

21世紀に勝ち残る

技術予測100

青柳 全一 著



710
312

21世紀に勝ち残る

技術予測100

青柳 全一 著

3119

日刊工業新聞社

著者略歴

青柳 全 (あおやぎ たもつ)

宮城県仙台市に生まれる。

昭和20年宮城県工業学校卒業。昭和23年仙台工専(現・東北大学工学部)卒業。昭和26年東北大学法学部卒業。㈱日立製作所化工部長。日立化成工業㈱営業本部開発部長、副技師長、㈱日立化成ビジネスリサーチ取締役・主幹、中小企業診断士、日本経営士会経営士。

著書は、『創造型商品開発のノウハウ』(日刊工業新聞社)、『先端技術をどう読むか』(同)、『文科系にもわかる先端技術情報』(実業之日本社)、『新製品開発の進め方』(日本実業出版社)、『エレクトロニクスをどう読むか』(日刊工業新聞社)、『先端技術を英語で読む』(ジャパントイムス社)、『100倍以上に成長する産業』(日本工業新聞社)、『新素材をどう読むか』(日刊工業新聞社)、『新通信革命とニューメディア』(PHP研究所)、『10年後の日本経済』(日本文芸社)、『世界先端技術戦争』(日本工業新聞社)、『異分野技術をどう読むか』(日刊工業新聞社)、『ハイテクマーケット100兆円』(日本工業新聞社)

21世紀に勝ち残る 技術予測100

NDC 509

昭和60年12月20日 初版1刷発行

© 著者 青柳 全

発行者 大久保健児

発行所 日刊工業新聞社

東京都千代田区九段北一丁目8番10号

(郵便番号 102)

電話 東京(263) 2311(大代表)

振替口座東京 9-186076

印刷所 後楽印刷株式会社

製本所 飯塚製本所

落丁・乱丁本はお取替えいたします

(定価は、カバーに表示してあります)

ISBN4-526-01971-2 C3034

はしがき

いよいよ八〇年代後半に突入し、二〇〇〇年を指呼の間に望むようになった。九〇年代から二〇〇〇年代にかけて、時代のトリガー技術となりうるものは、果たして、どのような技術であろうか。

技術開発の第一線に在る技術者は勿論、ビジネスマンにとっても、是非とも知りたいところであろう。

だが、「先きを読む」ことは、技術予測においても、まことに難しい。すでに、萌芽段階を脱し、発展段階に在る技術については、その将来性について、ある程度、見当がつこう。だが、ロングランでみた場合、どのような技術でも、不死身とはいえない。必ず、次世代技術に、とって替られる運命にある。それは、次の時代のニーズが、現在とは違ってくるからである。

次世代ニーズに対応できる技術は、現在技術の延長線上にエスカレートしたものもあるが、多くは、イノベーションが求められる。すなわち、現在での「不可能」を「可能」にもっていくイノベーションである。

