

平成15年度 特許出願技術動向調査報告書

半導体試験・測定システム (要約版)

<目次>

第1章 半導体試験・測定システムの 特許技術動向調査の目的と方法	1
第2章 特許動向分析	7
第3章 研究開発動向分析	15
第4章 政策動向分析	20
第5章 提言	22

平成16年3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 半導体試験・測定システムの特許技術動向調査の目的と方法

第1節 半導体試験・測定システムの特許技術動向調査の目的

近年、日本近隣の東アジア半導体企業は、半導体製造において世界的価格競争力を獲得しつつある。その価格競争力を支える要素技術の一つは、開発期間に占める試験・測定時間の短縮化と試験・測定の低コスト化を実現する半導体試験・測定システムである。これまで東アジア半導体企業は、半導体試験・測定技術を専業とする欧米半導体企業が提供するサービスエンジニアリング等の技術導入により製造現場における技術を蓄積してきたことから、今後は関連技術の権利化を行っていくことが予想される。

翻って我が国の半導体企業では、国内の半導体製造拠点の縮小化が進んだため、製造現場における技術課題の蓄積量には限界があり、東アジア半導体企業に対して必ずしも技術的に優位であり続けられるとは限らない。また専業型の欧米半導体企業はサービスエンジニアリングを通じて各企業から実績データを収集し分析することで専業優位性をますます高めていることから、欧米半導体企業との間の技術力格差の広がりも懸念される。

このような現状の下、価格競争力を支える半導体試験・測定システムを中心とした技術開発戦略や産業財産戦略をグローバルな視点から検討することの重要性はきわめて高い。

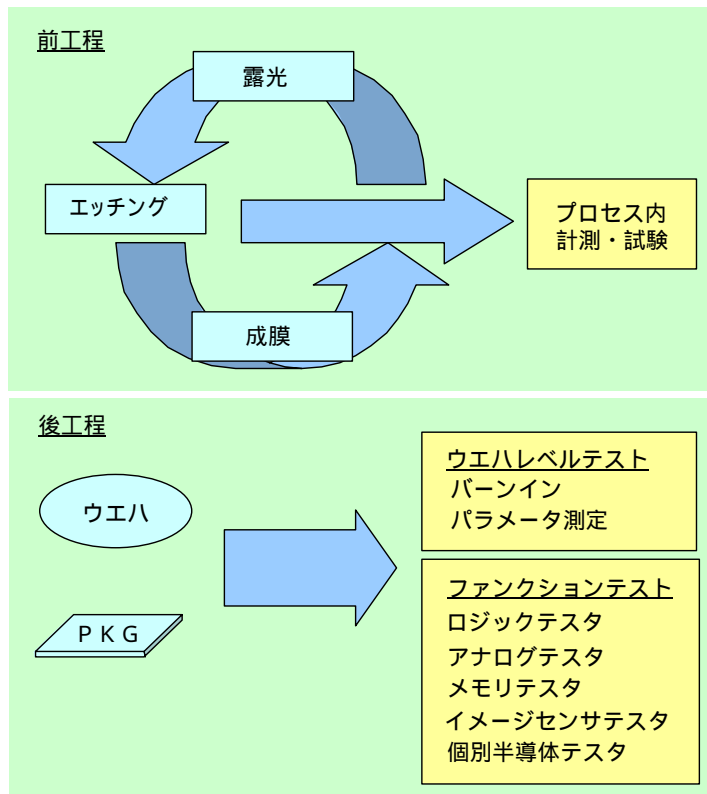
第2節 調査対象範囲

本調査の範囲はウエハプロセスからパッケージングプロセスの間における半導体試験・測定の時間短縮化および低コスト化に関する技術で、以下の4つの要素技術の一つ以上を含むものとする。

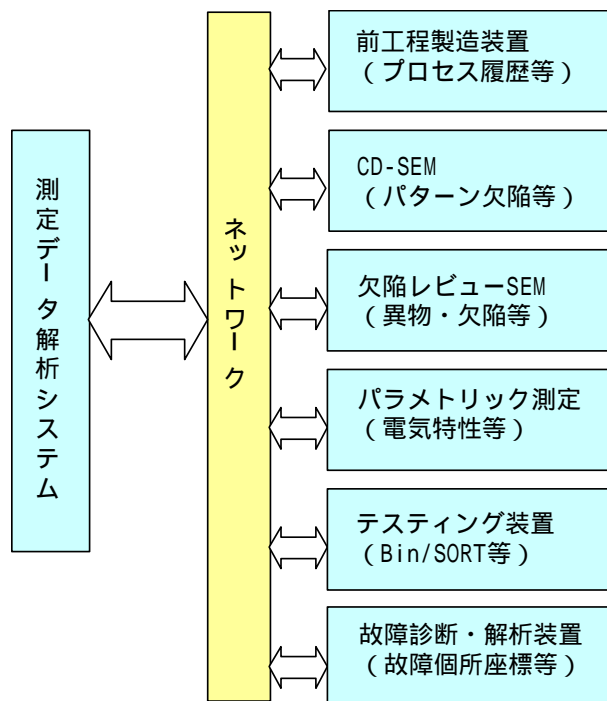
- (1) 試験装置(試験ソフトを含む)
- (2) 半導体デバイス技術
- (3) 半導体プロセス技術
- (4) 回路技術

第1-1図にウエハプロセスからパッケージングプロセスの間における半導体試験・測定技術の概念図を、また第1-2図に試験・測定システムの概念図をそれぞれ示す。

第 1 - 1 図 前工程・後工程での試験・測定



第 1 - 2 図 試験・測定システム



PKG : Package

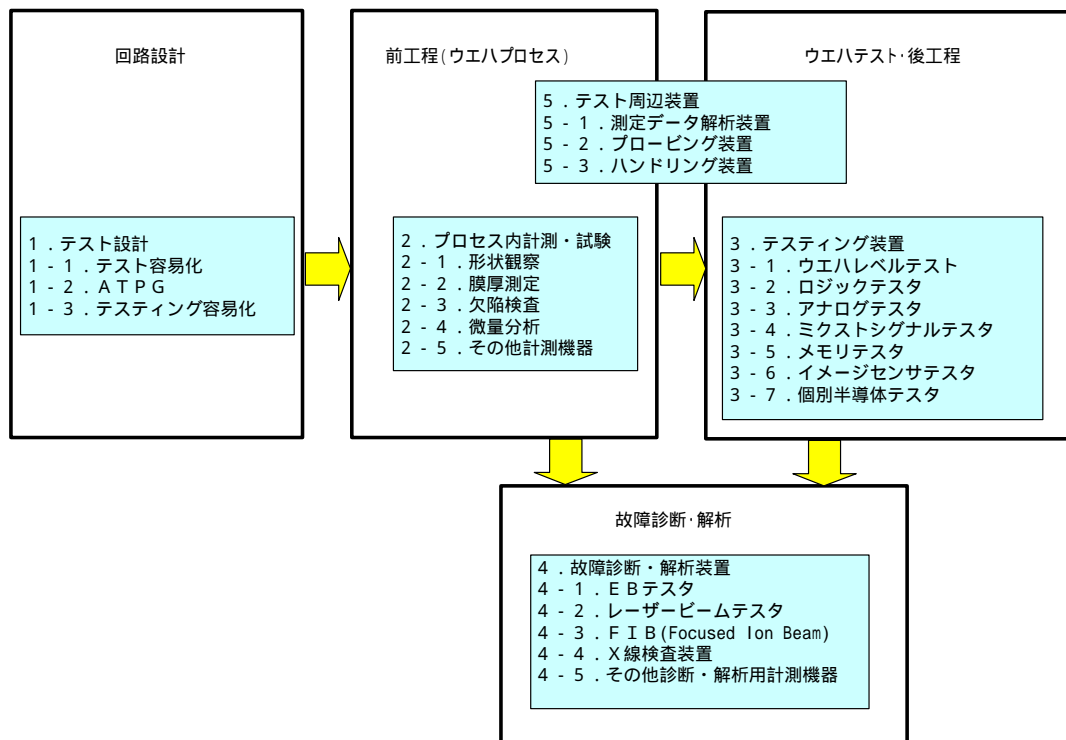
CD-SEM : Critical Dimension Scanning Electron Microscope

