

# 平成15年度 特許出願技術動向調査報告書

## 光集積回路 (要約版)

### <目次>

第1章 光集積回路の概要 .....	1
第2章 調査対象と技術俯瞰図 .....	2
第3章 特許動向 .....	6
第4章 研究開発動向 .....	15
第5章 標準化動向 .....	17
第6章 市場動向 .....	19
第7章 政策動向 .....	25
第8章 光集積回路の将来展望と 今後日本が目指すべき方向性 .....	28

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 光集積回路の概要

### 第1節 光集積回路とは

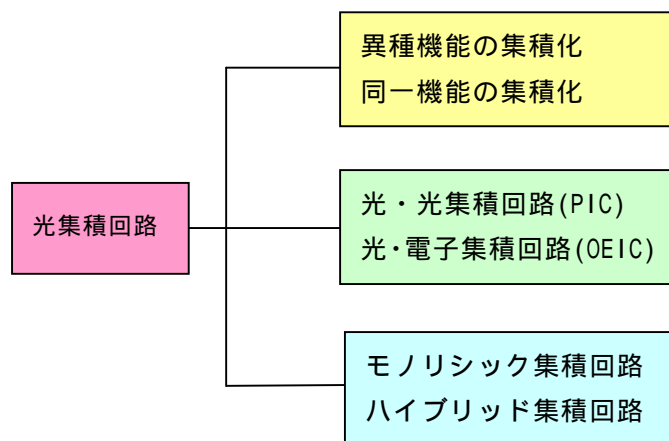
光集積化としては、第1-1図に示すように切り口により三つに分類できる。

(1)異なる機能の光デバイスを複数個集積する「異種機能の集積化」と、同じ機能の光デバイスを複数個集積する「同一機能の集積化」がある。

(2)複数の光デバイスを集積する光・光集積回路 (PIC : Photonic Integrated Circuit) と、光デバイスと電子デバイスを集積する光・電子集積回路 (OEIC : Optoelectronic Integrated Circuit) がある。

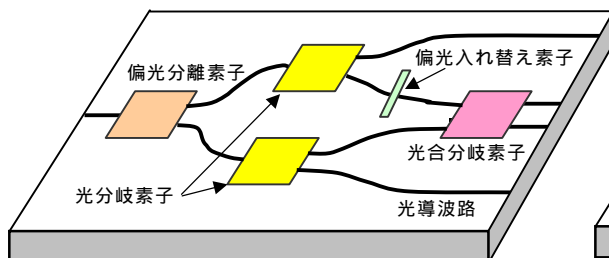
(3)化合物半導体基板やシリコン/ガラス基板上に半導体プロセスのみで、光導波路、能動光素子、受動光素子など全ての素子を一括して作成し集積化するモノリシック集積回路と、別のプロセスで作成された光導波路、能動光素子、受動光素子などの一部を基板上に実装するハイブリッド集積回路がある。

第1-1図 光集積回路の分類

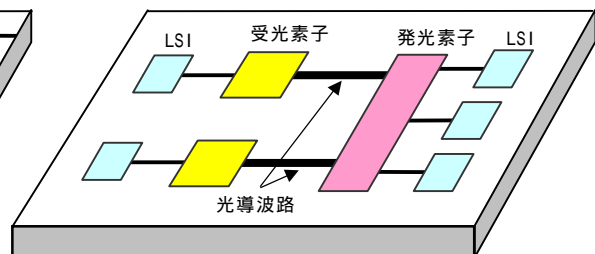


第1-2図に光・光集積回路 (PIC)、第1-3図に光・電子回路 (OEIC) の概念図を示す。

第1-2図 光・光集積回路 (PIC)



第1-3図 光・電子集積回路 (OEIC)

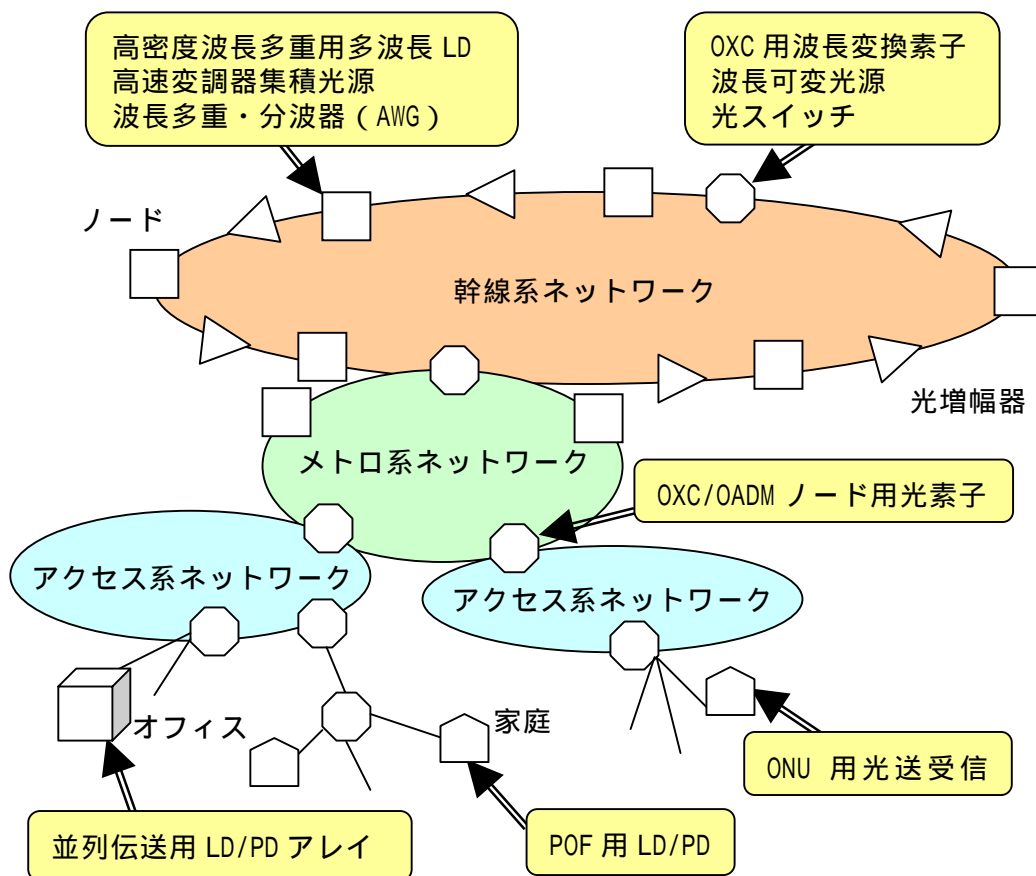


## 第2章 調査対象と技術俯瞰図

### 第1節 調査対象

本調査で対象とする光集積回路は、モノリシック光集積回路、ハイブリッド光集積回路、およびそれらの主要構成光デバイスとし、特に石英ガラス系の光導波路（PLC）を用いた平面導波型光回路に重点を置く。なお、将来、光集積回路の重要な構成要素になると期待され、最近注目を浴びているフォトニック結晶も調査対象とする。応用産業としては、情報通信機器分野、情報機器・情報家電分野、工業計測分野などがあるが、目下、光集積回路開発の牽引役をしている情報通信機器分野における光通信用の光集積回路に重点を置いて調査を実施する。第1-4図に光通信ネットワークと主要光集積デバイスを示す。

第1-4図 光通信ネットワークと主要光集積デバイス

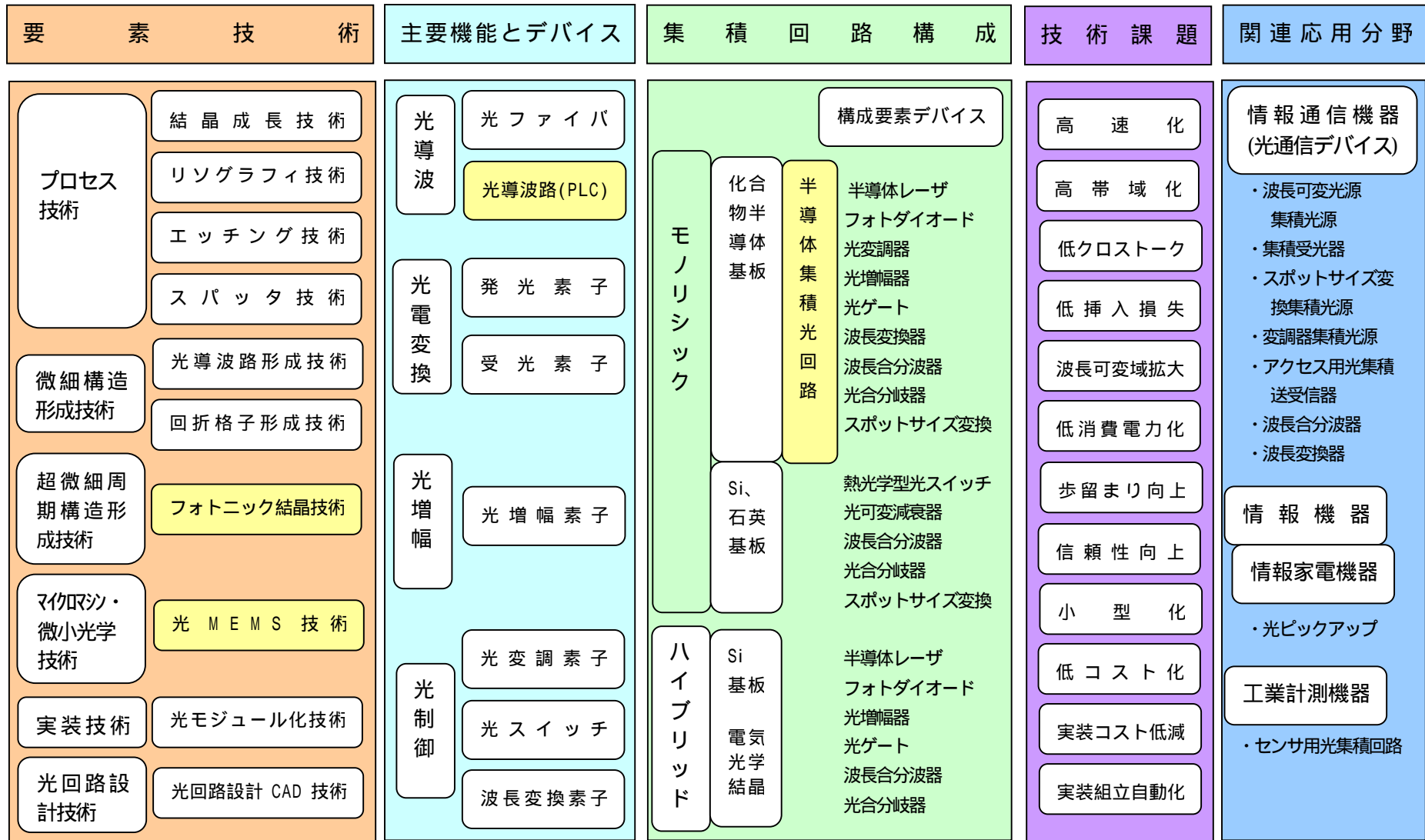


AWG:Arrayed Waveguide Grating, OXC:Optical Cross-connect System,  
OADM:Optical Add Drop Multiplexer, ONU:Optical Network Unit  
POF:Plastic Optical Fiber, LD:Laser Diode, PD:Photo Diode

### 第2節 光集積回路技術俯瞰図

光集積回路の技術俯瞰図を第1-5図に示す。光集積回路素子の製造に係わる要素技術、光集積素子に要求される機能とそれに対応するデバイス、集積回路の構成、光集積回路を実現する際の技術課題、および関連応用分野の4項目に分類して俯瞰図を作成した。

第 1-5 図 光集積回路技術俯瞰図



この中で注目される研究技術開発テーマとして、PLC(Planar Lightwave Circuit)、フォトニック結晶、光 MEMS (Micro Electro Mechanical System)、半導体集積光回路が挙げられる。

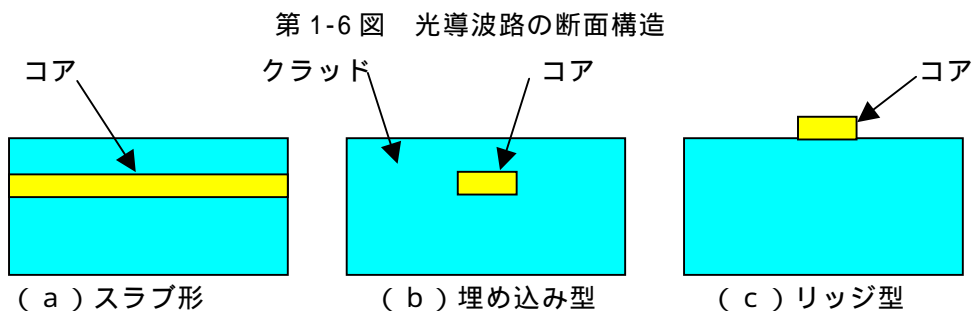
光集積回路の基本は、光導波路にある。とりわけ Si 基板上への石英ガラス系の光導波路 PLC は、種々の光デバイスとして使用されるとともに、能動素子とのハイブリッド光集積回路のプラットフォームとしての役目も果たしている。

フォトニック結晶は、大学等での研究が盛んで光技術全般への応用が期待されている。光 MEMS は、光集積回路の小型化と量産性に適した技術として最近脚光を浴びている。

また半導体集積光回路は、すべてをプロセス技術で作製することにより、大幅な低コスト化が可能となり、将来的には広い応用が期待できる。

#### < 光導波路 (PLC) >

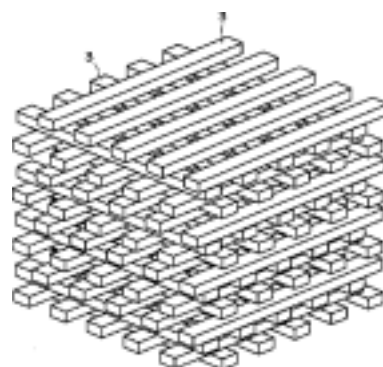
基板の上にコア、クラッド構造に相当する薄膜を形成して光を導波するもので、導波路を組み合わせて各種の光回路が形成される。第 1-6 図に光導波路の断面構造を示す。



