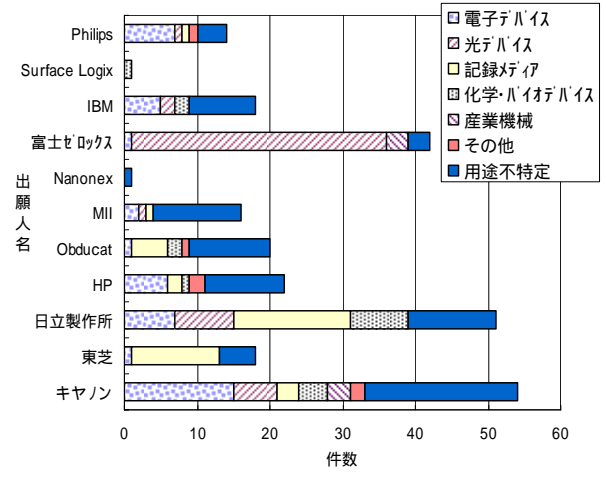
出願件数推移



技術要素別出願件数



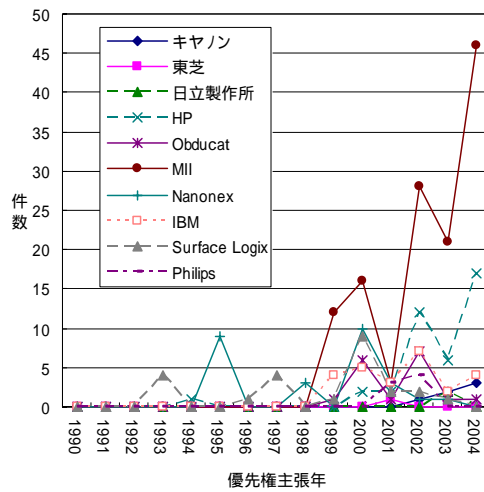
用途別出願件数



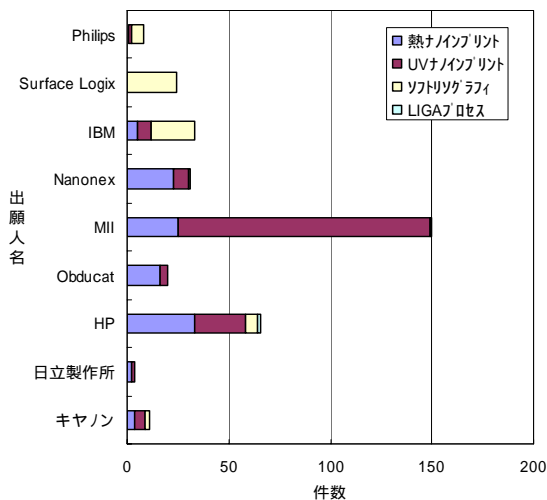
1990-2004 年累積

第 2-30 図 注目出願人の出願状況（米国特許）

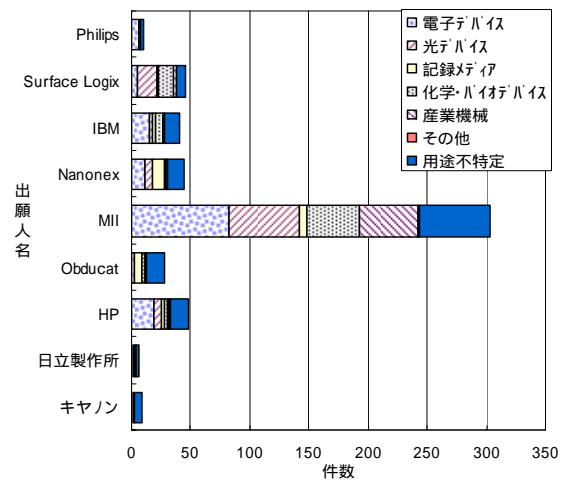
出願件数推移



技術要素別出願件数



用途別出願件数



1990-2004 年累積

欧州特許では、MI、Obducat、HPの出願件数が多い。MIは主にUVナノインプリント、ObducatとHPは熱ナノインプリントに関する出願が多い。MIとHPは電子デバイス、Obducatは記録メディアへの応用が比較的多い。ソフトリソグラフィでは、Philipsからの出願件数が多い。

韓国特許では、MI、Nanonex、HPが熱/UVナノインプリントを主体に用途不特定（共通技術）の特許が多い。MIは主にUVナノインプリント、HPは主に熱ナノインプリント、Nanonexは熱ナノインプリント及びUVナノインプリントが半々である。ソフトリソグラフィでは、Philipsが電子デバイス、IBMがさらに化学・バイオデバイスの特許を多く出願している。

中国特許では、Obducatが熱ナノインプリントを主体に用途不特定と記録メディアを中心にしている。Nanonexは熱ナノインプリント及びUVナノインプリントが半々で、万遍なく幅広い用途に出願している。MIは主にUVナノインプリントで、すべて用途不特定の特許である。

第5節 基本特許・重要特許分析

熱ナノインプリントについては、Chouら（Princeton大学（発表当時はMinnesota大学））による1995年のナノインプリントリソグラフィの研究発表と基本特許（US5772905）をきっかけに、日米欧を中心に研究開発が進められている。装置面では、1996年にJenoptik（独）から大量生産用成型装置、1999年にNECから微細パターン形成装置の特許が出願され、1999年以降はObducatを中心に商業用装置に関する一連の特許が出願されている。技術（改良）面では、ChouらやNanonexのグループが流体圧力を使うインプリント法、レーザー利用ダイレクトインプリントリソグラフィなどを開発している。また、2002年以降にはMichigan大学によるリバースナノインプリント法などが開発されている。応用展開では、Chouらのコンパクトディスク（1995年）、NTTの半導体表面の微細パターン形成方法（1999年）の特許が注目される。それ以降も半導体、光デバイス、磁気記録媒体、化学・バイオデバイスに関する数多くの特許が出願されている。モールド、材料に関しても応用開発、実用化と並行する形で出願がなされている。

UVナノインプリントは、Willsonら（Texas System大学）が1999年のS-FIL法の基本特許（US6334960）や装置特許を出願した後も2000年まで一連の開発を行っている。2002年以降はIIIが実用化のための開発を精力的に行ない、数多くの特許を出願している。半導体分野への応用は最も重要視されている。これらの改良技術として、東芝による電流などを利用する転写技術（2000年）と直接プレス法（2001年）、兵庫県立大学による室温ナノインプリント法（2001年）がある。近年はローラーナノインプリント法が連続転写法として注目されている。

ソフトリソグラフィでは、Whitesidesら（Harvard大学）が、1993年のマイクロコンタクトプリンティング（ μ CP）法の基本特許（US5512131）を出願した後もパターン形成から応用までの特許を幅広く出願している。Motorolaも初期にスタンプや装置関係の特許を出願している。その後はPhilips、IBMが中心となりパターン転写法、スタンプ、応用に関する技術開発を行っている。装置に関する出願は少なく、金属などのパターン形成法や μ CPと毛細管マイクロモールド（MIMIC）法、ソフトリソグラフィとフォトリソグラフィの組合せなどに関する特許が多い。応用面では化学・バイオデバイスへの展開が多く、記録メディアに関する特許はほとんどない。富士ゼロックスがMIMIC法を用いた高分子光導波路シートの特許を2002～2004年に多数出願している。

第3章 ナノインプリント技術に関する研究開発動向分析

第1節 論文動向分析

1. 調査方法と対象とした論文

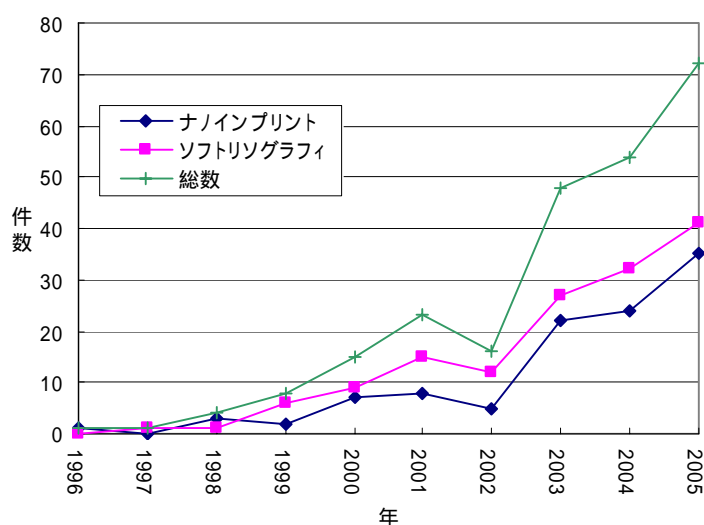
1981年以降2006年8月までの論文データベース(JSTPlus)に収録されている論文を調査対象とした。ナノインプリントとソフトリソグラフィの論文を検索した結果、該当する論文(原著論文、抄録有)は330件であった。さらに、逐次刊行物(レビュー類を除く)で、かつ発行年が2005年12月以前のものに絞った結果、調査対象は最終的に242件になった。それらに対し、特許と同様な分析軸を用いて抄録で分類を行った。

論文件数は少なく、抄録をベースに分類しているため、有意性がある項目について大まかな動向を分析した。そのため、熱ナノインプリントとUVナノインプリントを含めたナノインプリント(107件)と、ソフトリソグラフィ(144件)という2つの技術要素に分けて分析した。論文の中には両者を言及しているものが9件あった。