とはいえ、イノベーションが、ある日、突然出現するとは限らず、すでに、萌芽胎動している技術

も少なくない。問題は、断層を超えて、洞察し得るか、どうかにある。

本書は、そうした視点から、未来技術をとらえてみた。そして、数多くの可能性の中から、特に、技術進歩への貢献度、市場形成度の高い技術について、一〇〇を選んだ。

果たして、これらの一〇〇未来技術が、次世代、次々世代に、大きく開花するかどうかは、神のみが知ろう。

人間の予見には、夢がつきものであるが、本書は、極力、
S F T F を排し
たつもりである。

摺筆におよんで、本書出版に御尽力いただいた日刊工業新聞社関係者諸氏、浄書に協力してくれた
荊妻、そして、その友人に感謝の意を表したい。

一九八五年 晩秋

著 者

はしがき

I エレクトロニクス技術

- 1 一〇〇Mビット・超々LSIへの挑戦 2
- 2 三次元ICによる多機能素子 8
- 3 アモルファス・シリコンによる大面積IC 10
- 4 超々LSIの実装・SOS方式 12
- 5 超格子素子による超高速論理素子 15
- 6 超電導素子による超高速論理素子 18
- 7 シリコンを超える未来素子 // 分子ダイオード、
バイオチップ // 20
- 8 画像処理に威力を発揮するデータフロー素子 25
- 9 非ノイマン型コンピュータ 27
- 10 超記録密度の光磁気ディスク、光化学ホールバ
ーニング・メモリ 31
- 11 超磁気記録の垂直ブロッホライン・メモリ 35
- 12 二〇〇〇年に一〇〇万の知能ロボット大軍団 39
- 13 新製品開発に威力を発揮する三次元CAD/C
AMシステム 41
- 14 言語の壁を取外す自動翻訳システム 44
- 15 万国語同時通訳機はいつ実現するか 49
- 16 多彩な展開をみせる未来電話機 52
- 17 画面を五倍鮮明にする高品位テレビ 55
- 18 ホーム映画劇場 // 懸掛広画面テレビ // 57
- 19 夢の三次元立体テレビ 60
- 20 レンズレス未来電子カメラ 64
- 21 ワードプロセッサとファクシミリのハイブリッ
ド伝達 // ミックスモード // 66
- 22 次世代ビデオテックス・サービスのVRS 68

2 オプトエレクトロニクス技術

- 24 次世代・光ファイバー通信 74
- 25 光ICの原型 // 光増幅素子 // 77
- 26 宇宙光通信システム 80
- 27 万能ツールのレーザ加工機 82
- 28 未来レーザ・波長可変レーザ 85
- 29 短波長・高出力のエキシマレーザ 88
- 30 SDIの決め手 // X線レーザ // 91
- 31 夢の光を実現するシンクロトロン放射光 93

3 代替エネルギー技術

- 32 レーザによるウラン濃縮 96
- 33 原子力製鉄を実現する多目的高温ガス炉 99
- 34 ウランを一〇〇倍活用できる高速増殖炉 101
- 35 究極エネルギーの核融合炉 106
- 36 核融合とMHD発電の複合化 113
- 37 新しい石炭利用技術 116
- 38 大面積のアモルファス・太陽電池による太陽光
- 39 全光域活用の複合型ソーラーシステム 125
- 40 水素エネルギー利用技術の 대중化 128
- 41 高温岩体発電による地殻エネルギー利用 131
- 42 ロールカル発電に威力を発揮する波力発電方式 133
- 43 海洋温度差・濃度差発電方式 136
- 44 黒潮を巨大エネルギー化する潮流発電 138
- 発電 120

4 省エネルギー技術

- 45 エネルギーのカンツメ 142
- 46 ヒートパイプによる長距離エネルギー搬送技術
146
- 47 モーター革命を演出する新型モーター 149
- 48 D/A変換に感力を発揮する静電誘導サイリス
タ 154
- 49 無騒音・省エネ型未来冷凍方式 // 磁気冷凍シス
テム 155
- 50 都市内発電の可能な高効率燃料電池発電システ
ム 158
- 51 1/2に小型化できる超電導発電機 161
- 52 超電導電力貯蔵システム 163
- 53 送電損失ゼロの超電導送電 165

5 バイオテクノロジー

- 54 DNA塩基配列解析技術 168
- 55 遺伝子組替え生産を100倍効率化する菌体外
分泌遺伝子 170
- 56 C₃植物からC₄植物への変換による作物10倍大
増産 172
- 57 植物改良に挑戦する細胞融合技術 177
- 58 有用物質の細胞大量培養技術 180
- 59 バイオリアクター利用の化学工業革命 184
- 60 酵素技術によるバイオマス利用 187
- 61 バイテク利用の汚泥発電システム 190
- 62 人工酵素へのアプローチ 194

6 ライフサイエンス

- 63 生存率八〇%以上を実現するBRM系制ガン剤 198
- 64 携帯型・埋込型人工腎臓 205
- 65 携帯型人工すい臓 207
- 66 人工心臓 209
- 67 人工心臓・人工血管用抗血栓材料 211
- 68 身体障害者への朗報、電子眼・耳 213