#### < フォトニック結晶 (PC : Photonic Crystal) >

光波長以下の周期で屈折率の異なる 2 種類以上の媒質が多次的に周期配列され、その内部に周期的な屈折率分布をもつ結晶である。第 1-7 図に角柱を交互に半周期ずらしながら交互積層するウッドパイル (交互堆積) 型フォトニック結晶の概念図を示す。

第 1-7 図 ウッドパイル型 3 次元フォトニック結晶



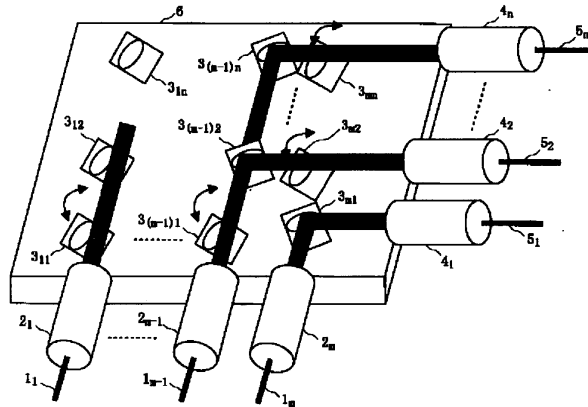
出典：公開特許公報 特開 2001-074954, p.10

#### < 光 MEMS >

光通信デバイスでの光の制御には、数  $\mu\text{m}$  の駆動量と、nm オーダーのアクチュエータ精度が要求される。この量は、丁度 MEMS の駆動量と精度に適合する。MEMS 技術は、半

導体集積回路を作成する技術をベースに用いており、MEMS 技術と微小光学技術を組み合わせた光 MEMS 技術は、MOEMS ( Micro Opto Electro Mechanical Systems ) とも呼ばれる。第 1-8 図に 2 次元光 MEMS 光スイッチの概念図を示す。

第 1-8 図 2 次元 MEMS 光スイッチ



出典：公開特許公報 特開 2003-107372, p.4

< 半導体集積光回路 >

InP あるいは GaAs のような化合物半導体を基板とし、光導波路、能動光デバイス、受動光デバイスなどをモノリシック集積化したものである。現在商品化されているものは、分布帰還型レーザダイオード (DFB-LD: Distributed Feedback Laser Diode) と光変調器とを集積化した高速発光デバイス、分布ブラッグ反射型レーザダイオード (DBR-LD: Distributed Bragg Reflector Laser Diode) にサンプルグレーティング (SG: Sampled Grating) を集積した SG 波長可変レーザ、分布ブラッグ反射型レーザダイオード (DBR-LD) にサンプルグレーティング、位相調整器を集積した超微細構造格子 (SSG: Super Structure Grating) 波長可変レーザ、半導体光増幅器 (SOA: Semiconductor Optical Amplifier) とマッハツェンダ干渉計とを集積化した波長変換器などがある。殆どのが、半導体レーザとの集積化により高機能化したものである。

なお、特許出願動向の詳細解析対象として、光通信用光集積回路の中で特許出願件数が多い石英ガラス系光導波路 PLC と、ここ数年特許出願と論文・学会発表が急増しているフォトニック結晶の 2 つを選定した。

### 第3章 特許動向

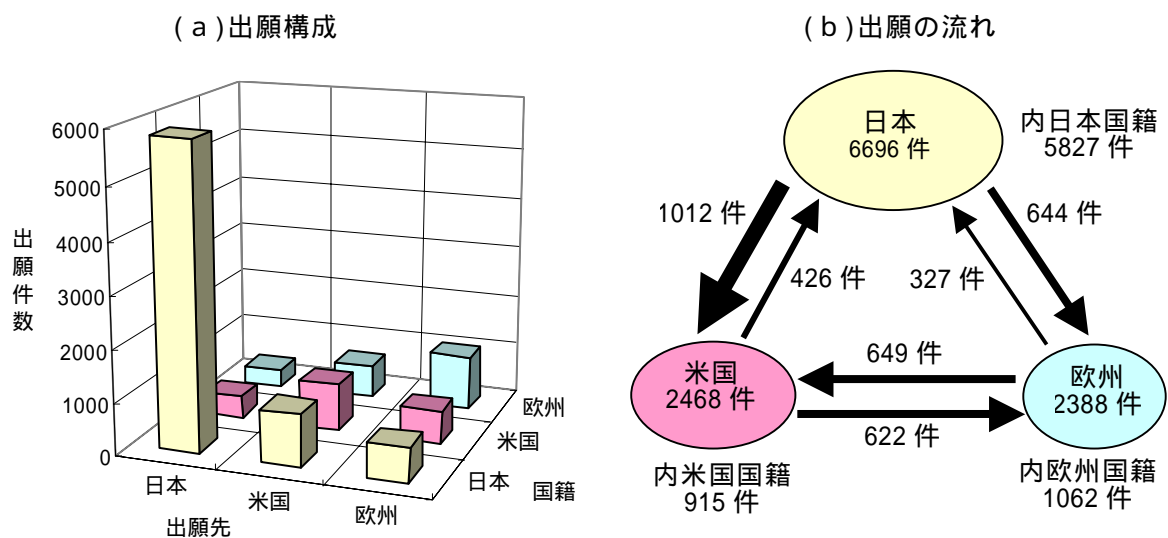
#### 第1節 光集積回路特許のマクロ動向

光集積回路が位置付けされている国際特許分類(IPC)G02B6/12～G02B6/14 において日米欧三極からの出願状況を分析する。

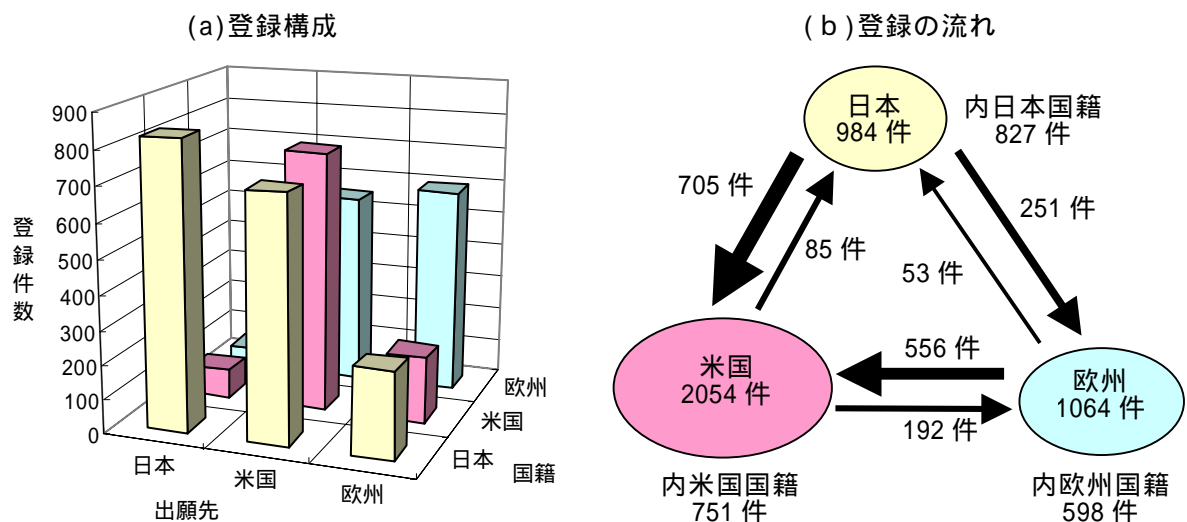
##### 1. 三極の特許出願および登録件数

日米欧三極間の出願構造および登録特許の構造を第3-1図および第3-2図に示す。出願人国籍からみて、出願および登録の総件数はともに日本が多い。

第3-1図 日米欧三極間の出願構造



第3-2図 日米欧三極間の登録特許構造

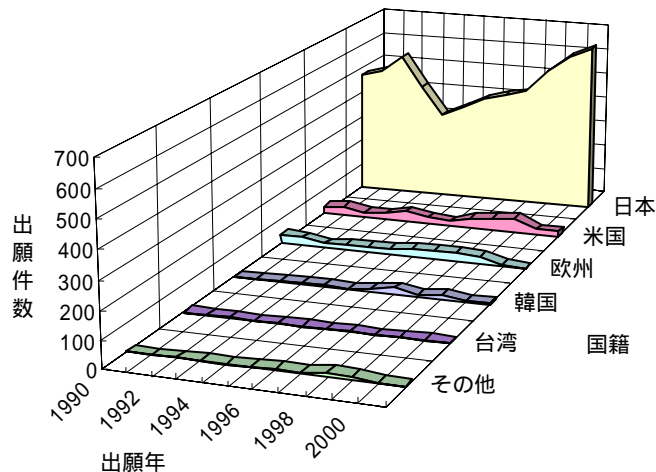


## 2. 三極の出願特許年次推移

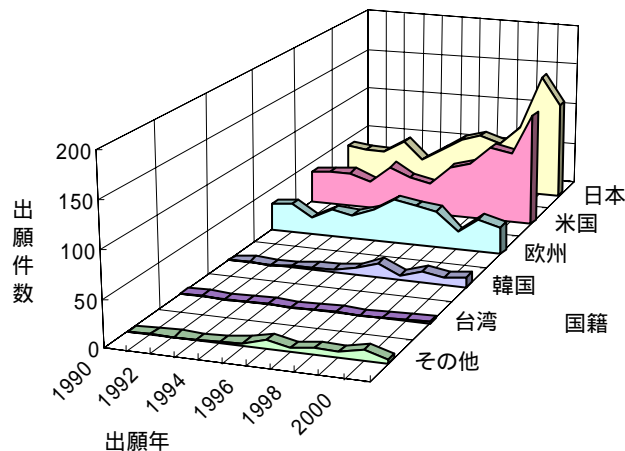
日米欧三極における出願人国籍別件数の年次推移を第3-3図～第3-5図に示す。なお、これら図には韓国、台湾およびその他からの出願も併せて示す。

- (1) 日本への出願に関しては、日本国籍の出願が圧倒的に多い。
- (2) 米国への出願に関しては、日米両国籍の出願が件数および増加の傾向とも類似している。
- (3) 欧州への出願に関しては、1999年頃迄は欧州国籍が多いが最近では日本が欧州に肩を並べている。

第3-3図 日本における出願人国籍別出願件数推移

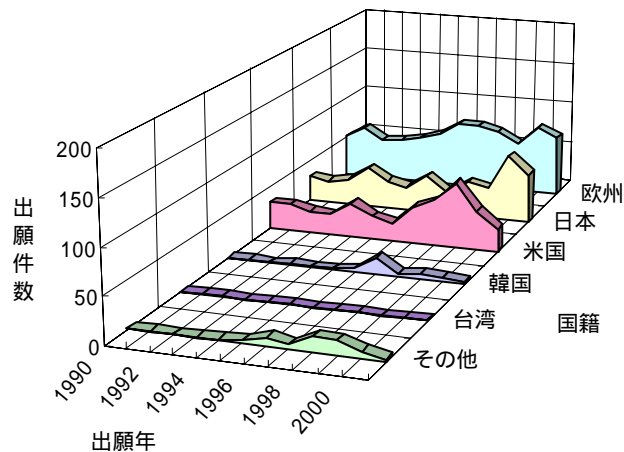


第3-4図 米国における出願人国籍別出願件数推移



(注)米国における場合は早期公開制度に伴う公開特許も含む。以降の分析も同じ。

第3-5図 欧州における出願人国籍別出願件数推移



### 3. 企業別出願動向

第3-1表は日米欧三極に出願された全合計件数について主要出願人の上位10位までを示す。日本の出願が米欧に比べて圧倒的に多く、中でも日本電信電話が群を抜いている。

第3-1表 日米欧三極における主要出願人

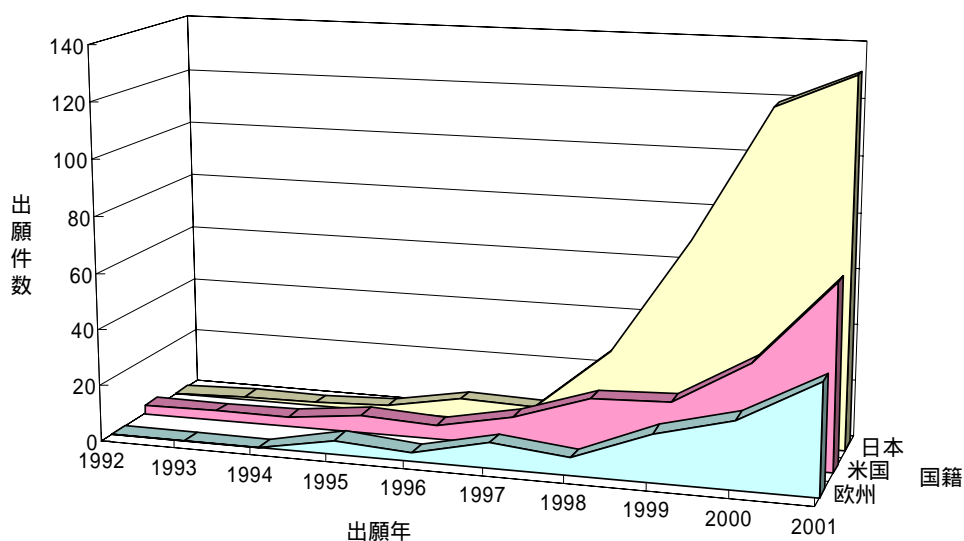
順位	日本国籍		米国国籍		欧州国籍	
	出願人	件数	出願人	件数	出願人	件数
1	日本電信電話 (NTT)	1207	Lucent Technologies	207	Alcatel (仏)	190
2	日立電線	572	Corning	200	Siemens (独)	148
3	日本電気 (NEC)	505	AT&T	181	Bookham Technology (英)	101
4	古河電気工業	447	Motorola	61	Robert Bosch (独)	89
5	住友電気工業	438	IBM	44	France Telecom (仏)	74
6	富士通	350	Agilent Technologies	41	Koninklijke PTT (蘭)	59
7	沖電気工業	261	MIT	33	Commissariat energie atomique (仏)	49
8	松下電器産業	257	Litton Systems	31	Telefonaktiebolaget LM Ericsson (スウェーデン)	44
9	日立製作所	213	Eastman Kodak	30	British Telecom (英)	34
10	シャープ	140	AlliedSignal	29	Pirelli Cavi e Sistemi S.p.A (伊)	27