2. 技術要素別の発表動向

論文発表件数の年次推移(第3-1図)をみると、ナノインプリント、ソフトリソグラフィとも、全体的に増加傾向で、2002年に少し減少したが、2003年に大きく伸びている。

第3-1図 論文発表件数推移

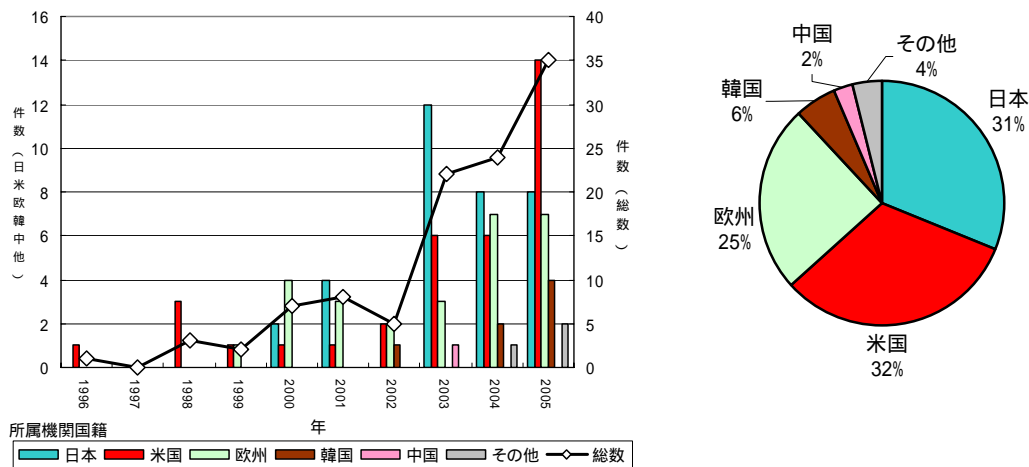


次に、ナノインプリントについて、研究者所属機関国籍別の発表件数推移と比率(第3-2図)を調べた。ここで、研究者所属機関国籍は筆頭研究者所属機関の国籍とした。また、論文における欧州の定義は特許分析の場合と同じである。

ナノインプリントでは、米国、日本、欧州における発表件数はほぼ同程度の割合になっている。日本では2003年、米国では2005年の発表件数が突出して多い。いずれも、微細化でパターン転写に関する発表件数の増加によるものである。

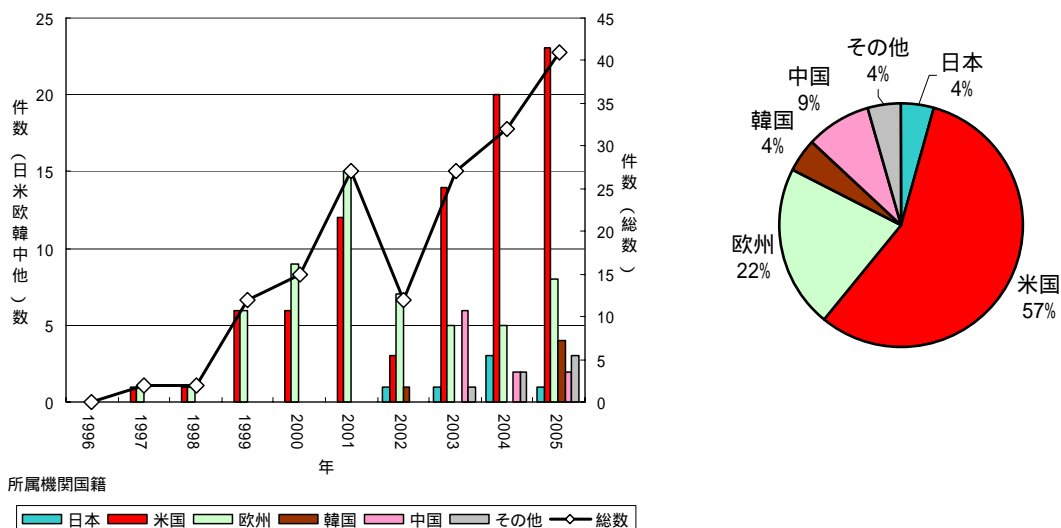
第 3-2 図 研究者所属機関国籍別発表件数推移と比率（ナノインプリント）

1996-2005 年累積



第 3-3 図 研究者所属機関国籍別発表件数推移と比率（ソフトリソグラフィ）

1996-2005 年累積



さらに、ソフトリソグラフィについて、研究者所属機関国籍別の発表件数推移と比率（第 3-3 図）を調べた。ソフトリソグラフィでは、米国は全体の約半分、欧州は全体の約 1/4 の発表件数の割合である。一方、日本の割合は 4%と極めて少ない。米国は 2003 年以降、発表件数が再び大きく増えている。欧州は、2002 年までは米国と同じか多かった発表件数が、2003 年以降は毎年 5 件前後で低迷している。

3. 所属機関別の発表動向

今回対象とした論文の範囲で、研究者所属機関別発表件数の上位ランキングを見た。なお、所属機関国籍は筆頭研究者所属機関の国籍とした。

ナノインプリントについては、日本では、産業技術総合研究所、兵庫県立大学、大阪府立大学といった特定の研究機関からの発表が多い。米国では、ナノインプリントを最初に提案

した Chou らのグループからの発表が特に多い。

ソフトリソグラフィについては、最初に提案した Whitesides らのグループ (Harvard 大学) が突出して多い。また、米国の研究機関が多いが、それ以外では、中国の研究機関からの発表が目立つ。

4．重要論文の変遷

ナノインプリントでは、最初に提案した米国の Chou らのグループによる重要特許が多く、パターン転写の技術開発で先導的な役割を果たすととともに、1990 年代後半に、多くの応用の可能性を積極的に研究している。米国の Willson らのグループは UV ナノインプリントの独自の方法・装置で、半導体分野に絞った展開を着実に進めている。日本では、発表件数の多い産業技術総合研究所、兵庫県立大学、大阪府立大学から従来のナノインプリントの欠点を解消するための新たなパターン転写技術の提案がなされている。東芝や日立製作所に代表される企業ではそれぞれが得意とする事業分野での製品開発や実用化を積極的に進めている。また、ごく最近では、2006 年 11 月に米国サンフランシスコで開催された NNT'06 (The Fifth International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology) においてみられるように、欧米での公的なファンドを得た取り組み、特に電子デバイスへの取り組みが活発化している。また、生産性を上げるためのロール方式の開発、製造工程にかかわる現象の発現機構の解析、具体的な用途でのコスト分析も行われるようになってきている。

ソフトリソグラフィでは、最初に提案した Whitesides らのグループ (Harvard 大学) が、基本的な技術を着実に改良するとともに、いろいろな分野へ応用を精力的に進めている。最近では他の研究機関から新たな手法が提案されている。

5．主要（注目）製品の開発 - 市場投入動向

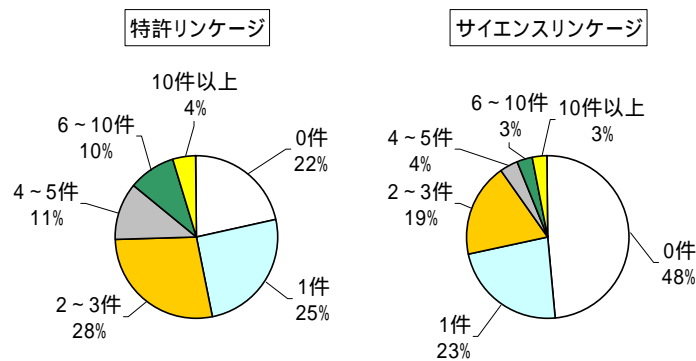
ナノインプリントを例にした製品開発と市場投入動向の分析では、基本特許を有する大学が装置を開発するベンチャーを設立し、両者が連携しながら、技術や用途展開をうまく進めていることが窺える。それらのベンチャーは、国からファンドを得たり、足りないところを補うために他の企業と連携を進めたりしている。このような取り組みが牽引する形で世界中にナノインプリントの研究の輪が広がっている。その中で、日本は、半導体市場のような将来の市場ではなく、比較的早めに実用化が見込める分野（日立製作所の細胞培養シート、オムロンの複製ポリマー導波路、東芝のパターンドメディア、日立マクセルや東芝での次世代光ディスクなど）で製品開発を堅実に進めており、一部商品化も始まっている。

第 2 節 サイエンスリンケージ分析

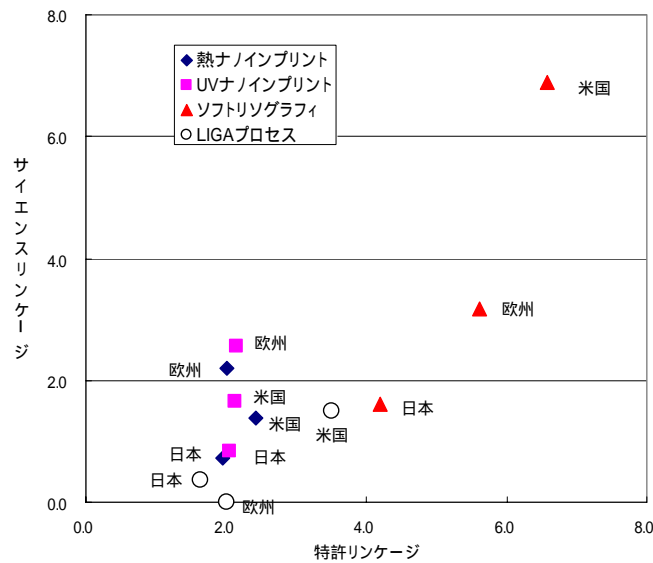
サイエンスリンケージ分析とは、特許 1 件あたりの引用論文数をカウントし、特許性のある技術に、どの程度科学が影響を与えているのかを数値化することで、特許の質との関連を明らかにしようとするものである。ナノインプリント技術のサイエンスリンケージ分析 (2004 年 1 月以降、日本で公開・公表された特許 401 件を対象) では、以下のような特徴が見られた。特許 1 件あたりの平均引用数は特許リンケージ (特許 1 件あたりに引用している特許の数) が 3.0 件、サイエンスリンケージが 1.8 件である。サイエンスリンケージの数値は、樹脂加工の分野に比べて非常に大きい数値であるものと見込まれる。ナノインプリント技術の