Bin/SORT : 試験結果の良否を Bin=0、=1 とカテゴライズして試験項目毎に整理したデータ

第3節 技術俯瞰

半導体試験・測定システムの対象技術範囲を第1 - 3図に示す。半導体の試験・測定は回路設計段階から、製造プロセスでの試験・測定を考慮した設計が求められている。また、前工程および後工程での故障を迅速に診断、解析することによる開発TAT¹の短縮が益々重要視されている。

第1 - 3図 半導体試験・測定システム対象技術範囲



EB: Electron Beam

第4節 調査対象技術の概念

1. テスト設計

設計段階において、テスト時間の短縮化やテスト容易化のために利用される設計技術を分類する。

(1) テスト容易化(DFT²)

テスト設計技術分野中、テスト容易化(DFT)技術を用いる回路方式に関する技術。

(2) ATPG³ (自動テスト・パターン生成)

回路設計に基づいて、CAD⁴ツールにて生成させるテスト用の自動テスト・パターン生成技術。

(3) テスティング容易化

¹ TAT: Turn Around Time 工程に要する時間

² DFT: Design for Test

³ ATPG: Automatic Test Pattern Generator

⁴ CAD: Computer Aided Design コンピュータを使用した設計手法

試験、測定、故障診断・解析等で測定を容易とするためのテスト用レイアウトとその他に関する技術。

2．プロセス内計測・試験

半導体製造プロセス前工程(フロントエンド)において利用される計測技術を分類する。

(1) 形状観察

ウエハ上に形成されたパターンの寸法測定および形状観察のための装置および技術。

(2) 膜厚測定

ウエハ上に形成された膜の厚さを測定するための装置および技術。

(3) 欠陥検査

ウエハ上の異物、欠陥を検出するための装置および技術。

(4) 微量分析

ウエハ上に残った極微量の無機物質、有機物を検出し解析する装置及び技術。

(5) その他計測機器

プロセス内計測・試験において(1)から(4)に属さない計測装置及び技術。

3．テスト装置

半導体製造プロセスの前工程(フロントエンド)完了後の製品をテストする装置技術を分類する。

(1) ウエハレベルテスト

ここでは不良品のスクリーニングとしてのバーンインテストと、ウエハ完後のデバイスパラメータ確認のためのパラメータ測定に関する技術。

(2) ロジックテスト

ASIC⁵テスト、プロセッサ用テストとシステム LSI 用テストに関する技術。

(3) アナログテスト

高周波用(RF⁶)に代表されるアナログ回路搭載の LSI の電気的特性測定装置及び技術。

(4) ミクスドシグナルテスト

アナログ回路とロジック回路を混載 LSI の電気的特性測定装置及び技術。

(5) メモリテスト

メモリの電気的特性を測定する装置及び技術。

4．故障診断・解析装置

半導体集積回路の動作確認において、不良個所の同定とその原因究明を短期間に行う故障診断・解析技術を分類する。

(1) EB⁷テスト

半導体試験・測定システム電子ビームを半導体チップに照射し、得られた二次電子信号の電位コントラストから配線の断線、短絡等を検出する EB テスタを用いた故障診

⁵ ASIC: Application-Specific Integrated Circuit

⁶ RF: Radio Frequency

⁷ EB: Electron Beam

断・解析の為の装置及び技術。

(2) レーザビームテストシステム

電子ビームの代わりにレーザビームを用いた故障診断・解析の為の装置及び技術。
また、微小スポットに収束レーザ光をあて、試料からの反射光を検出して情報を得る技術。

(3) FIB⁸

FIB を用いてデバイス断面を加工し、SEM⁹等で観察することにより故障解析に大いに有効な手段として最近ますます注目されている装置及び技術。

(4) X線検査装置

透過X線によるパッケージ内部観察や、X線照射により発生する光電子のエネルギーを分析し、化学結合状態調査する故障診断・解析の為の装置及び技術。

(5) その他診断・解析用計測装置

(1) から (4) に含まれないその他の故障診断・解析の為の装置及び技術。

5. テスト周辺装置

テスト時間の短縮化やテストコストの低減につながる試験測定システムに関連する技術を分類する。

(1) 測定データ解析装置

試験・測定データを収集し、そのデータを解析することにより歩留まり向上、故障診断・解析を迅速化するための支援装置及び技術。

(2) プロービング装置

試験・測定装置と被測定物とを測定のため接続する装置及び技術。

(3) ハンドリング装置

被測定物を測定のために試験装置に搬送する装置及び技術。

6. 試験・測定装置間連携用データ

技術俯瞰図の中で明確に分類できない重要技術として試験・測定装置間連携用データがある。歩留まりの向上、故障診断・解析効率の向上のために、試験、測定装置間でのデータを相互に利用できる環境構築が必要である。半導体製造プロセスにおける各試験・測定装置をシステムとして統合運用することが求められており、そのための規格化や標準化を進めるためにも試験・測定装置間連携用データの重要性は高い。

例えば、ウエハでの欠陥検査の座標データがその後の測定装置とリンクすることにより不良原因の同定に活用される。歩留まり管理システムでは各検査装置からネットワーク経由でデータを収集し、欠陥個数、欠陥分布データから歩留まり予測を行い、必要な場合は工程に迅速にフィードバックする。また欠陥と Bin/SORT データ、欠陥とフェイルビットマップ、CD-SEM データと電気特性などの相関を解析し、歩留まり原因を究明する。このように、各検査装置をシステムティックに運用し、そのデータを有機的に解析することが非常に重要である。

⁸ FIB: Focused Ion Beam

⁹ SEM: Scanning Electron Microscope

第5節 調査方法

1. 特許情報の検索方法 - 使用データベースと検索方法

データベースは Derwent 社 World Patent Index(STN)を用いる。調査期間は、公開基準日（米国の場合 date of priority claimed）が 1993 年 1 月 1 日から 2002 年 12 月 31 日までとする。検索式を用いて母集団となる特許群を抽出する。なお、米国については登録公報ベースとなり実際の出願件数より少ない値となる。

対象国・対象範囲

日本、米国、欧州、韓国、台湾、中国とする。欧州の対象国としては、オーストリア、スイス、キプロス、スペイン、フィンランド、ギリシャ、アイルランド、ドイツ、フランス、英国、イタリア、ベルギー、デンマーク、オランダ、スウェーデン、リトアニア、ルクセンブルク、モナコ、ポルトガル、トルコとする。米欧特許は発行国指定で検索する。その際、欧州は欧州特許庁および EU¹⁰加盟主要国のいずれかに出願された特許を対象とする。

¹⁰ EU: European Union

第2章 特許動向分析

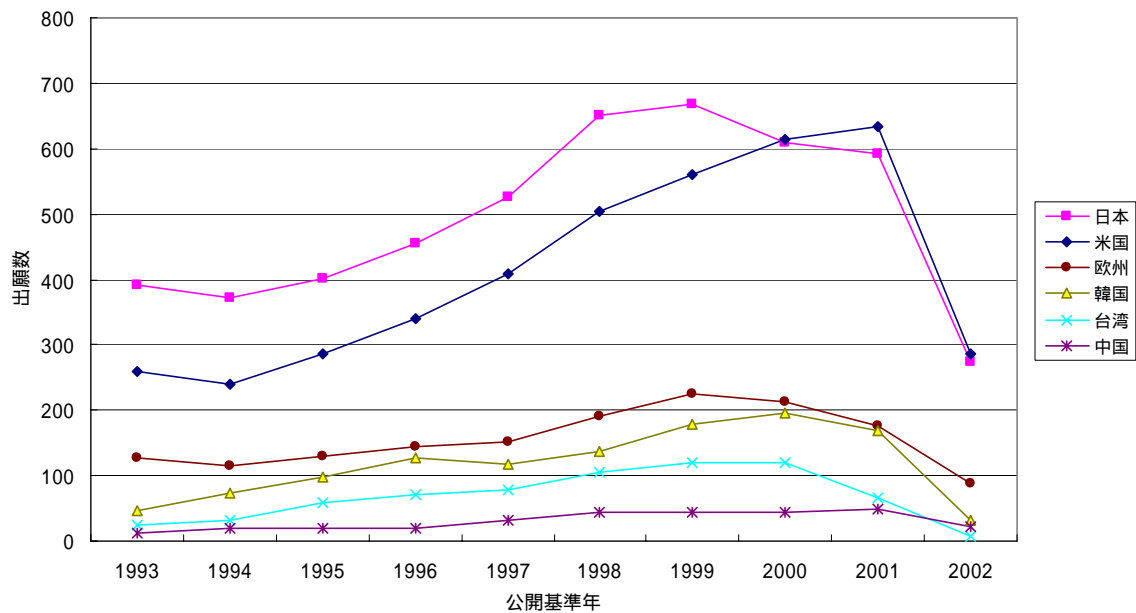
第1節 全体の特許動向

1. 日米欧韓台中の出願数推移

第2-1図に各出願先国別の出願件数推移を示す。日本・米国は欧州に比べて多いことが特徴である。また韓国への出願件数は、1994年以降、欧州域への出願件数に見劣りしない。台湾・中国への出願件数は、1993年以降増加の傾向にある。

