

難波 進*

Susumu NAMBA*

レーザーと微細加工というと、何となくインテリジェントな学問的感じの言葉と、何となく町工場の職人芸的感じの言葉が併置されているようで、何となく治まりが良くない。大学でレーザー研究室というのと微細加工研究室というのでは、学生の集まり具合がずいぶん違ってくるのではないだろうか。しかし、現代の高度情報化社会の実現に最も貢献したのが半導体集積回路であるとする、その高度化に最も寄与したのが微細加工技術であり、その根幹をなすのが光リソグラフィ技術であるといえるのではなかろうか。事実、トランジスターの発明以来50年間、半導体工業は「シリコンは産業の米である」といわれるまでにめざましい進歩をとげてきたが、技術の流れとしては、微細化へ向けて一路驀進してきたわけで、現在もその流れは変わっていない。さらにその延長線上にナノメートル工学の世界が開かれつつあり、電子の特性長程度の微細構造が実現すると、電子物性が試料構造自体に支配され、顕著な量子性や波動性を示すようになる。すなわち、微細加工が、人為的な構造制御による新材料の作製と新機能の創出を可能とし、メゾスコピック材料科学という新分野を開く原動力になっている。

私が微細加工と出会ったのは、大学卒業後理化学研究所に入所した1950年、 $1\mu\text{m}$ の白金線を自作し、放射線測定用エレクトロメーターを試作するという仕事をやらされたときである。その後、1960年に電子ビーム微細加工装置の試作、1963年にレーザー微細加工装置の試作、1966年にイオン注入、1976年に電子ビーム描画、シンクロトロンX線リソグラフィ、1978年にイオンビームリソグラフィ、1980年にイオンビーム描画、ArFエキシマ・レーザーリソグラフィなど、微細加工技術の研究とそのデバイス応用を進めてきた。その間、レーザーによる微細加工は中心テーマの1つであったが、分解能が波長の半分程度で微細さに限界があること、フォトンコストが高いこと、レーザー装置自体の信頼性が十分でないこと等が相まって、生産技術としての実用化がなかなか進まなかったことを残念に思っていた。

その後、半導体集積回路の微細化は更に進められ、水銀のi線(波長365nm)を用いた従来のリソグラフィ装置(最小線巾 $0.35\mu\text{m}$)では間に合わなくなり、波長248nmのKrFエキシマレーザーリソグラフィが $0.25\mu\text{m}$ ~ $0.2\mu\text{m}$ のデザインルール対応の加工技術として半導体製造ラインに導入されているし、更に次のステップとして、波長193nmのArFエキシマレーザーリソグラフィが $0.15\mu\text{m}$ のデザインルール対応として導入されようとしている。デバイスの最小線巾が $0.1\mu\text{m}$ 以下となるといよいよX線リソグラフィの出番であると私は期待しているが、電子ビーム、イオンビームも競合技術として研究されており、どれが次世代の半導体微細加工技術として使われるか、現在世界的に検討中とのことである。

1985年頃の私の予測では、集積イオンビームによる $0.1\mu\text{m}$ オーダーの分解能を持つマスク製作とシンクロトロンX線による1:1転写の組合せが、デザインルール $0.25\mu\text{m}$ 以下の半導体製造ラインに導入されるものと考えていた。また、ArFレーザーリソグラフィにより $0.5\mu\text{m}$ パターンの転写が綺麗にできたとき、X線リソグラフィにより巾 $0.2\mu\text{m}$ 、高さ $2.2\mu\text{m}$ のすだれ状パターンができたときなどには、これで $0.1\mu\text{m}$ 対応はいけると思ったものでもあるが、実用化の難しさをつくづく実感させられたことである。いずれにせよ、エキシマレーザーが最先端の半導体製造ラインに導入され始めたことは、レーザー微細加工に長年たずさわってきた研究者の1人として喜ばしい限りである。

最近、レーザー研究最前線の1つとして、X線レーザーやレーザープラズマX線源などの研究開発が活発に進められている。これらの研究が実用技術として実を結び、レーザーによるナノメートル加工の時代が開かれ、レーザーがメゾスコピック材料科学の発展に大いに役立つようになるのもそう遠くはないであろう。

ここではレーザー微細加工についてのみ述べたが、高出力レーザーによる工業材料の切断、溶接などの加工技術は既に実用化され、自動車産業その他の産業界に幅広く応用されていることを付記して筆を置く。

* 長崎総合科学大学 (〒851-0193 長崎市網場町 536)

* Nagasaki Institute of Applied Science, 536 Abamachi, Nagasaki 851-0193