

FET-SEED 灵巧像素光开关结点的设计*

刘中林 曹明翠 李洪谱 万安君 李再光

(华中理工大学激光技术国家重点实验室, 武汉 430074)

提要 采用 FET-SEED 灵巧像素技术分别设计出了直接控制方式下(2,1,1)结点(或 2×1 结点), 直接控制和嵌入控制方式下(2,2,2)结点及 2×2 结点, 为制作这些器件提供了依据。

关键词 光交换网络, 灵巧像素, 光开关结点

1 引言

自由空间光交换网络在进行信息交换时, 具有高带宽、高并行性、低信号歪斜、低通道串话以及低系统功耗等优点, 这将在光互连并行计算机系统、高速宽带通信交换系统中得到应用。目前, 自由空间光交换作为一种宽带交换技术, 正逐步用来实现宽带综合业务数字网(B-ISDN)中的宽带交换, 即 ATM 交换^[1,2]。

自由空间光交换网络中需要使用多个二维列阵的光逻辑器件作为光开关结点以实现光学多级互连网络。这种光逻辑器件采用高速的量子阱自电光效应器件(SEED)制成。最初用对称自电光效应器件(S-SEED)来实现光开关 2-模式结点, (2,1,1)结点及(2,2,2)结点^[3]。但在实现一个(2,1,1)结点列阵时需两块 S-SEED 器件列阵, 实现一个(2,2,2)结点列阵时需三块 S-SEED 器件列阵, 而且这些器件列阵间需复杂的光连接硬件^[4], 这大大增加了系统的复杂性和费用。虽然用 S-SEED 能方便地实现 2-模式结点, 但采用 2-模式结点的网络其性能远不如采用(2,1,1)结点或(2,2,2)结点的网络。另外, 在实现(2,1,1)结点或(2,2,2)结点列阵时, 大量使用 S-SEED 器件大大增加了系统的功耗。因此, 近年来不再使用 S-SEED 实现光开关结点, 而采用 FET-SEED 灵巧像素技术来实现光开关结点。目前, 4×4 列阵的嵌入控制方式 FET-SEED (2,1,1)结点已实现 155 Mb/s 的系统运行, 但嵌入控制方式的(2,2,2)结点和 2×2 结点有待设计和制作。

本文提出了嵌入控制方式的(2,2,2)和 2×2 FET-SEED 灵巧像素光开关结点的设计, 另外, 由于直接控制方式的结点具有结构简单、控制方便、制作容易等特点, 仍会受到重视。故本文还设计了直接控制方式的(2,1,1)结点, (2,2,2)结点和 2×2 结点。这些设计为制作这些重要器件提供了依据, 既适合于单片集成, 也适合于混合集成。我们将采用混合集成的方式试制这些器件。

* 国家 863 高技术基金和国防科工委预研基金资助项目。

收稿日期: 1995年8月10日; 收到修改稿日期: 1995年12月1日

2 FET-SEED 灵巧像素(2,1,1)光开关结点

在光电子集成技术中,将光接收器件、光发射器件(或光调制器件)及电子逻辑单片集成在一起,便构成了灵巧像素。FET-SEED 灵巧像素中光接收器、光调制器均采用 SEED 器件制成,而电子器件用场效应晶体管制成。在最初的 FET-SEED 器件中,GaAs 场效应晶体管与 SEED 器件首次成功地进行了单片集成^[5],随后,FET-SEED 灵巧像素技术有了较大发展^[6],采用了平面工艺,电子逻辑更复杂。

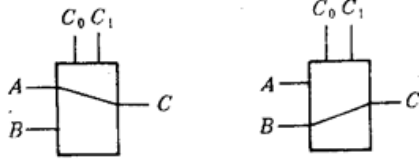


Fig. 1 Possible (2,1,1) node configurations

光开关(2,1,1)结点有两个光输入通道,一个光输出通道,图 1 为逻辑图。图 2 为设计的直接控制方式 FET-SEED 灵巧像素(2,1,1)结点的电路图。它包括两个光接收器、一个光调制器、一个倒相器及一根外部控制线。光接收器的目的是将光信号转变成电信号,电子逻辑

对电信号进行灵活处理,并利用电子器件提供的增益,使 FET-SEED 器件的光开关能量与 S-SEED 相比大大降低。光调制器的目的是通过对等强度的时钟光束列阵(由 BPG 光栅分束器产生)进行调制,将电信号又转变成光信号。光接收器和光调制器均采用差分逻辑,或称双轨逻辑。这里,灵巧像素技术同时利用了电子器件的灵活性与光子器件的高速光处理能力,将两者的优点有机结合起来。目前,由于现有光电子集成技术的限制,电子逻辑不能过于复杂。

