

フォトポリマー懇話会 ニュースレター

No.17 July 2001

半導体デバイスとリソグラフィ技術開発の あゆみと共に



(社) 電子情報技術産業協会 / (株) 東芝、研究開発センター

中 瀬 真

ICからULSIに至るSi半導体集積回路の大規模化、高密度化、高速化、高機能化には目覚ましいものがある。この恩恵により、例えば、ローエンドのコンピュータはパソコンから、いつでも、どこでも、誰でも使えるユビキタスコンピュータ、ウェアラブルコンピュータへと進化し、21世紀の高度情報化社会を実現しようとしている。また、ハイエンドにおいても、地球シミュレータや核兵器の模擬実験を目的として、演算速度は、数10テラフロップスに達し、ペタフロップスマシンの研究開発も行われつつある。

このSi半導体集積回路の進歩、発展を支えてきた技術を第1に挙げるとするならば、微細化を押し進めてきたリソグラフィ技術であろう。リソグラフィ技術は、15世紀頃からあった彫刻銅版（エッチング）から始まり、19世紀に入って発達した製版技術によって培われてきた古典的な技術であるが、その半導体プロセスへの適用は、1958年のフェアチャイルドのハーニーによって考案されたプレーナトランジスタが最初である。すなわち、プレーナ構造とリソグ

ラフィの組み合わせが今日までのSiテクノロジーの進歩の端緒となったのである。

Si半導体集積回路の進展を示すものとして、現在開発中の1GビットDRAMでは、およそ10×20mmのSiの小片に6億個のトランジスタやキャパシタが集積され、新聞4000ページ分の記憶容量を持つに至っている。そこでは、細菌を下回り、ウイルスの大きさに対応する130nmの最小寸法からなる回路パターンが40nm以下の位置精度で形成され、その一方で、総延長1kmに達する立体的な配線が張り巡らされている。ちなみに4000ページの新聞の重さは20kg、一方1GDRAMの重さは、たかだか1.2gである。

集積回路を最初に提案し、動作させたのは1958年TIのキルビーであることは良く知られているが、たった1個のトランジスタとコンデンサ、そして3個の抵抗をむくのGeの板に載せただけの発振器であった。その当時の誰が今日のSiテクノロジーの隆盛を予想し得たであろうか。彼はこの業績により昨年のノーベル物理学賞を受賞した。

表1に半導体デバイスとリソグラフィ分野における重要な技術開発の歴史を示す。筆者は1971年より東芝において、集積回路とリソグラフィの技術開発に従事してきたが、71年と言えばちょうど1kDRAMやマイクロプロセッサの商品化の時期であり、リソグラフィにおいても原始的なコンタクト露光から投影露光に変わり始めたときであった。すなわち、その後今日までSiテクノロジーの技術革新が最も急で、エキサイティングな時代に遭遇したわけである。また、筆者の生まれた1947年にショックレーらによってトランジスタが発明されている。世の中では、団塊の世代について色々言われているが、団塊の世代はまさに半導体デバイスの生い立ちと共に人生を歩んできたことになる。

このように、筆者は揺籃期から壮年期における一科学技術の真ただ中に身を置き、技術の進展をつぶさに見ることができた。そして、よく言われていることでもあるが、発明、発見、そして実用化への必然性や運命的なものを、リソグラフィ分野においても強く感じている。ここで、リソグラフィにおけるエポックメイキングな発明、提案を挙げるとするならば、ステップ、DNQ・ノボラック系レジスト、化学増幅型レジスト、それに脂環式ArFレジストとしたい。

ステップはフォトリピータとして古くからあったが、生産性から見てこれをウェーハ上で行うことに長らくためらいがあった。1980年にわが国最初の実用可能なステップが完成したが、筆者はこのプロジェクトに参画することが出来た。一方、DNQ・ノボラックレジストは1944年と極めて古い発明であるが、ポリマーがもろいためコンタクト露光では使えず、何と実用化のためには30年後のこのステップの出現を待たなければならなかったのである。

1986年は、筆者らの東芝をはじめ、各社からの発表が相次ぎKrFエキシマレーザリソグラフィ元年となったが、それまでのDNQ・ノボラックレジストの透過率が248nmの波長域では非常に低い。このた

め、透明性の良好なポリビニルフェノールをポリマーに用いた全く新規な化学増幅レジストを使うことを余儀なくされた。ところが、化学増幅系には対環境安定性に問題があったことから、実用化にめどを付けるためにはその後約10年もの歳月を必要とした。なお、付け加えると、化学増幅系の提案者の伊藤さんはKrFエキシマレーザ露光が将来出現することは予想だにしていなかったはずであるし、ArFエキシマレーザ露光用として開発された脂環式レジストも発明者の武智さんによれば、ArFの時代が到来することは想定しておらず、KrFレジストとしての開発の中での提案のようである。