これらのことは、半導体製造拠点が日本・米国から、韓国・台湾・中国へシフトしたことを反映して、東アジア地域における知的財産権の重要性が高まりつつあることを示唆しているといえる。2002年の件数の減少は検索実施時点で公開されていないためである。以下の図においても同様である。

第2-1図 日米欧韓台中出願先国別の出願数推移

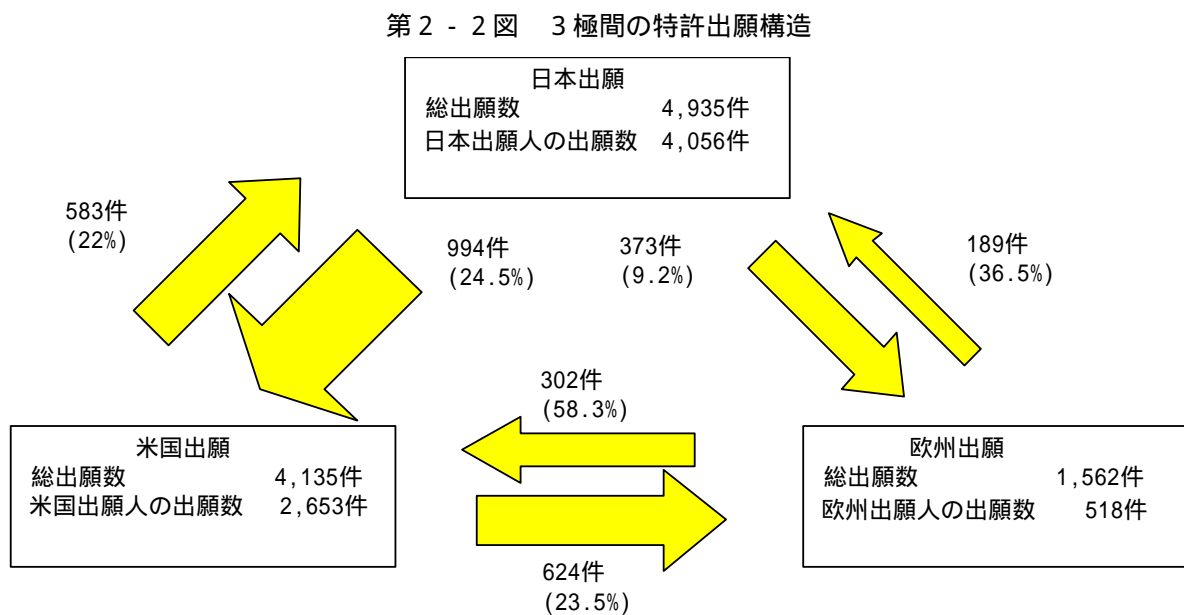


2. 日米欧3極間の相互出願構造

第2-2図に、国籍別出願人の出願数からみた日米欧3極間の出願構造を示す。各極における出願数は1993年～2002年の累積出願数であり、矢の方向に出願された他極国籍の出願人からの出願数も1993年～2002年の累積出願数である。

日本・米国籍からの出願件数が、欧州国籍からの出願件数に比べて多い傾向にあることは、特許出願プレイヤーの規模や数を反映しているものと考えられる。ちなみに上位20社の半導体メーカーについてみると、米国籍6社、日本国籍9社であるのに対し、欧州国籍3社である。

括弧内の値は自国出願に対する外国出願の割合である。外国出願比率については、欧州国籍が突出して高い。米国籍では日本・欧州地域のそれぞれに対して偏りが無いことを特徴としている。日本国籍の外国出願比率についてみると、欧州よりも米国に偏っており、欧州における出願件数でみても3極の中で最も少なくなっている。これらのことは、日米における半導体装置の市場が相対的に大規模である一方で、欧州では相対的に小規模であることを反映したものと考えられる。

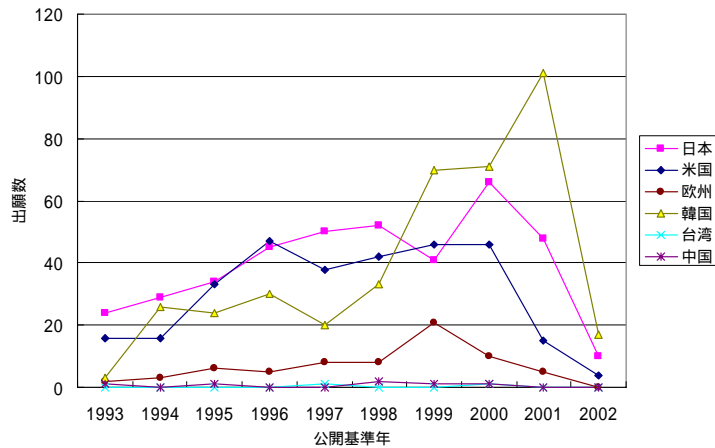


3. 東アジア諸国と日米欧3極との相互出願構造

(1) 韓国

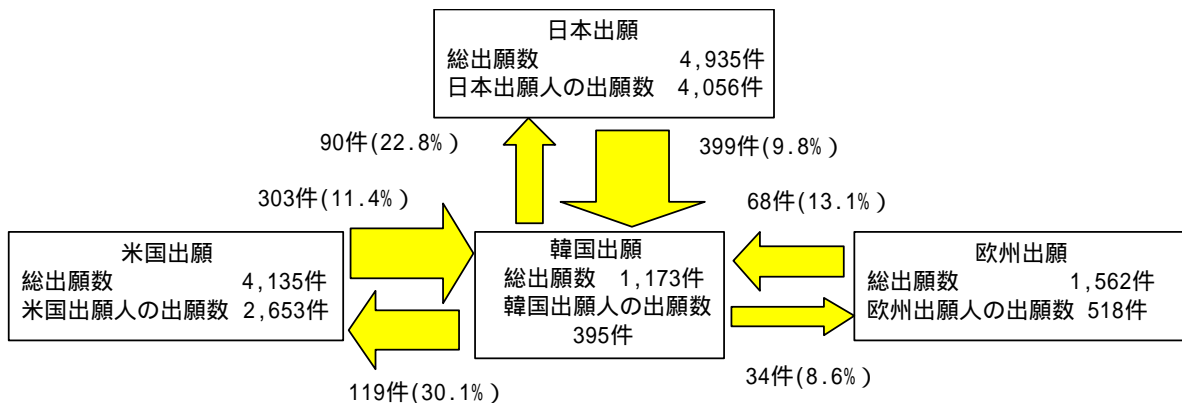
第2 - 3図に韓国出願における出願人国籍別出願数推移を示す。1993年以降日米韓国籍の出願数が他の国籍の出願件数を上回っている。中でも韓国国籍の出願件数は1999年以降日本・米国を抜いてトップとなっている。台湾・中国においても近年自国比率の増加傾向が見受けられるが、韓国は他の東アジア諸国よりも早期にその傾向を示しているといえる。欧州については、1999年に小さなピークがあった他は特筆すべき点はない。

第2 - 3図 韓国出願における出願人国籍別出願数推移



第2 - 4図に1993年から2002年の国籍別出願人の出願数からみた韓国と日米欧3極間の出願構造を示す。括弧内の値は自国出願に対する海外出願の割合である。韓国は、サムスン電子が半導体メーカーとして売上高シェアで世界第2位を占めるほど、半導体産業における存在が大きい。特にメモリ市場の比率が高く、その分野に関する半導体試験・測定システムに関する技術需要、装置需要が大きい魅力ある市場となっていることを示している。

