

## レーザーコンパス

レーザー工学とイオン工学  
——材料創成技術の立場から——

高木 俊 宜\*

Toshinori TAKAGI\*

研究開発には二つのアプローチがある。一つは、まだよく分かってない、あるいは見つからない現象、物性などを基礎的に研究する基礎研究指向。もう一つは、その基礎研究で得られたいろいろな性質や知識を、いかにしてベスト・コンディションの状態 でデバイス化するかというファブリケーション・テクノロジー(基盤技術)、つまりハイテク指向である。ソフトウェア側からの要求が厳しくなるにつれて、材料に組み込まれるソフトウェアすなわちファームウェアの比重が大きくなり、自然界にある材料をそのまま利用するだけでは高度の要求にこたえきれなくなった。新機能材料とかインテリジェント材料が注目される理由である。

結晶組成、結晶性、結晶構造を人工的に制御する、あるいは無機物と有機物といった異種材料を原子・分子オーダーで複合化して人工的に設計された新材料をつくることが必要となった。いうなれば無生命体における遺伝子工学とも称すべき分野である。

その実現には、もはや高温反応や化学反応など熱的あるいは化学的エネルギーを用いた平衡状態下の現象を利用するだけでは自由度が不足してくる。レーザー工学あるいはイオン工学が新材料創成、結晶性制御、あるいは複合材料、傾斜機能材料形成に注目される一因である。

電子は一定の質量と電荷 $-e$ を有し、粒子性と波動性を併せもつ、慣性のない自由にあやつれる道具として人類の考えたルーツの中では最高のものの一つといえる。

これに対し、イオンは $+e$ 、 $+2e$ 、 $+3e$ …(正イオン)または $-e$  (負イオン)の電荷を有し、 $Fe^+$ 、 $Si^+$ などと書くようにその物質固有の性質を持つ。まさしく遺伝子を持つ粒子といえよう。そこに着目して「真空中または低ガス圧領域において、あらゆる物質をイオン化して加速し運動エネルギーを与えるか(and/or)、イオンのもつ電荷の効果を併用して、その物質固有の性質を活用する」立場からの技術体系がイオン工学である。電子に比して極めて大きく重いので波動性の利用はむづかしいが、粒子性は、蒸着、結晶成長、エッチング、固体表面物性制御、イオン注入など、運動エネルギーとしては数eV~数GeV、電流はpAからアンペア級まで広範囲にわたって自由に活用できる。1V加速で得られる1eVのエネルギーは11600Kの温度相当値となるので、100eVでは実に100万度に相当する温度の仕事が常温から数百度の基板上でできる。そのうえ、基板に到達する高速粒子のうち僅かにイオン化粒子が含まれていても有効であり、その割合を制御することで結晶性や物性を変えられる。しかも粒子間あるいは固体

\* (株)イオン工学研究所(〒573-01 枚方市大字津田4547-15)

\* Ion Engineering Research Institute Corporation, (4547-15, Tsuda, Hirakata, Osaka 573-01)

との相互作用にはエネルギー依存性があり材料創成技術としての可能性は果しない。

レーザービームは波長の長いほうでは瞬間的に大量の熱エネルギーを利用するという立場から、レーザーアニール法や局所的、瞬間的な溶解、蒸気化、表面層再結晶化、酸化物形成などに魅力がある。波長の短い領域では、波動性が主役となり $h\nu$ から計算して4~6eVのエネルギーとなる。したがって蒸気化物質の励起源として蒸着時の結晶性や物性制御に極めて有効である。また多段励起によるイオン化も活用できる。最近、話題を集めているレーザーアブレーションによる薄膜形成では、単にエキシマレーザーでターゲット物質を蒸気化しただけでは余り良質の膜は期待できず、蒸気化粒子にも入射レーザー光が照射されて励起され蒸着膜を形成

することが肝要である。また、波長による選択吸収も反応の促進や制御に活用できるし、運動エネルギー的には4~6eVといっても物質内原子の結合エネルギーが大体同程度であることを考慮すると有効に働くことは容易に想像できる。

イオン工学が真空にする必要があるのに対し、レーザービームは反応炉に窓を通して大気中から照射できて便利であり、大気中でも利用できることから、生体処理やバイオ関係にも大いに期待できる。

いづれにしても、オールマイティという手法はなく、それぞれに長所と短所というか、持ち味がある。イオンビームとレーザービームの併用技術も含めて、材料科学の分野でレーザー工学とイオン工学の協調が期待される。