“光子和光电子集成”专题

前 言

随着光子技术在光纤通信、微波光子学、激光雷达、量子信息处理等领域的广泛应用，光子和光电子集成的重要性日益突显，成为解决相关应用面临的体积、功耗和成本瓶颈的关键。实际上，早在 20 世纪 60 年代就提出了集成光学的概念。受到集成电路（IC）技术的启发，提出了光子集成回路（PIC）和光电集成电路（OEIC）的概念，期望通过集成技术来增强光电子器件的性能，减小体积和功耗，并提高可靠性。然而，相比于集成电路芯片的迅猛发展，光子和光电子集成由于面临材料和工艺等一系列挑战，直到近十余年才实现突破。目前，大规模光子集成技术正在逐渐走向实用化。

微电子集成电路的快速发展受益于统一的硅材料平台和强大的 CMOS 工艺。与之相比，光子集成一直缺少统一的材料和工艺平台。早期的有源光子集成器件主要基于 III-V 族化合物半导体，而无源器件则基于氧化硅平台。其中，分布反馈（DFB）半导体激光器与电吸收调制器高速集成光源，以及阵列光栅器件（AWG）分别是有源和无源光子集成器件的代表。然而，有源 / 无源器件的兼容性，以及器件成品率一直是困扰集成光子器件规模提升的重要因素。纳米加工技术的日臻完善极大地推动了光子集成技术的发展。特别是硅基光子学的兴起，使得可以借助成熟的 CMOS 工艺，突破加工精度和成本的限制，实现大规模光子集成，并有望将光子器件与微电子驱动电路进行单片集成，为未来的光电子集成技术发展提供了无限的可能。

在硅基光子学发展的推动下，目前光电子集成技术已经形成了多材料平台共同发展的格局。硅基光子集成器件在相干光通信、相控阵激光雷达等领域已经得到重要的应用，而通过硅基材料与 III-V 族化合物半导体异质集成，突破了有源 / 无源器件兼容性的难题，已经显示出一系列令人瞩目的研究成果。而聚合物和薄膜铌酸锂等非线性材料作为新兴的光子集成平台，则为光子集成技术的发展提供了新的自由度。与此同时，面向数字光纤通信、模拟信号处理、量子通信 / 计算的需求，已经发展出应用于不同领域的光子集成器件，包括集成化微波光子学芯片、集成化量子光学芯片等，极大地丰富了光子和光电子集成技术的内涵，也使得集成光电子芯片逐步渗透到国民经济的各个领域。

《半导体光电》杂志推出光子和光电子集成专题，在国内主要科研院所广泛征稿，最终成稿 16 篇，覆盖了 III-V 族化合物半导体、硅基光子学、聚合物和薄膜铌酸锂等多材料平台，介绍了光子集成技术的研究热点及我国研究人员在本领域的重要进展，同时阐明了未来光子集成技术发展面临的主要挑战，希望能够引发本领域研究人员的讨论，激发创新热情，共同推动光子集成技术的不断进步。



2022年4月