## 第2節 注目技術特許の出願動向

### 1. フォトニック結晶

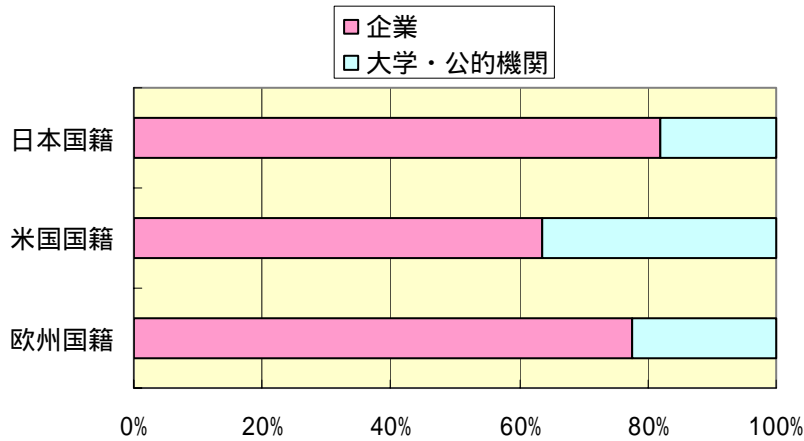
第3-6図に、出願人国籍別の出願年次推移を示す。出願件数の立ち上がりは、日本出願人によるものが他よりも1年程早く、かつ急激に増加しており、日本のフォトニック結晶に対する開発活動は米国、欧州に勝るとも劣らない。

第3-6図 フォトニック結晶に関する出願人国籍別出願件数推移



第 3-7 図に、出願人国籍別の企業と大学・公的機関からの出願比率を示す。米国では、大学、公的機関の出願比率が高く、これらの特許取得への意欲の高さがうかがえる。

第 3-7 図 フォトニック結晶に関する出願人国籍別の企業と大学・公的機関からの出願比率

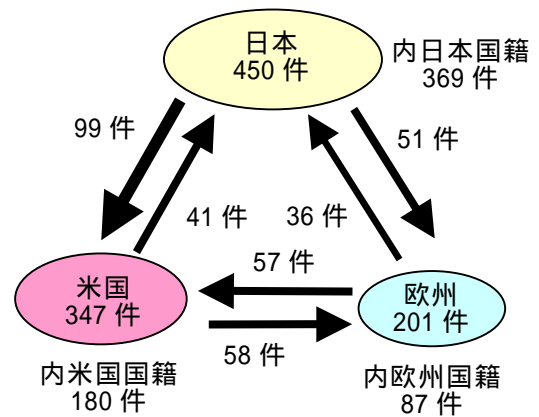
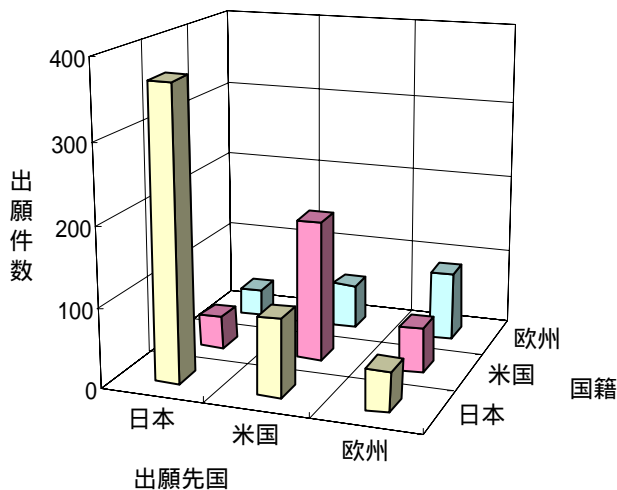


第 3-8 図は、フォトニック結晶に関する日米欧三極間の出願構造 (a)出願構成、(b)出願の流れ)を示したものである。日本では日本国籍出願によるものが 8 割を超えているのに対し、米国、欧州では他国籍出願人による出願が約半数もある。

第 3-8 図 フォトニック結晶に関する日米欧三極間の出願構造

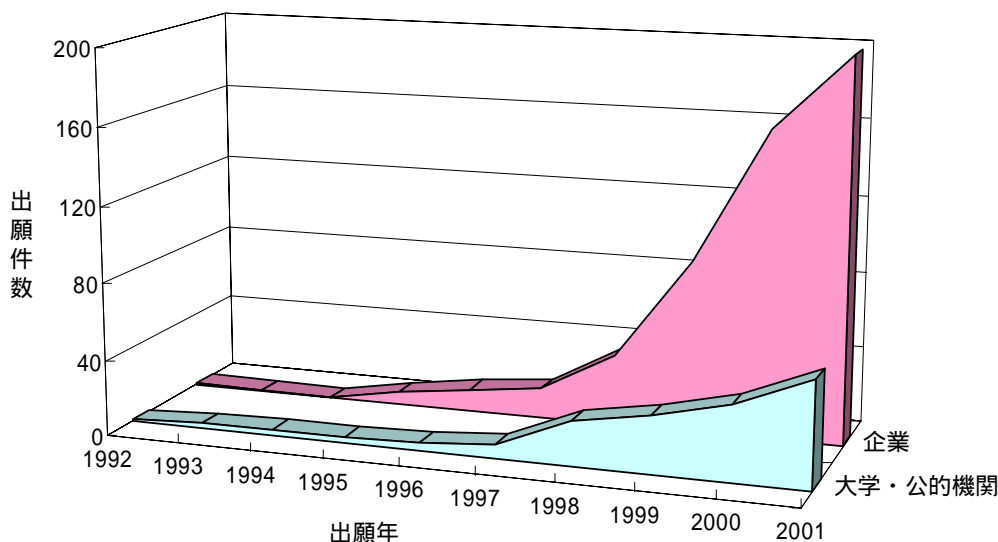
(a)出願構成

(b)出願の流れ



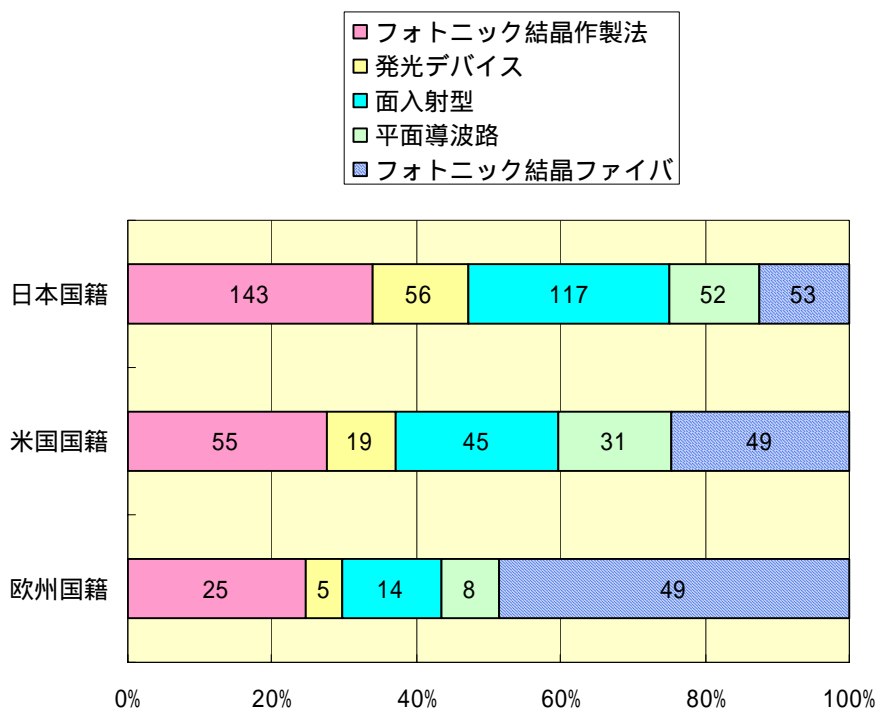
第 3-9 図はフォトニック結晶に関する出願を、出願人を企業と大学・公的機関に分けてその出願件数推移を表したものである。1998 年以降のフォトニック結晶に関する出願の顕著な立ち上がりは殆どが企業からの出願によるものである。

第 3-9 図 フォトニック結晶に関する企業と大学・公的機関からの出願件数推移



第 3-10 図に、フォトニック結晶に関する出願の技術内容比率を出願人国籍別に示す。最も特徴的なのは、フォトニック結晶ファイバの比率が欧州では高く、日本では低いことである。ただし、日本出願人の出願件数自体は米国、欧州出願人によるものよりも多いので、日本ではフォトニック結晶作製法やファイバ以外の研究開発も活発であるという見方もできる。

第 3-10 図 フォトニック結晶に関する出願人国籍別の技術内容別比率



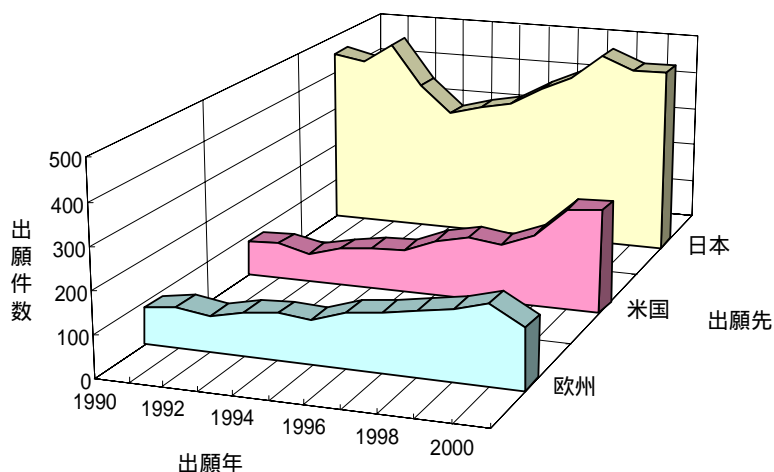
## 2. 石英ガラス導波路

### (1) 全体

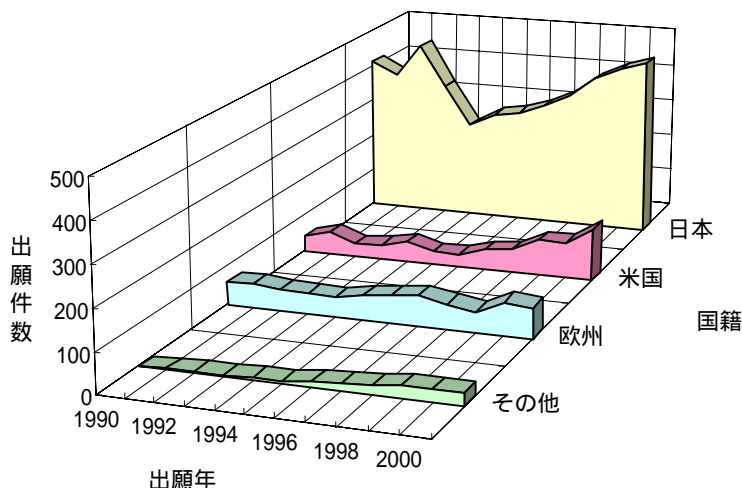
第 3-11 図は、石英ガラス導波路の製造法とデバイスを含めた全体についての日米欧三極の出願先別出願件数の年次推移を示す。第 3-12 図は前記日米欧三極の出願先別出願件数を出願人国籍別に分類した出願年次推移を示す。第 3-13 図は、日米欧三極間の出願構造 (a) 出願構成、(b) 出願の流れ) を、第 3-14 図、第 3-15 図、第 3-16 図は、日米欧三極への出願人国籍別出願件数の年次推移を示す。

石英ガラス導波路に関する出願件数は、日米欧のいずれにおいても、1995 年以降増加している。また、日本への出願、および日本国籍出願人の出願が、出願件数において、米欧に比し圧倒的に多くなっている。日米欧三極間の出願構造は、日本国籍出願人の日米欧への出願が多く、特に日本への出願件数が突出している。米欧への出願は、日米欧三極間で件数に差はあるものの、日本への出願のように、日本国籍出願人に極端に偏った出願構成ではなく、概ね均衡した出願構成となっている。

