

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0367-04

# 带光输入光输出窗口的 CMOS-SEED 集成芯片

徐 军 曹明翠 罗风光 周新军 万安君

(华中科技大学激光技术国家重点实验室, 武汉 430074)

**提要** 带光输入光输出窗口的 CMOS-SEED 集成芯片, 充分发挥了电的逻辑优势和光的互连优势。设计了 CMOS 集成电路版图, 在 HP 公司采用 0.35  $\mu\text{m}$  的生产工艺投片, 由 Bell 实验室提供 SEED 列阵并完成倒装焊工艺, 成功研制出了带光输入光输出窗口的 CMOS-SEED 集成芯片。并用该芯片设计制作了自由空间  $16 \times 16$  Crossbar 光学交换模块, 实现了  $16 \times 16$  光信号的 Crossbar 网络交换。

**关键词** CMOS-SEED 芯片, 光窗口, 光交换

**中图分类号** TN47 **文献标识码** A

## CMOS-SEED Integrated Chip with Input/Output Optical Windows

XU Jun CAO Ming-cui LUO Feng-guang ZHOU Xin-jun WAN An-jun

(National Lab. of Laser Technology, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074)

**Abstract** CMOS-SEED integrated chip with input/output optical windows combine the advantages of electrical logic processing and optical interconnection. The layout of CMOS integrated circuit is designed. The chip is fabricated with 0.35  $\mu\text{m}$  processing technique in HP Company and flip-chip bonded SEED device is performed by Bell Lab. . The CMOS-SEED integrated chip with input/output optical windows is developed successfully. A  $16 \times 16$  free-space crossbar photonic switching module with CMOS-SEED integrated chip is designed and fabricated. The functions of  $16 \times 16$  crossbar photonic switching are implemented.

**Key words** CMOS-SEED chip, optical window, photonic switching

## 1 引 言

由于信息通信网的开通, 多媒体业务的应用, 高速计算机数据文件的传送, 通信业务急剧增加, 要求通信交换系统设备向着宽带大容量方向发展。并行处理高性能计算机系统的运算速度向着千亿次、万亿次的方向发展。在传统的通信交换系统设备中, 由于“电互连”的有限带宽引入的信号严重失真、串话、时钟歪斜等固有缺点, 使得发展更宽带宽、更大容量的系统设备将十分困难和昂贵。而光学的优势在于它的巨大传输能力; 电子的优势在于强大的逻辑处理能力。在高性能的信息处理系统(如宽带通信交换系统和大规模并行处理机系统)中, 既需要有强大的逻辑处理能力, 也需要有大量的高速数据交换。如果能将它们集成在一起, 就可以充分发挥电的逻辑优势和光的互连优势。因此, 带光输入光输出窗口的大规模集成电路得到了飞速发展, CMOS-SEED 芯片已研制成功并接近实用化。美国

Honeywell Technology Center 和 Bell-Labs 都有 CMOS-SEED 芯片研制成功的报道。这些 CMOS-SEED 芯片的研制成功, 为探索宽带、大容量的光交换和光互连系统设备奠定了坚实的基础<sup>[1,2]</sup>。我们通过国际合作的方式成功研制出了带光输入光输出窗口的 CMOS-SEED 集成芯片。

## 2 CMOS-SEED 芯片研制

带光输入光输出窗口的 CMOS-SEED 集成芯片是采用倒装焊的制作工艺把 CMOS 大规模集成电路和 SEED 光电子器件结合起来。制作时首先分别利用硅 CMOS VLSI 工艺及 GaAs SEED 工艺, 制作硅 CMOS VLSI 电路及 SEED 列阵; 再在两种芯片表面特定位置淀积焊柱; 然后将两种芯片面对面精密对准、焊接; 最后去除 SEED 背面的 GaAs 衬底。单个 CMOS-SEED 器件的结构如图 1 所示。CMOS 芯片和 SEED 列阵采用倒装焊技术扣焊在一