7 宇宙利用技術

- 69 マルチビーム衛星通信システム 216
- 70 直接衛星放送用平面アンテナ 219
- 71 移動体通信の種 // ポケット電話 // 220
- 72 宇宙ロケットの大型化 223
- 73 国産大型ロケット・H-II型 226
- 74 宇宙間定期便のOTV 229
- 75 未来宇宙エンジン「イオンエンジン」とは 230
- 76 宇宙基地の建設 232
- 77 宇宙工場生産 236
- 78 宇宙発電衛星 / ソーラーパワーサテライトと宇宙パワースタンド 240

8 海洋利用技術

- 79 ニ〇〇メートル深海海底石油資源への挑戦 244
- 80 海底資源の宝庫、マンガン団塊の採集 246
- 81 新資源の熱水鉱とコバルトクラスタの探鉱と採集 249

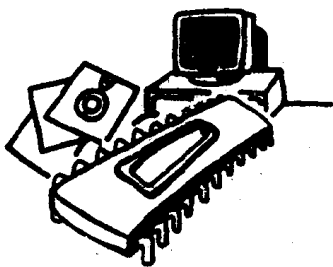
9 未来交通技術

- 82 海水から原子力燃料を回収 251
- 83 六〇〇メートル級の深海潜水船 253
- 84 新しい国づくり // 海上プラットフォーム、人工島、海上都市 // 255
- 85 マリーナランチング計画 258
- 86 電気自動車を実現する新型バッテリー 262
- 87 コンピュータ・交通整理の道路管制誘導システム 266
- 88 未来交通機関・超電導磁気浮上列車 268
- 89 未来航空機はどうなる? 272
- 90 船革命を実現する超電導電磁推進船 275

10 新素材技術

- 91 常温で発現する超電導材料 278
- 92 五〇テスラ超臨界磁界の超電導材 281
- 93 未来変圧器はアモルファス鉄心変圧器 282
- 94 クルマの革命 // セラミックエンジン // 285
- 95 ニューダイヤモンド 290
- 96 未来化学 // C₁化学 // 293
- 97 ケーブル重量を十分の一にするプラスチック導電ケーブル 296
- 98 ケブラーを上まわる超繊維材料 298
- 99 宇宙、航空に活躍する先端複合材料 301
- 100 分子レベルでのハイブリッド材料 305

1
エレクトロニクス技術



I

一〇〇Mビット・超々LSIへの挑戦

〔実用化 一九九五—一九九八〕

現在の商用LSIの最高は一メガ(M)ビットである。一Mビット・LSI・RAMとは、数ミリのシリコン・チップ上に、約二〇〇万個相当のパーツが形成され、1と0のデジタル信号を二〇四〇〇〇記憶することができる。アルファベット文字なら一二万八〇〇〇字分である。

エレクトロニクスの能力は五年で一〇倍、十年で一〇〇倍アップすると予測されるが、エレクトロニクスの能力には、記憶能力、演算能力、処理能力、さらに、非ノイマン型になれば、パターン認識能力、推論能力、問題解決能力がプラスされよう。LSIは、記憶能力のカテゴリーに入る。

現在……………一Mビット

五年後……………一六Mビット

十年後……………六四—一二八Mビット

のようになるだろう。前述のアルファベット文字の換算でいけば、一六Mビット級で、二〇四万八〇〇〇字、一二八Mビット級で、なんと、一六三八万四〇〇〇字となってくる。一六〇〇〇字とは、コンサイス英和辞書の何冊分になるか計算されたい。

問題は、この一〇倍、一〇〇倍のシナリオがその通りにいくか、であるが、結論的にいえば、「可能」と予言できる。

とはいえ、その道程にはいくつかの技術的壁があり、ブレイクスルーしなければならない。その第一の壁は、超微細回路への挑戦である。

今、一Mビット・LSI（以下RAMの場合はRAMを省略する）は、数ミリ角のスペースに、二〇〇万個相当のパーツ（トランジスタ、ダイオード、抵抗、コンデンサ、導体など）が形成されている、と述べたが、では、一個のパーツのサイズはどの程度になるか。〇・九〜一ミクロンである。われわれの毛髪径の一二〇〜一三〇ミクロン、バクテリアの五〜一〇ミクロンと比較して、いかに超微細な理解がいくだろう。LSIがより高集積化していくと、チップ面に形成されるパーツ数とパーツ・サイズは次のように、さらに微細化していく。