このように開発当初の目的とは異なる後々の新たなニーズや周辺技術の進歩の中で、これらの技術が開花したという事実は、科学技術史的に見て非常に興味深い。また、技術の進歩にはある意味で保守的、かつ粘り強いチャレンジが必要であるが、いまだに主流となっている光リソグラフィのしたたかさが、Siテクノロジーのしたたかさとあいまって今日のSi半導体集積回路の隆盛を築いたと言える。超電導RSFQデバイス、量子効果デバイス、電子ビームリソグラフィ、X線リソグラフィ等、次世代デバイスや次世代のリソグラフィが多く提案されて久しいが、筆者は集積回路はSi半導体デバイスと光リソグラフィに始まりSi半導体デバイスと光リソグラフィに終わるような気がしてならない。

さて、翻って半導体産業の今後であるが、性能の良い製品を安く、早く供給するというわが国のモデルは、東南アジアを始めとする人件費の安い国々からの追い上げもあって誠に厳しい状況となっている。付加価値の高い回路設計やデバイス技術に、より特化すべきと言う意見が多いようだが、もの作り立国のわが国としては、ここはお家芸のプロセス技術開発でも飯が食えるしたたかな戦略が求められていると言えよう。共に歩んだ団塊の世代のもう一踏ん張りが求められている。

表1 半導体デバイスとリソグラフィ分野における技術開発の歴史

1445 頃	活版印刷～(ゲーテンベルグ)	1973	縮小投影露光装置～キャノン
1513	エッチング技術～(グラーフ)	1974	等倍投影露光装置～パーキンエルマー
1798	リソグラフィ(石版)～(ゼーネフェルダー)	1975	遠紫外線(DUV)リソグラフィ～IBM
1827	最初のリソグラフィ～(ニエブス)	1977	g線ステッパ～GCA
1944	DNQ-ノボラックポジレジスト～カレー(シュス)	1980	エキシマレーザ露光～理化学研究所
1947	トランジスタ～ベル研(ショックレー他)	1982	化学増幅型レジスト～IBM(伊藤)
1958	IC動作～TI(キルビー)		位相シフトマスク～IBM
	プレーナ技術～フェアチャイルド(ハーニー)	1986	KrFエキシマレーザステッパ～ATT, 東芝, 松下
	ゴム系ネガレジスト～コダック		極端紫外線(EUV)リソグラフィ～NTT
1960	MOSトランジスタ～ベル研究所	1989	ステップアンドスキャナ(ミラー)～SVG
1965	電子線(EB)リソグラフィ～ウェスチングハウス	1992	脂環式レジスト～富士通(武智)
1970	1kビットDRAM～インテル	1994	ステップアンドスキャナ(レンズ)～ニコン
1972	X線リソグラフィ～MIT		
	マイクロプロセッサ～インテル		

【平成13年度総会報告】

日時 2001年4月19日(木) 13時00分から13時35分

会場 理窓会館(東京理科大学)3階会議室

出席者数 会員23名、運営委員11名

総会は懇話会会則第11条により成立。

議案

- 1.平成12年度事業報告承認の件
- 2.平成12年度収支決算ならびに年度末貸借対照表承認の件
- 3.平成13年度事業計画および予算案承認の件
- 4.その他の事項

議事

会則に基づき、会長が議長になり、開会。議案1、議案2、および議案3について承認、議決された。

【会告】

第11回フォトポリマー講習会

協賛 日本化学会

会期 8月21日(火)～22日(水)

会場 理窓会館(東京理科大学)新宿区神楽坂

プログラム

I 基礎編(8月21日)

- 1)有機および高分子の光化学 大府大 角岡正弘
 - 2)フォトポリマーの材料設計とリソグラフィ
松下電器産業(株) 遠藤政孝
 - 3)フォトポリマーの評価方法 千葉大 高原 茂
 - 4)工業材料の表面分析 東海大 中村賢市郎
- 懇親会 講演終了後、同所で開催(無料)

II 応用編(8月22日)

- 5)ラジカルおよびカチオン硬化型樹脂とその応用
日本化薬(株) 小柳敬夫

6)微細加工用レジスト 沖電気工業(株) 伊東敏雄

7)配線板加工材料 日立化成工業(株) 山寺 隆

8)コーティング用フォトポリマー

大日本インキ化学工業(株) 一ノ瀬栄寿

9)有機エレクトロニクス材料の将来展望

信州大 谷口彬雄

参加費

会員・協賛会員30,000円 非会員40,000円

学生 20,000円

申込方法 事務局FAX(043-290-3462)まで

定員 90名

締切 8月10日 ただし定員になりしだい締切ります

第134回例会(見学会)