特許リンケージとサイエンスリンケージの件数比率を第 3-4 図に示す。特許リンケージ、サイエンスリンケージのどちらかが非常に高いもの（20 件以上）は、海外の出願人によるものであった。日米欧の出願人を比較（第 3-5 図）すると、日本が 10 件以内に集中しているのに対し、米国や欧州では 10 件以上の引用を持つ特許が日本より多く見られる。技術要素で見ると、熱ナノインプリントと UV ナノインプリントではあまり違いはない。ソフトリソグラフィでは特許リンケージが高く、米国では特にサイエンスリンケージも高いという特徴が見られる。

第 3-4 図 ナノインプリント技術の特許リンケージとサイエンスリンケージの件数比率
1990-2004 年出願のうち 2004 年以降公開・公表の累積



第 3-5 図 技術要素別特許リンケージとサイエンスリンケージの出願人国籍別平均値
1990-2004 年出願のうち 2004 年以降公開・公表の累積



第4章 ナノインプリント技術に関する産業政策動向分析

1. 産業政策動向

日本では、文部科学省が「戦略的創造研究推進事業の平成18年度の戦略目標」において、「ナノデバイスやナノ材料の高効率製造およびナノスケール科学による製造技術の革新に関する基盤構築」を提案しており、これに沿って、科学技術振興機構が「ナノインプリント技術の様々な材料への適用と応用」に関する研究を設定し、開始された。

経済産業省は、「技術戦略マップ2006」において、「製造分野」のナノテクノロジー分野で、ナノインプリント技術を半導体微細加工の重要要素技術に位置づけている。そこでは、国際半導体ロードマップ(ITRS)に沿った技術革新シナリオが描かれている。さらに、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が、2006年～2008年の「高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクト」を推進中であるが、高度化MEMSデバイスの開発においてナノインプリント技術を最も重要な要素技術と位置づけて研究開発が行われている。

米国では、国家ナノテクノロジー・イニシアティブ(2000年1月)に沿って、ナノテクノロジー分野の研究開発を米国連邦政府が継続的に支援している。NIST(国立標準規格技術研究所)は、2004年5月、Advanced Technology Program(高度技術プログラム)において、MIIに1,762万ドルの助成金を出してナノインプリントリソグラフィの研究開発を支援している。このプロジェクトの開発期間は2004年5月から2007年までで、『65nmノード以降のCMOS LSI製造用に有用なS-FIL法による低コスト複製技術の設計と実証』を開発目標としている。

欧州では、NaPaコンソーシアムが、第6次研究・技術開発枠組み計画FP6におけるプロジェクトとして欧州委員会から資金支援を受けている。欧州14ヶ国からの35研究機関が参加するコンソーシアムで、2004年3月～2008年2月の4年間に総額3,100万ユーロを投資して、ナノインプリントの研究開発を精力的に推進している。このコンソーシアムはナノ・材料・製造技術を主テーマにして共同研究・技術開発を推進することを目的としている。また、欧州全体のプログラムMEDEA+でも、2006年から「FANTASTIC」(Full Assessment of Nano-imprint Technology Addressing Sub-35nm ICs)というプロジェクト(開発期間2年)に着手した。「FANTASTIC」プロジェクトは、CEA-Leti(フランス原子力庁電子・情報技術研究所)が主導するもので、『CMOS 32nmノードの要求を満足できるUVナノインプリントリソグラフィを確立・評価して、半導体製造におけるナノインプリントリソグラフィ技術の可能性を実証する』ことを目的としている。

2. 標準化状況

米国NISTは、米国のナノテクノロジー活動のための新しい基礎的計測基準と標準規格の整備活動を開始した。NISTは2006年に1000万ドルの予算を投じて、N³F(National Nanomanufacturing and Nanometrology Facility)の研究能力を向上させて、ナノスケール生産のためのトレーサブル測定法、プロセス管理、品質保証等の基盤技術の開発支援を始めている。欧州のMEDEA+プログラムにおいても製造にかかわる技術(測定法を含む)が研究対象として2006年から取り上げられている。したがって、ナノインプリント技術の標準化は今後急速に進むと考えられる。

第5章 ナノインプリント技術に関する市場動向分析

経済産業省は、2006年3月に「平成17年度超微細技術開発産業発掘戦略調査 - ナノテク関連市場規模動向調査」を公開した。この調査では、総務省承認統計、業界統計等に基づいてナノテク関連製品の市場調査を行い、統計的に国内ナノテク市場規模を算出し将来の国内市場を予測している。この資料を参考にしてナノインプリント技術の応用分野として期待される市場について、市場規模の推移と予測を第5-1表にまとめた。

第5-1表 ナノインプリント技術の利用が期待される市場の規模推移と予測

金額：百万円

	2000年	2005年 (見込み)	2010年 (予測)	2020年 (予測)	2030年 (予測)
ナノインプリント装置	550	1,500	10,000	75,000	180,000
ナノ金型	0	500	1,700	12,000	30,000
次世代LSI(半導体)	0	30,000	100,000	2,500,000	3,500,000
次世代磁気ディスク (パターンドメディア等)	0	0	0	1,000,000	2,000,000
バイオセンサー	0	0	10,000	40,000	80,000
DNAチップ	550	17,000	17,000	70,000	135,000
FED/SED	0	1,000	400,000	1,500,000	3,000,000
有機EL	50	15,500	60,000	120,000	150,000
高機能光学部材	3,550	40,000	50,000	55,000	70,000
ナノレンズアレイ	7,550	7,500	8,000	15,000	20,000
次次世代光ディスク	0	0	100	100,000	1,500,000
超高密度プリント配線基板	0	0	15,000	50,000	600,000
光集積回路	0	0	0	1,000	500,000
光デバイス	11,100	30,000	100,000	100,000	100,000
光配線	0	0	0	1,000	45,000
有機半導体	0	0	35,000	175,000	1,300,000

「平成17年度超微細技術開発産業発掘戦略調査 - ナノテク関連市場規模動向調査」
(経済産業省 2006年3月)をもとに DRMI が作成

この調査結果によれば、以下のことが期待され予測されている。

(1) ナノインプリント装置を導入すれば、安価で高精度な微細パターン転写が比較的簡単に行える。現在は開発研究段階向けのナノインプリント装置が中心ではあるが、ナノインプリント装置の市場は急激に拡大している。2010年頃に次世代光ディスク、光デバイス向けの量産機の需要が実現すれば市場はさらに拡大することが見込まれる。

(2) 経済産業省「技術戦略マップ2006」のナノテクノロジー分野では、半導体技術国際ロードマップに合わせて、2013年以降は32nmノードの半導体微細化にナノインプリント技術が採用されることが想定されている。既存の100nmノード以上のCMOS市場を置き換える形で市場拡大が進めば、1,000億円市場に達するのは2010年頃と予測されている。

(3) ディスクリットトラックメディアとパターンドメディアはいずれも次世代磁気記録媒体として注目される。2010年以降に実用化されると期待されているが、高記録密度の要求から需要は非常に大きいと見込まれており、2010年以降に実用化されて、2020年には1兆円規模の市場になる可能性がある。