起,焊盘为微米量级,作为光接收和光调制器的 SEED 像元是有高速率、高灵敏度和低功耗,光开关速率可达 10 ps 量级的光电子器件,SEED 像元光窗口的大小为  $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$ ,间距为  $250\ \mu\text{m}$ 。SEED 光窗口接收到的光信号进入 CMOS 电路,经多级放大,由路由控制电路选通路由后,交换到 SEED 光窗口驱动电路的输入端,调制抽运光源,将交换后的信号由 SEED 光窗口输出。CMOS 电路用  $16 \times 16$  选 1 开关来完成  $16 \times 16$  Crossbar 交换矩阵功能。我们采用了  $0.35\ \mu\text{m}$  的技术进行 CMOS 版图设计。芯片中 SEED 探测像元的接收放大电路和 SEED 调制像元的驱动电路  $0.35\ \mu\text{m}$  版图由 Bell 实验室提供,CMOS 芯片在美国惠普公司采用  $0.35\ \mu\text{m}$  的生产工艺流片,CMOS 芯片上的 SEED 光窗口列阵由 Bell 实验室提供,并在 CMOS 芯片倒装焊上  $10 \times 20$  个 SEED 的光窗口列阵。整个 CMOS-SEED 电路版图如图 2 所示。最后制作成的带光输入光输出窗口

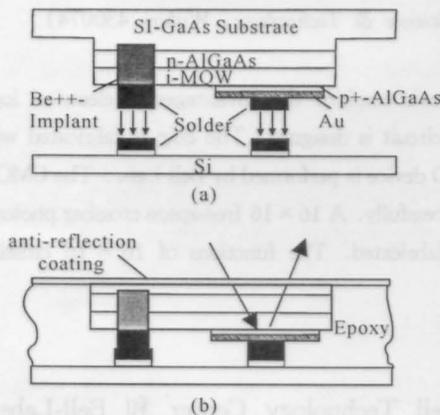


图 1 单个 CMOS-SEED 结构图。

(a) 倒装焊前;(b) 倒装焊后

Fig. 1 Configuration of CMOS-SEED unit. (a) Before flip-chip bonding; (b) After flip-chip bonding

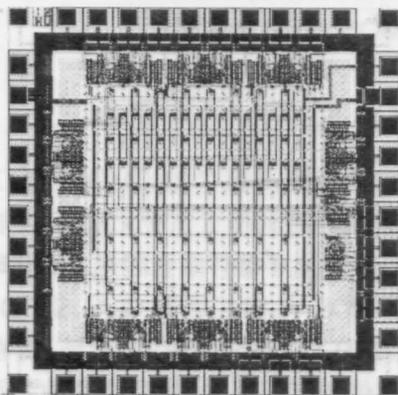


图 2 CMOS-SEED 电路版图

Fig. 2 Circuit layout of CMOS-SEED chip

表 1 16 个输出端口光信号的对比度测试结果

Table 1 Test result of the ratio of the reflectivity on the output ports of 16

window No.	Control states		ratio of reflectivity
	off	on	
0	55	71	1.36
1	50	62	1.30
2	42	55	1.41
3	45	58	1.37
4	47	63	1.43
5	43	59	1.48
6	50	67	1.42
7	50	65	1.37
8	55	73	1.40
9	44	57	1.38
10	38	53	1.53
11	53	73	1.46
12	53	69	1.37
13	45	62	1.48
14	47	65	1.48
15	43	55	1.36

CMOS-SEED 集成芯片  $10 \times 20$  光窗口阵列照片如图 3 所示,其局部光窗口的放大照片如图 4 所示,照片中发亮的圆点为光窗口。由于 SEED 光窗口对不同波长光的反射率不同,并且在同一波长下每个 SEED 光窗口的反射率也有差异,我们在所用的抽运激光波长  $852\ \text{nm}$  下(根据 SEED 芯片特性选取的抽运激光源)测试了 16 个 SEED 光窗口的对比度,即高态和低态反射率之比,其对比度约为 1.42,达到较好水平,均匀性也满足要求,如表 1 所示。表 1 中的测试条件为:工作电流  $30\ \text{mA}$ ,工作电压  $7\ \text{V}$ ,噪音 10。我们还测试了 CMOS 集成电路的电逻辑,