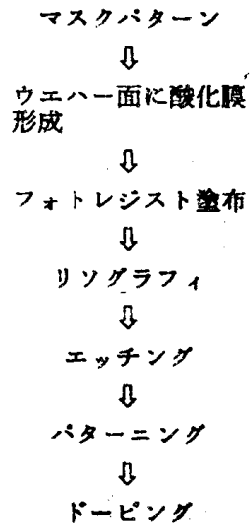
記憶能力 パーツ数 パーツ・サイズ

四Mビット 八〇〇万個 〇・七〜〇・八ミクロン
一六Mビット 三二〇〇万個 〇・五〜〇・六ミクロン

もし、二次面に、高集積化していけば、六四Mビットでは〇・三〜〇・四ミクロン、一二八Mビットでは、実に〇・二〜〇・三ミクロンと超々微細化していくことが見当つこう。

さて、そうした超微細回路をいかに形成するかである。しかも、そのコストは、集積度が四倍になったからといって、それにスライドして四倍では、エレクトロニクスの市場規模拡大はストップするので、それ以下にしなければならない。

LSIの主要製造工程を大別すれば



となるが、線幅が微細化していくと、それぞれの工程に技術的壁が出てくる。

まず、サブミクロンの超微細寸法のリソグラフィ方式として、いくつか提案されている。

- 電子ビーム (E^{レイトン}ビーム) 露光法
- X線露光法
- イオンビーム (IB) 露光法

このうち電子ビーム法は早くから実用化されているが、直接描画になるため、生産性が低く、装置価格も高い。これでは量産性、経済性に欠ける。一方、直接描画であるから、高価格のマスクを必要としないメリットもあり、数量の少ない試作あるいはカスタムLSIには向いているから、その分野で重用されている。そこで、次のターゲットとしてX線、イオンビームが提案された。

X線の波長は、一般光よりはるかに短波長で、軟X線でも数十オングストロームであるから、○
 ○一ミクロン回路幅も可能のはずである。ただし、X線露光には高輝度の線源、安定性のあるマス

表 1.1 X線露光装置の開発

研究機関	X線源 (波長Å)	ターゲット (入射電圧 —kV)	電子銃	照射斑点 サイズ (mm)	照射距離 — (cm)	アライメント 方法	アライメント 精度 (μ m)	マスク材料	ウェーハ 径 (インチ)	レジスト	露光 時間 (分)	プロセス
IBM	Al-K (8.34)	回転 (2.3)	リソグラフ	1.5	10	回折格子法/ カセット方式		Si ₃ N ₄ / SiO ₂ 他	1~2	PMMA	60	パトリ アル プロセス
BTL	Pd-L (4.36)	固定 (4~6)	リソグラフ	3	50	二重焦点法	± 0.25	ポリイミド/ BN	3	DCOPA 他	25	NMOS
General Instr.	Al-K (8.34)	固定 (1.2)	リソグラフ	10	20	光量バラ ンス法		アライ ント カテ ット	2	COP	60	NMOS
Texas Instr.	Al-K (8.34)	回転(18)	ピエソ統	3	43			SiC	1.5~2	XR-79	1	
Hughes	Al-K (8.34)	回転(10)	ピエソ統+ 4極子レンズ		24	光量バラ ンス法		カテ ット	2	COP	10	CMOS/ SOS
Perkin- Elmer	W-M (6.98)	回転(20)	リソグラフ		15	二重焦点+干渉 法/ カセット方式	± 0.25	Ti	3	COP EK-88	1	MOS
VLSI共研	Al-K (8.34)	回転(10)	ピエソ統	10	30	光量比較法/ カセット方式	± 0.25	ポリイ ミド	4	PGMA EBR-1	5	
武蔵野通研	Si-K (7.13)	回転(20)	ピエソ統	6	35	光量バラ ンス法 (露光法)	± 0.15	Si ₃ N ₄ / SiO ₂ / Si ₃ N ₄	2, 3	FBM, SEL-N FPM	5, 12	NMOS, SAW
	Si-K (7.13)	回転(20)	ピエソ統	3	12	二重焦点法 TV露光 露出方式	± 0.1	Si ₃ N ₄	2, 4	FBM		(step & repeat)
Thomson- CSF	Cu-L (13.3)	回転(22)	リソグラフ	3	21	光量バラ ンス法	± 0.05	Si ₃ N ₄		PMMA	20	