结点中的电子逻辑器件的制作采用缓冲 FET 逻辑(BFL)。其所有的 FET 均为 *n*-沟道耗尽型,采用 BFL 的优点是器件具有高的噪声容限,高的速度,大的扇出能力,工艺难度也不大。所有 FET 均为短沟道器件,栅长约为 1 μm,栅宽约为 10~30 μm。在光调制器中包含两个双栅 FET,通过控制位完成对信号的选通。在光接收器中采用了钳制二极管技术。这是由于两个 SEED 之间的结电压在器件工作时约等于其偏置电压 +5 V 或 -5 V,而 FET 栅极很薄,为防止击穿,需用一对钳制二极管以控制到达 FET 栅极上的电压,钳制二极管为 Schottky 二极管。结点中其余 Schottky 二极管起到电平移位的作用。

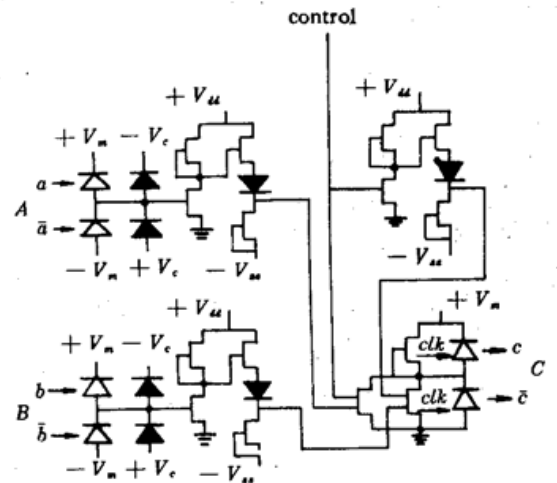


Fig. 2 The FET-SEED smart pixel (2,1,1) node based on direct control

该(2,1,1)结点在工作时,外部控制线 Control 可输入两种控制信号“高”或“低”。当 Control 为“高”时,输出 $C = \text{输入 } A$,当 Control 为“低”时,输出 $C = \text{输入 } B$ 。

这种(2,1,1)结点可做成阵列,每个结点有一根外部控制线,所有外部控制线都接到网络的控制系统中,进行直接控制。采用直接控制方式有一些缺点:(1)逻辑芯片外部引线过多;(2)引线的带宽限制了控制加载的速度;(3)不能完成信元的自选路由功能。嵌入控制方式^[7]正是为了试图解决这一问题,为此而设计的(2,1,1)结点见文献[2]。但直接控制方式的结点中由于没有控制存储器,电子逻辑比较简单,从而制作比较容易,因此仍将受到重视。

(2,1,1)结点也可称为 2×1 结点,因此图 2 也是直接控制方式的 2×1 结点。

3 FET-SEED 灵巧像素(2,2,2)光开关结点

(2,2,2)结点有两个输入通道,两个输出通道,并具有广播功能,见图 3。

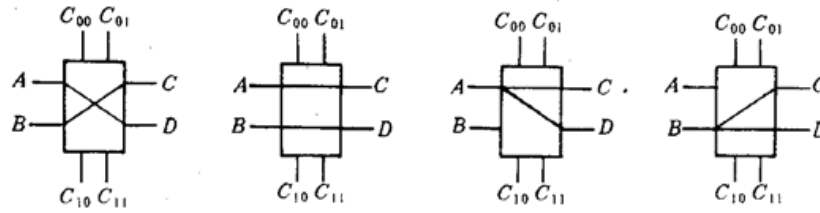


Fig. 3 Possible (2,2,2) node configurations

用 FET-SEED 实现直接控制的(2,2,2)结点如图 4 所示。它包含两个光接收器、两根外部控制线、两个倒相器、两个光调制器。两根外部控制线 Q 和 R 可输入四种控制信息,分别实现结点的四种功能,见表 1。

Table 1 Functions of a (2,2,2) node

Q	R	Outlet C	Outlet D	Functions
High	High	A	B	Bypass
Low	Low	B	A	Exchange
Low	High	A	A	Upperbroadcast
High	Low	B	B	Lowerbroadcast