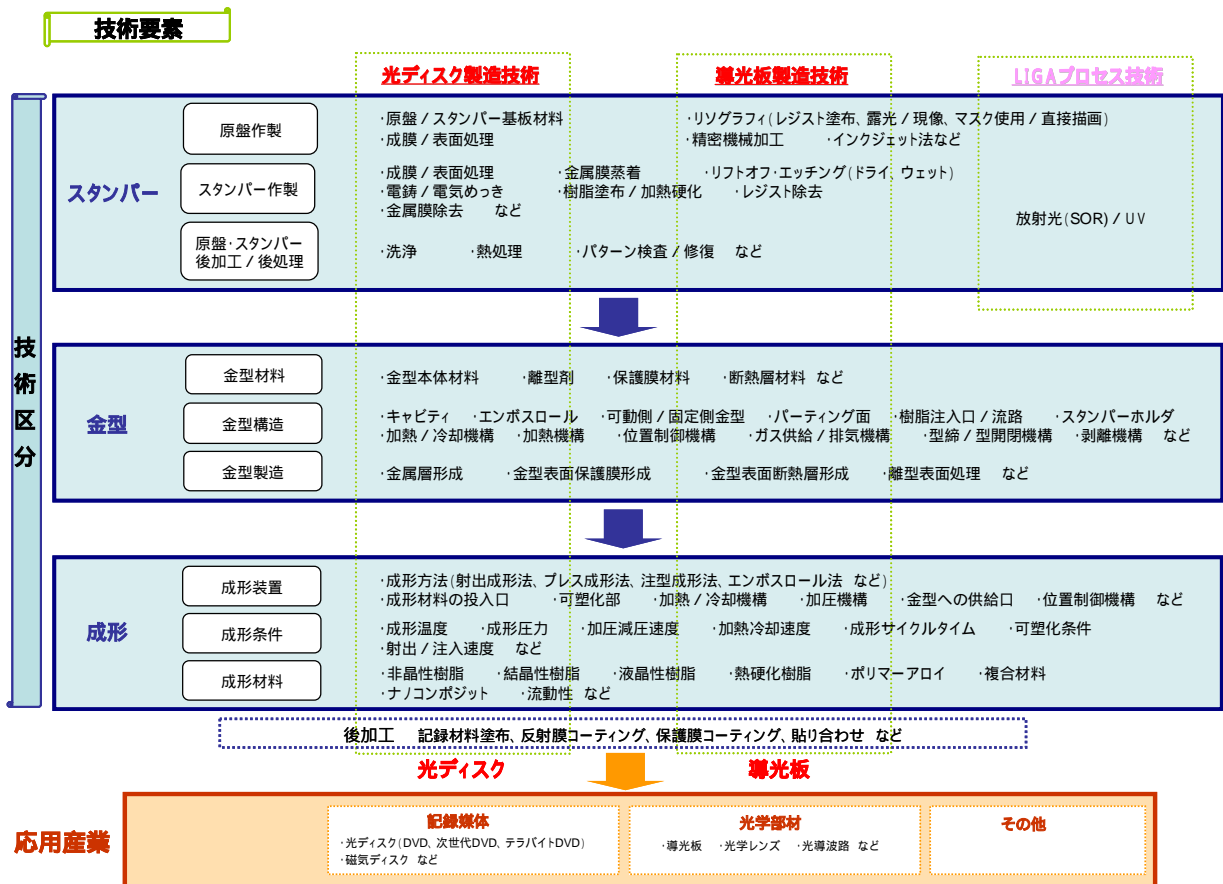
第6章 樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術の俯瞰

1. サブマイクロ成形加工技術の概要

サブマイクロ成形加工技術の技術俯瞰図を、第6-1図に示す。樹脂加工におけるサブマイクロ、ナノ成形加工技術では、スタンパー、微細金型、モールド等をいかに精度よく作製するかが重要であり、その解像度によって成形加工される樹脂の転写パターンへの解像度はほとんど決まる。スタンパーでは、原盤作製、スタンパー作製、原盤・スタンパー後加工/後処理のプロセスがあり、金型では、金型材料選択、金型構造決定、金型製造のプロセスがある。光ディスクの製造では、まず、レジストを塗布したガラス板に信号をレーザー露光して、グループやピットを持つガラス原盤を作製し、この原盤から電鍍によりNiスタンパーを作製する。

成形には、光ディスク製造でよく知られている射出成形技術があり、溶融した樹脂をNiスタンパーを取り付けた金型に注入することにより、樹脂基板にNiスタンパーの凹凸を形成させる。その後、基板を冷却し、スタンパーと基板を引き離すことにより、スタンパーの凹凸と逆のパターンが基板に転写される。DVDでは0.7μm程度のトラックピッチのピットパターンが射出成形で加工される。液晶ディスプレイに使われている導光板もNiスタンパーで成形加工されている。

第6-1図 サブマイクロ成形加工技術の技術俯瞰図



2．サブマイクロ成形加工技術のプロセス

(1) スタンパー製作プロセス

スタンパー製作プロセスはマスタリング工程とも呼ばれ、大きく原盤作製、スタンパー作製、原盤・スタンパー後加工/後処理の工程に分けられる。

原盤作製では、ガラス原盤を研磨・洗浄等の処理をした後、成膜/表面処理を行い、感光剤(レジスト)塗布、露光・現像等のリソグラフィ工程を行う。必要に応じて原盤の後加工/後処理を行う。

スタンパー作製では、パターンが形成されたガラス原盤に成膜/表面処理を行い、表面導体化のため金属膜形成を行い、電鍍/電気メッキを行う。その後スタンパーをガラス原盤から剥離して研磨・洗浄を行い、成形に使用されるスタンパーを作製する。必要に応じてスタンパーの後加工/後処理を行う。

(2) 金型製作プロセス

典型的なツープレート金型は固定型と可動型から成り、成形品と同一形状の空間部(キャビティ)と溶融樹脂の流路(スプルー)を持つ。スタンパーはあらかじめこの金型に取り付けられている。この金型を作製する際、製品の仕様が決まった後、金型材料が検討され、金型構造がスタンパーの形状、製品形状を考慮して設計される。金型製造では金型を機械加工で作製した後、離型剤・保護膜・断熱層等の表面処理が行われる。

(3) 樹脂成形加工プロセス

樹脂成形加工プロセスに使われる射出成形機では、スタンパー製作プロセスで作製されたスタンパーの裏面を研磨し平らにした後、金型製作プロセスで作製された金型にこのスタンパーを取り付ける。樹脂ホッパーに入れられた樹脂ペレットはスクリーにより前方に進み、加熱・溶融され射出シリンダーにより押し出される。樹脂が金型の間に押し込まれた後圧力が加えられ、スタンパーの表面のグループやピットの凹凸に樹脂が押し込まれ成形される。成形後、樹脂は冷却され、固められる。その後金型を開いて樹脂基板を取り出す。

第7章 樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術の特許動向分析

第1節 調査方法と対象とした特許

樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術に関する特許出願動向について、日本特許を対象として、全体動向分析、技術別動向分析、出願人（発明者）別動向分析、重要特許分析を行った。特許の検索では PATOLIS を用いた。検索では 1988 年以降に出願された特許を対象とし、登録された特許も 1988 年以降のものである。また、出願件数では 2004 年 12 月までに出願された特許、登録件数では 2006 年期中までに登録された特許を対象とした。まず、特許公報の内容から、樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術に関する特許を抽出した。その後、「用途」「課題」「解決手段」という分析軸に沿って分類した。

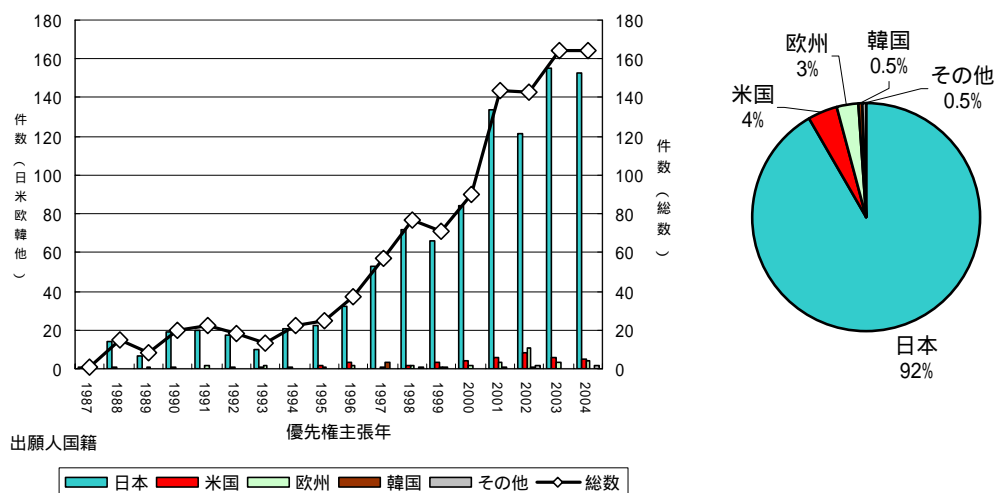
ノイズ除去後、最終的に、樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術として対象にした特許は 1,091 件である。なお、そのうち 91 件が登録されている。

第2節 全体動向分析

出願人国籍別出願件数推移を第 7-1 図に示す。全体の 92% が日本国籍出願人によるものである。出願件数は 1997 年頃から増え始めて、2001 年以降は毎年 100 件を越えている。出願件数と出願人人数はともに年ごとに増加しているため、樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術は、ナノインプリント技術と同様に、現在、技術開発の発展期にあると考えられる。