表 1.2 軟X線源の種類

軟X線源	電子線励起線源	Pd-L(4.37Å)	…BTL
		Al-K(8.34Å)	…IBM, Hughes, GI TI, VLSi
		W-M(7.0Å)	…Perkin-Elmer
		Si-K(7.13Å)	…ECL
		Cu-L(13.34Å)	…Rockwell, Thomson-CSF
	レーザー励起プラズマ	Fe(100J)×10%	…Battelle Mat Inst
		Al 3J× 1%	…Naval Res Lab
	ガスプラズマ	Ne(12Å)150J×2%	…Maxwell
		Kr(7Å)25J×0.33%	…MIT
	スパーク放電プラズマ	C(40Å)40J×4%	…IBM, MIT
	シンクロトロン放射光	7.5 GeV	…IBM-DESY
		0.54 GeV	…Thomson-CSF-LURE
		2.5 GeV	…Stanford Univ.
		1.3 GeV	…阪大-INS

ク材料の開発が最大のポイントになる。表1・1、表1・2には、X線露光についての開発状況と線源(このうち、シンクロトロン、レーザー励起、プラズマが有望視されている)を示すが、一九八七～八九年には一応の実用域に達するものと思われる。西ドイツ・BESY社は小型シンクロトロンの実用化のメドをつけた、と説明している。

また、LSIの製造工程においては、エッチングのドライ化、ドーピングのドライ化が進んでおり、そのドライ(乾式)化の立役者がイオンビーム(IB)である。もし、リソグラフィもIBでいければ、一つの製造装置で大半の工程を消化できる夢の半導体製造装置になり得る。

IBは、EB露光のような近接効果がほとんどないため、X線露光と同様に、非常に高い分解能をもち、0.1ミクロン以下の超微

表 1.3 イオンビーム露光装置の開発

研究機関	イオン源	集束系	マス分析系	加速電圧	スポット径	備考
Hughes Res. Lab.	Ga	1段加速レンズ	—	55kV	58 μ A 380 Å 80 μ A 1000 Å	描画 イオン注入 イオンエッチング
Hughes Res. Lab.	Au-Si Pt-B Pd-Ni-B Pd-Ni-B-As	3段レンズ	E \times 13	70kV (最大150kV)	0.12 μ A 1000 Å 3 μ A 5000 Å	描画 イオン注入 イオンエッチング
Oregon Graduate Center	H+H ₂ Ar	2段アイソツェル レンズ	—	12kV	20 μ A 2000 Å 60 μ A 6500 Å	SIM用
Oregon Graduate Center	Ga In Bi	2段レンズ 非対称レンズ アイソツェルレンズ	—	20~60kV	—	SIM用
大阪大基礎工学部	Au-Si Pt-As Pt-Ni-B	2段アイソツェル レンズ	E \times 13	40kV (最大70kV)	1 μ A \uparrow ~1 μ A	描画 イオン注入 イオンエッチング
Au-Pt-Sb	Ga	1段アイソツェル レンズ	—	50kV	50 μ A 1000 Å 3 μ A 1 μ m	走査イオン エッチング
電子技術総合研究所	Ga (Ga In)	1段アイソツェル レンズ	—	20kV	20 μ A 1000 Å	SIM用
日立中央研究所	Ga	1段アイソツェル レンズ	—	20kV	2000 Å	SIM用
日本電子	Ga	2段非対称アイソ ツェルレンズ	—	34kV	0.5 μ A 4000 Å	レジスト露光
武蔵野通研	Al	—	—	—	—	Alイオン源の特性 測定

サイエンスフナーラム社刊「超LSIプロセスデータ」