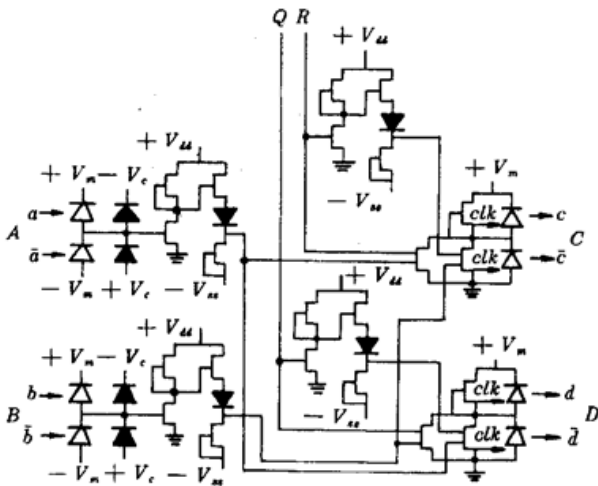


Fig. 4 The FET-SEED smart pixel (2,2,2) node based on direct control

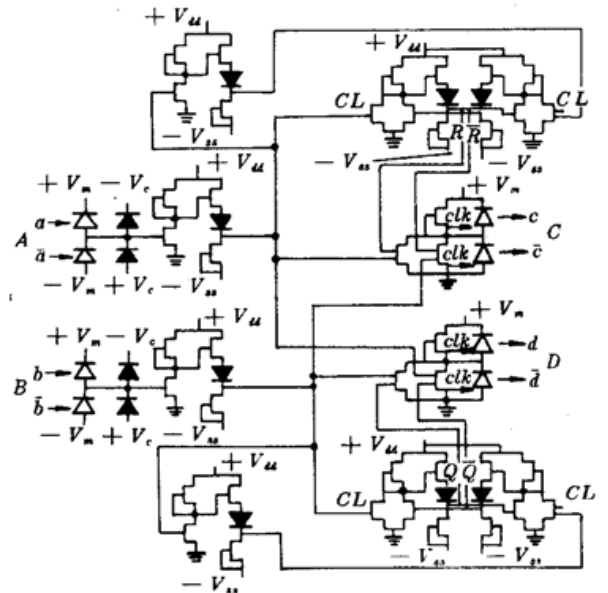


Fig. 5 The FET-SEED smart pixel (2,2,2) node based on embedded control

嵌入控制方式的(2,2,2)结点见图 5,它包含两个光接收器、两个倒相器、两个控制存储器、两个光调制器。两个控制存储器存储着四个控制位 R, \bar{R}, Q, \bar{Q} ,以控制结点的开关方式,见表 1。控制信息从 A 通道和 B 道通同时以光信号方式注入。整个结点列阵有一个统一的控制信号 CL 。当 CL 为“高”时,结点处于控制注入模式,控制信息被注入。当 CL 为“低”时,控制信息被锁定,结点处于数据发送模式。

具有广播功能的(2,2,2)结点可实现网络的一对多连接。如果仅需实现一对一连接,可采

用 2×2 结点, 它只有直通和交叉两种功能, 见图 6。

直接控制的 FET-SEED 2×2 光开关结点见图 7, 它包含两个光接收器、一根外部控制线、一个倒相器、一个交叉/直通变换逻辑、两个光调制器。当 Control 为“低”时, 实现交叉功能, 当 Control 为“高”时, 实现直通功能。

嵌入控制的 FET-SEED 2×2 光开关结点如图 8 所示。它包含两个光接收器、一个倒相器、一个控制存储器、一个交叉/直通变换逻辑、两个光接收器。控制存储器存储着控制位 Q, \bar{Q} 。当 Q 为“高”, \bar{Q} 为“低”时, 实现直通功能, 当 Q 为“低”, \bar{Q} 为“高”时, 实现交叉功能。控制位以光信号形式从通道 A 注入, 整个结点列阵有一个统一的控制信号 CL , 与前面嵌入控制方式的结点列阵中所起的作用相同。