第 7-1 図 出願人国籍別出願件数推移と出願シェア（日本特許）

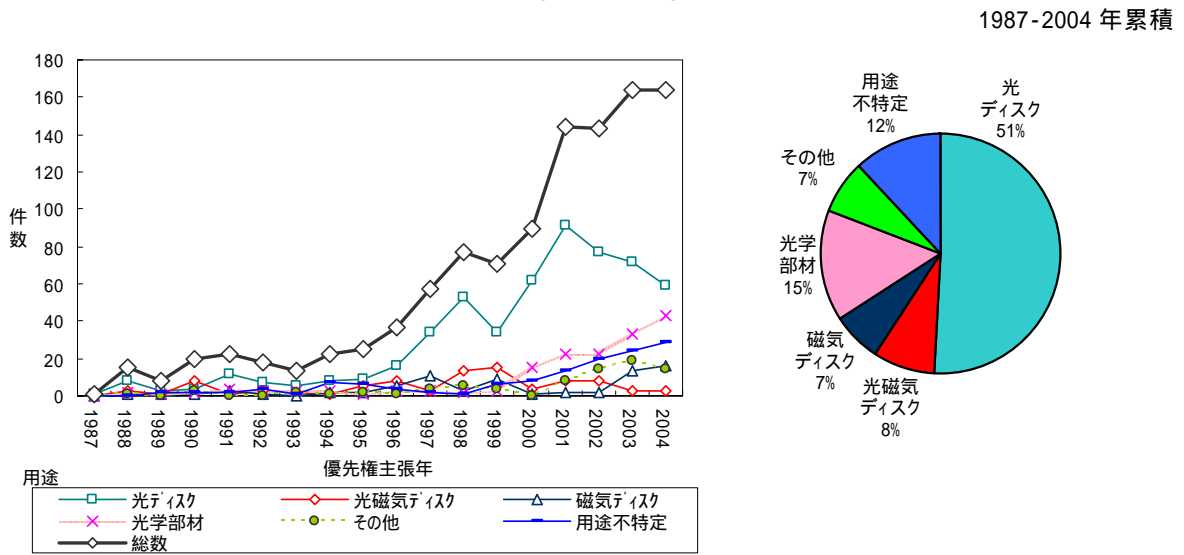
1987-2004 年累積



用途別出願件数推移と出願シェアを第 7-2 図に示す。光ディスクの出願件数は全体の 51% であるが、最近横ばい傾向にある。1998 年と 2001 年にはピークが現れている。現行 DVD の製品発表は 1997 年であり、その時期に研究開発の中心が DVD から次世代 DVD に移り、ソニーを始め各社の次世代 DVD の研究開発が 1998 年のピークを作り出したとみることができる。2001 年のピークは、ソニーの BD が開発から製品化に移行したことを反映しており、BD は 2002 年に製品化されている。このことから、新しい製品と特許件数の間に何らかの関係があると

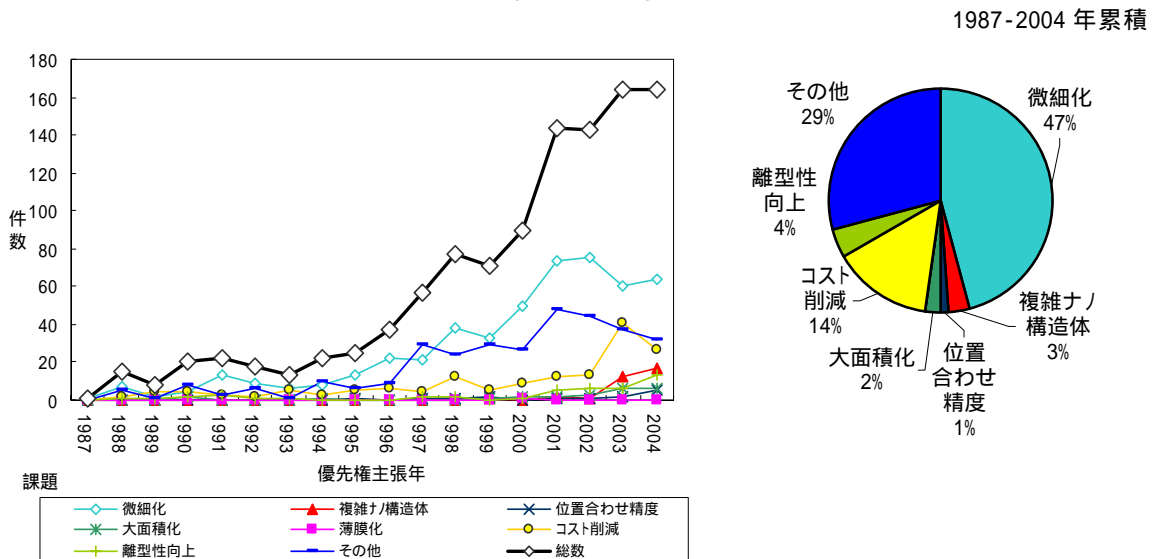
考えられる。次に、光学部材は全体の 15% で、2000 年以降増加傾向にある。

第 7-2 図 用途別出願件数推移と出願シェア（日本特許）



課題別出願件数推移と出願シェアを第 7-3 図に示す。微細化という課題に関する出願が最も多く、全体の 47% を占めているが、2001 年以降は横ばい傾向になっている。続いて注力されている課題は、コスト削減 (14%)、離型性向上 (4%)、複雑なナノ構造体形成 (3%) であり、最近出願件数が増加傾向にある。

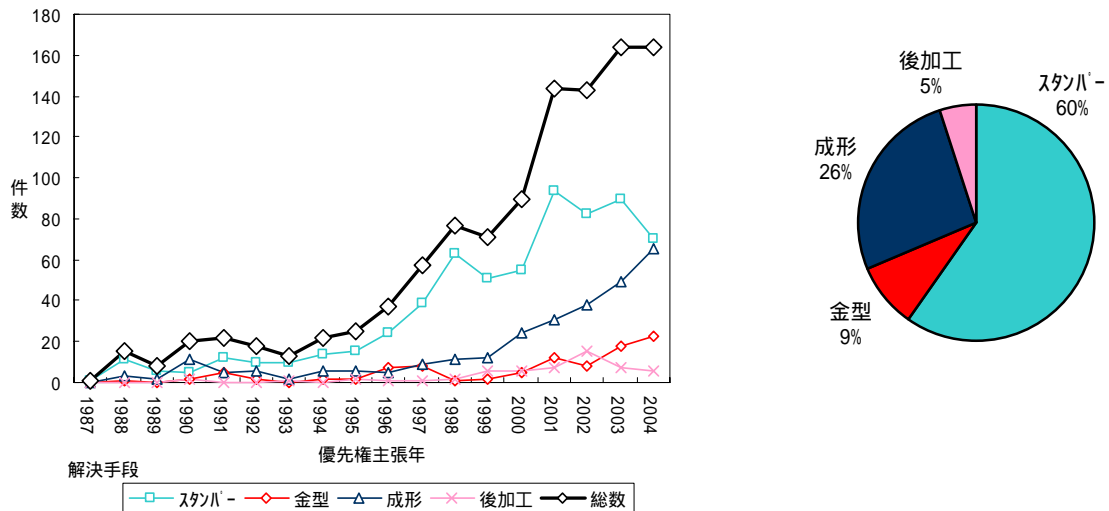
第 7-3 図 課題別出願件数推移と出願シェア（日本特許）



解決手段別出願件数推移と出願シェアを第7-4図に示す。各解決手段における出願動向をみると、スタンパー技術は全体の60%で、スタンパーに関わる技術がサブマイクロ成形加工技術において重要な技術であることを示している。ただ、最近はお願件数が横ばい傾向にある。成形技術および金型技術はそれぞれ全体の26%、9%で、現在増加傾向にある。

第7-4図 解決手段別出願件数推移と出願シェア（日本特許）

1987-2004年累積



第3節 出願人別動向分析

第7-5表にサブマイクロ成形加工技術に関する出願人別出願件数上位ランキングを示す。出願件数は、ソニー、松下電器産業、リコー/リコー光学、日立製作所、TDK、日立マクセル、東芝、コニカミノルタホールディングスの順に多い。ソニーからの出願件数は、サブマイクロ成形加工技術に関する出願件数全体の16%を占めている。さらに上位8出願人の出願件数は、出願件数全体の49%を占めている。

第7-5表 出願人別出願件数上位ランキング（日本特許）

1987-2004年累積

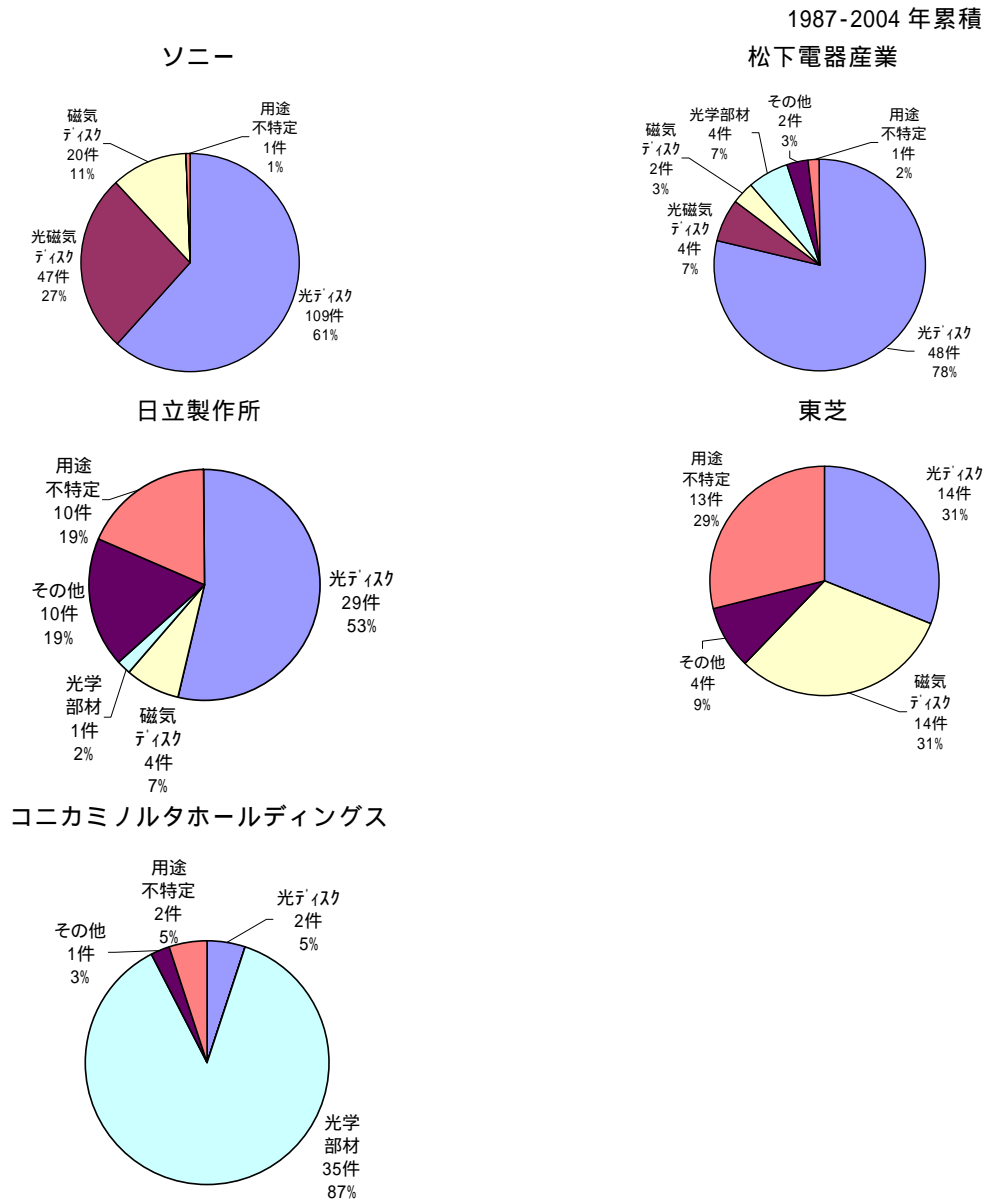
順位	出願人	出願件数
1	ソニー	177
2	松下電器産業	61
3	リコー/リコー光学	57
4	日立製作所	54
5	TDK	52
6	日立マクセル	49
7	東芝	45
8	コニカミノルタホールディングス	40
9	日本ビクター	37
10	富士写真フイルム	28
11	キヤノン	25
12	セイコ-エプソン	24
13	シャープ	22
14	ニコン	17
15	大日本印刷	16
16	三菱化学	13
17	日立化成工業	12
17	アルプス電気	12
19	ブリヂストン	11
19	パイオニア	11