第2 - 4図 韓国と3極間の特許出願構造

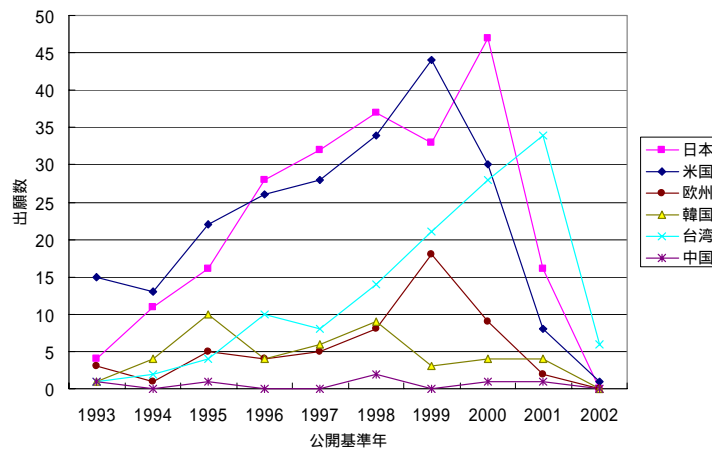


(2) 台湾

第2-5図に台湾出願における出願人国籍別出願数推移を示す。日米国籍の出願数が他の国籍の出願数と比べて1993年から急激に増加している。また欧州国籍と台湾国籍の出願数は、それに遅れて1997年から増加の勾配が急激となっている。したがって、台湾への出願数についてみると、日本・米国が先行し欧州・台湾がこれに追従する傾向を読みとることができる。

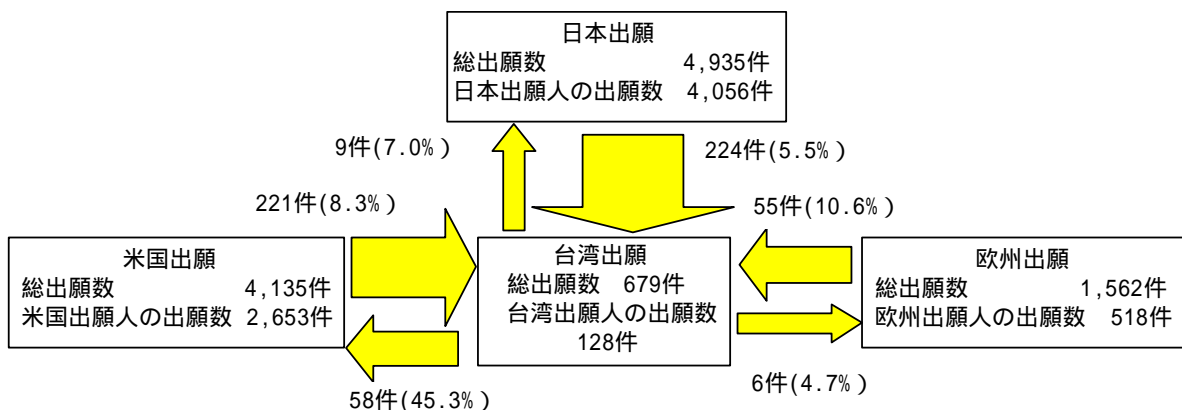
また日米欧国籍の出願件数は、1999年から2000年でピークを迎えている。これは、2000年以降アジア地域における半導体製造装置市場の拡大を予測して連動したものと考えられる。2001年には台湾国籍の出願件数が日米欧国籍の出願件数を上回り始めた。台湾出願については、2002年以降、本国出願件数の比率が高まっていくことが予測できる。

第2-5図 台湾出願における出願人国籍別出願数推移



第2-6図に1993年から2002年の国籍別出願人の出願数からみた台湾と日米欧3極間の出願構造を示す。台湾出願における台湾籍出願人の出願数は、総出願数の約1/5であり、日米欧国籍、特に日本国籍の出願割合が多い。括弧内の値は本国出願に対する海外出願の割合である。

第2-6図 台湾と3極間の特許出願構造



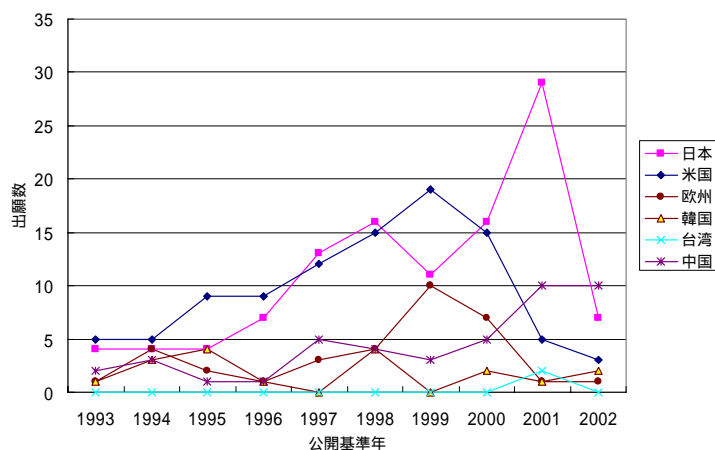
(3) 中国

第2-7図に中国出願における出願人国籍別出願数推移を示す。日本・米国籍の出願件数が、他の国籍の出願件数を先行している。欧米国籍の出願件数は1999年にピークを迎えていることが読みとれる一方で、日本国籍の出願件数は1999年以降急増している。

欧米国籍の1999年のピークについては、2000年以降アジア地域における半導体製造装置市場の拡大を予測して連動したものと考えられる。日本国籍の急増については、同じアジア圏に属する中国のWTO¹¹加盟に向けた1999年11月の米中二国間交渉合意及び2000年5月EU・中国間交渉合意等の一連の流れを受けた傾向と見受けられる。

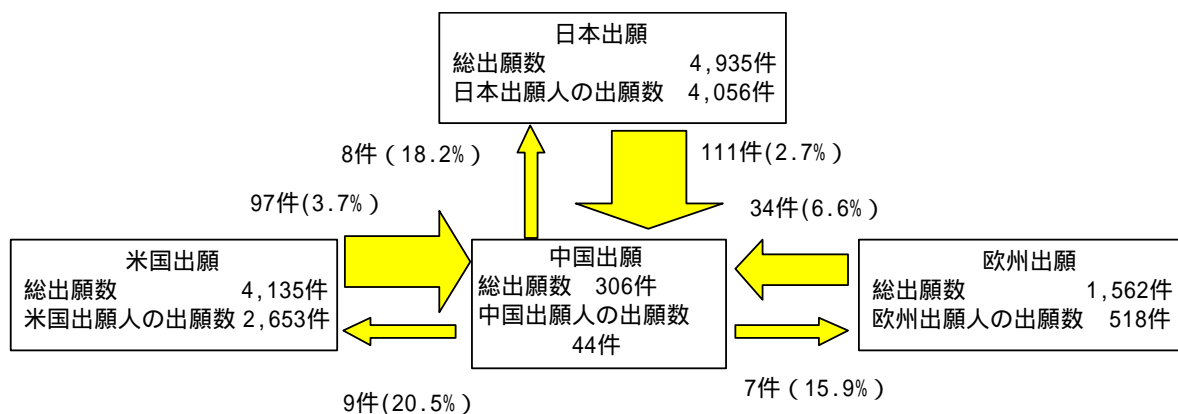
また2001年についてみると、中国国籍の出願件数は欧州・米国の出願件数を上回っており、中国においても今後自国出願比率が高まっていくことが予想される。

第2-7図 中国出願における出願人国籍別出願数推移



第2-8図に1993年～2002年の国籍別出願人の出願数からみた中国と日米欧3極間の出願構造を示す。中国国籍の海外への出願は非常に少ない状況である。

第2-8図 中国と3極間の特許出願構造



¹¹ WTO: World Trade Organization

第2節 出願人分類別の出願動向

1. 出願人の組織形態により分類した出願数割合

第2-1表に、1992年から2001年の米、欧、韓、台への出願を一括し、出願人の組織形態により分類した出願数の割合を、出願人国籍別に分類して示す。米国国籍において、個人での出願割合が、他に比べて多い。日本国籍の数値は、日本から外国出願したものについての出願人組織形態による出願数割合であるが、ほぼ100%企業出願である。

第2-1表 出願人国籍別に分類した出願人の組織形態による出願数割合

(米・欧・韓・台出願の合計)

出願人の組織形態	出願数の割合(%)				
	日本国籍	米国国籍	欧州国籍	韓国国籍	台湾籍出願人
企業	99.91	91.03	96.84	99.28	96.15
大学	0	0.50	0.79	0.36	0
公的機関	0.09	0.30	0.79	0.36	0
個人	0	8.17	1.58	0	3.85

半導体試験・測定システム関連分野の出願の特徴は、企業出願が割合のほとんどを占める傾向を示しており、大学や公的機関の出願が少ない。大学研究者もこの分野の研究をしていると思われるが、発明者として出願特許の権利を有するものの、出願人としての権利は企業に譲渡している可能性がある。

