

2023 年度中国光学学会科技创新奖简介

项目名称：基于模型的光学邻近效应修正应用于先进芯片量产

获奖类别：科技进步奖

获奖等级：一等奖

主要完成单位：中国科学院微电子研究所

主要完成人：韦亚一、粟雅娟、董立松、张利斌、苏晓菁、范泰安、马乐、郝芸芸

学科分类：光学、集成电路

推荐单位：中国科学院微电子研究所

项目简介：

集成电路产业是国家“十四五”时期高精尖产业发展的重要产业之一，光刻是集成电路先进节点高端技术的热点竞争领域，计算光刻及其软件工具也是瓦森纳协议限制的关键技术。当前国内量产光刻技术较国外落后，且生产过程中使用的计算光刻软件也均为国外进口，基于国内实际产业需求的计算光刻研究和软件应用是具有战略意义的事情。

本项目根据实际的光刻工艺流程来对光学邻近效应修正技术展开研究和创新。在全套引进、消化、吸收国际主流计算光刻相关技术及软件的基础上，研究、布局了计算光刻光学临近效应修正 (OPC) 在国内产业界的应用。光学成像理论和光刻胶曝光显影理论是光学邻近效应修正模型的核心引擎，它们定量地建立了掩模与晶圆上光刻胶图形的对应关系。掩模图形是嵌套在成像和光刻胶模型之上的输入参数。改动掩模图形，使用成像和光刻胶模型可以得到晶圆上的光刻胶图形。不断改动反复迭代，最终得到最佳的掩模图形。光刻胶是曝光后图形的载体，

对光刻胶图形边缘粗糙度的定量分析可以有效地评估光刻图形的质量，为 OPC 优化提供准确的依据。一张掩模版包含众多图形，不同区域的图形复杂度不同，基于成像模型和光刻胶模型可以计算出不同区域图形的光刻工艺窗口。光刻工艺窗口小的区域被称之为热点 (hotspots) 区域，即光刻工艺容易失败的地方。通过对整个版图的计算，计算光刻软件可以标示出版图可能的热点，反馈到设计工程师做修正。该项目以实现全流程光刻为目的，提出了 OPC 与工程应用结合的多种方法，分别适用于逻辑芯片、三维存储芯片、和 FD SOI 芯片，且晶圆验证结果表明对光刻工艺中的焦深 (DOF)、掩模误差增强因子 (MEEF)、曝光容忍度 (EL)、归一化成像光强对数斜率 (NILS) 等关键技术指标有显著提高。

以上研究成果在产业界得到了应用，提升了国内多款芯片量产的工艺良率，包括 14nm Fin FET、3D NAND 和 FD SOI 芯片。该技术还为国内 Fab 光刻工艺的后续研发奠定了基础。该项目不仅在工程技术研究方面取得重要进展，还为我国集成电路产业界培养了大量相关技术人才，促进了国内集成电路产业的技术升级。