出願件数の上位8位出願人の中から、ソニー、松下電器産業、日立製作所、東芝、コニカミノルタホールディングスの5社を、注目出願人として、さらに詳細に出願動向を調べた。

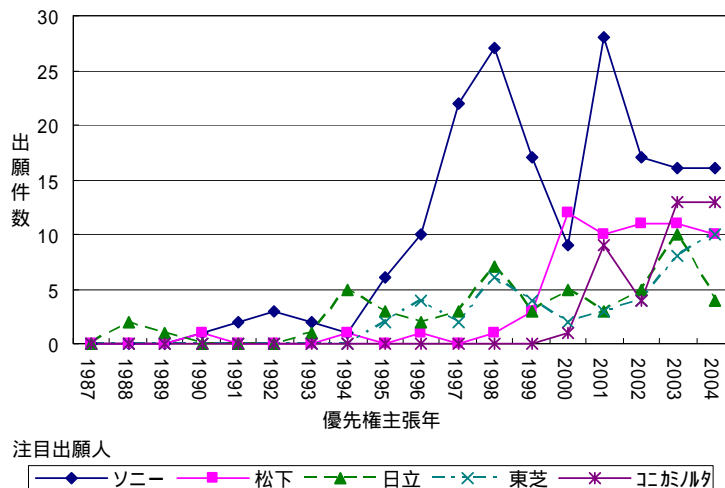
これらの注目出願人別の出願件数と出願シェアを第7-6図に示す。ソニーと松下電器産業は、サブマイクロ成形加工技術の出願件数が多く、光ディスク（光磁気ディスクを含む）の占める割合が85～90%もある。日立製作所は、用途不特定（共通技術）に関する特許の割合が大きく、光ディスクの割合が全体の約半分である。東芝は、光ディスクと磁気ディスクがほぼ同程度の割合で、両者合わせて約60%になる。コニカミノルタホールディングスは光学部材の割合が極めて大きい。

注目出願人別出願件数の推移を第7-7図に示す。早い時期から光ディスクでの出願件数が多いソニーは1997年以降大局的に出願件数が増えていない。松下電器産業も2000年以降出願件数が横ばいの状態にある。一方、日立製作所と東芝では、最近出願件数が増加する傾向にある。コニカミノルタホールディングスも2001年以降出願件数が増加している。

第 7-6 図 注目出願人別出願件数と出願シェア（日本特許）



第 7-7 図 注目出願人別出願件数の推移（日本特許）



第4節 基本特許・重要特許分析

現行 DVD では、サブマイクロ成形加工技術は主要な技術ではないが、特に DVD のトラックピッチが 0.74 ミクロンに工夫しているものが重要特許である。スタンパーでは、フォトレジスト等の材料や、露光装置、エッチング装置等の装置特許と、ピット、グループ等に特徴を持たせた重要特許がある。金型関係の重要特許の数は最近増えてきている。成形/後加工では成形材料、射出成形機等の機械、最近はスペーサ層の重要特許の数が増えている。

次世代 DVD では、サブマイクロ成形加工技術が主要な技術になっている。ソニー、松下電器産業の BD では、微細パターンを作るための技術が主体で、レジストの塗布、処理、現像条件を解決手段としたもの、積層化やその露光方法を解決手段としたものが見られる。HD-DVD 関係の重要特許は見られなかった。成形/後加工ではシートによる成形や貼り合わせ技術の重要特許がある。

光磁気ディスクでは、ウォブルピットやグループに特徴のある重要特許や、磁気ディスクではインプリントスタンパーを使ったものがある。

導光板では、インクジェット法を使って原盤を作製する重要特許、マスター型の表面を無機酸化層や非磁性セラミックにして剥離性を向上させたものなどが見られる。反射防止の目的では、硬化樹脂やシリコン樹脂を用いてパターン形成層を作ったもの、低屈折率層を塗布で作製したもの、エンボス加工やキャスト法を用いたもの、凹凸を連続的に変化させたものや円錐型構造にしたものがある。パターン形成では、新規のネガ、ポジレジストそのもの、光吸収熱変換層と光及び熱感応性物質層を設けたもの、レジストへの照射条件や後処理条件を変えたものが見られる。

第8章 樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術に関する産業政策動向分析

1. 産業政策動向

日本では、光ディスクについて、経済産業省が平成18年4月に策定した「技術戦略マップ2006」において、現在のDVD技術から次世代光ディスク技術、さらに、2008年頃から体積ホログラム/多層記録といった次々世代光ディスク技術が求められている。それに沿って、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)では平成14~18年度の5年間のプロジェクトとして「大容量光ストレージ技術の開発」を進めている。

また、導光板について、2002年に「次世代モバイル用表示材料技術研究組合」が設立され、薄型、軽量で割れない次世代モバイル液晶ディスプレイに用いる多機能複合化部材を、Roll-to-Rollプロセスにより製造する技術の開発が行われている。この中の一部に超薄型バックライトがある。

中国では、EVDの普及が進められている。この動きは中国政府によるDVD、次世代DVDに対抗する独自規格確立戦略である。台湾では、台湾企業29社からなる先端光ストレージ研究連盟と工業技術研究院がFVDを開発している。韓国、欧米では特に目立った動きは見られない。

2. 標準化状況

DVDでは約200社で組織するDVDフォーラムが規格を認定している。ここではDVD-RAMとDVD-R/RWが認定されている。その他にプライベート規格のDVD+R/RWがある。次世代光ディスクの標準化は、BDとHD-DVDとに別れて両陣営がそれぞれ進めている。BDは、ソニーと松下電器産業とともに、新たに加わったPhilipsが中心になって、DVDフォーラムとは別の組織で規格化を推進している。一方、東芝はNECと組み、DVDと互換性のあるHD-DVD規格を立ち上げた。

次々世代の光ディスクと言われているホログラム光ディスクでは、2005年に「HVDアライアンス」が設立された。ISOでの標準化を目指し、国際標準化団体である「ECMA International」内に技術委員会「TC44」が設けられた。

第9章 樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術に関する市場動向分析

1. マーケット動向

現在の光ディスクの世界市場は、CD、DVD、光磁気ディスクに大きく分かれる。CDではCD-Rの市場が大きく、DVDではDVD-ROM/Videoの市場が大きい。さらにBD、HD-DVDと分かれてスタートした次世代DVDは、2006年からドライブ、メディアの供給が始まったことを受け、2007年からは本格的な市場参入が始まる。CDは既に2004年以降、前年比マイナスになっており、DVDは2006年までは順調に伸びてきたが、2007年からは前年比で微増になり、2010年には前年比で減少するという予測になっている。これに代わり2007年からは次世代DVDが伸びると見られている。2005年で、CD、DVD、次世代DVD、MO、MDを合わせて、金額は1兆2,330億円、数量は332億枚（平均単価37円）の大市場を形成している。

導光板は、液晶パネル（LCD）のバックライト（BL）ユニットに組み込んで使われている。BLユニット市場はここ数年急成長しており、今後も2011年頃まで安定した成長が見込まれる。2006年見込みで、数量16億枚、金額1兆3,034億円である。導光板はBLコストの10～20%程度と言われており、この金額からは1,300～2,600億円程度の市場と考えられる。

