

加工と計測： ナノからピコの時代を迎えて

木下博雄
(兵庫県立大学)

1983年ごろ、X線等倍露光の研究に従事していた。目標解像度は、光では難しいといわれた $0.5\mu\text{m}$ であった。露光装置はすでに3号機の試作を終え、そろそろデバイスの試作へと動いていた。所内研究部にお願いして評価を進めている中、露光機やレジストの性能にはなんとか満足したが、等倍マスクの製作には問題がありすぎた。そのときから、“等倍から縮小”への思いを強くした。

そんな折、茨城の研究所で超伝導材料の研究者らがW/C(タングステン/炭素)の多層膜を作り、それはX線での反射鏡へも応用可能であるとの所内報告を見た。早速、茨城の研究者らと共に、凹凸の光学系に多層膜を形成し、反射光学系を構成し、高エネルギー物理学研究所にて実験を開始した。最初は光学系のアライメントが良くなり、球面収差パターンばかりが作られた。来る日も来る日も合わせては実験の日々が続いた。

1985年、ようやくラインアンドスペースのパターン形成に成功した。そして、1986年秋、応用物理学会に発表の機会を得たが、発表後の反響は芳しいものではなく、“X線を曲げて像を作ったんだって…”と眉唾ものとの罵声が大勢だった。そんなとき、偶然にも国際会議への発表の機会をいただいた。当時はまだ $0.5\mu\text{m}$ のパターンに過ぎなかったが、反響は大きかった。

発表の夜、モンレー水族館でのバンケットで、ロシアなまりの英語を話す女性につかまり、質問攻めにあった。下手な日本語英語とロシアなまりの英語の会話は困難を極め、延々と討論が続いた。そしてその翌年、AT&Tが13nmの光を用いて $0.05\mu\text{m}$ のパターンを発表した。まさに、あの夜の議論が“EUVL(extreme ultraviolet lithography)の夜明け”だったと思い出す。

1992年当時の非球面ミラーの加工精度は8nmを切ったほどであった。しかし、露光用のミラーとしては 0.5nm 以下が要求される。製作をお願いした米国の研究者らは、新しい評価技術がないとできないと言い出した。彼らにとっては、「評価ができれば加工ができる」が信念だった。そして、非球面をフーリエ変換したCGHを作成し、実際の波面と比較評価し、加工するという手法で1999年には加工精度 0.5nm を達成させた。

1993年、初めて“EUVL”を冠した国際会議を富士山で開催した。冒頭の挨拶で、「人類のあくなき欲求が無くならぬ限り、技術は必ずやマイクロからナノへ、そしてピコへと移る」と述べた。今や、光学技術でも容易にピコが語れる時代になった。

この20年間におけるEUVLの研究実用化が、光の加工計測技術の進展に、大きなブレークスルーをもたらした。