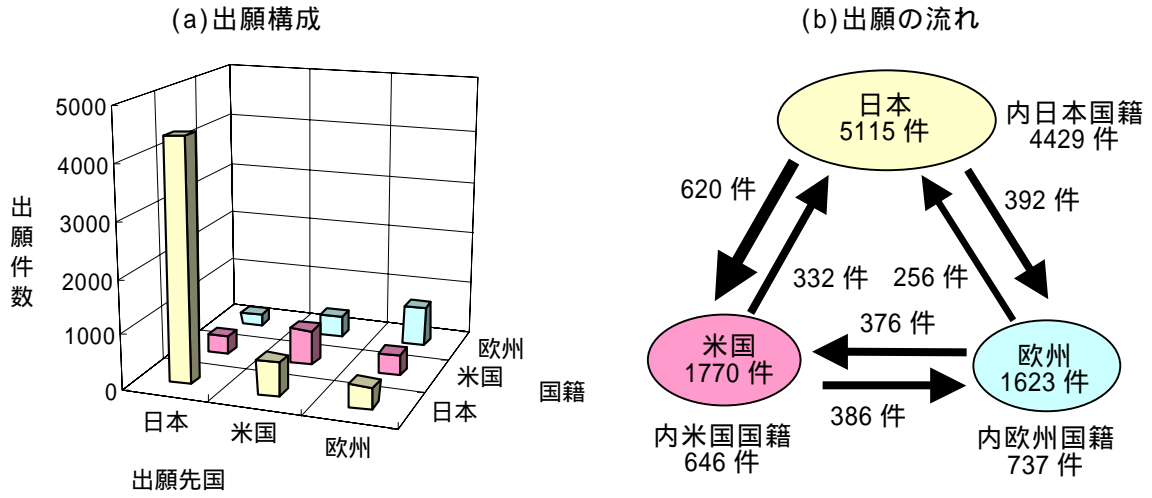
第 3-11 図 石英ガラス導波路 (全体) に関する出願先別出願件数推移



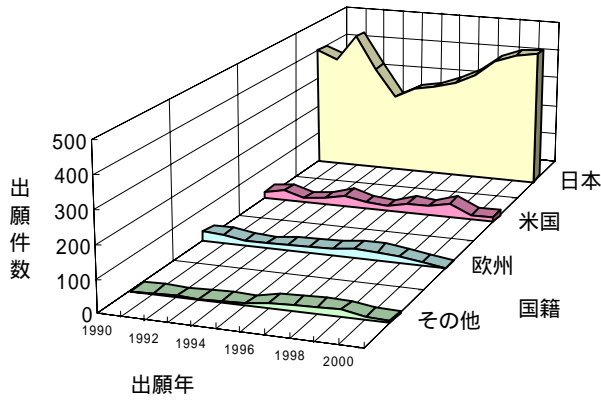
第 3-12 図 石英ガラス導波路 (全体) に関する出願人国籍別出願件数推移



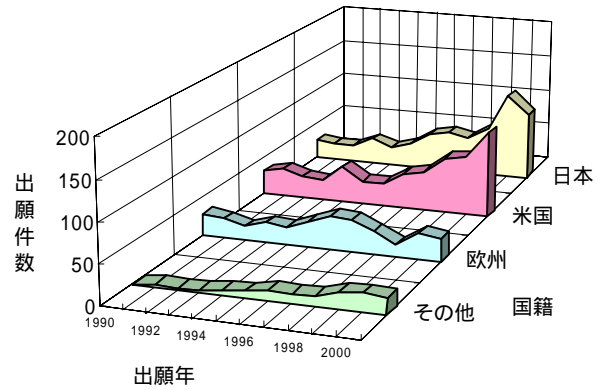
第 3-13 図 石英ガラス導波路（全体）に関する日米欧三極間の出願構造



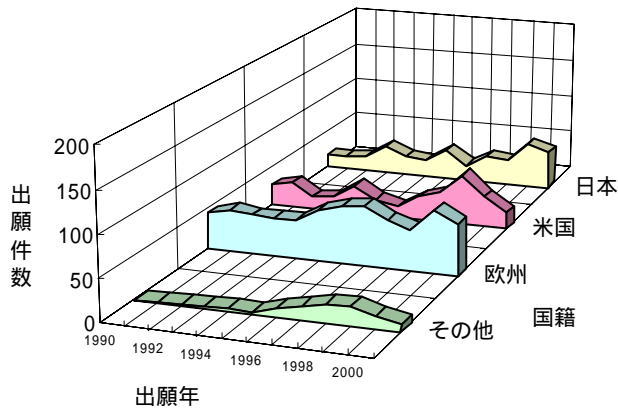
第 3-14 図 日本における石英ガラス導波路（全体）に関する出願件数推移



第 3-15 図 米国における石英ガラス導波路（全体）に関する出願件数推移

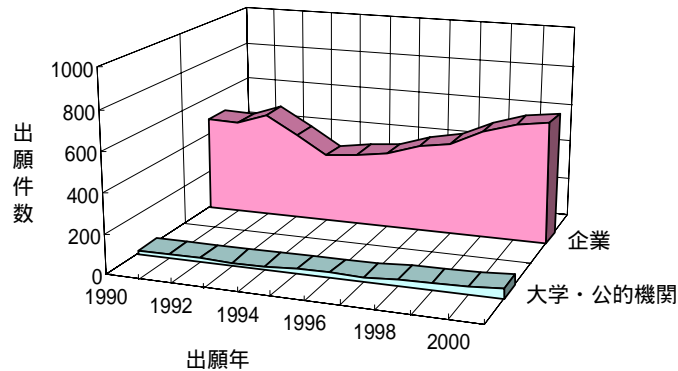


第 3-16 図 欧州における石英ガラス導波路（全体）に関する出願件数推移



第 3-17 図は、石英ガラス導波路（全体）に関する日米欧他全体を企業と大学・公的機関に分けて、その出願件数の年次推移を表したものである。大学・公的機関からの出願件数は僅かな増加傾向を示してはいるが、出願件数は少なく、出願件数の大半は、企業からの出願によるものであることが分かる。

第 3-17 図 石英ガラス導波路（全体）に関する企業と大学・公的機関からの出願件数推移



第 3-2 表は、石英ガラス導波路（全体）に関する日米欧における主要出願人の順位を示す。

日本への主要出願人である日本国籍出願人の出願件数は、米欧への主要出願人である米欧国籍出願人の出願件数より一桁多い出願件数となっており、特許出願件数から見ると、日本企業が圧倒的に多い。

第 3-2 表 石英ガラス導波路（全体）に関する日米欧における主要出願人

順位	日本への出願		米国への出願		欧州への出願	
	出願人	件数	出願人	件数	出願人	件数
1	日本電信電話（NTT）	634	日本電気	74	Siemens（独）	83
2	日立電線	378	Lucent Technologies（米）	68	Corning（米）	74
3	住友電気工業	318	Corning（米）	63	Alcatel（仏）	67
4	古河電気工業	254	古河電気工業	56	France Telecom（仏）	56
5	日本電気	253	AT&T（米）	55	AT&T（米）	53
6	富士通	209	Alcatel（仏）	49	Bookham Technology（英）	50
7	沖電気工業	164	日本電信電話（NTT）	47	Lucent Technologies（米）	50
8	松下電器産業	133	富士通	42	日本電信電話（NTT）	41
9	フジクラ	106	松下電器産業	40	Bosch（独）	39
10	日立製作所	88	住友電気工業	38	古河電気工業	36

### 第3節 注目技術の技術発展図

特許出願および論文発表から見た注目技術の発展経緯を技術発展図として表した。第3-3表に今回作成した技術発展図の項目と分析軸（技術分類）を示す。

第3-3表 技術発展図項目と分析軸

注目技術	技術発展図の項目	分析軸（技術分類）
フォトニック結晶	結晶構造・応用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ホーリーファイバ(PCF)</li> <li>・フォトニックバンドギャップファイバ(PBF)</li> <li>・発光素子</li> <li>・平面導波路</li> <li>・面入射型</li> </ul>
	結晶作製方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3次元型</li> <li>・2次元型</li> <li>・1次元型</li> </ul>
	ファイバ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ホーリーファイバ(PCF)</li> <li>・フォトニックバンドギャップファイバ(PBF)</li> </ul>
石英ガラス導波路	製造方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・火炎堆積法（FHD法）</li> <li>・化学気相成長法(CVD法）</li> <li>・スパッタリング法</li> <li>・イオン交換法</li> <li>・ゾルゲル法</li> <li>・電子ビーム蒸着法</li> <li>・加圧成型法</li> <li>・貼合法</li> <li>・塗布法</li> <li>・描画法</li> <li>・イオン注入法</li> </ul>
	デバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・温度無依存</li> <li>・偏波無依存</li> <li>・波長無依存</li> <li>・AWG</li> <li>・Y分岐</li> <li>・ハイブリッド光集積</li> <li>・光スイッチ</li> <li>・光分岐・挿入</li> <li>・分散補償</li> <li>・マッハツェンダー</li> <li>・スポットサイズ変換器</li> <li>・リング導波路</li> </ul>

## 第4章 研究開発動向

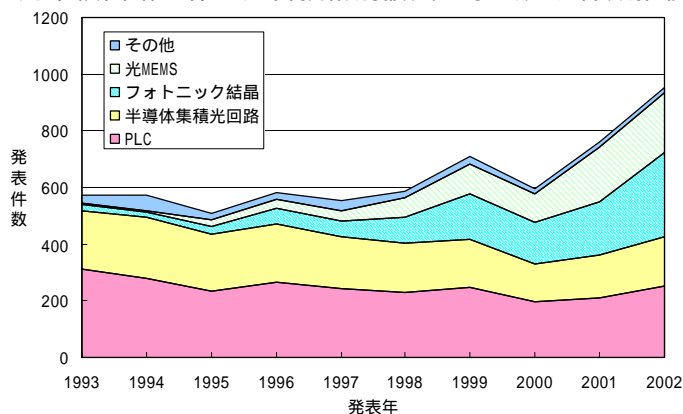
### 1. 世界の論文・学会発表動向

光集積回路全体の論文・学会発表件数の年次推移を、その内訳としての PLC、半導体集積光回路、フォトニック結晶、光 MEMS の年次推移と共に第 4-1 図に示す。光集積回路全体の発表件数は、1990 年代はあまり変動がないが、2001 年以降において急激に増加している。しかし、その内訳を見ると、上記の 4 つの注目技術毎に年次推移の傾向は異なっている。PLC は累計発表件数が最も多いが、10 年間にわたって年次推移の変化は小さい。半導体集積光回路は長期的な漸減傾向にある。これに対してフォトニック結晶と光 MEMS は近年における増加傾向が顕著であり、特にフォトニック結晶の発表件数は 2002 年には PLC を追い越すまでに増加している。

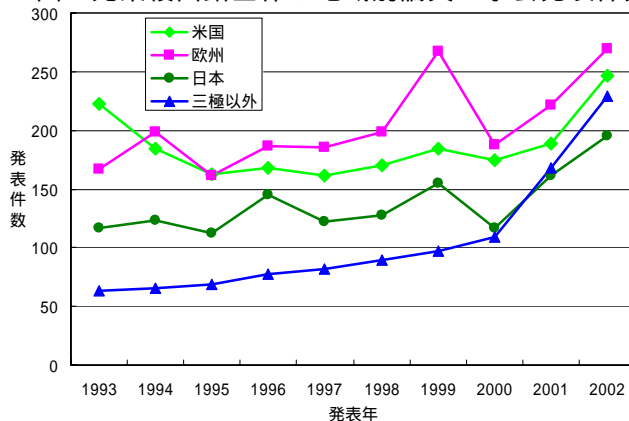
第 4-2 図は、光集積回路全体の年次推移を日本、米国、欧州およびこれら三極以外に分類して示したものである。2001 年以降の増加は各地域において共通の現象であることが示されている。10 年間にわたっての増加率が最も大きいのは三極以外の地域である。なお、1999 年のピークはこの年にフランスで開催された国際会議 ECOC'99 での欧州勢の発表件数が多かったためである。

第 4-3 図は、光集積回路全体の年次推移を発表機関の種類を大学、企業、公的研究機関に分類して示したものである。企業からの発表が、この 10 年間にわたって停滞気味なのに対して、大学からの発表は 1996 年以降から一貫して増加傾向にあり、2002 年の発表件数は企業からのものの約 2.5 倍に達しており、経済停滞に伴う企業の研究開発の停滞とは対照的に大学での研究開発が活発化していることを示している。

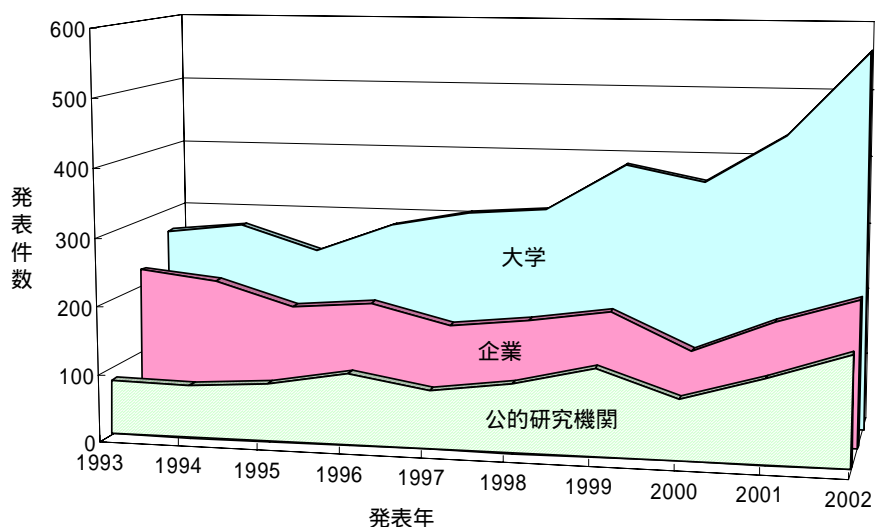
第 4-1 図 光集積回路全体の注目技術別論文・学会発表件数推移（世界）



第 4-2 図 光集積回路全体の地域別論文・学会発表件数推移



第 4-3 図 光集積回路全体の発表機関種類別論文・学会発表件数推移（世界）



## 2. 日本国内の論文・学会発表動向

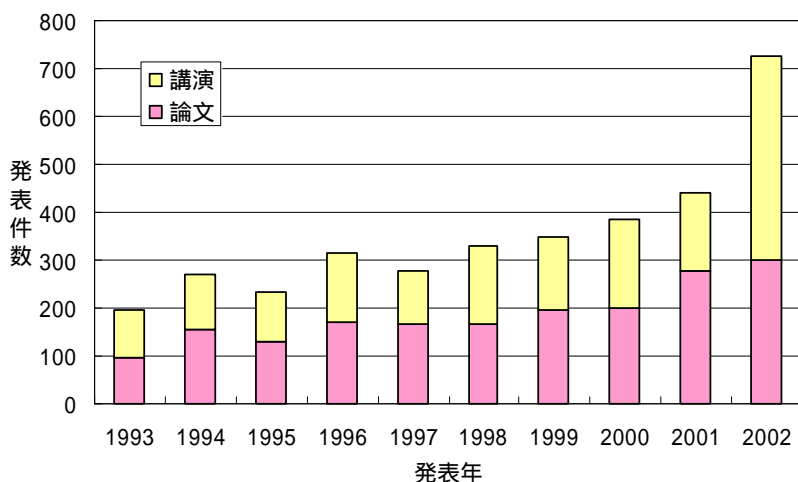
光集積回路全体の発表件数の年次推移を、論文と講演（応用物理学会および電子情報通信学会の定期大会での講演発表）にわけて第 4-4 図に示す。光集積回路全体の発表件数は、2000 年代に入って増加傾向にあるが、特に 2002 年において講演発表が急増している。

第 4-5 図は年次推移の内訳を 4 つの注目技術毎に示したものである。この日本国内の動向と第 4-1 図の世界の動向とを比較すると、近年のフォトニック結晶の伸びは同様であるが、以下のような相違点がある。