ガラスレンズとプラスチックレンズを合わせた光学レンズの市場は、2005年で、数量28億4,000万個強である。プラスチックレンズとガラスレンズの割合は、プラスチックレンズが数量ベースで全体の84%を占める。市場の大きな光ピックアップ（PU）ではほぼプラスチックレンズで94%である。次に市場の大きな携帯電話では、プラスチックレンズが88%で、プラスチックレンズへの置き換えが進んでいる。

2. ビジネス動向

光ディスクでは、日本メーカーは次々と新しいメディアに移っており、CDをはじめ既存のメディアの生産は台湾、インド等のアジアのメーカーに移っている。

導光板では、日本メーカーは中小型のBLが強い。この分野では導光板を外販しているところが多い。一方、大型のTV用、LCDモニター用では、セットメーカー、BLメーカーによる内製が多い。また、大型LCDパネルの後工程や中小型の携帯電話用LCDの中国移転に伴い、多くのBLメーカーの中国での生産が増えている。それに続いて、韓国、台湾での生産が多く、日本での生産は車載用ディスプレイの中小型を除いては少ない。

光学レンズでは、市場が大きい光PUと携帯電話のメーカーは、コニカミノルタオプト、フジノン、エンプラス、ソニー、ペンタックス、小松ライト製作所等である。

第10章 技術開発の方向性に関する提言

第1節 技術開発の現状と今後の方向性

樹脂加工におけるサブマイクロ成形技術における日本特許並びに、ナノインプリント技術における日本特許と米国特許で、出願人国籍別の出願件数と出願人人数の推移をみると、全体として、出願件数、出願人人数とも増加し続けている。したがって、これらの技術は、まさに技術開発の発展期にあると言える。

また、ナノインプリント技術について、サイエンスリンケージ分析を行った結果、1件あたりの平均引用数は特許リンケージが3.0件、サイエンスリンケージが1.8件であった。サイエンスリンケージの数値は、樹脂加工の分野に比べて非常に大きい数値であるものと見込まれ、研究開発が活発に行われている状況を反映している。

樹脂加工におけるサブマイクロ成形技術は光ディスクを中心に技術が進展している。光ディスクにおける主な課題は、製品サイズを一定にして高密度化を図ることであるため、金型や射出成形より、原盤・スタンパー作製が重要であり、それに関する特許の出願件数が多い。高密度化における多層化や、現行ピットよりも微細化したパターンを読める技術の開発に伴い、ナノインプリント技術が樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術に応用されるようになってくることが予想される。

一方、ナノインプリント技術では、高分子光導波路などの分野で、パターンがマイクロサイズの成形加工技術として、技術開発が進展している。樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術とナノインプリント技術は、両者の類似性や特長を生かして技術が融合し相乗効果を発揮することが期待される。

ナノインプリント技術について、日米欧への用途別出願件数推移を比較すると、いずれにおいても、まず、用途不特定（共通技術）が増え、それを追うように、光デバイスや電子デバイスなどの特定用途を意識した特許が増える傾向が見られる。欧米では、電子デバイスの用途の伸びが大きく、特に米国では用途不特定の伸びを上回っている。一方、日本では、まだ、用途不特定が多く、光デバイス、電子デバイスが徐々に増えている状況が見られる。

米国の MII は、2001年の設立当初から、市場の大きい半導体市場にターゲットを絞ってナノインプリント装置の開発を進めている。この半導体分野は、最近欧州において MEDEA+による FANTASTIC プロジェクトで精力的な取り組みが始まっている。ナノインプリント技術の半導体分野への応用の流れには、2003年の半導体技術国際ロードマップにおいて、2013年を量産年とする 32nm 世代のリソグラフィ技術の1つの候補としてナノインプリント技術が取り上げられたことが大きく影響している。

一方、日本国籍出願人は、半導体市場のような将来の市場ではなく、比較的早めに実用化が見込める分野での製品開発を精力的に進めている。日立製作所の細胞培養シート、オムロンの複製ポリマー導波路、自己組織化膜形成を組み合わせた東芝のパターンドメディアなどがその例である。

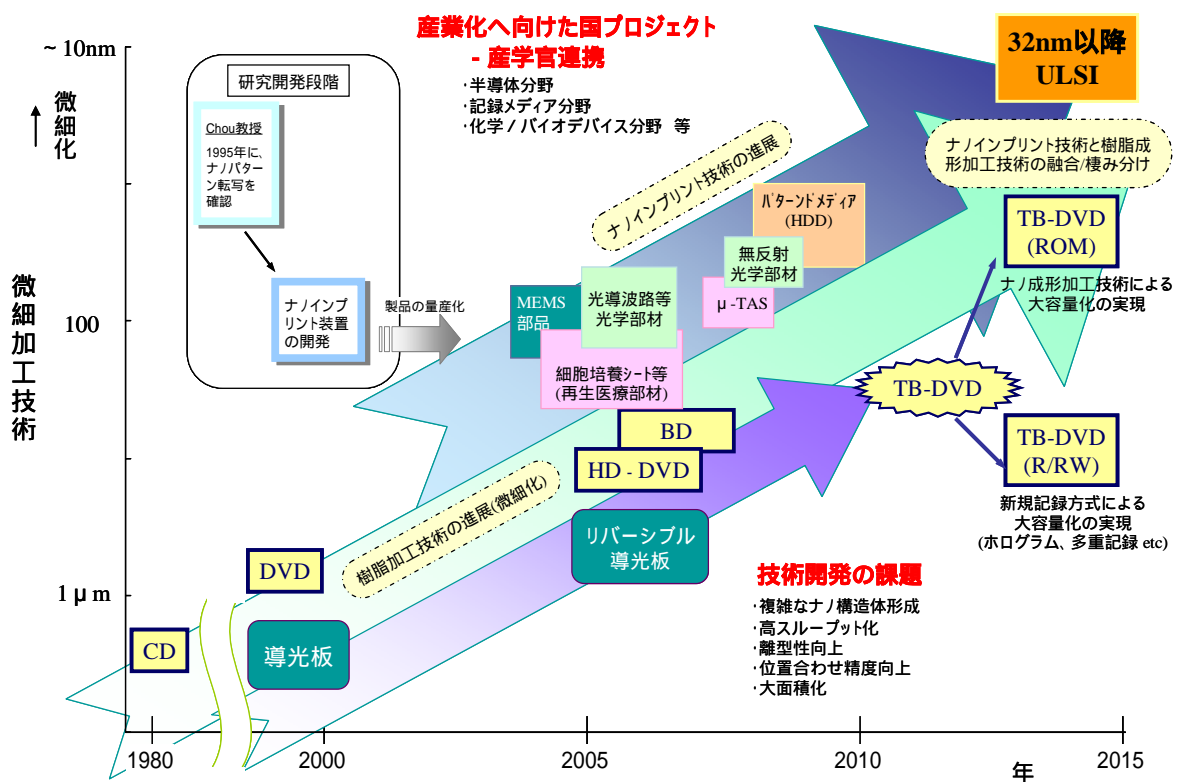
以上を踏まえ、ナノインプリント技術及び樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術における技術開発の今後の方向性を第 10-1 図に示す。1980 年代初めに、ソニーと Philips により従来の音楽用磁気テープに代わる CD が発明された。続いて、ビデオテープに変わる映像用ディスクの要求に対応して DVD が開発された。ここで初めてサブマイクロ成形加工技術が

必要になった。さらに、よりきれいな映像を求めて、HD-DVD や BD が開発され、市場に投入され始めた。将来のより大容量化に対応したテラバイトレベルの次々世代光ディスクにおいては、これまでのサブマイクロ成形加工技術が主流になるかどうかは明確でない。近接場光による方法など、超微細パターンの読み込みができるようになれば、サブマイクロ成形加工技術が主流になる可能性が出てくる。

一方、1995年に米国 Princeton 大学の Chou ら（当時は Minnesota 大学）が、熱ナノインプリントでナノスケールの微細パターンを転写することができることを実証して以来、世界中の研究者がナノインプリント技術の実用化を目指した研究開発を盛んに進めてきた。2000年代初頭には、Nanonex を初めとする企業がナノインプリント装置を開発、販売し始めた。その中で、欧米においては、広範な産学連携や国（EU も含め）の強力な支援が行われている。

HD-DVD、BD の次世代光ディスクやリバーシブルライトの導光板を起点として、5~7年の間に、ナノインプリント技術の実用化が進み、2007年までに光導波路などの光デバイスやバイオチップなどのバイオデバイス、アクチュエータなどの MEMS 部品が本格的に製造されるようになり、2010年までに HDD 用パターンメディア、無反射光学フィルムなどの光学部材、 μ -TAS などの化学デバイスが製品化されることが予想される。そして、2013年までにはテラバイトレベルの光ディスク（次々世代 DVD）、さらに、半導体分野において、32nm ノード以降の ULSI の製造技術として、ナノインプリントリソグラフィが一部、実用化されることが期待される。

第 10-1 図 ナノインプリント技術及びサブマイクロ成形加工技術における技術開発の今後の方向性



第2節 提言

ナノインプリント技術及び樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術に関する特許動向分析、研究開発動向分析、産業政策動向分析、市場動向分析の結果を総合して、第1節でまとめた技術開発の現状と今後の方向性を踏まえて、今後日本が目指すべき方向性について、6つの提言をする。

提言1：

国際的な産業競争において、日本が優位な立場を築くために、海外への特許出願を戦略的に行う。

ナノインプリント技術では、出願人国籍別出願件数の推移と出願シェア（第2-3図）に見られるように、日本国籍出願人は出願シェアで、既に欧州国籍出願人を追い越し、米国籍出願人に追いつきつつある（米国：48%、日本：23%、欧州：17%）。さらに、その出願件数は、米国籍出願人には2～3年遅れているが、最近急増している。

