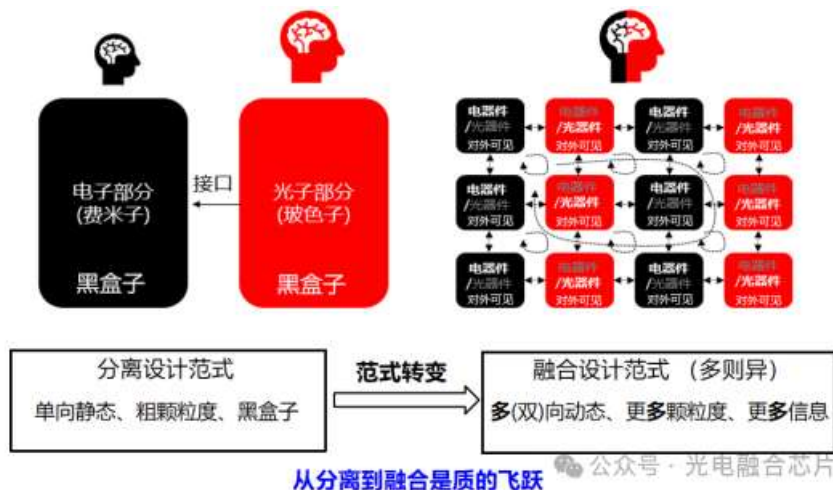


光电融合芯片概念探讨

原创 光电融合芯片 光电融合芯片 2024-02-21 23:54 湖北



本文从集成电路定义出发，引出集成光路的概念，并基于以上两个概念给出光电融合芯片的定义，最后探讨光与电不同的融合方式及程度。

1. 从集成电路到光电融合芯片

集成电路或芯片，在英文中被称为 **Integrated Circuits**。根据国务院学位委员会文件，集成电路或芯片是指通过一系列特定的加工工艺，将晶体管、二极管等有源器件和电阻器、电容器等无源元件，按照一定的电路互连，“集成”在半导体（如硅或砷化镓等化合物）晶片上，封装在一个外壳内，执行特定功能的电路或系统。从**Integrated Circuits**英文字面意思看，其适用范围并不限于单一的电信号，也可以包括其他类型的信号及多种类型的信号。因此**Integrated circuits**更加精准的翻译应当是集成回路。把**Integrated Circuits**的概念推广到光域于是就有了**Photonic Integrated Circuits** 集成光路的概念。

由于光本身并不具备实用化的全光控制和存储能力，目前任何实用化的集成光路必然有电的参与。不管是传统光电系统还是新兴的光电融合芯片，电的参与均是必须的。两者的区别并不在于是否有电的参与，而在于光与电紧密结合的程度和方式。从物理制备来看，如果相对应的电学部分也是以集成的方式实现，则集成光路和对应的集成电路一起构成了光电融合芯片。光电融合集成回路或光电融合芯片是指通过一系列特定的加工工艺，将晶体管、光电二极管等电子和光子有源器件和电阻器、波导等电子和光子无源元件，按照一定的回路互连，“集成”在半导体（如硅或砷磷等化合物）晶片上，封装在一个外壳内，执行特定功能的回路或系统[1]。在半导体芯片范畴内，光电融合和光电融合芯片是等价概念；光电融合集成或集成光电融合也是和光电融合芯片等价的概念。本文讨论半导体芯片范畴内的光电融合，我们不对以上四个术语进行区分，四个术语将交替使用。光电融合是一个长期演进的过程，heterogeneously-converging是对这个概念精准的英文描述。我们采用Electronic-Photonic Heterogeneously-converging Integrated Circuits (EPHIC)作为光电融合集成回路或光电融合芯片的英文术语[2][3]。