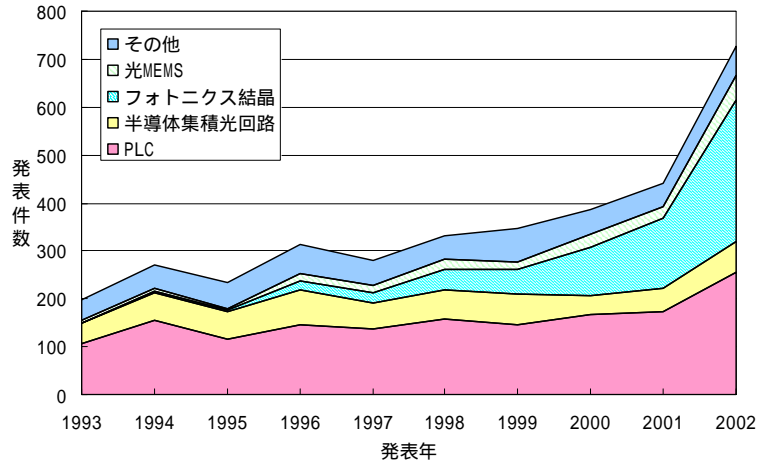
- ・ PLC は世界では若干の漸減傾向にあるが、日本国内では逆に若干の漸増傾向にある。
- ・ 特に近年において半導体集積光回路の比率が小さい。
- ・ 光 MEMS の比率が小さい。

第 4-6 図は、光集積回路全体の年次推移を発表機関の種類毎に分けて示したものである。2000 年までは企業からの発表件数が大学からのものより多かったが、2001 年以降は企業の発表件数が伸びているが、大学からの発表がそれ以上に増加して件数で逆転している。

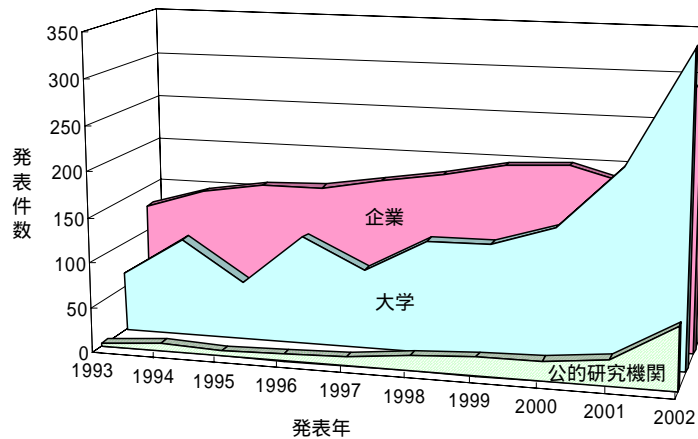
第 4-4 図 光集積回路全体の論文・学会発表件数推移（日本）



第 4-5 図 光集積回路全体の開発テーマ別論文・学会発表件数推移（日本）



第 4-6 図 光集積回路全体の発表機関種類別論文・学会発表件数推移（日本）

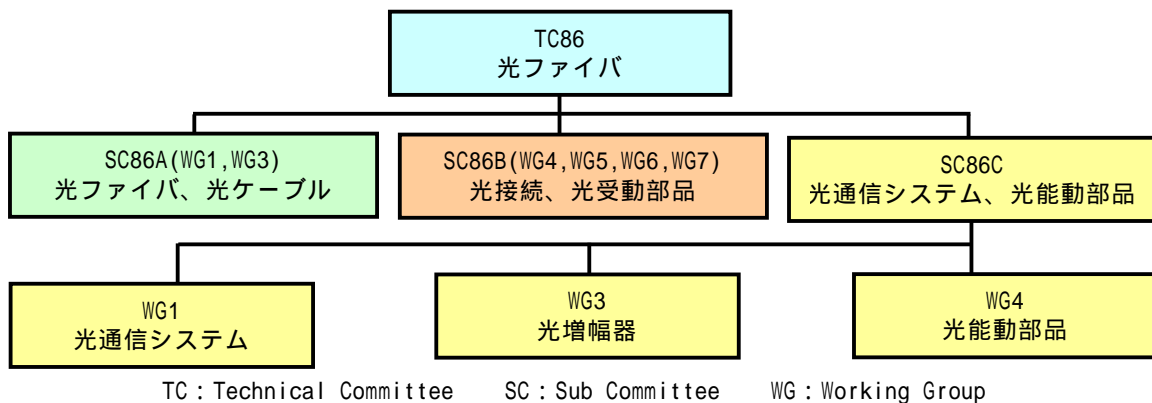


## 第 5 章 標準化動向

### 第 1 節 国際標準化

国際標準化活動の担い手は国際電気標準会議 (IEC) 及び国際標準化機構 (ISO) である。光通信関連部品の標準化活動は、IEC で、とりわけ第 86 専門委員会 (IEC/TC86) において中心になされており、各種標準化の検討が開始されてから約 20 年の歳月が経過している。現在、第 86 専門委員会には、三つの小委員会 (SC86A, SC86B, SC86C) があり、それぞれの小委員会はワーキンググループ (WG) により構成されている。IEC/TC86 の組織と担当部品を第 5-1 図に示す。

第 5-1 図 IEC/TC86 の組織と担当部品



3つの小委員会のうち、SC86Aにおいては、光ファイバの規格が検討されており、SC86Bは、光接続（融着接続及び光コネクタ）及び光受動部品の規格が検討されている。

光集積回路に最も関連のある光能動部品は、SC86Cにおいて検討されている。

SC86CのWG1では、光通信システムに直接関係のあるサブシステムの規格を担当し、WG3は光ファイバ増幅器の性能・特性測定・信頼性評価などの規格を担当している。WG4が光能動部品の規格を担当している。

なお、光ファイバ以外の光能動部品については、IEC/TC47（半導体デバイス）において標準化が行われている。また、ISOでは、TC172(Optics and photonics)の小委員会であるSC172/SC9(Electro-optical systems)が、特にレーザ関連の規格作成に中心的役割を果たしている。

IECとISOでは、レーザの部分で重複するところがあり、レーザに関する規格の整合を取るべく、WGで改定作業に入っている。

## 第2節 日本の標準化動向

光通信分野のJISは光ファイバをはじめ光部品、光コネクタなど合わせて約80が整備されている。

光能動部品のJISに関しては、IECにおける光能動部品国際標準化作業の開始とほぼ時期を同じくして、財団法人光産業技術振興協会(OITDA)が独立行政法人産業技術総合研究所(産総研)から委託を受けてJIS素案の検討を行っている。また同協会はIECやISO国際規格への提案活動も行っている。

## 第3節 デファクト標準形成の動向

光通信用部品(光デバイス)分野は、現在及び将来においても社会的基盤であるため、世界的には前述したようにIECを中心として国際標準化が進められている。

このような状況において、信頼性評価の分野では、米国テレコルディア(元ベルコア)の規格(Telcordia-GR-1209及び1221-CORE)が事実上の標準となっていて、光受動部品の分野を中心にIEC規格に採用されようとしている。

一方、光能動部品では、主に電気通信分野の標準化機関であるITUや、情報通信分野において強い影響力を持つ民間団体のIEEE等と統合化が期待される。

また、各国共、国際デジュール標準を獲得しようと活発に活動を展開しており、EUでは、独自の規格を短期間で策定し、国際標準の場で、主導権を獲得しようとする動きがある。米国は、国内規格を早期に確立し、技術的先導性を示すことにより、国内規格と乖離しない国際標準を制定させるための手法を模索している。

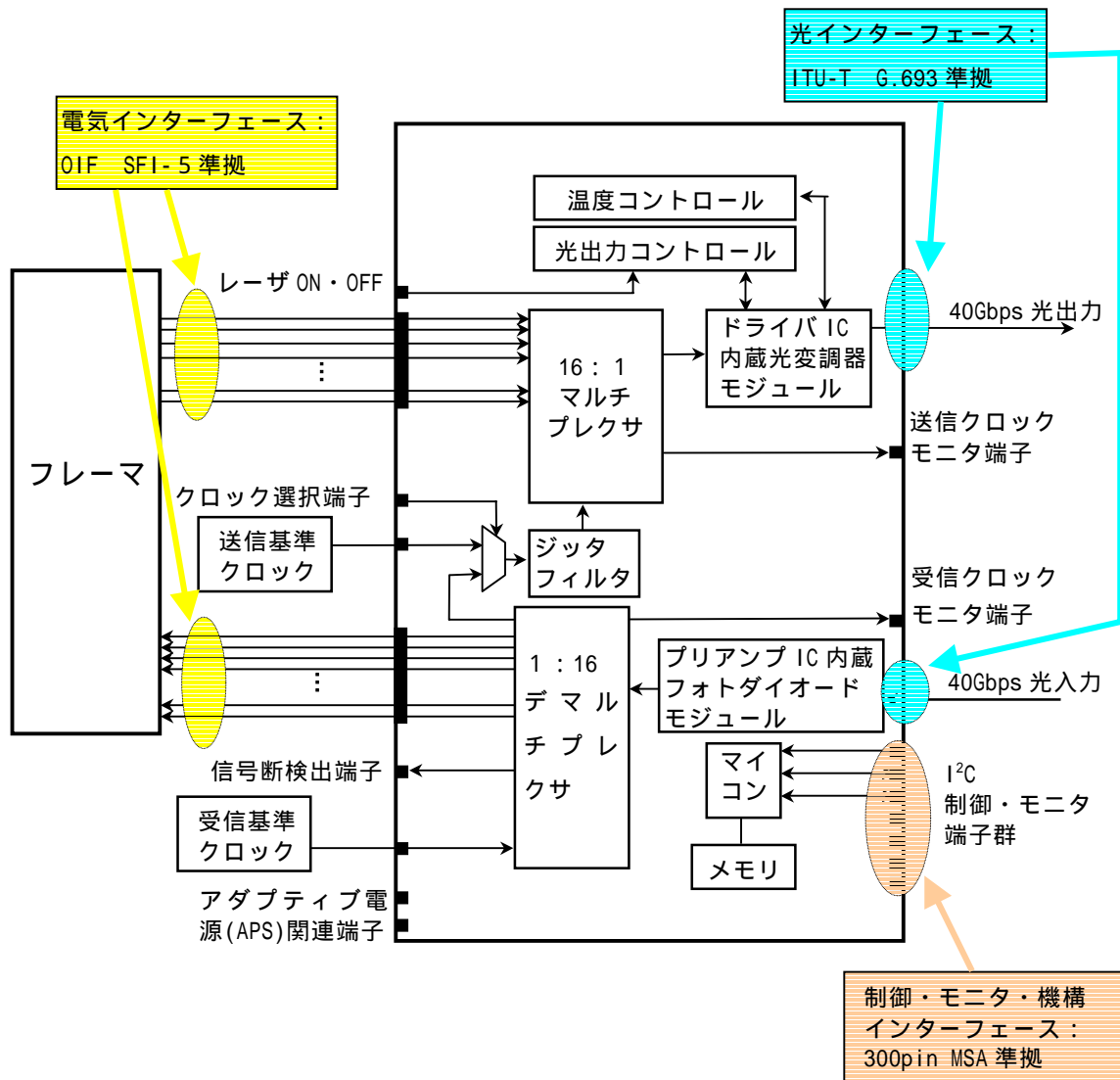
また光通信分野における部品製造会社が数社集まって、各社の仕様をあわせるという契約を締結することも行われている。これはマルチソース契約(MSA: Multi Source Agreement)と呼ばれており、事実上の業界標準を目指したものである。

## 第4節 光能動部品(光デバイス)の標準化への対応

ここでは、例として、三菱電機が開発した高速ルータ間接続用40Gbps光送受信器の標準化への対応について述べる(第5-2図)。この40Gbps光送受信器は、制御・モニタ・機構の規格であるMSA、電気のインターフェースであるOIF SF1-5、光のインターフェー

スである ITU-T G.693 に完全準拠している。このように光デバイスについては、各種標準に対して対応することが、その製品の価値を高めることに繋がっている。

第 5-2 図 光能動部品（光デバイス）の標準化への対応



出典：2003 年 2 月 13 日付三菱電機ニュースリリース “高速ルータ間接続用 40Gbps 光送受信器を開発”

<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2003/0213-g.htm>[平成 15 年 10 月 21 日検索]

## 第 6 章 市場動向

### 第 1 節 市場規模

#### 1. 光産業の市場状況

光集積回路に最も繋がりの深い光ファイバ通信技術は、例えば近年のブロードバンドサービスの飛躍的な進展を促し光産業の進展に大きく寄与してきた。このような情報ネットワーク構築の進展を背景にして日本および世界の光産業は右肩上がり伸び続けてきた。

1999 年～2000 年における IT バブルにより光産業市場は急激に膨張し、その後 2001 年

のオプティカルバブル崩壊により光産業市場は激変し急激な縮小が生じている。

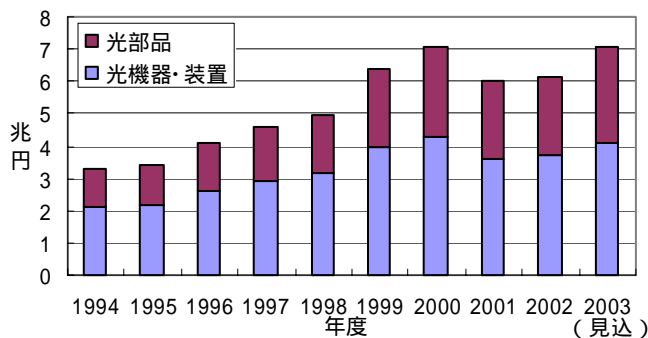
第 6-1 図およびに第 6-2 図にそれぞれ日本及び世界の光産業の市場状況を示す。

1998 年から 2000 年においては 20～30%といった異常なまでの市場拡大が見られ、日本では 7 兆円台に達し、世界市場では 20 兆円を越えた。

2000 年後半になって米国で IT 不況が始まり光通信市場は急速に冷え込み世界的な不況に陥った。これにより光部品メーカーも大きな打撃を受けた。

しかし、光通信システム市場は 2002 年後半頃から回復すると予測されているので、2003 年頃より市場は再び伸びると考えられる。

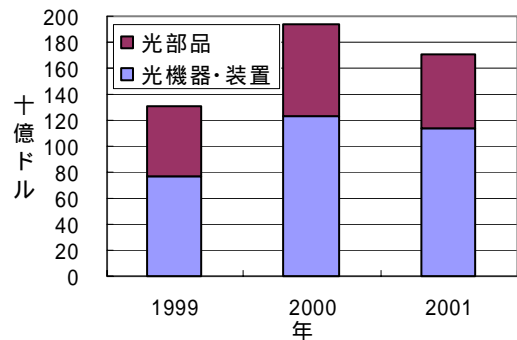
第 6-1 図 日本の光産業生産額推移



出典：OITDA のデータ「光産業の国内生産額推移」をもとに作成。

(<http://www.oitda.or.jp/main/press/sales02-j.html> [平成 15 年 10 月 27 日検索]、  
<http://www.oitda.or.jp/main/press/sales03-j.html> [平成 16 年 3 月 22 日検索])