日本の国立大学では、大学名での出願は一般に少ない。これまでは、制度的に学内手続きが煩雑であること、企業との共同研究等では企業が出願人となることが少ない理由と考えられる。2004年度から日本の国立大学は独立法人化され、知財管理の学内体制についても見直しが図られるものと考えられるので、今後は大学名による出願が統計上の数字として増加するものと予想される。

第3節 半導体試験・測定システムの市場環境

半導体試験・測定システム全体の市場については、一部を除いて直接的なデータが得られなかったため、半導体製造装置市場と半導体製品市場から間接的に考察する。ここでは、製造装置の新規導入や半導体製品の増産に伴って半導体試験・測定システムの需要が増加することを仮定している。

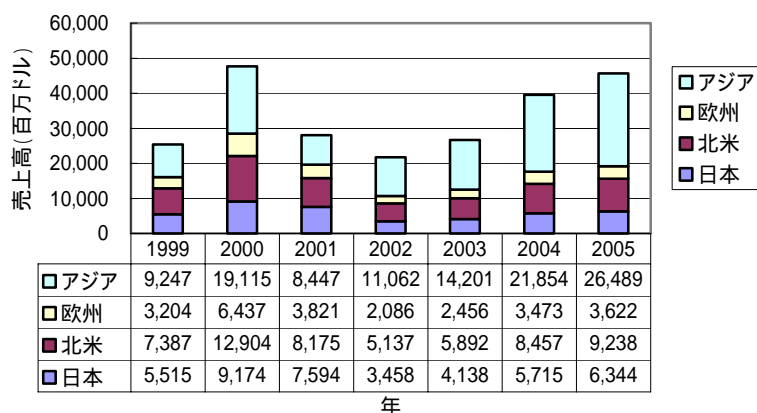
半導体製造装置市場の地域別シェアを第2-9図に示す。アジア地域が、2000年で40%を占め最大である。しかしながら、2001年に起きた米国同時テロの影響を受けてか、2001年以降は市場全体が縮小に向かった。同市場の2002年予測では、翌年から回復に転じると共に、アジア地域のシェア拡大が予測されている。

半導体製造装置市場の増加に伴って半導体試験・測定システムの市場が増加することを仮定すると、1999年付近に見られた台湾・中国における特許出願のピークは、2000年以降のアジア地域における市場の拡大を予測したものと考えられ、この分野の特許出願は、市場予測と連動して戦略的に行われていることが推察される。

また欧州における半導体製造装置の市場が相対的に小規模であることは、日米欧出願構

造において日本の欧州地域に対する出願比率が低いことの裏付けとなっている。

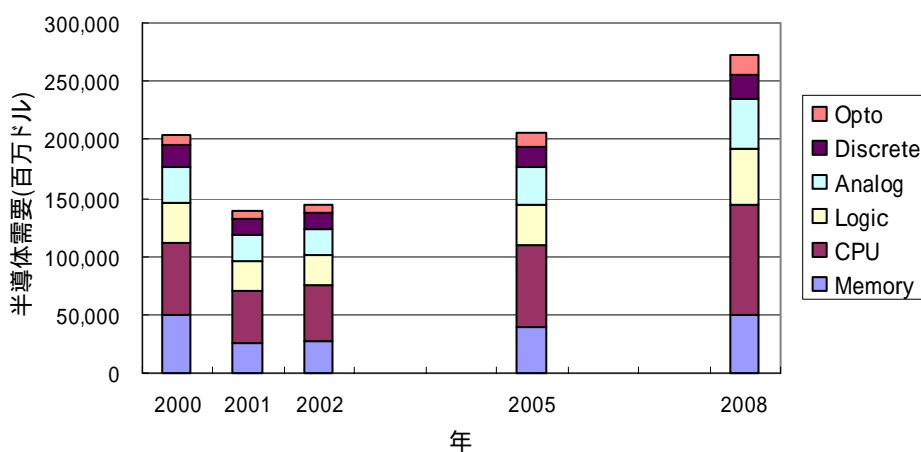
第2-9図 世界の半導体製造装置売上額の推移と予測



出典：世界の地域別半導体製造装置市場の推移 「半導体製造装置データブック 2002」、p24、株式会社電子ジャーナル、2002年10月31日発行 よりデータを抜粋して作成

また半導体製品市場の規模は、2000年において約2,000億ドルである。その後不況となったが、2002年における予測では以降回復方向にあり、2008年には2,500億ドルを超える見通しである。半導体製品市場の推移予測からみても半導体試験・測定システムの市場が増加するものと考えられる。

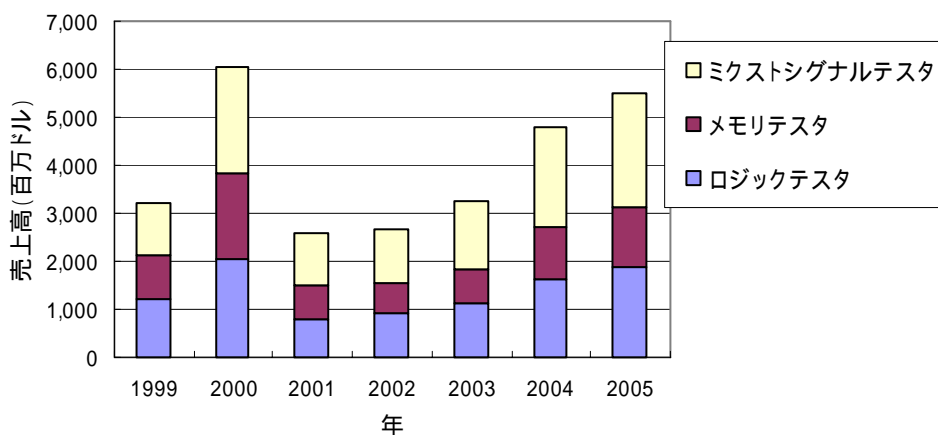
第2-10図 世界の半導体製品別需要



出典：図表4-9世界の半導体製品別需要「世界の電子機器と半導体市場の中長期展望 2002」、p50、社団法人電子情報技術産業協会、2002年6月発行を元に作成

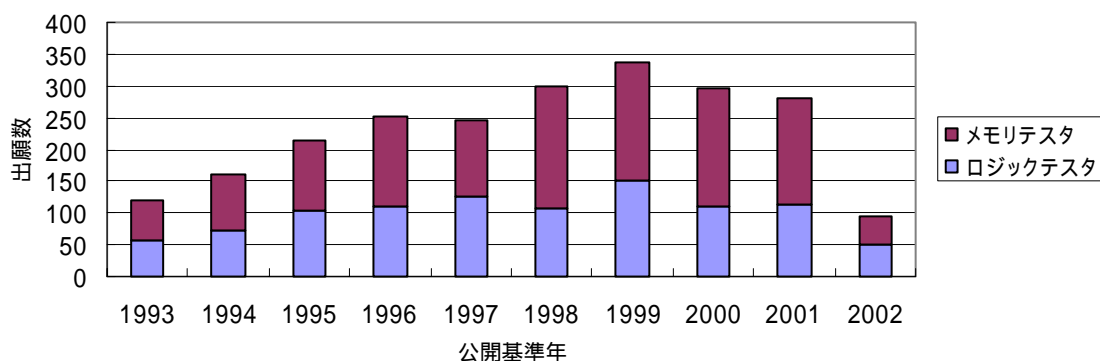
半導体試験・測定システムの技術俯瞰分類のうち、テスト装置の市場推移を以下に示す。第2 - 11 図に各種テストの市場予測、第2 - 12 図に各種テストの特許出願動向を示す。

第2 - 11 図 世界のテスト市場



出典：テストの世界市場 「半導体製造装置データブック 2002」, p180、p182、p184 株式会社電子ジャーナル、2002年10月31日発行 よりデータを抜粋して作成

第2 - 12 図 各種テストの特許出願動向



本調査においては、アナログ信号のテストを含む特許文献の検索精度を上げることができなかったため、「ミクストシグナルテスト」の推移は省略している。

テスト市場については2000年に明確なピークがあるのに対し、各種テストの特許出願動向については1993年から増加した他は1996年以降大きな変化が見られない。両者を分析してみても、テスト市場の推移・予測とテスト関連特許出願動向との間には明確な相関は見取れないことから、販売されているテストに付帯する特許技術は、比較的長い期間に渡って集積された技術と考えられる。