見学先 財務省印刷局 小田原工場・研究所

日時 9月18日(火) 13時00分～
 詳細が決まり次第、会員宛にご連絡いたします。
 参加資格 フォトポリマー懇話会会員のみ
 参加申込 事務局FAX(043-290-3462)まで

第135回例会
 協賛 日本化学会
 会期 10月25日(木)13時00分～17時00分

テーマ ナノスケール加工
 1)時空間機能材料 北海道大 下村政嗣
 2)ナノインプレート 電総研 古室昌徳
 3)近接場光によるリソグラフィ 産総研 福田隆史
 4)高分子の3次元架橋による造形：2光子吸収の利用 放送大 徳丸克己
 参加申込 事務局FAX(043-290-3462)まで

【ピックアップスケジュール】

SPIE's 46th Annual Meeting
 International Symposium on Optical Science and
 Technology
 会期 7月29日～8月3日
 会場 San Diego (Ca., U.S.A)
 問い合わせ先 <http://www.spie.org/>

2001年光化学討論会と21世紀の光化学国際会議
 会期 9月10日～13日
 会場 金沢市文化ホール(金沢市)
 問い合わせ先 光化学協会
 E-mail:mizuno@chem.osakafu-u.ac.jp
<http://acl.sci.hokudai.ac.jp/index.html>

応用物理学会秋季講演会
 会期 9月11日～14日
 会場 愛知工業大学(豊田市)
 問い合わせ先 電話:03-3238-1044 FAX:03-3221-6245
<http://www.jsap.or.jp/index.html>

第50回高分子討論会
 会期 9月12日～14日
 会場 早稲田大学大久保キャンパス(東京都新宿区)
 問い合わせ先 高分子学会 第50回高分子討論会係
 電話:03-5540-3770, 3771 FAX:03-5540-3737
<http://www.spsj.or.jp>

日本化学会第80秋季年会
 会期 9月20日～23日
 会場 千葉大学西千葉キャンパス(千葉市)
 問い合わせ先 日本化学会広報室
 電話:03-3292-6162 FAX:03-3292-6318
<http://www.soc.nacsis.ac.jp/cs>

The 11th International Symposium on Optical

Memory
 会期 10月16日～19日
 会場 The Grand Hotel, Taipei (Taiwan)
 問い合わせ先
 E-mail:com2001@optics.bk.tsukuba.ac.jp
<http://optics.bk.tsukuba.ac.jp/isom/isom/isom2001/>

4th International Symposium on Ionic Poly-
 merization
 会期 10月22日～26日
 会場 Creta (Greece)
 問い合わせ先 Prof.Nikos Hadjichristidis, Dept. of
 Chemistry, Univ. of Athens
 FAX:+30-1-722-1800
 E-mail:hadjichristidis@chem.uoa.gr

International Conference on Advanced Polymers
 and Processing 2001 (ICAPP 2001)
 会期 10月30日～11月2日
 会場 米沢
 問い合わせ先 Prof. Kenji Iwakura, Yamagata Univ.
 E-mail:office@icapp.yamagata-u.ac.jp
<http://icapp.yamagata-u.ac.jp>

2001 Microprocesses and Nanotechnology
 (MNC 2001)
 Satellite Meetings: October 29-31
 3rd International Workshop on EUV Lithography
 会期 10月31日～11月2日
 会場 Kunibiki Messe, Matsue-shi (松江市)
 問い合わせ先 Secretariat-Microprocesses and
 Nanotechnology c/o Business Center for Academic
 Societies Japan, Confrence Dept.
 電話:03-5814-5800 FAX:03-5814-5823
 E-mail:mnc@bcasj.or.jp
<http://www.nano.ee.es.osaka-u.ac.jp/mnc/>

第10回ポリマー材料フォーラム
 主題：新世紀の産業・社会を支える革新的高分子材料と技術
 会期 11月29日～30日

会場 名古屋市国際会議場(名古屋市熱田区)
 問い合わせ先 高分子学会 第10回ポリマー材料フォーラム係
 電話:03-5540-3770 FAX:03-5540-3737
<http://www.spsj.or.jp>

【25周年記念出版『フォトポリマーテクノロジーシリーズ』についてのお知らせ】

7分冊のうち、2分冊は近日発行します。その他は執筆進行中です。
 詳細はフォトポリマー懇話会事務局までお問い合わせ願います。

○書名

- 基礎編：1 フォトポリマー概論
 2 フォトポリマーの化学
 3 フォトポリマーの評価方法
 応用編：4 フォトポリマー表面加工材料 滝本 靖之 著 B5判180ページ(予定)本体価格未定 近日発行
 5 マイクロリソグラフィ
 6 ディスプレイ材料 鴨志田洋一編著 B5判140ページ(予定)本体価格未定 近日発行
 7 光重合開始剤・増感剤