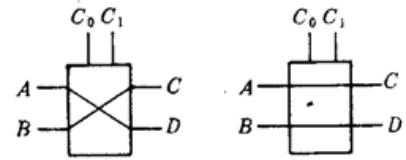


Fig. 6 Possible 2×2 node configurations

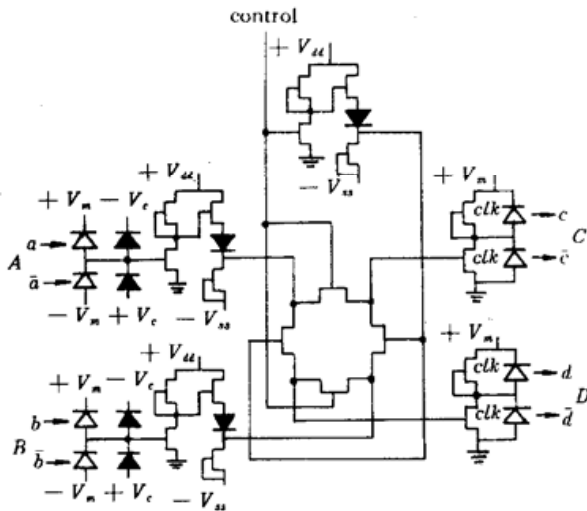


Fig. 7 The FET-SEED smart pixel 2×2 node based on direct control

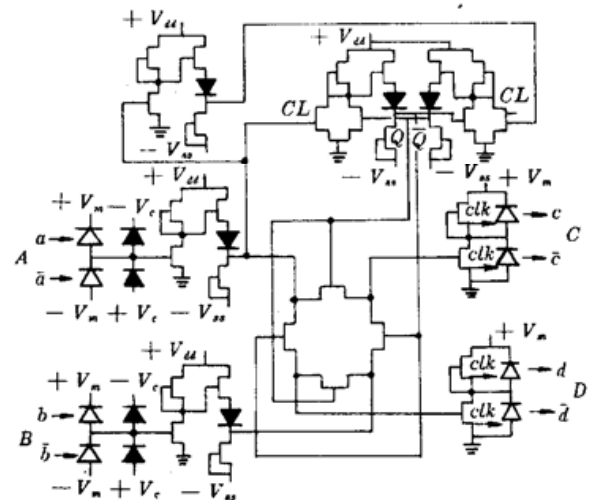


Fig. 8 The FET-SEED smart pixel 2×2 node based on embedded control

参 考 文 献

- 1 S. J. Hinterlong, H. M. Hall, Jr.. Bring photonics to broadband switching. *AT & T Technical Journal*, 1994, November/December, 71~80
- 2 F. B. McCormick, T. J. Cloonan, A. L. Lentine *et al.*. Five-stage free-space optical switching network with field-effect transistor self-electro-optic-device smart pixel arrays. *Appl. Opt.*, 1994, **33**: (8): 1601~1616
- 3 A. L. Lentine, T. J. Cloonan, F. B. McCormick. Photonic switching nodes based on self electro-optic effect devices. *Opt. and Quant. Electr.*, 1992, **24**(4): S443~S464
- 4 T. J. Cloonan, F. B. McCormick. Photonic switching applications of 2-D and 3-D crossover networks based on 2-input, 2-output switching nodes. *Appl. Opt.*, 1991, **30**(17): 2309~2323
- 5 D. A. B. Miller, M. D. Feuer, T. Y. Chang *et al.*. Field-effect transistor self-electrooptic effect device; integrated photodiode, quantum well modulator and transistor. *IEEE Photonics Technology Letters*, 1989, **1**(3): 62~64
- 6 L. A. D'Asaro, L. M. F. Chirovsky, E. J. Laskowski *et al.*. Batch fabrication and operation of GaAs-AlGaAs FET-SEED smart pixel arrays. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1993, QE-29(2): 670~677
- 7 T. J. Cloonan, G. W. Richards, A. L. Lentine *et al.*. Architectural issues related to the optical implementation of an EGS network based on embedded control. *Opt. and Quant. Electr.*, 1993, **24**(4): S414~S442

Designs of FET-SEED Smart Pixel Photonic Switching Nodes

Liu Zhonglin Cao Mingcui Li Hongpu Wan Anjun Li Zaiguang

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

Abstract Photonic switching nodes are important building blocks of free-space photonic switching networks. The direct control FET-SEED smart pixel (2,1,1) nodes (or 2×1 nodes), the direct control and embedded control FET-SEED smart pixel (2,2,2) nodes and 2×2 nodes have been designed, respectively. They may provide useful direction in making these devices.

Key words photonic switching network, smart pixel, photonic switching node

第十二届全国激光学术会议在武汉召开

由中国光学学会激光专业委员会、中国电子学会量子电子学与光电子学分会联合主办的第十二届全国激光学术报告会于1996年5月13日至15日在武汉华中理工大学召开。来自科研单位、高等院校、部队和企业等130余名专家学者及八位中国科学院院士和中国工程院院士出席了这次盛会。

大会开幕式由中国光学学会激光专业委员会主任邓锡铭院士主持。大会还进行了六个特邀报告：邓锡铭院士的“激光科技发展回顾与展望”；863强激光首席科学家杜祥琬的“国家863计划激光技术研究的若干进展”；钟景昌教授的“半导体激光的现状与未来”；刘倾豪教授的“色散缓变光纤中光孤子传输特性研究”；范品忠教授的“X射线激光的发展”；陈清明教授的“气体激光的约束放电激励理论与实验”。华中理工大学校长杨叔子院士以东道主身份在大会上作了热情洋溢的讲话。王大珩院士在大会上还回顾了我国第一台红宝石激光器的诞生，鼓励大家珍惜大好形势，努力向上，发展我国激光技术。

这次大会经节目委员会评审共录取论文317篇，论文报告的提要及45篇全文大会委托《激光与光电子学进展》杂志以增刊形式出版专辑。这些文章全面反映了近年来的激光研究进展以及激光在各个领域中的应用情况。大会分五个会场按四个专题（激光物理、激光技术、激光器件、激光应用）分别宣读论文。

大会最后还决定第十三次全国激光学术会两年后在广州召开。

(苏笑珍)