

EUV リソグラフィの現状と将来展望

—放射線・光・熱プロセスの融合—

大阪大学名誉教授・工学研究科特任教授（常勤）・産業科学研究所招聘教授
田川精一

最近の半導体売上高は微増状態であるが、IoT などの半導体応用分野は急成長しているため、半導体需要は増大すると予想されている。半導体売上げのトップ 10 に占める日本企業は、1988, 1989 年には上位 3 社を含む 6 社であったが 2015 年には 8 社の東芝のみである。しかし、半導体、露光装置以外の半導体関連の日本企業の技術レベルは高く、先端レジストでは 9 割以上のシェアを持っている。日本の広範な科学技術、産業を支えている半導体関連技術が今後も持続されることが最も重要である。

半導体の製造コストの 5 割以上はリソグラフィという半導体を微細加工するプロセスのコストである。半導体の微細化のためにリソグラフィの光源はどんどん短波長化し、次世代リソグラフィの最有力候補である極端紫外光リソグラフィ (Extreme Ultraviolet Lithography: EUVL) では波長 13.5 nm、エネルギー 92.5 eV と、ついにレジストのイオン化レベルを超え、**放射線**になる。現在でも放射線は半導体へのイオン注入、電子線によるマスク製造など広く半導体製造に利用されているが、初めて半導体の量産プロセスに**放射線**が使用されることになる。

半導体の量産のためのリソグラフィはフォトレジストの**光化学反応**を用いたフォトリソグラフィで始まり、高解像度化のために光源の短波長化を行ってきたが、i 線 (365 nm) リソグラフィ以降では**光化学反応**のみでは生産性が低くなるため、KrF エキシマーレーザー (248 nm) リソグラフィからは**光化学反応**と酸触媒反応 (**熱反応**) を用いる化学増幅レジスト (CAR) が導入されることになった。半導体の寸法はどんどん小さくなり、ArF エキシマーレーザー (193 nm) 露光を行う ArF リソグラフィが行われていたが解像度限界となり、水中で露光したり、マルチパターンングと組合せたりと工夫して、波長の 1/10 ぐらいの微細加工を行っているが複雑な技術で生産コストが成立しなくなり、産業界では EUVL の実用化が強く望まれている。最近、EUV 光源の出力向上に成功し、EUV リソグラフィの量産時期も近づいている。しかし、量産には光源強度がまだ十分とは言えないことと EUVL が長く持続するためには、今後も適切な価格で装置が製作できることが必須で、レジストの高感度化は不可欠である。しかし、**放射線化学反応**と酸触媒反応 (**熱反応**) を用いる現在の量産レジストは理論限界に近づきつつあるので、既存技術を飛躍的に向上させる新しい考えが必要で、2013 年に阪大から *photosensitized chemically amplified resist*TM (PSCARTM) という**放射線・光・熱プロセス**を融合した新技術が発表された。最近、この半導体量産プロセスが年 1 回すべての半導体メーカーが集まる SPIE Advanced Lithography 2016 で世界の材料・装置のトップメーカーの連合体から初めて公表された。大学発の技術が世界の半導体の量産に使用されるという非常に意外な話を紹介する。

以上