

極端紫外線光源

岡田 龍雄[†]

Extreme Ultraviolet Light Source

Tatsuo OKADA[†]

現在最先端の光リソグラフィー用光源には、光リソグラフィー光学系の色収差を最小限に抑えるためにスペクトル幅を狭帯域化した波長193 nmのArFエキシマーレーザーが導入されている。光リソグラフィー装置は大規模集積回路作製の基盤的装置として半導体工場では休むことなく動いており、その光源となるエキシマーレーザーには、当然のことながら格段の信頼性と安定性が求められている。最近のレーザー技術開発の主要なトレンドは、かつて真空管がトランジスターに置き換わったのに習って、半導体レーザー励起固体レーザーを用いたいわゆる全固体化による安定性・信頼性・光品質の向上を目指すものである。これとは逆に、エキシマーレーザーはフッ素などの腐食性のガスを含む大気圧以上の高圧ガスの中で繰返し数10 kHzの高速大電流放電によって駆動されている。このような非常に過酷な放電条件で動作するエキシマーレーザーが、時間コヒーレンスの制御も含めて、現在もっとも安定なレーザーの一つであり、生産現場においてほとんどメンテナンスフリーで長期間動くとはまさに驚異的である。

先日ある博物館を見学したおり、映画が一般に上映され出した当時の初期の映写機の展示を見る機会があった。映写機とはいっても、高さは人の背丈ほどもあり、重さは2トンの堂々たる体躯であり、現在のエキシマーレーザー装置なみである。その光源は、炭素棒を使ったアーク放電であり、炭素棒の消耗と引き換えに光を取り出すという、まさに身を削って夢を見せるとい装置である。大の映画ファンと言うわけではない私は、映画を見るためだけにこんな装置を作るのかと感心したものである。エキシマーレーザーリソグラフィー装置も、より小型高密度のLSIが欲しい、もっとリアルなゲームがしたいという人々の欲望のなせる業ということか。かつては不安定と言われたレーザーも、必要となり求められればすばらしく安定になるのである。

さて、人間の欲望にはとどまる所がなく、エキシマーレーザーの波長もいづれ長すぎて我慢できるものではない。より短い波長の光源が欲しくなる。波長13.5 nmの極端紫外光源がそれである。極端紫外光の有効な発生方法の一つは、高ピークパワーのレーザー光を凍らせたキセノンやスズなどに集光してプラズマを生成し、そのプラズマからの発光のうち13.5 nm近傍のわずかな光を鏡によって集めると言うものである。キセノンやスズの消耗と引き換えに光を取り出すところは、なにやら先の映写機に似てないこともない。しかし、その規模となると、半導体工場の量産装置としては波長13.5 nmで平均出力300 Wが必要といわれており、レーザー光から極端紫外光への変換効率を考えると、プラズマ生成用のレーザーには集光性が良く、平均出力が数10 kW、パルス幅が数ナノ秒程度のレーザーが必要と言われている。極端紫外光源の開発もさることながら、まずそれ以前に産業用のレーザーとして、そのようなハイパーレーザーを開発すること自体がすでに大変チャレンジングな課題であり、極端紫外光源開発の成否を握っている。そのようなレーザー装置が半導体工場の中で休まず働き続けるのは、映写機の比ではなくさぞかし圧巻であろう。数年の内にその片鱗を見られるものと期待している。

[†] 大学大学院 システム情報科学研究院 (〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

shu University, Faculty of Information Science and Electrical Engineering, 6-10-1 Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka 812-8581