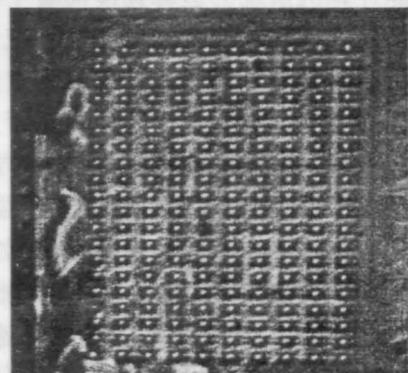


图 3  $10 \times 20$  CMOS-SEED 芯片光窗口照片

Fig. 3 Photograph of  $10 \times 20$  light windows of CMOS-SEED chip

完全与设计相符合。

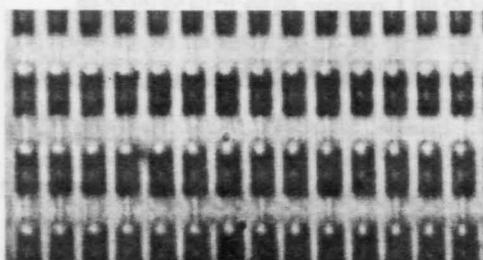


图 4 CMOS-SEED 芯片的局部光窗口照片  
Fig.4 Part optical windows of the CMOS-SEED chip

### 3 CMOS-SEED 集成芯片的应用

带光输入光输出窗口的 CMOS-SEED 集成芯片将光学的优势和电子的优势集成在一起,充分发挥了电的逻辑优势和光的互连优势。我们利用带光输入光输出窗口的 CMOS-SEED 集成芯片,研制了自由空间光学 Crossbar 网络交换系统,其结构示意图如图 5 所示。系统中调整的数据信号由光纤通过 CMOS-SEED 集成芯片的光窗口输入输出,而较低速的控制及其他信号由芯片的管脚输入输出,这样可以使高速的数据信号的传输速率得到成倍提高。

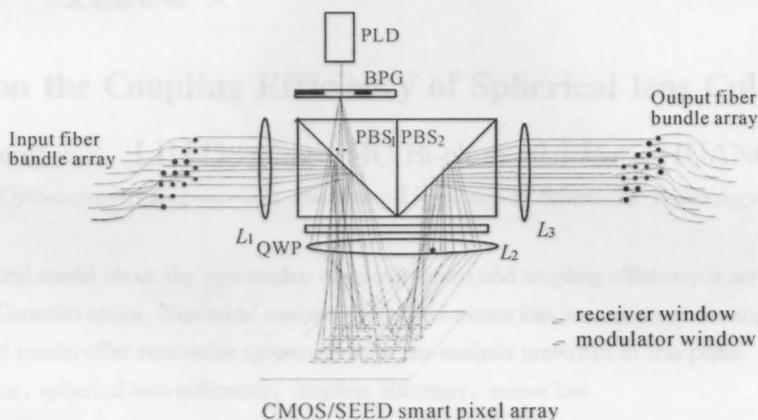


图 5 自由空间光学 Crossbar 交换网络系统结构示意图

Fig.5 Schematic diagram of free-space optical crossbar switching network system configuration

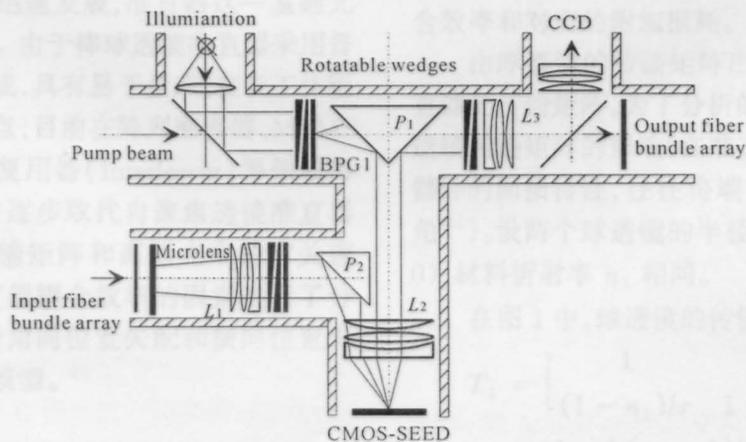


图 6 自由空间光学 Crossbar 网络交换模块的光学系统

Fig.6 Optical system of the free space optical crossbar switching module

自由空间光学 Crossbar 网络交换模块的光学系统如图 6 所示。输入信号光从输入光纤束接口组件进入模块,经过微透镜列阵,准直透镜组  $L_1$ ,被棱镜  $P_2$  反射,经过物镜组  $L_2$ ,成像到 CMOS-SEED 芯片的 SEED 探测像元阵列光窗口上。一束准直的抽运

光经过相位计算全息光栅分束器,被棱镜  $P_1$  反射,透过棱镜  $P_2$  的中心,最后经过物镜组  $L_2$ ,在 CMOS-SEED 芯片表面形成  $2 \times 8$  的光束点阵,一对一射在 SEED 调制像元光窗口上。该抽运光在 SEED 调制像元光窗口的调制下,从 SEED 光窗口

