

# 先端半導体微細加工技術の現状および今後の展開

## ～ニュースバル放射光の社会実装技術への展開～

高度産業科学技術研究所 放射光ナノ工学研究分野

○教授 わたなべ たけお 渡邊 健夫、准教授 はらだ てつお 原田 哲男、助教 やまかわ しんじ 山川 進二

### キーワード

半導体、微細加工技術、フォトマスク、フォトレジスト、  
極端紫外線リソグラフィ

### 研究概要

IoT や AI 技術を支えているのは半導体技術であり、この技術の進展は半導体微細加工技術によるところが大きい。半導体微細加工技術の重要な技術はリソグラフィ技術であり、半導体製造技術の重要な技術である。この技術はフォトマスク上に形成された半導体回路原版を特殊なカメラを通してシリコンウェハ上のフォトレジストに写真焼き付けするものである。一般的に、転写される配線の線幅は写真焼き付けに用いる光の波長に比例し、カメラの光学系の開口数に反比例する（レーリの法則）。このため、これまで露光波長は水銀ランプの g 線(波長 436 nm)、同 i 線 (波長 365 nm)、KrF エキシマレーザー (波長 248 nm)、ArF エキシマレーザー (波長 193 nm) と光の短波長化の中で、特殊なカメラにより微細加工がなされてきた。光学の原理では形成可能な配線の線幅は露光波長の半分である。これまでムーアの法則にしたがい、要求線幅が微細になっており、2019 年から 7 nm 世代の半導体製造が露光波長 13.5 nm を用いた極端紫外線リソグラフィ (EUVL) 技術が適用され、2020 年には EUVL 技術により 5 nm 世代の半導体製造が本格的に量産展開され、iPad、iPhone 等のタブレットやスマートフォン、そして PC 用の中央演算装置に使用されている。兵庫県立大学では 1996 年より EUVL の基盤技術開発を進めており、これまで、ニュースバル放射光施設では 4 つの国家プロジェクトを推進するとともに、国内外の多くの企業との共同研究を進め、産業支援を精力的に進めてきた。この基盤技術開発は EUV カメラの開発、これに必要な EUV 用光学素子開発、3 次元構造を有するフォトマスク、特殊な感光性材料であるフォトレジストの材料プロセス技術開発を進めてきた。これらの技術開発により、世界的に半導体産業界に大きく貢献してきた。

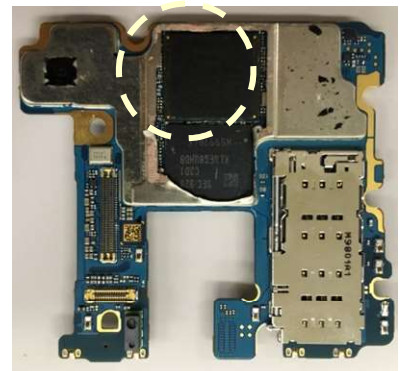


図 EUVL 技術が用いられているスマートフォン用ロジックデバイス

### アピールポイント

ニュースバル放射光施設における EUVL 基盤技術開発の現状および今後の展開について紹介する。ニュースバル放射光施設は光科学技術により産業利用を促進させるという大きなミッションを有する。この意味において、EUVL の量産化の成功は放射光の産業利用促進の大きな成功である。半導体技術は国家安全保障や経済安全保障上非常に重要な技術であり、世界における日本の半導体技術覇権の課題について触れる。

現在、ニュースバルで稼働している 9 本のビームラインの内、BL03, BL09, BL10 の 3 本の EUVL 専用ビームラインで進めている EUVL 技術開発の状況について紹介する。また、半導体国際ロードマップ (IRDS: International Roadmap for Devices and Systems) で示されている 2037 年の 0.5 nm 世代に向けた短波長化 EUVL 開発である BEUVL の開発も進めている。