したがってテストに関する特許技術は、比較的最近の特許技術のみではなく過去の蓄積技術も重要であり、今後も着実な技術開発による技術の蓄積を必要とするものと考えられる。

第3章 研究開発動向分析

第1節 日米欧の研究開発組織（研究開発リーダー）

1. 半導体メーカー

第3-1表にある売上高上位の日本の半導体メーカー4社は、いずれも、先端研究を行う中央・基礎研究所、実用化への研究開発を行う生産技術研究所、開発技術の運用改善を行う生産ラインを備えており、上記4社では半導体試験・測定システムの技術開発を先端研究・実用化研究開発・運用改善の各段階で行っていると考えられる。しかしながら近年の日本の半導体メーカーは、先端分野の研究体制を、産学連携を通じて社外に求める傾向にあり、その表れとして日本の半導体メーカー10社の協同出資によるSTARC(半導体理工学研究センター)が1995年に設立されている。

同表の生産拠点国に着目してみると、先進国ばかりでなく、中国や東南アジア諸国も目立っている。試験・測定技術の改善は、生産ラインの検査部門・製造部門におけるノウハウの蓄積に依存する部分が多いことから、今後、東アジア諸国からも新たな技術が創出される可能性を否定できないものと考えられる。

第3-1表 2002年売上高トップ20の半導体メーカー

	会社名	売上高 (百万ドル)	シェア (%)	本国国籍	生産拠点国
1	Intel Corporation	23,702	15.2	米国	米国・中国・コスタリカ・アイルランド・イスラエル・マレーシア・フィリッピン
2	Samsung Electronics	8,751	5.6	韓国	韓国・中国・米国
3	株式会社東芝	6,422	4.1	日本	日本・中国・ドイツ・マレーシア・タイ
4	Texas Instruments Incorporated	6,380	4.1	米国	米国・日本・フィリッピン・マレーシア・ドイツ・日本
5	STMicroelectronics	6,354	4.1	フランス	フランス・イタリア・米国・モロッコ・マルタ・インド・中国・マレーシア・シンガポール
6	Infineon Technologies AG	5,375	3.4	ドイツ	ドイツ・オーストリア・フランス・ポルトガル・米国・中国・マレーシア
7	NEC エレクトロニクス株式会社	5,321	3.4	日本	日本・米国・ドイツ・アイルランド・シンガポール・マレーシア・インドネシア
8	Motorola, Inc.	4,807	3.1	米国	米国・中国・韓国・台湾・香港・イギリス・フランス
9	Philips	4,361	2.8	オランダ	オランダ・ドイツ・米国・中国・フィリッピン・シンガポール・オーストラリア
10	株式会社日立製作所	4,211	2.7	日本	日本・シンガポール・マレーシア・中国
11	三菱電機株式会社	3,540	2.3	日本	日本・ドイツ・中国
12	松下電器産業株式会社	3,280	2.1	日本	日本・シンガポール・インドネシア
13	富士通株式会社	3,126	2.0	日本	日本・米国・マレーシア
14	Micron Technology, Inc	2,873	1.8	米国	米国・イタリア・日本
15	IBM Microelectronics	2,808	1.8	米国	米国・カナダ・フランス・日本
16	ソニー株式会社	2,791	1.8	日本	日本・米国・タイ
17	Advanced Micro Devices, Inc.	2,661	1.7	米国	米国・中国・タイ・マレーシア
18	Hynix Semiconductor Inc	2,392	1.5	韓国	韓国・米国
19	ローム株式会社	2,390	1.5	日本	日本・韓国・マレーシア・タイ・フィリッピン・中国
20	シャープ株式会社	2,267	1.4	日本	日本・インドネシア

出典：売上高、シェアについては、TPI Headline News 2003.3 アイサプライ社

<http://www.tpi-japan.com/thn-030319.html> 2004年1月9日検索 本社、国籍については、半導体産業計画総覧 2003年度版 産業タイムズ社、2003年9月24日発行、などの資料の各所からデータを採択した。

2. 計測装置メーカー

第3 - 2表および第3 - 3表にからみて、ウエハ検査装置の世界市場シェアトップは米国企業であるのに対し、メモリテストの世界市場トップは日本企業であり、いずれの世界市場シェアにおいてもトップ企業が2位以下を大きく引き離している傾向が読みとれる。

2つの表中にある日本の計測装置メーカーについてみると、メモリテストの世界市場シェア上位は独立系企業で占められるのに対し、ウエハ検査装置の世界市場シェア上位では大きな企業グループに属する企業が位置している。各社に対するヒアリング等の結果から、いずれの企業においてもユーザーニーズを製品開発に反映するためのサービスエンジニアリングが重要と考えられている。

日本の計測装置メーカーにおける産学連携は、わずかに1つの事例を確認したのみであることから、日本の半導体メーカーほど強い連携関係はないものと考えられる。

第3 - 2表 ウエハ検査装置の2001年の世界市場シェア

	企業	シェア (%)	本国国籍
1	KLA-Tencor Corporation	57	米国
2	株式会社日立ハイテクノロジーズ	22	日本
3	Applied Materials, Inc.	6	米国
4	Rudolph Technologies, Inc.	5	米国
5	日立電子エンジニアリング株式会社	3	日本
	その他	6	

出典：シェアの数値は、ウエハ検査装置の世界市場メーカー別シェア 「2002 半導体製造装置データブック」 p167、株式会社電子ジャーナル 2002年10月31日発行

第3 - 3表 メモリテストの2001年の世界市場シェア

	企業	シェア (%)	本国国籍
1	株式会社アドバンテスト	67	日本
2	Teradyne, Inc.	12	米国
3	Agilent Technologies	8	米国
4	横河電機株式会社 (安藤電気)	6	日本
5	Credence Systems Corporation	3	米国
	その他	4	

出典：シェアの数値は、メモリテストの世界市場メーカー別シェア 「2002 半導体製造装置データブック」 p183、株式会社電子ジャーナル 2002年10月31日発行

第2節 大学における研究開発組織

1. 日本

日本の大学における研究開発を概観すると、ナノテクノロジーに関するもの以外は、試験・測定技術の応用に関する研究が多い。電子工学系では主にデバイスの開発や新規化合物半導体の開発などを対象としているため、評価・計測技術を新デバイスや半導体プロセス等の評価に適用するための研究がなされている。物理学系では、光計測や微細計測等の基礎技術の応用に関する研究の動きもある。

一方で精密工学系では、ナノテクノロジーの領域に入っており、ナノオーダの計測に関する基礎研究が始まっている。次世代の計測装置という観点からは、日本の大学の研究テーマ、特にナノテクノロジーに付随する計測技術は半導体計測装置のベースになりうると考えられる。

産学連携の事例では、半導体メーカー出資による STARC¹²との間で、テスト設計に関するものを3件、プロセス内計測に関するものを3件確認した。一方で計測装置メーカーの間では、テスト装置に関するものがわずかに1件のみである。これらのことから、計測装置メーカーよりも半導体メーカーの方が研究開発資源を外部の大学に求めている傾向が強いことを窺い知れる。不況下の半導体メーカーでは、全体の一部門である試験・測定部門の研究開発費や研究者は限られていることの表れとも見受けられる。

したがって、この分野における日本の大学の重要性は、不況下の半導体メーカーにとってきわめて高いものといえる。このような背景の中、テストに関する基礎技術から応用技術まで広くカバーする LSI テスティングシンポジウムが大阪大学により毎年開催されており、当該分野における大学と企業間の交流の更なる深化が期待される。

日本の大学における研究開発資金については、この分野における政府からの研究開発助成事例は過去を振り返ってみても皆無であるため、詳細なデータを得ることができなかった。

2. 米国

米国の半導体研究開発における大学との連携では FCRP¹³が例として上げられる。2004年現在、5つのセンターが発足し、UC-バークレイ、カーネギーメロン、MIT、Penn State、Princeton、Purdue、Stanford 等多くの大学が参加している。これら大学は、SEMATEC¹⁴、SIA¹⁵等からの資金を得て、研究領域毎にコアとなる大学をセンターとして活動している。

3. 欧州

欧州では大学との連携では IMEC¹⁶が中心となっている。IMEC はベルギーのフランドール州にあり、1984年の設立以来、マイクロエレクトロニクス、情報通信システム、ナノテクノロジーの分野で活動している。欧州大手半導体メーカーである ST マイクロエレクト