第 6-2 図 世界の光産業生産額推移



出典：OIDA のデータ (<http://www.oida.org/> [平成 16 年 3 月 17 日検索]) をもとに作成。

## 2 . 光集積回路関連の地域別市場

光集積回路は半導体レーザ、変調器、ディテクタ等の種々の光素子を PLC で結び同一基板上に集積しようとする次世代の IC と考えられており、光通信や光情報処理のキーデバイスとして期待されている。まずは高度に発展した光ファイバ市場に広く採用されると考えられる。

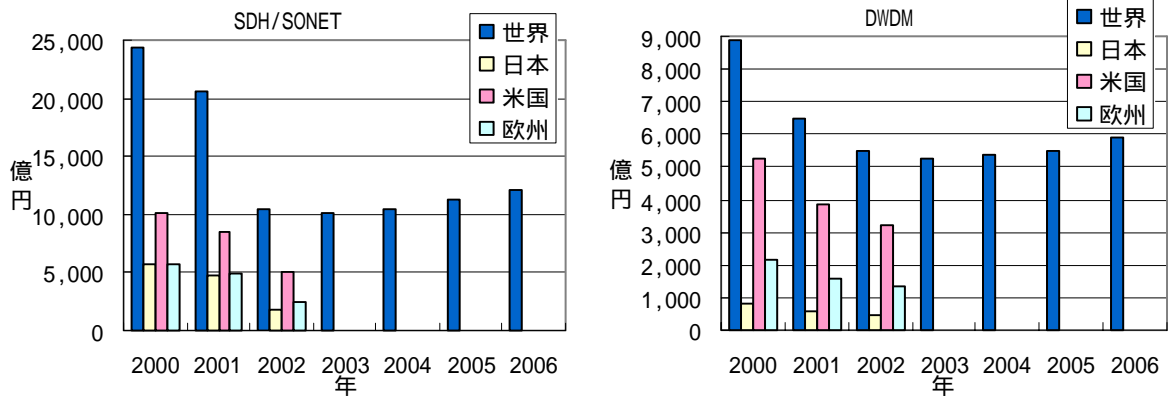
光集積回路に関連が深い品目として光伝送装置分野から 2 品目、光通信サブシステム分野から 2 品目、光通信コンポーネント・デバイス分野から 4 品目の合計 8 品目を取りあげた。

第 6-3 図(1)～(3)は上記 8 品目の市場動向を示すもので、2000 年～2002 年における地域別生産動向および 2000 年～2006 年における世界の生産動向の推移を示す。本図において、2002 年以前は実績値、2003 年は見込値、2004 年以降は予測値を示す。

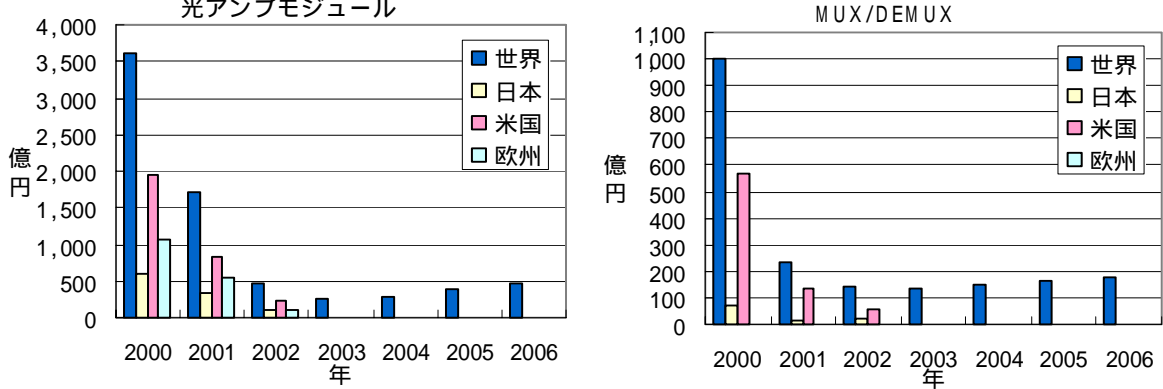
いずれも 2001 年のオプティカルバブルの崩壊により市場は急激に縮小した。その後は品目によって回復のスピードは異なるが右肩上がりで市場回復すると予想される。

第 6-3 図 8 品目の市場動向

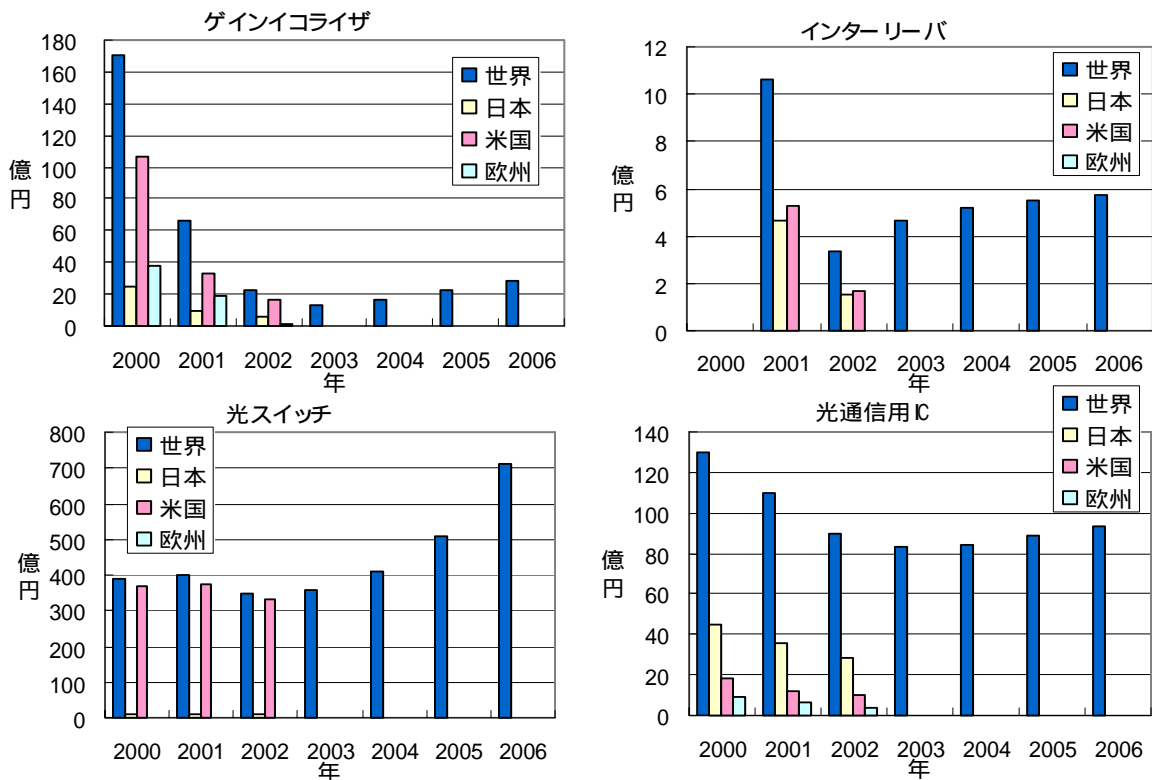
(1) 光伝送装置の生産額推移



(2) サブシステムの生産額推移



(3) 光通信用コンポーネント・デバイスの生産額推移



出典：2003 光産業予測便覧(富士キメラ総研), p36, p40, p47, p48, p104, p109, p136, p137, p141, p142, p62, p190, p191, p193, p194, p206, p207, p298, p299 のデータをもとに作成。

### 3. 高シェア企業と特許との関係

上記8品目に関して上位5位以内(品目によっては4位以内)の高いシェアを有する企業の特許出願状況について光集積回路に関する日米欧三極の国籍別出願件数の順位(第3-1表参照)を用いて分析すると、第6-1表のようになる。

この表より分かるように、日本の高シェア企業は出願件数も多く5社が出願上位10社に入っている。すなわち日本のビジネスリーダーは特許出願も積極的に行っている。一方米国は日本と対照的であり出願件数上位10社に入っている高シェア企業はわずかである。米国ではLucent Technologies、Corning、Agilentの大手3社は出願上位10社以内に入っているが、CiscoやJDS Uniphaseのような光部品関連大手企業は出願上位10社に入っていない。欧州ではAlcatel、Infineon(Siemens)、Bookham Technologyが出願上位10社に入っているが大手電気メーカーのPhilipsは入っていない。

第6-1表 8品目の高シェア企業と特許との関係

日本			米国			欧州		
メーカー	高シェア品目数	特許ランク	メーカー	高シェア品目数	特許ランク	メーカー	高シェア品目数	特許ランク
NTT エレクトロニクス (NTT)	1	1位	Lucent Technologies	2	1位	Alcatel(仏)	2	1位
日立電線	2	2位	Corning	2	2位	Infineon(Siemens)(独)	1	2位
NEC	3	3位	Agilent	1	6位	Bookham Technology(英)	2	3位
古河電気工業	2	4位	JDS Uniphase	4	-	Philips(蘭)	1	-
富士通	1	6位	Cisco Systems	2	-			
日立金属	1	-	Nortel Networks(カナダ)	1	-			
			AVANEX	1	-			
			Wavesplitter	1	-			
			Onetta	1	-			
			Dicon	1	-			
			Oplink	1	-			
			Maxim	1	-			

(注1)特許ランクは日米欧三極全体への国籍別出願件数の順位を示す(第3-1表参照)。

(注2)高シェア品目数は第1節2.の8品目において各メーカーが5位以内(品目によっては4位以内)の高シェアを保持する品目の数を示す(2002年)。

(注3)NTTエレクトロニクス及びInfineonについてはそれぞれ親会社(NTT、Siemens)の特許ランクを示す。

## 第2節 企業動向

### 1. ベンチャー企業

光通信業界では数多くのベンチャー企業が欧米で生まれた。特に米国に多い。

これらベンチャー企業は売り上げを順調に伸ばして成功しているものもあれば、大手企業に買収されるものも多数ある。スタンフォード大学のコンピュータ研究者グループにより立ち上げられたCisco Systems(1984年設立)の場合はベンチャー企業として成長した成功例として注目されている。一方、MEMSスイッチ技術でスタートアップしたros(米国、1996年設立)やAWG技術の企業Kymata(スコットランド、1998年設立)などは大手企業に買収されている。また、DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing)

技術の企業 Zenastra (カナダ、1999 年設立) は 2001 年に倒産に至っている。

欧米ではベンチャー投資会社から資金援助を受けてスタートアップする例が多い。一方、今まで日本では資金調達が難しく光産業界でのベンチャー企業例は少なかった。

日本では最近になって国が打ち出したベンチャー立ち上げ助成政策、例えば総務省の TAO (Telecommunications Advancement Organization 通信・放送機構) や文部科学省科学技術振興事業団 (現独立行政法人科学技術振興機構) の助成政策によりベンチャーが生まれているのが実情である。

第6-2表～第6-4表にそれぞれ日米欧における集積回路に関連する最近のベンチャー企業の例をその設立年順に示す。

第 6-2 表 日本における最近の光集積回路関連ベンチャー企業

	設立年月	主な製品/技術	設立年月
1	株式会社オプトラン	DWDM フィルター及びフィルター成膜装置	1999 年 8 月
2	フォトリックサイエンステクノロジー株式会社	光科学関連の部品	2000 年 1 月
3	株式会社オキサイド	波長変換素子用などのオプトエレクトロニクス単結晶	2000 年 10 月
4	超技術開発者集団株式会社	紫外光照射により屈折率を制御可能な高分子材料及び導波路、回折格子を中心とする光学素子	2002 年 3 月
5	株式会社光コム研究所	単一波長レーザ光から多数波長のレーザ光を得る装置	2002 年 4 月
6	株式会社フォトリックラティス	フォトリック結晶偏光子およびその応用部品	2002 年 7 月
7	ファイベスト株式会社	化合物半導体 (InP) を用いた光変調器	2002 年 11 月
8	有限会社 SWING	ホログラム用、電気光学素子用単結晶	2003 年 5 月

第 6-3 表 米国における最近の光集積回路関連ベンチャー企業 (含むカナダ)

	設立年月	主な製品/技術	設立年月
1	MPI	光部品やサブシステム	1995 年
2	ros	MEMS スイッチ	1996 年
3	Avanex Corporation	光ネットワーク用フォトリックプロセッサ	1997 年
4	Genoa Corporation	半導体ベースの多波長同時光増幅器	1998 年
5	Agere Systems	高速ネットワーク化技術、光部品および集積回路	1998 年
6	Qtera	超長距離 DWDM (高密度波長多重光伝送)	1998 年
7	Chiral Photonics, Inc.	chiral 構造 FBG (Fiber Brag Grating)	1999 年
8	Clarendon Photonics	DWDM 用 Si モノリシック光部品 (AWG-OADM)	1999 年
9	Zenastra	DWDM 用ポリマ及びシリカ導波路 (AWG、OADM、光スイッチ)	1999 年
10	Onetta	インテリジェント光増幅関連機器	2000 年
11	IC Mechanics	MEMS 構造物の開発、CMOS 回路設計、パッケージング	2000 年
12	Omniguide Communications	フォトリックバンドギャップファイバ	2000 年 5 月
13	Luxtera	フォトリック結晶導波路を母体とする WDM 光回路	2001 年 11 月

第 6-4 表 欧州における最近の光集積回路関連ベンチャー企業

	設立年月	主な製品/技術	設立年月
1	Kymata (スコットランド)	光波長フィルタ (AWG)、光可変減衰器 (VOA)、光スイッチ	1998 年
2	Teem Photonics (仏)	イオン交換法によるガラス平面回路で構成したエルビウムドープ導波路アンプ	1998 年 11 月
3	Crystal Fibre A/S (デンマーク)	フォトニッククリスタルファイバ	1999 年 11 月
4	Opsitech SA (仏)	MUX/DEMUX、インターリーバ	2000 年 7 月
5	BlazePhotonics (英)	フォトニック結晶ファイバ	2001 年 3 月
6	Mesophotonics Ltd (英)	平面フォトニック結晶技術(レーザ他)部品	2001 年 7 月