○発行所 ぶんしん出版

【研究室紹介】

大阪大学産業科学研究所田川研究室

大阪大学教授 田川精一

田川研は阪大・産業科学研究所(以下産研と略す)に所属し、正式には量子ビーム科学研究部門の量子ビーム物質科学研究分野と言う。産研は国立大学では産業科学という言葉に冠した唯一の研究部門で、産学協力を熱心である。24研究分野からなる6研究部門と放射線実験所、材料解析センター、高次インターマテリアルの3附属施設を持つ阪大最大の研究所である。文部科学省中核的研究拠点(COE)、未来開拓学術研究、戦略的基礎研究などの大型の競争的研究資金も獲得し、研究活動も非常に活発で、最近では、ナノテクノロジーなどでも日本の中心的な活動拠点である。

田川研は教授1、助教授1、助手3、日本学術振興会特別研究員1、博士課程4、修士課程7、学部4年生2、秘書1で、半数強は阪大出身だが、北から東大、学芸大、立命大、奈良女子大、神戸大、姫工大となかなか多彩だ。大学院は工学研究科物質化学専攻の協力講座「量子分子工学」なので、化学出身者が多いが、博士課程には、学内外の原子力工学

科や理学部物理の出身者も在籍している。田川研は産研の附属施設である放射線実験所や原子力工学部のビームを利用している旧第4講座と非常に緊密な協力関係にあり、加速器科学、放射線化学、陽電子関係などの研究や雑誌会をいっしょに行っている。

電子線、イオン、陽電子、X線(放射光も含め)、フェムト秒レーザーやエキシマーレーザーなどの様々なビームを用いた研究を行っている。特に、フェムト秒電子線パルスとフェムト秒レーザーの同期させたサブピコ秒パルスラジオリシスなどの先端的なビームの高度利用では世界一である。

先端ビーム利用の基盤的な研究は日本原子力研究所などの内外の研究機関と協力して進めている。また、我国の産業の「ものづくり」の基盤となる次世代リソグラフィ技術を開発する技術研究組合「超先端電子技術開発機構ASET」や産業界支援の「半導体先端テクノロジーズSELETE」などと協力して進めている。未来の「ものづくり」の基盤となるナ

ノテクノロジーの重要な基盤技術であるビームによる極限ナノ加工の研究でも学内外の民間も含めた外部の研究者と協力しながら、その中核的な研究拠点として研究を進めている。具体的にはいくつかの例を紹介すると

- 種々のビームの誘起する反応の初期過程や線質効果などの基礎過程の解明
- フェムト秒パルスラジオリシスなどの研究手法の

開発とナノテクノロジーへの展開

- ポリシランなどの機能性高分子の合成、高機能化とナノテクノロジーへの展開
- 次世代リソグラフィプロセスの反応解析と材料開発
- イオンや陽電子などの新しいビームを用いたナノサイエンス、ナノテクノロジー である。

【事務局から】

- 新たに入会された法人会員 3 社をご紹介します。(五十音順,敬称略)
アイバイツ株式会社、セントラル硝子株式会社、保土谷化学工業株式会社
- 本号3ページでご案内のとおり、フォトポリマー講習会は盆休み明けの8月21日～22日に開催いたします。フォトポリマー関係の仕事を始められた方々、フォトポリマーの技術の現状と動向を知りたいと思っておられる方々の参加をお待ちしております。お知り合いの方々へもご勧誘いただければ幸いです。パンフレットは、<http://ppi.tp.chiba-u.ac.jp/tapj/PDF/Lecture11.pdf>でダウンロードすることができます。
- 来年(2002年)のフォトポリマーコンファレンス(第19回)は6月25日(火)～28日(金)に千葉大学けやき会館(千葉大学西千葉キャンパス)で開催されます。「講演募集案内」がご入用の方は事務局まで請求してください。
- 6月から懇話会資料パッケージ(内容は行事案内、ニュースター、TAPJ技術情報など)の送り方を郵送からクロネコメール便に変更しました。狙いは発送の手間と経費の節減です。節減分は懇話会会員サービスの拡充に当てることにします。送付方法の変更で、迷惑をおかけしている方もあると思います。お知らせください。

【編集コーナーから】

- 第18回フォトポリマーコンファレンス・併設国際シンポジウムの報告は例年通り次号〔18号(2001年10月発行)〕に掲載します。ご期待ください。

編集者 発行人 発行所	山岡亜夫 加藤政雄 フォトポリマー懇話会事務局 〒263-8522 千葉大学工学部情報画像工学科 山岡研究室内 電話/FAX 043-290-3462 E-mail : poffice@ppi.tp.chiba-u.ac.jp URL : http://ppi.tp.chiba-u.ac.jp/tapj/	2001年7月1日発行
-------------------	---	-------------