¹² STRAC: Semiconductor Technology Academic Research Center

¹³ FCRP: Focus Center Research Program

¹⁴ SEMATECH: SEmiconductor MAnufacturing TECHnology

¹⁵ SIA: Semiconductor Industry Association

¹⁶ IMEC: Interuniversity Microelectronics Center

ロニクス、インフィニオンテクノロジーズ、フィリップス等と提携し欧州各地の大学と連携の元、研究開発が進められている。

第3節 主要公的研究機関の研究開発組織

1. 産業技術総合研究所

半導体関連の公的研究機関として有力なものは、独立行政法人産業技術総合研究所である。産業技術総合研究所の研究開発体制は、研究分野と研究ユニットから構成されており、半導体関連の研究開発ユニットは情報通信分野に属する。

情報通信分野に属する次世代半導体研究センターは、半導体 MIRAI¹⁷プロジェクトを総括し、65-45nm 技術世代の技術基盤である材料、プロセス、デバイス、回路技術の研究開発を、産学官の研究者を結集して推進している。この MIRAI プロジェクトのなかに、新計測技術の開発も含まれている。

また、情報通信分野に属するエレクトロニクス研究部門では、次世代材料と次世代デバイスの研究開発を実施しており、デバイス評価計測グループでは、透過型電子顕微鏡による微細構造解析技術の研究や、走査電子顕微鏡等の高性能化技術の研究など、半導体試験・測定システムに直結するテーマを扱っている。

2. 半導体コンソーシアムとプロジェクト

半導体コンソーシアムは、運営組織の形態に違いがあるが、半導体メーカーや半導体製造装置メーカー、大学など多くの参加があり、出資金、分担金に加え、国の補助金の支援があるものもあり、準公的な研究共同体といえる。

研究テーマは、半導体産業の研究開発のうち、各社共通の重要課題であり、半導体試験・測定システムを前面に提示したものはないが、研究開発要素は、半導体試験・測定システムに関連する。

第3 - 4表に半導体分野のプロジェクト動向を示す。

第3 - 4表 三極のコンソーシアムとプロジェクト動向

プロジェクト目的	1987	1996 - 1997	2001	2002
半導体製造技術の基盤研究と装置評価	SEMATECH(米コンソーシアム)	Selete ¹⁸ (日コンソーシアム) I.SEMATECH(米コンソーシアム)		
半導体の次々世代の基礎研究		MEDEA ¹⁹ (欧州コンソーシアム) ASET ²⁰ (日コンソーシアム)	MEDEA+(欧州コンソーシアム)	
1つの装置で複数のプロセスが可能となる新規な製造装置の開発			HALCA ²¹ (日コンソーシアム)	

¹⁷ MIRAI: Millennium Research for Advanced Information Technology

¹⁸ Selete: Semiconductor Leading Edge Technologies, Inc.

¹⁹ MEDEA: Micro-Electronics Development for European Application

²⁰ ASET: Association of Super-Advanced Electronics Technologies

²¹ HALCA: Highly Agile Line Concept Advancement

システム LSI 開発の共通基盤構築、90-65nm で先端デバイスプロセスや設計技術の共通インフラ構築			あすか(日プロジェクト)	
90nm 世代の標準プロセスの整備				ASPLA ²² (日コンソーシアム)
2007 ~ 2010 年を見通した 65nm、45nm のプロセス開発				MIRAI (日プロジェクト)

3. 外国の公的研究機関

外国の公的研究機関、特に研究共同体のプロジェクトについて、特徴を述べる。

米国、欧州の研究共同体は、日本よりも大学の参加が活発のように見える。

たとえば、米国の FCRP(Focus Center Research Program)は、国防省予算の資金で運営されており、半導体の中長期的な研究開発を目的としている。数個の Focus Center から編成されるが、Design and Test Focus Center は、UC Berkeley の Gigascale Semiconductor Research Center が中心的に活動し、Interconnect Focus Center は Georgia Institute of State がリードし、Materials、Structure & Device Focus Center は MIT がリードしている。

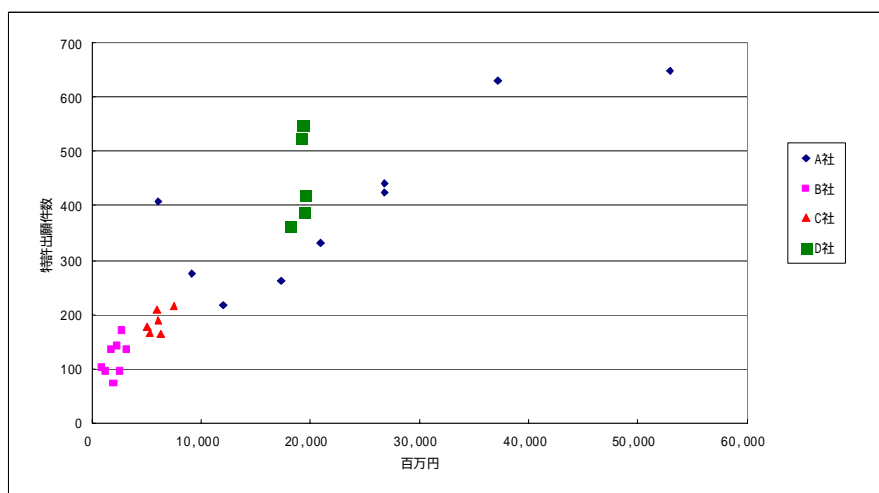
欧州の MEDEA+は、マイクロエレクトロニクス関連の企業間共同研究を支援するプログラムであるが、220 のパートナーのうち、企業が約 2/3、大学や調査機関が 1/3 の割合で参加している。

以上のような背景もあって、日本に比較し米国、欧州の方が、大学、公的機関からの出願割合が多いという、特許動向分析の結果に繋がっているものと考えられる。

4. 企業の研究開発費と売上・特許出願数との関係

日本企業の場合の研究開発費と特許出願件数の関係を第 3 - 1 図に示す。本図では、A社が全体の正の相関に影響を与えているが、他の 3 社も正の相関がある。相関係数(= r)は 0.8925 と高く、研究開発費が出願件数に強く影響を与えていると言える。

第 3 - 1 図 日本企業の研究開発費と特許出願件数の関係



²² ASPLA: Advanced Soc Platform Corporation

研究開発費の売上高比率は、米国企業4社とも総て10%を超えており、そのうち1社は1996年以降20%を超えており、他の3社も2002年は20%を超えている。今回解析した日本企業4社と米国企業4社を比較した場合、10%に達しない日本企業が多く、米国企業の研究開発費の売上高比率は日本企業のほぼ2倍以上と言える。欧州企業1社は10%を下回っており、日本企業と似た状態である。米国企業の場合も売上高が減少すると開発費の売上高比率は増加する。米国企業の研究費の費目別構成データは入手できなかったが、日本企業の場合と似た構成比で、人件費の比率が高いものと推測される。

第4章 政策動向分析

第4-1表 各国の政策とプロジェクト

	1960	1970	1980	1990	2000
日本					2002:次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術 2002:情報通信技術開発 2003:情報通信基盤ソフトウェア 2003:次世代ディスプレイ技術開発
米国		1978: SIA	1987: SEMATECH	1998: International SEMATECH 1998: MARCO ²³ 1998: FCRP	
欧州			1984: ESPRIT ²⁴ (欧州情報技術研究開発戦略計画) 1985: EUREKA ²⁵ (欧州先端技術共同開発機構) 1988: JESSI ²⁶ (シリコン半導体技術欧州合同計画) 1997: MEDEA 2001: MEDEA +		
韓国	1960年代末:電子工業振興法	1976:韓国電子技術研究所による基礎研究開始	1986:韓国半導体研究組合	1991: KSIA ²⁷ (韓国半導体産業協会)	
台湾		1972:近代工程技術検討会による半導体産業育成の諮問 1974: ITRI ²⁸ (工業技術院電子研究所の設立) 1980:台湾初のICメーカーUMCの設立			
中国				1990:第8次5カ年計画(半導体産業の振興)	

第1節 日本の政策とプロジェクト

政府は第2期科学技術基本計画において、
重点4分野: ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料
追加4分野: エネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティア
を指定し、その発展・振興を図るとしている。

²³ MARCO: Microelectronics Advanced Research Corporation

²⁴ ESPRIT: European Strategic Program for Research and Development in Information Technology