## 2. M&A

欧米では企業の経営戦略の一つとして合併・買収(M&A ; Mergers and Acquisitions)がよく行なわれており、最近では日本でも一般化してきた。

光通信・光部品業界ではここ 3~4 年の間に多くの企業の M&A が行われた。2001 年のバブル崩壊以前において光部品市場は拡大の一途を辿っていた。このため企業戦略として供給量の確保、シェアの拡大および新技術の開発等への対応が企業に迫られることとなった。これに対応するために大手企業は資金力にもものを言わせて企業またはその一部を買収するといった企業戦略をとった。EC による調査資料 The Stock Market, Corporate Strategy, and Innovative Capability in the 'New Economy': The Optical Networking Industry(2002 年)によれば、1998 年から 2000 年の間に Cisco は 59 社、Nortel は 20 社、Lucent は 24 社、および Alcatel は 8 社を買収しており、これら 4 企業による買収額は総計 1,088.3 億ドルに達する。

本調査では、(1)買収額が 50 億ドル以上、(2)買収額が 50~10 億ドルのもの、(3)買収額が 10~1 億ドルのもの、(4)買収額が 1 億ドル以下のもの、(5)対等合併の 5 つに分けて M&A の例を調べた。買収元企業は殆どが欧米の大手企業である。日本企業による M&A としては古河電気工業による Lucent(OFI)の買収(約 2800 億円)および古河電工の子会社 JDS FITEL(カナダ)と Uniphase(米)との対等合併がある。第 6-5 表に買収額が 50 億ドルを超える M&A の例を示す。

第 6-5 表 光通信業界における最近の M&A の例 (買収額 50 億ドル以上)

	買収元企業	買収先企業	買収額	主要譲渡製品/技術	譲渡年
1	JDS Uniphase(米)	SDL Inc.(米)	410 億ドル	励起 LD(Laser Diode)、AWG(Arrayed Waveguide Grating)	2001
2	JDS Uniphase(米)	E-TEK Dynamics(米)	150 億ドル	WDM(Wave Division Multiplexing)	2000
3	Nortel Networks(カナダ)	Alteon WebSystems(米)	78 億ドル	ウェブスイッチ	2000
4	Nortel Networks(カナダ)	Bay Networks(米)	70 億ドル	データネットワーク機器	1998
5	Cisco Systems(米)	Cerent Corporation(米)	69 億ドル	光通信システム	1999

## 第7章 政策動向

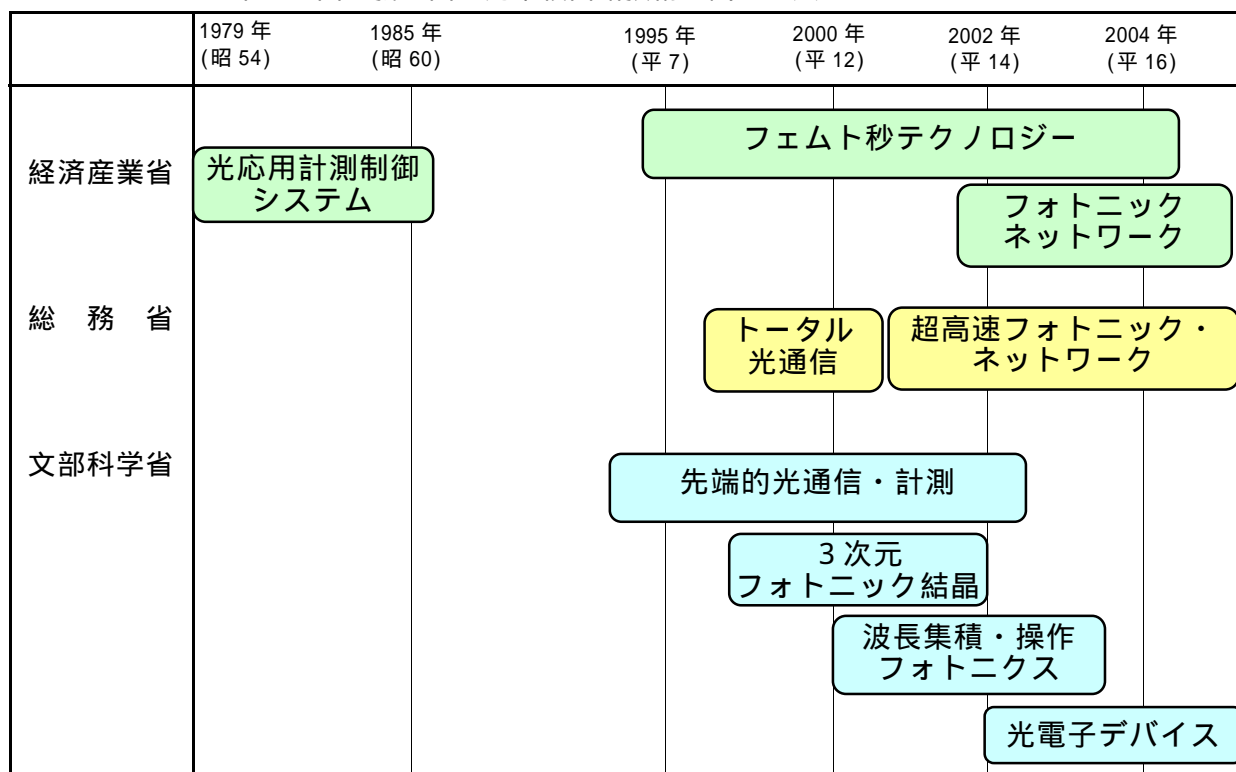
光集積回路技術の研究開発に対する各国の政策は、いずれも情報通信環境の高度化のための超高速ネットワーク技術開発促進の一環として精力的に取り組まれている。具体的には、各国の重要戦略として日本の e-Japan、米国の E-Government、欧州の eEurope があり、その技術開発計画としてそれぞれ「世界最高水準の高度情報通信ネットワークの形成」、NITRD (Networking and Information Technology Research and Development)、IST (Information Society Technology) という大枠が現在策定されている。

### 第1節 政府による研究開発支援

#### 1. 日本

e-Japan 重点計画では 2003 年度の情報通信関連に 1,287 億円を予算化し、研究開発の推進では、我が国が世界に誇れる強い技術の推進 3 項目の一つとして「フォトニックネットワーク技術」を取り上げている。関連省庁はこの計画に沿った大型開発プロジェクトを組んでおり、そのうち光集積回路技術に関わるものを過去のプロジェクトも含めて第 7-1 図に示す。

第 7-1 図 我が国の光集積回路技術に関わる大型プロジェクト



1979 年から 1985 年まで、当時の通産省は総額 157 億円を投じて大型プロジェクト「光応用計測制御システム」(通称、光大プロ)を実施し、これにより光通信用半導体レーザーをはじめとする光集積回路の幅広い基盤技術の開発が促進された。

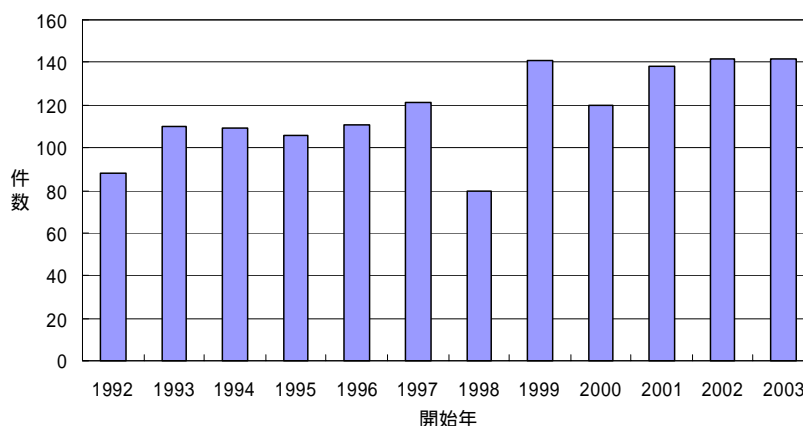
その後 10 年を経て、1995 年頃から高速・大容量・長距離光通信に対する社会的要請が高まるとともに、経産省、総務省、文科省の大型プロジェクトが上図に示すように並立して開始され多くの助成プログラムが実施されている。

## 2. 米国

米国は IT 最先進国として情報ネットワーク技術開発の推進を政府の基本方針として加速してきた。すなわち、1994年にクリントン政権は「国家情報スーパーハイウェイ」構想を掲げ、1996年にはNGI(Next Generation Internet)計画を発表し、研究者間を結ぶ次世代ネットワーク組織の構築、先進ネットワーク技術の研究、革新的アプリケーションの開拓を目標として関連技術開発を推進した。さらに2001年には各種情報関連法案を統合したNITRD(Networking and Information Technology Research and Development)計画が開始され、2004年までの研究開発費の予算枠が確保された。NITRDは世界最大の情報関連プロジェクトであり、2002年度の総予算は18.3億ドルに達する。担当機関は、NSF(National Science Foundation)、NIH(National Institute of Health)、DARPA(Defense Advanced Research Project Agency)、NASA、DOE(Department of Energy)、NSA(National Security Agency)、NIST(National Institute of Standard and Technology)である。このうち光集積回路技術の研究開発が関係するのは主としてNSF、DARPAおよびNISTである。

第7-2図は、NSFの助成金の年次推移である。助成期間は平均的に4年程度、金額は30万ドル程度であり、大学に対するものが多い。光集積回路関係およびフォトニック結晶関係の助成案件が計50件ある。

第7-2図 NSFの光集積回路技術関連助成案件の年次推移

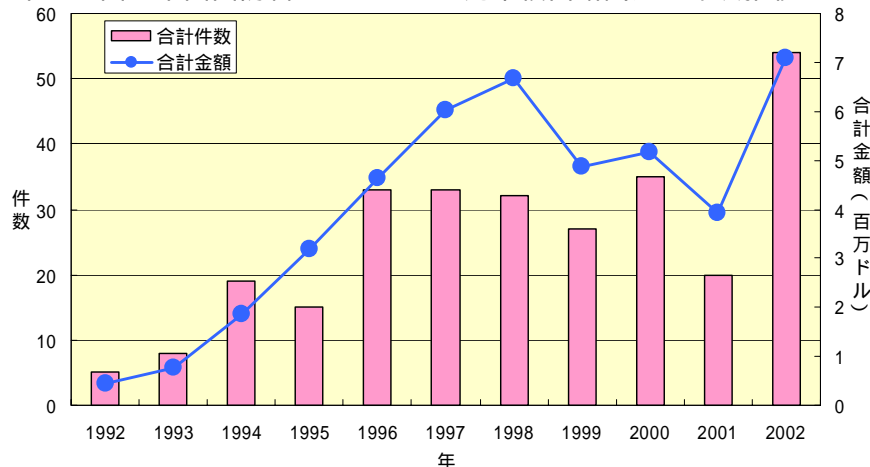


出典：<https://www.fastlane.nsf.gov/fastlane.jsp> をもとに作成。

[平成15年11月13日検索]

国防省ではSBIR/STTR(Small Business Innovation Research/Small Business Technology Transfer)研究開発助成制度を実施しており、助成金が6万ドル程度の小額もある。これは特に中小のベンチャー企業での開発、事業化の支援に迅速に対応していると思われる。光集積回路関連は1992年以降で約200件があり、年毎の実施件数と実施合計金額の推移を第7-3図に示す。1998年までは合計金額が急増していたものが、その後数年間は減少傾向にあった。しかし2002年には件数、金額ともに大幅に増加しており、最近の政府の育成方針を表していると思われる。

第 7-3 図 米国国防省 SBIR/STTR の光集積回路関連の年次推移



出典：http://www.dodsbir.net/Awards/Default.asp をもとに作成。

[平成 15 年 11 月 15 日検索]

### 3 . 欧州

欧州での政府による研究開発助成金制度は、Framework 計画と Eureka 計画が主体である。Framework 計画は EU 委員会が製品化以前の研究開発に対して支援を行う制度であり、2003 年からは第 6 次の 4 ヶ年計画 FP6 に入っている。FP6 はいくつかのプログラムに分かれており、その中の最大のプログラムが IT 関連を集めた IST プログラムである。このプログラムには光集積回路技術関連の開発プロジェクトが多数含まれている。IST プログラムが開始された 2000 年以降に光集積回路関係のプロジェクトが急増し 20 件となっている。

Eureka 計画は複数の各国政府がプロジェクト毎に助成金を分担し合う制度であり、“Market Oriented R&D”をスローガンとして製品化段階の支援に重点を置いている。この Eureka 計画も IT 分野のプロジェクトが多いが、光集積回路関係はセンサ用の 1 件だけである。

日本、米国の大型プロジェクトでは大学、企業ともに特定機関が複数のプロジェクトに参画しており、トップグループをさらに成長させるという方針がとられているが、欧州の場合は非常に多くの大学、企業が参画しているのが特徴である。