2. 光与电不同的融合方式及程度

分离和融合两者并非完全对立，而是存在中间地带。融合和分离也可以从不同的视角来考虑。物理融合和信息融合是研究光电融合芯片的两个不同视角。物理光电融合主要涉及光与电一体化制备方面的内容，而信息光电融合主要涉及光与电一体化器件互连及系统优化方面的内容。香农信息的定义是用于消除非确定性的东西。信息光电融合是指在光参数产生、处理、存储、探测、呈现等过程中，通过光与电相互作用实现光参数非确定性消除的科学及技术的总和。任何信息系统均需要物理实体的支持，物理存在先于信息存

在，芯片物理实体的制备是其实现任何信息功能的前提。芯片的制备不是随意制备，而是人类有目的地改造自然的结果。既然是用于实现人的目的，则需要做好规划和设计，也就是芯片设计。芯片设计过程就是设计人员在整个设计参数空间内通过参数的反复迭代寻求优化解，直至达到设计目标的过程。具备一定复杂度的系统设计皆需要借助计算机辅助设计软件，从而加快以上反馈迭代的设计进程。设计方法、紧凑建模与仿真工具等是信息光电融合的重要研究内容。

光电系统存在着不同的融合程度，不同融合方式也可以独立发展。对于由分立器件搭建的光电系统，如果有相应的仿真建模和仿真工具，仍然可以进行一体化融合的信息设计。但是由分立器件搭建的光电系统不符合光电融合芯片定义，即便是通过一体化融合设计而成，也不被认为是光电融合芯片。物理光电融合有单片全集成和封装集成两种形式。就前者而言，所有的光子和电子器件均被集成在同一衬底。对于后者，光子部分和电子部分均是独立制备，然后通过封装的方式进行集成。物理光电融合并不意味着光子器件和电子器件的互连设计是一体化融合完成的。光子部分和电子部分可以被独立设计后，然后在同一衬底上进行制备。而不在同一衬底上的电子部分和光子部分，也可以在统一仿真平台上进行一体化融合设计，然后分别完成光子部分和电子部分的独立加工后，再通过封装的形式进行集成。光与电一体化融合信息设计可以通过单片全集成实现，也可以通过封装集成实现。对于光子器件和电子器件的互连设计而言，除去寄生方面的考虑外，全集成和封装集成并不会带来多少区别。我们使用光电融合集成电路设计或光电融合芯片设计来统一指代光子器件和电子器件的互连设计。由于目前并没有支撑光电一体化设计的成熟仿真工具，光电融合芯片设计仍是处于初步的发展阶段，相对物理光电融合而言，是更加新的研究领域。

3. 总结

光电全集成并不是发展光电融合芯片设计的前提条件。通过封装混合集成的形式满足实用化需求，同时通过规模化生产降低成本，形成利润收入后再投入技术升级逐步迈向片内融合，才可能最终形成产业迭代。电子系统经历了从分立到集成的漫长演进过程，光电融合芯片也将类似地经历从分离到融合的一个长期演化过程。扫清相关概念有助于我们更好借鉴集成电路的技术和组织经验，从而加快光电融合芯片的演化进程。

参考文献

- [1] 谭旻，“光电融合芯片：概念、挑战及进展”，2022华为海思混合信号技术峰会，东莞松山湖，8月6日，2022 <https://ephic.net/2022SongshanLakePub.pdf>
- [2] 谭旻，明达，汪志城，“从光子集成迈向光电融合集成电路：以微环波长锁定为例”，微纳电子与智能制造，vol. 1, no. 3, pp. 44 - 55, 2019.
- [3] M. Tan, Y. Wang, K. X. Wang, Y. Yu, and X. Zhang, “Circuit-level convergence of electronics and photonics: basic concepts and recent advances,” *Front. Optoelectron.*, vol. 15, no. 1, p. 16, Dec. 2022.

文章已于2024-02-21修改

喜欢此内容的人还喜欢

光电相关概念探讨
光电融合芯片



北美集成电路的光电融合发展趋势

光电融合芯片



分离与融合的概念探讨

光电融合芯片

