

レーザーコンパス

エキシマレーザー特集号に寄せて

前田 三 男*

Mitsuo MAEDA*

今日の有力なレーザーの多くは、すでに1960年代の前半には発振することが見出され、それと同時に実用化の研究も始まっている。それに比べるとエキシマレーザーのスタートは大変遅かった。最初エキシマレーザーの実験は1970年、ソ連のBasovらによる固体Xe₂レーザーとされているが、本格的な開発は1975年、希ガスハライド系エキシマレーザーの発振によって始まったといつてよい。その後、基礎的な動作機構の究明と実用化の研究が、ほとんど同時に進行するというエキサイティングな時期を経て、急速な発展を遂げ、現在に至っている。

エキシマレーザーがこのように短期間に飛躍的に進歩し、すでにある程度実用的な製品が普及するまでになったのは、それが単に大学や研究所レベルで迎え入れられただけでなく、工業界全体からも幅広く多大の関心が寄せられたことが大きな原動力となっている。特に半導体プロセスへの応用は、現在産業界から最も期待の寄せられている分野である。我国でもこの数年、多くのメーカーがエキシマレーザー装置の開発に取り組んできており、その数は高出力レーザーの中では、おそらくCO₂レーザーについて多いのではないと思われる。高出力レーザーの開発の背景にしばしば存在する軍事的なモチベーションを欠いている我国にあつては、このように産官学が一体となつてあつているエキシマレーザー開発の現状は、大変幸運な姿であると言えよう。

エキシマレーザーが今なぜこのように注目されているかという、これまで紫外域で高出力・高効率なレーザーがなかったからである。エキシマレーザーは大きな量子エネルギーを持った光子をこれまでになく豊富に供給してくれる。たしかに、放出される光子の数やコストの点では、エキシマレーザーは赤外域のCO₂レーザーにおよばない。しかし、一個一個の光子のエネルギーが高いために、エキシマレーザーはCO₂レーザーのなしえないプロセスを可能にした。

一般にレーザーは波長が短くなるにつれて発振は困難になってゆく。エキシマレーザーが紫外外部で発振するにもかかわらず効率がよいのは、電子衝突からエキシマ生成までの効率が大変高いためである。電子ビーム励起では、エキシマの生成効率は20%を越える。また基底準位が解離状態であるのが、エキシマの特徴であるが、これは反転分布の形成に大変有利であり、レーザー媒質として見た場合、誘導放出断面積も大きく大変優れた性質を持っている。

現在市場に出回っているエキシマレーザーはすでになんかの実用性を持っているが、たとえば半導体製造プロセスで生産ラインに加わるといったレベルの話になると、まだいくつかの技術的に解決すべき問題をかかえている。たとえば、微量ながら極めて反応性の強いハロゲン系ガスを含んでいるために、ガスの取扱がやっかいで、ガス寿命に制約がある。窓や容器の損

* 九州大学工学部電気工学科 (〒812 福岡市東区箱崎6-10-1)

* Department of Electrical Engineering, Kyushu University (Hakozaki 6-10-1, Higashi-ku, Fukuoka 812)

傷も通常の場合より激しいし、ガスのコストも高い。放電式エキシマレーザーでは高気圧下で一様な放電を維持する問題、高電圧大電流の放電に伴うスイッチングの問題、プラズマへのエネルギー注入の際に起こるインピーダンス不整合の問題などがあり、それらがエキシマレーザーの出力や効率、繰り返し周波数、信頼性などに制約を与えている。

レーザー学会誌の巻頭につたない漫画を掲げてまことに恐縮であるが、エキシマレーザーが高出力レーザーの世界に登場した有様を展望すると、著者には下図のような眺めに見える。波長 $10\mu\text{m}$ と $1\mu\text{m}$ に高々とそびえる CO_2 レーザーとネオジウム系レーザーの存在はこれまで圧倒的であった。いろいろな波長変換の手法によって、そのすそ野は遠赤外から紫外にまでおよんでいる。その間に数知れぬレーザーが存在しても、そのいただきは結局二つの巨峰のすそ野を越えることができなかった。ところが近紫外域に出現した新山エキシマ連峰（というのはピークが数個あるので）は、はじめてそのすそ

野の上に顔を出し、全体の構図を変えつつある。今後、エキシマレーザーのパワーがどこまで増大するかかわからないが、のびればのびるほどそのすそ野はX線領域の奥にまでおよんでゆくであろう。

はじめに述べたように、エキシマレーザーは特に我国においては産業界の開発意欲が極めて旺盛で、研究投資も活発な分野である。したがって基礎研究から実用化研究までが良いバランスで進行しつつあり、そのレベルも高い。

このたびレーザー学会誌にエキシマレーザーの特集号が組まれたのは、エキシマレーザーの本格的な工業化が推進されようとしている今日、まことに意義のある企画といえよう。執筆者はいずれも我国のエキシマレーザー研究の草分けであり、パイオニアの苦勞を身をもって体験されてきた方々である。現段階での研究の到達点を種々の観点から明らかにしていただけるであろうし、それがまた今後の研究の出発点となることを期待している。