²⁵ EUREKA: European Research Coordination Action

²⁶ JESSI: Joint European Submicron Silicon Initiative

²⁷ KSIA: Korea Semiconductor Industry Association

²⁸ ITRI: Industrial Technology Research Institute

当動向分析の対象である「半導体試験・測定システム」は上記重点4分野の内、「情報通信」（予算312億円）との関連が強いと考えられるが、半導体試験・測定システムに特化した政策やプロジェクトは見あらず、プロセス技術やアプリケーション技術の一部として位置づけられている可能性がある。

第2節 米国の政策とプロジェクト

ここでは1970年代後半以降の米国の政策とプロジェクトを概観する。

1978年、米国半導体工業会SIAが発足し、その後の米国通商政策に影響力を行使することになる。

1987年には米国国防総省と米国半導体メーカ14社が出資し、SEMATECH（半導体製造技術研究所）が発足した。これは日本に凌駕された半導体製造技術の競争力回復を目的としており、日本の超LSI技術研究組合をモデルにしたといわれている。SEMATECH設立時の目的は達成され、米国半導体産業の競争力回復の見極めがついたことから、政府支援は打ち切りとなり民間研究組織に改組された。更に1998年には諸外国の半導体メーカも参加して「International SEMATECH」が発足し現在に至っている。

米国政府が関与する半導体プロジェクトとしてFCRPがある。FCRPは国防総省のDARPA²⁹、DUSD/S&T³⁰に研究開発会社MARCOが加わった共同プロジェクトであり、米国の半導体及び関連メーカの多数が間接的に出資している。FCRPの設立趣旨は、複数の大学によるチームを設立してプロジェクトを推進し、8～12年後に成果を得ることである。MARCO自体は研究開発に携わず、各プロジェクトを管理する立場にある。

第3節 欧州の政策とプロジェクト

欧州は近代産業発祥の地であるが、半導体産業は日米に大きく水を開けられて来た。この格差を縮めるための協力が1980年代から始まっている。

1985年には欧州委員会の支援により「EUREKA（欧州先端技術共同開発機構）」が発足した。

現在、EUREKAの対象技術は、情報、通信、レーザ、医療、新素材等、9分野におよぶが、半導体技術は情報技術分野の中で進められており、MEDEA+はその主要プロジェクトである。MEDEA+の中核メンバーはNokia、Ericsson、Philipsなどの大手であるが、各プロジェクトには280団体、3000人の科学者、技術者が参加している。2003年には約50のプロジェクトが動いているが、自動車向けエレクトロニクスとして5テーマあるのが着目される。また試験関連テーマとして、A503：Advanced Solutions for SOC Integration and Test in Europeがある。

第4節 韓国の政策とプロジェクト

²⁹ DARPA: Defense Advanced Research Project Agency

³⁰ DUSD/S&T: Deputy Undersecretary of Defense for Science & Technology

1960年代末には電子工業振興法が制定されるとともに電子工業振興8ヵ年計画が策定されるが、韓国内で実質的に半導体にかかわる研究開発、設備投資が始まるのは1970年代半ばになってからである。

1980年代半ばには世界の半導体市況の悪化、日米半導体協定制定といった事態が発生するが、韓国半導体産業界は積極的な設備投資を続け、今日のメモリ生産大国の礎を築いたと言える。

第5節 台湾の政策とプロジェクト

台湾政府は1974年に工業技術院電子研究所（ITRI）を設立し、ICモデル工場設置計画を立案している。1980年にITRI出身技術者と政府が出資し、台湾最初のICメーカー、聯電公司（UMC³¹）が設立し4インチウエハで商品生産を開始した。ITRI出身の技術者がメーカー設立に係わったことから「スピナウト方式」と名づけられたこの手法は台湾の半導体産業振興の特徴となっていく。

第6節 中国の政策とプロジェクト

1990年8月に発表された第8次5ヵ年計画では半導体産業の振興を掲げ、同計画ではASIC技術、封止技術の導入にも積極的であり、今後中国の半導体技術水準は急速に向上すると見込まれる。

中国政府は外資との合併による半導体産業育成に積極的であり、外国企業投資奨励産業目録に半導体製品を載せている。市場の大きさと相まって今後は中国が半導体の一大供給拠点に成長する可能性が高いと予想される。

第5章 提言

第1節 日本の課題分析

1. 特許動向分析

第2-2図の解析から日本国籍の出願件数は、対米国で994件、対欧州で373件であり、欧米国籍からの出願件数の約2倍の値である。また第2-4図、第2-6図、第2-8図の解析から、中国、韓国、台湾に対する日本国籍の出願件数は、それぞれ111件、399件、224件となっており、いずれの地域においてもトップの件数である。よって、「半導体試験・測定システム」分野において、日本は他国に比べて多くの特許出願を行っていることを特徴としており、日本国内には半導体試験・測定システムの分野における研究開発プレイヤーが他国より多く存在しているものと考えられる。

第2-3図、第2-5図及び第2-7図における韓国・台湾・中国国籍の出願件数推移にみられるように、いずれの国籍においても2001年の自国比率が欧米国籍のみならず日本国籍の比率をも上回っていることは、生産拠点が東アジアにシフトしたこと

³¹ UMC: UNITED MICROELECTRONICS CORP.

による技術蓄積の効果が特許出願件数として表れたものと考えられる。

日本国籍の出願件数の内訳については、第2 - 1表からみて、日本の大学からの出願比率は0に近く、米国の0.5、欧州の0.79から見ると少ない。

2．市場

第2 - 9図に見られるように、アジア地域の半導体製造装置市場比率は2000年の約40%から2005年には約58%に拡大すると予測されており、第2 - 5図及び第2 - 7図において1999年付近に見られた台湾・中国地域における日米欧特許出願ピークは、この2000年以降のアジア地域における市場の拡大と連動したものと考えられる。

また第2 - 9図において欧州における半導体製造装置の市場が相対的に小規模であることは、第2 - 2図に示した日米欧出願構造において日本の欧州地域に対する出願比率が低いことの裏付けとなっている。

したがってこの分野で日本は、市場規模やその予測と連動して戦略的に特許出願を行っているものと見受けられる。

3．研究開発動向

日本企業の研究開発投資は米国企業と比べると、売上高比率では半分程度である。不況の影響により研究開発資源が限られている日本の半導体メーカーは、半導体試験・測定システムの研究開発を産学連携に依存する傾向があることから、日本の大学の重要性はきわめて高い。第3 - 1図からみて、この分野における特許出願件数は研究開発費と連関することから、大学における研究成果も研究費に依存すると一般的に考えられる。しかしながら当該分野における政府から大学への研究助成資金は過去において皆無である。

4．政策動向

第3 - 4表から日本では半導体関連のプロジェクト数は6件あり、1997年以降次々と新たなプロジェクトが立ち上がり、活発といえる。しかし、試験・測定に特定したプロジェクトはなく、プロセス技術やアプリケーション技術の一部として位置づけられている可能性がある。

第2節 提言

1．出願内容を重視した出願戦略

日本国籍の外国出願は、市場規模やその予測と連動して戦略的に行われている。一方で自国出願の絶対数の多さからみて、件数偏重の傾向が見受けられることから、欧米との間でバランスを欠いている。それでも日本国籍の出願実績は、日本の研究開発や知財活動のポテンシャルが他国より十分高いことを示すものと考えられるので、今後は「選択と集中」を更に進めて出願内容をより重視した出願戦略が望まれる。

2．東アジアに対する出願戦略

今後日本は半導体製造およびアプリケーション市場として有望な東アジアに対して戦略的に特許出願を行っていくものと考えられる。その際には、「選択と集中」を進める過程で、出願公開による技術の漏洩に注意した出願戦略やアプリケーション毎の市場構造を考えたきめ細かい出願戦略を行うことが望まれる。

3．産学連携の更なる活性化

半導体試験・測定の分野における東アジア諸国の技術蓄積の効果が特許出願件数として現れ始めた現時点において、不況下の半導体メーカーにとって当該分野の産学連携のニーズは高い。産学連携の更なる活性化を図るには、特許出願や論文発表による大学からの研究成果の発信が望まれ、独立行政法人化後の大学における新組織・体制への期待が大きい。

4．試験・測定システム分野における相互交流の活性化

日本には、半導体試験・測定システムの分野における研究開発プレイヤーが他国より多く存在しているから、重複した研究開発による効率の低下に注意しなければならない。例えば、試験・測定装置間連携用データのように、規格・標準化を進めることによって参画企業がメリットを享受できる分野では、企業間相互の技術交流を活性化する環境作りが必要である。