しかし、日米欧での出願件数収支（第2-7図）からわかるように、ナノインプリント技術において、日本国籍出願人の海外への特許出願件数は、米国・欧州の各国籍出願人に比較すると国内への特許出願件数の割には極めて少ない。日米欧の各国籍出願人による海外出願比率は、欧州（59%）、米国（26%）、日本（7%）である。

ナノインプリント技術における研究開発リーダーもしくは将来のビジネスリーダーとして取り上げた注目出願人である、キヤノン、東芝、日立製作所、富士ゼロックスの出願動向も同様の状況である。海外への特許出願比率が高いと言われているキヤノンでさえ、海外出願比率は27%であり、韓国や中国へは出願されていない。

米国の注目出願人として取り上げた企業のうち、HP、IBM、Nanonexはキヤノンよりずっと海外出願比率が高い。また、MIIの海外出願比率はキヤノンとほぼ同じであるが、総出願件数が多いので、MIIの海外の出願件数それ自体は多い。欧州の注目出願人として取り上げたObducatとPhilipsは、海外出願比率が約7割であり、他国へ万遍なく出願している。

したがって、ナノインプリント技術における国際的な産業競争力を強化するために、日本企業も海外への特許出願を戦略的に行うことが求められる。

提言2：

わが国は、ナノインプリント技術の半導体分野への応用開発における米欧との産業競争力を強化するために、今後この分野の研究開発に注力する。

産業のコメといわれている半導体産業は、「ものづくり立国」を標榜している日本にとって、重要な産業である。しかし、半導体産業において、日本は1990年代以降の十数年間、米国に追従している。半導体分野は、ナノインプリント技術の利用が期待される市場において、将来最も大きな市場になることが予測されている（第5-1表）。ナノインプリント技術の関連製品の2030年における国内市場で、次世代LSI（半導体）が3兆5,000億円と、最も大きな市場になると予測される。この予測の背景として、2003年の半導体技術国際ロードマップにおいて、32nm世代のリソグラフィ技術の候補としてナノインプリント技術が取り上げられたこ

とが大きく影響していると考えられる。

ナノインプリント技術の米国や欧州への用途別出願件数において、2000年頃（特に2002年）から、電子デバイス（特に半導体分野）への応用に関する出願件数が急激に増加している（第2-10図、第2-11図）。さらに、技術要素ごとの用途別出願状況（第2-21図）を見ると、米国特許や欧州特許では、UVナノインプリント、熱ナノインプリント、及びソフトリソグラフィを用いた電子デバイス（すなわち、半導体分野）に関する特許の出願件数が多い。

一方、日本特許において、日本国籍出願人の電子デバイスへの応用に関する出願件数は少ない（第2-9図）。また、半導体用途への応用が有望視されているUVナノインプリントに関する日本国籍出願人による出願件数は少ない（第2-14図、第2-18図）。

以上から、わが国は米欧とのナノインプリント技術に関する産業競争力に打ち勝つために、ナノインプリント技術の半導体への応用開発に注力することが期待される。

提言3：

ナノインプリント技術において、わが国は原盤/モールドの研究開発で米欧に先行できるように注力することが必要である。

「ものづくり立国」を標榜するわが国は、半導体そのものでは米国に遅れをとっているが、半導体用フォトマスク（凸版印刷、大日本印刷、HOYA等）などの半導体材料で実績を持っている。半導体用フォトマスクでは、日本が世界市場をほぼ独占している。2004年の世界市場シェアを見ると、凸版印刷、大日本印刷、HOYAの3社の合計シェアは約80%である（ただし、ここでは、半導体メーカーによるフォトマスク内製分は除く）。

ナノインプリント技術の日本特許、米国特許及び欧州特許において、熱ナノインプリント、UVナノインプリント、及びソフトリソグラフィの技術区分（解決手段）別出願状況（第2-25図～第2-27図）を見ると、いずれにおいてもパターン転写に関する出願件数が6～7割で、これまでパターン転写技術が主に開発されてきたことがわかる。原盤/モールドに関する技術は重要であるが、まだパターン転写ほどは技術開発されていないので、今後、原盤/モールドの技術開発に注力することで、わが国が原盤/モールドの研究開発で米欧に先行できる可能性が十分あると考えられる。

以上の背景から、わが国がナノインプリント技術分野において欧米との技術開発競争に打ち勝つためには、原盤/モールド、特に半導体用原盤/モールドの技術開発にこれまで以上に注力することが求められる。特に、要求されるパターンと精度で量産化するための原盤/モールドの製造プロセスの開発（大面積、ローラー方式等）において成果をあげることが期待される。

提言4：

光ディスク分野の技術開発で世界をリードしているわが国は、ナノインプリント技術の光ディスクへの応用開発にも注意を払うことが必要である。

光ディスク分野では、従来のメディア（CD-Rなど）の生産は台湾、インド等のアジアのメーカーに移り、日本メーカーは新しいメディアの開発や生産に注力している（第9章）。次世

代光ディスクにおいては、日本メーカーが中核となって、フォーラムを設立し、そこで規格を作ることによって、次世代光ディスクに係る特許のライセンス料をとるシステム（ビジネスモデル）ができあがっている（第8章）。標準化によって製品が普及するようになると、多くのライセンス料が入る。このようなビジネスモデルは、重要な特許を所有していなければできないことであり、そのためには重要特許の出願が極めて重要である。ただ、その特許は、光ディスクの製品を見ると特許侵害がわかるような特許であることが必要である。単なる成形方法に関する特許では効力を持たない。このようなビジネスモデルは、現行 DVD から次世代 DVD、さらに次々世代 DVD へと引き継がれていく。

特許や論文、関連の産業政策動向を見る限り、光ディスク分野へのナノインプリント技術の応用は、他の用途に比べ、あまり目立った動きにはなっておらず、主要な光ディスク関連企業による、ナノインプリント技術を利用した光ディスクの特許出願件数は、数件程度と少ない。このように出願が少ない背景には、樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術がナノインプリント技術よりも早いペースで進展してきたこと、及び現在以上に微細化して高密度化しても微細パターンを読める技術がなかったことがあげられる。しかし、後者に関しては、最近の近接場光の技術等の研究開発の進展により、微細パターンを読める技術が開発されることは十分考えられる（第8章）。新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）での「大容量光ストレージ技術の開発」（平成14 - 18年度）でもこのような課題が取り上げられている。

また、光ディスクでは、まだ開発の初期段階であるが、薄層の多層化による高密度化において、ナノインプリント技術が使われ始めている（第3章第1節）。実際、日立マクセルが2007年に実用化を目指している「SVOD（Stacked Volumetric Optical Discs）」の開発においてナノインプリント技術を用いており、Ovonic 相変化研究所は BD の生産性向上においてナノインプリント技術を用いることを検討している。こうした応用展開においては、必ずしもナノインプリント技術としてではなく、サブマイクロ成形加工技術の延長技術として取り組んでいる企業もある。たとえば、東芝は HD-DVD 片面3層ディスクをこのような考え方に基づいて開発しており、その容量は 51GB と BD を超えて、実用化段階に近づいていると言われている。

以上からわかるように、サブマイクロ成形加工技術の延長技術としてのナノインプリント技術が光ディスクの高密度化の1つの方向として、重要性を増しつつある。

わが国が国際的な産業競争で優位にある光ディスク分野において、今後とも産業競争力を維持・拡大するために、現在、近接場光記録（スーパーレンズ）、ホログラム記録などの新たな記録・再生方式の技術開発が行われている。これらの新たな記録・再生方式の開発とともに、樹脂加工におけるサブマイクロ成形加工技術の蓄積を生かして、今後、ナノインプリント技術を光ディスクの高密度化へ応用するための開発に従来以上に注目していくことが必要である。

提言5：

わが国は、熱/UV ナノインプリントに比べ、ソフトリソグラフィの研究開発で、米国に大きく引き離されている。わが国は、米国が研究開発を推進しているソフトリソグラフィの技術開発を、今後どのように進めるべきかを検討する。

熱ナノインプリントでは、日本特許における日本国籍出願人の出願件数は、米国特許における米国籍出願人の出願件数に接近してきたが、ソフトリソグラフィでは、日本特許における日本国籍出願人の出願件数は、米国特許における米国籍出願人の出願件数に比べて少ない（第2章第3節）。

研究者所属機関国籍別の論文発表件数（第3-2図、第3-3図）を見ると、わが国は米欧に比べて、ナノインプリント技術においてはほぼ同じ程度の論文発表件数がある（米国32%、日本31%、欧州25%）のに対し、ソフトリソグラフィにおいては大幅に少ない（米国57%、欧州22%、日本4%）。

ソフトリソグラフィを適用している用途ごとの特許出願件数を欧米と比較する（第2-21図）と、ソフトリソグラフィの特長が出せる分野である化学・バイオ分野において、わが国の関連企業があまりソフトリソグラフィ技術の研究開発（マイクロ流路など）を行っていないことがわかる。

これらの結果から、米国では比較的熱心に研究開発されているのに対し、日本の企業、研究者は、ソフトリソグラフィの研究開発にあまり関心を持っていないことが読み取れる。しかし、ソフトリソグラフィ技術の強み、弱み、さらには、当該技術を適用できる応用分野などを検証し、ソフトリソグラフィの研究開発の要否を明らかにすることが求められる。