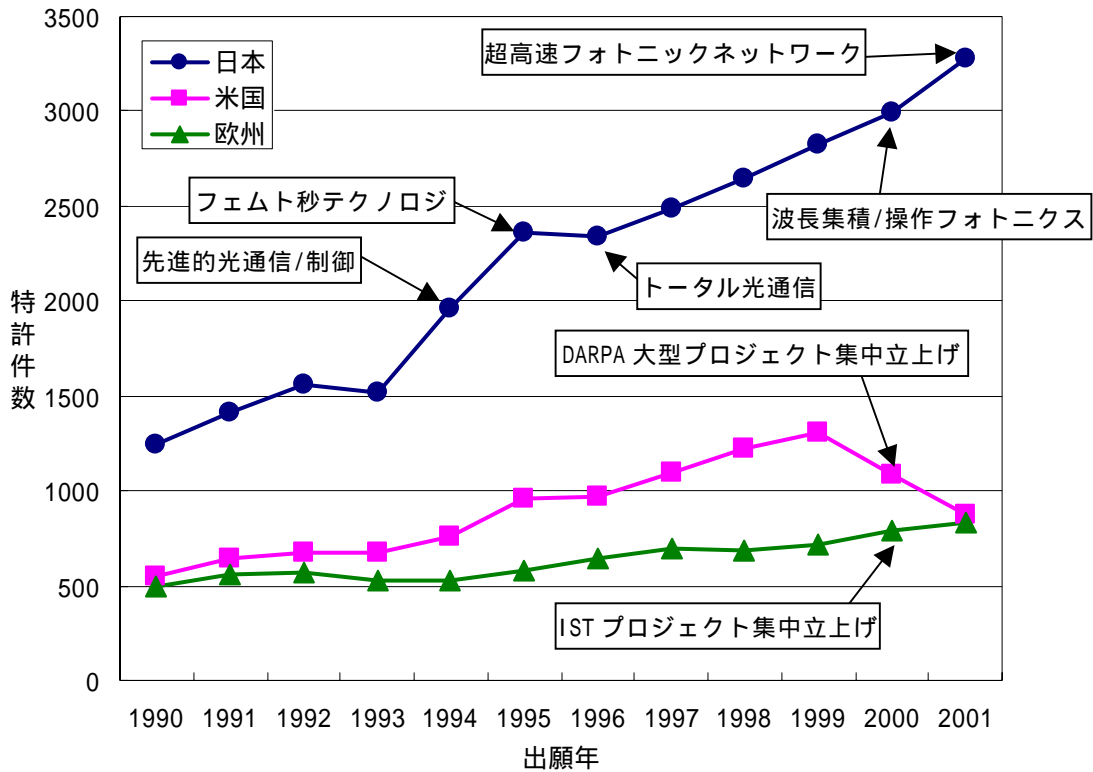
#### 第 2 節 政策動向と特許出願

以上の政策動向のうち各国の大型プロジェクトの開始年と光集積回路関連特許の出願年次推移を重ね合わせて示したのが第 7-4 図である。日本と欧州はそれぞれ自国籍出願人による自国への出願件数を示し、米国は年次間のつながりを見るために自国籍出願人による自国での登録件数を示した。

日本の場合は 1994 年以降出願件数を着実に伸ばしているが、この間、大型プロジェクトが引き続いて開始されておりその影響が少なからずあるものと考えられる。

米国と欧州は光集積回路関連の大型プロジェクトが集中的に立ち上げられたのがいずれも 2000 年頃からであり、米国の場合は登録特許として出てくるまでには時間遅れがあるためにその影響はまだ定かでない。欧州の場合は 2000 年以降も増加傾向にはあるが、顕著な伸びが生じてはいない。これは大型プロジェクトの実施機関が大学主体で、基礎的な研究が多いことと関係していると思われる。

第 7-4 図 光集積回路関連特許件数推移（出願人国籍別）



## 第 8 章 光集積回路の将来展望と今後日本が目指すべき方向性

### 第 1 節 光集積回路の将来展望

#### 1. 短中期展望（今後約 10 年）

光部品業界で最も需要が伸びると想定されるものは、FTTH (Fiber To The Home) や FTTB (Fiber To The Building) 用のアクセス系製品で、これらはいずれも低コストと省スペース性が要求される。この要求に対応できる技術として、半導体光集積回路による LAN あるいは機器間接続（インターコネクション）関係のネットワークへの応用や光 LAN 用の低コスト光源として面発光レーザ (VCSEL) がある。また、複数の単機能チップを 1 つのパッケージ内に組み込む PLC プラットフォームをベースとするハイブリッド集積化方式がある。これらの技術を適用したアクセス系光集積デバイスの需要が伸びる。さらに、宅内配線用ファイバとして直角に折り曲げても光が漏れないフォトニック結晶のファイバが使用される可能性もある。

このような背景により、光通信関連機器については中期的には 5 ~ 6 % 前後の市場成長率を維持するものと予想される。

#### 2. 長期展望（約 20 ~ 30 年後）

伝送、増幅を光で行う光ネットワークから信号の中継や交換・スイッチングまでを全て光で行う全光ネットワークへと発展、進化するであろう。また、光の位相を使った情報伝送や高精度の計測技術も可能になるであろう。さらにその先の技術としては光でパケットのラベルを認識、制御するなど光でバースト通信を扱うレベルにまで到達するフォトニックネットワーク技術があげられる。

今後 30 年以内には、

(1) フォトニック結晶を用いた各種モノリシックタイプの光チップ部品の実用化が実現され、光による超高速・大容量の信号処理が可能となる。また、これらのチップ部品をモジュール化した大規模光 LSI が製品化される。

(2) 幹線系の全光ネットワークの実現により、幹線系から末端のアクセス系までが、高速光ネットワークで結ばれる。

(3) 情報通信分野、情報機器・情報家電分野、工業計測分野に広く安価、高性能、高信頼の光集積回路の適用が可能となる。

これらが、実現されていくとともに、日米欧とも光集積回路の市場成長率は、更に増大していくものと期待できる。

## 第 2 節 今後日本が目指すべき研究開発、技術開発の方向性

### 1．現状の要約

光集積回路の特許出願に関しては、日本が欧米をリードしている。ここ数年出願が急増しているフォトニック結晶関連特許についても同様である。

インターネットの爆発的な進展に歩調を合わせて来た情報通信分野における光通信部品は、光集積回路開発の牽引役を果たしてきたが、2000 年に米国で端を發し 2001 年に世界的に広がった IT バブル崩壊の影響を直接受けた。過剰設備投資を行なった北米においては特にその影響は深刻で、多くのベンチャー企業が撤退を余儀なくされた。この IT バブル崩壊の影響は、日米欧の研究開発、技術開発に影響を及ぼし、従来技術の延長線でのコスト低減は当面続くものの、2003 年からは市場成長率も年 5 ~ 6 % 成長すると予想され、今後研究開発、技術開発は再び活発になると期待される。

PLC プラットフォームをベースにしたハイブリッド集積回路としては、アクセス系の光送受信モジュールなどが実用化レベルにある。

マイクロマシニング技術と微小光学技術を融合した光 MEMS による MEMS 光スイッチは、2 次元 MEMS 光スイッチと 3 次元 MEMS 光スイッチがあり、3 次元 MEMS 光スイッチは大規模化に有利であり、1000 × 1000 規模のマトリクス光スイッチが開発されている。

面発光レーザや曲げ導波路などの光機能素子が実用化段階に入っているが、大局的に見て、フォトニック結晶や、半導体集積光回路は、日米欧ともまだ研究開発段階にあるといえる。

### 2．技術開発の方向性

注目技術の中でも、フォトニック結晶は、学会での注目度が非常に高い。フォトニック結晶の特徴を活かし、「フォトニック結晶でなければ実現が困難な機能」を有する製品は、面入射型において、着実に実現しつつある。面入射型に続き、導波路型においても、早ければ、3 年 ~ 5 年のスパンで実用化レベルに達するものと思われる。フォトニック結晶平面導波路が、小型化など一、二の機能で PLC を超える長所を実証するだけでなく、生産性・信頼性・外部結合容易性・偏波無依存性など重要な全ての点で PLC を凌駕出来るか、大いに注目される。また、単に、部品材料をフォトニック結晶とすることだけでなく、フォトニック結晶でネットワークシステムが変わるといっているのであれば産業界にとって多大なインパクトとなるであろう。

### (1)PLC

今後、省力化・自動化を目指した技術開発が必要となろう。PLC プラットフォームをベースとしたハイブリッド集積化技術による生産プロセスの効率化、特に光ファイバと光導波路との接続調整と能動光素子と光導波路間の位置調整に関する革新的なアライメント技術の確立、検査試験の効率化、CAD 作業の効率化の推進が望まれる。これらは、台湾・中国などの海外競争相手に、打ち勝っていくために重要である。

### (2)フォトリソグラフィ

フォトリソグラフィは 1998 年頃から本格的にデバイス開発の機運が高まった新しい技術であること、また、屈折率差が大きく、構造的に敏感であるため、シミュレーションがなければ開発が困難であること、及び、ナノテクノロジーの領域に入るものである、時期的に技術の急速な立ち上がりと深刻な通信不況・IT 不況とが重なって大企業の研究開発の体力がなく貢献できていないなどの理由により、フォトリソグラフィの研究開発は、今のところ大学主導となっている。

導波路デバイスとしてのフォトリソグラフィは大きく分けて以下の 2 点で注目されている。

WDM などに対する従来の PLC の集積技術を微小・小型化することによりパッシブ素子の省スペース化を可能にする。

導波路サイズが小さいため、パワー密度が上がり非直線性が出やすくなるため、低消費電力の超高速光信号処理回路用のアクティブデバイスを可能にする。

大学の研究者も、フォトリソグラフィの用途を産業界に提案していくことが望ましい。

モノリシック集積化に好都合なフォトリソグラフィの特性を活かして、これまでディスクリットでしか実現出来なかったものを、フォトリソグラフィでインテグレーション可能にして、使い勝手の良いシステムを実現していくことが期待される。

また、フォトリソグラフィの産業応用も重要である。かつて、レーザの産業面への応用が世界各国で検討された時に、フィリップスがレーザの特色を上手に使った光ディスクプレイヤーの概念を生み出して、半導体レーザの今日の隆盛を築いた例がある。フォトリソグラフィも、レーザの例に倣うべきである。3次元フォトリソグラフィは人工誘電体結晶であって、通信応用に限定されることなく、光を取り扱う全ての産業に応用・発展するポテンシャルを持っている。IT 不況は、逆の見方をすると、フォトリソグラフィの応用・展開の幅を拡大する良い機会である。

### (3)半導体集積光回路

半導体光素子は広く使用することができる。それらを小型化、省電力化するためには集積化が必要である。半導体集積光回路としては、スポットサイズコンバータ集積半導体レーザ、変調器集積半導体レーザなど一部実用化がされているが、将来の超高速フォトリソグラフィネットワークに適用できる高速化、高集積化、高機能化のものは未だ研究開発段階にある。

半導体集積光回路において、マイクロエレクトロニクスのような高集積、高機能が要求される市場の出現は当面望めないかもしれない。しかし、汎用性・拡張性および性能・コストメリットから適正規模の半導体集積光回路が必要となることは間違いない。

高速光デバイスの開発、歩留まり（均一性・再現性）向上のための革新的なプロセス技術の研究開発、小型化により問題となる光、電気、熱のクロストーク低減、格子定数をはじめ

とする結晶学的に性質の異なる二つの材料系の集積化が必要となる OEIC における課題の解決が必要である。

### 3．研究開発体制の方向性

光集積回路の基礎研究において、基本特許の創生が極めて重要である。

世界に冠たる基本特許、重要特許を生み出さねば、将来、技術的にビジネス的に勝ち残る事が困難となる。あわせて、光集積回路の製品化、実用化の促進が望まれる。

光集積回路は、基本特許創生と実用化の両輪でもって、世界に先駆けていくことが強く期待される。

#### (1)基礎研究段階での特許出願

AWG の基本となる概念を論文発表しながら特許を出願していない Delft 大学 (M.K.Smit) の例があるが、実用化が見えた段階になってから特許を出願するのではなく、基礎研究の段階で特許を出願することが重要である。実用化されたときにそれらが基本特許、重要特許となっているというような方向に持っていくべきである。

#### (2)大学への支援

光集積回路において、日本は欧米と比較して、特許出願、論文発表とも優位に立っている。フォトリソグラフィのような研究段階にある分野では、大学・公的機関が主導的立場にあるが特許出願に関しては、企業に圧倒的にリードされている。今後も日本の優位を維持するためには、大学・公的機関による基本発明や今後活用が見込まれる重要技術の特許取得と、大学発ベンチャー企業や産学連携を通じた権利の活用による、バランスのとれた研究投資、資金回収と再投資からなる知的創造サイクルの確立が必要である。特に 2004 年 4 月以降、国立大学が法人化されることに伴い、国立大学職員により発明された特許は大学に帰属することになる。

国立大学法人化を契機に、優れた特許の出願が増えるよう、大学に対する知的財産管理体制の整備を促進するための様々な支援が必要である。

#### (3) 企業における研究開発

日本の光集積回路に関する技術では基本技術の開拓を大学と企業が並立して貢献してきた。

一方、ヒアリング調査によれば、自前で長期の基礎研究を行う余裕がない、研究部門を削減する、といった大企業の例が見られる。また、それに伴ってか、近年、大企業の研究者が大学へ移ったり、スピンオフしてベンチャー企業を立ち上げる等の現象も見られ、大企業の基礎研究力の低下が懸念される。今後も、産学の連携などを通じて、従来の日本の基礎研究の力量を保ってゆくことが望まれる。また、ベンチャー企業の活躍にも期待したい。

光集積回路については、今後、フォトリソグラフィを中心として革新的技術の創生が期待され、応用産業についても幅広い分野に展開できるポテンシャルを有する技術である。一方、近年、光ディスク読み取り装置や青色発光ダイオードといった光集積回路に関連する発明について、発明報償訴訟で「相当の対価」が争われている。今後、企業における光集積回路に関する研究開発を再活性化するためにも、企業と発明者との間における合理的プロセスに基

づく発明報償規程のあり方についての検討が必要である。また、職務発明制度について社会的合意が速やかに形成されるよう、普及・啓発活動も必要であろう。

#### (4)産学の連携推進

光集積回路の技術において、日本は、欧米と比べ、全般的に互角またはリードしている分野が多い。さらに我が国が優位に立てるように、産、学の連携を密にして、効率の良い役割分担と研究資源の有効利用を図って研究開発を進めることが重要である。

特に基礎研究から実用化へ結びつけるために、大学の基礎研究の部分と企業の実用化研究の部分とのタイアップが必要である。大学はニーズを企業から学ぶ必要がある。

#### (5)ベンチャー企業の支援、育成

欧米においては、例えば MEMS 技術を用いて大規模光スイッチなどの光集積デバイスをベンチャー企業が短期間に開発している。

日本では、この分野のベンチャーは大学発のものが多い。一方、IT 不況が引き金となって企業から人材が流出し、流動化が生じている。その中の有能な人材の技術開発力を活用するには、「競争的・積極的なベンチャー支援」が重要である。米国ではフォトリソグラフィ結晶関係のスタートアップ支援が 20 件も進行中であるのがよい手本となるであろう。

#### (6) 情報家電系技術の導入

デジタルカメラ、携帯電話などで、小型化・高密度実装技術や量産技術を蓄積してきた情報家電メーカーのノウハウは真に優れている。光ディスクでは、レーザ、受光器、パッシブ光部品を高密度実装し、光通信機器並みの高精度のアラインメントを桁違いの低価格で実現している。コスト低減と生産性向上は産業の根幹であり、大いに学ぶべきであろう。