

谈谈光子计算机

王廷江

(西南农业大学基础部 重庆荣昌 402460)

1946年计算机的诞生是上世纪科学技术发展划时代的伟大成就之一,它的出现和发展极大地提高了人类处理信息的效率,从而促进了劳动生产力的极大解放。计算机的发展与普及改变了人们的工作方式和生活方式,已成为人们生活和工作的必需品。然而现在使用的计算机均为电子计算机,随着光子学和光子技术的发展,必将产生一种新型的计算机——光子计算机。本文简要谈谈光子计算机。

一、光子计算机及其特点

光子计算机是一种全新的计算机,是以光子作为主要的信息载体,以光子系统作为计算机的主体,以光运算作为计算机运算方式的计算机。与电子计算机类似,同样应当由具有计算功能的逻辑电路、记忆功能的存储装置和信息处理的传输系统三部分组成。由激光的放大和抑制,可实现“与”“或”“非”三种基本的逻辑运算,还可制成加法器、双向振荡器、单稳态和双稳态触发器等逻辑器件,以实现光运算。利用材料在激光的作用下光学性质发生变化的原理可以实现信息存取。由低损耗的光传输纤维和微激光器件、光学器件等构成的集成光路可实现光信息的传输和处理。虽然光子计算机还未诞生,但随着光子学和光子技术的发展,人们已能认识到光子计算机和电子计算机相比有其独特的优点。

光子计算机具有超高的运算速度。光子的传播速度是 3×10^8 米/秒,是电子传播速度的500倍,因而光子在互连导线中的信息交换将非常迅速。串行电子计算机的极限速度是 10^{10} 次/秒,由于光子计算机采用了非冯·诺伊曼工作方式,突破了电子计算机的“瓶颈效应”和时钟歪斜等限制,从而在理论上可以使光子计算机的计算速度达 10^{23} 次/秒,在技术上可实现 $10^{12} \sim 10^{15}$ 次/秒的计算速度和100Gb的传输能力。

光子计算机具有超并行性工作的能力。并行性就是同时处理多种信息的能力。光子不带电,彼此间不干扰,具有极好的空间相容性,由于这些特点,信息能多路并行流通、处理。目前,最新的并行处理的电子计算机通常具有 $N \times 1$ 并行性,其结构和运

算极其复杂,速度和精度也较低。光子计算机则不同,它可具有 $N \times N$ 的并行性,并行通信和并行处理信息的能力非常强。如处理有几十亿个分辨点的图像信息,光子计算机可以在一瞬间以光速同时处理完毕,若采用电子计算机来处理,则将耗费数小时甚至几天的时间,而且效果远比光子计算机差。光子计算机在同一系统中,既可处理连续信号、离散信号,又可同时处理模拟信号和数字信号。

光子计算机具有极高的信息存储能力。光子波长短,可以聚焦成很小的光斑,因而可以具有极高的信息存储能力。光存储器能够同时进行一维、二维和三维空间里存储信息,其信息存储量要比电子计算机高 $10^6 \sim 10^9$ 倍。利用光的衍射和干涉,还能实现高级的相关存储。

除以上特点外,光子计算机还具有通信频带宽、抗干扰能力强、容错性好等优点。

二、光子计算机发展的历程

光子计算机的发展是依托光子学和光子技术的发展。光学比电学古老,但在激光问世之前,光学的发展远落后于电学,其原因在于光不像电那样能作为动力源和信息的载体。1960年激光的诞生,这是光学发展史上重要的里程碑,也是光学发展史上的重大革命。激光以其优异特性,迅速应用于军事、工业、农业、生物医学、通信、日常生活等领域。随着激光技术的飞速发展,激光的应用也日益广泛和重要,在此基础上光子学应运而生了。1962年半导体激光器研制成功,为光子计算机中的光运算实现集成创造了条件。1963年开始出现光子计算机的设想和研究。20世纪60年代后期光纤的问世促使光通信的迅速发展,也为光子计算机中光信息的传输提供可能。在20世纪80年代,已经能够将激光器、激光放大器、激光衰减器和滤光片、透镜、光栅、光频调制器等光学元件以薄膜的形式制成集成光路,以实现光信号的快速运算、传输和处理。现在制成的光学器件的几何线度已能小于集成电路中的电子器件,并能将光电子器件与光波导器件制成单片全光能器件,真正做到体积小、性能稳定、效率高、功耗低

和使用方便。在 20 世纪 80 年代用于处理图像信息的激光模拟计算机已开始用于军事、资源探测、公安司法及其他尖端科学领域,并发挥越来越重要的作用。激光模拟计算机是由激光器、透镜组、光学滤波器、色散光栅、显示器及其他附件组成。其关键器件是光学空间频率滤波器,使得激光模拟计算机具有强大的图像处理能力,可使模糊的图像变清晰,可用来识别图像,可从杂乱的背景中取出所需要的图像。激光模拟计算机的图像信息处理,其速度之快和质量之高是电子计算机无法比拟的。另外激光存储技术、光显示技术的不断发展也为光子计算机的诞生打下坚实基础。

光子计算机的诞生是一种必然,除光子学和光子技术的发展为光子计算机诞生提供了理论和技术上的支撑外。人类的强烈需求也是诞生光子计算机的动力。在民用上,信息技术的 40 年是电子技术占主导,然而随着社会的发展,人们对信息的需求量飞速增大,纯电子载频能力已经不能满足人们对信息的大量和快速需要,信息的载体向光子发展是必然的,现在已实施光电混合通信,最终将实现全光通信,这就要求有与全光通信相适应的计算机。而电子计算机已发展得相当成熟,电子集成电路在进一步提高集成度和运行速度上越来越困难,这就要求采用一种新型计算机。在军事上,美国政府在 1983 年提出的“星球大战”计划以及近年来实施的“导弹

防御系统”,其实现的关键必须有超高速的计算机,而电子计算机是远远不能满足其要求。随着光纤维学、集成光学和光存储技术、集成激光器技术的迅速发展,其希望已寄托于光子计算机。美国正不惜工本投资加紧研制光子计算机,俄罗斯、欧盟、日本等也都不甘示弱,正在加紧研制之中,现已有单元样机展出。由此可见,诞生光子计算机基本条件已经具备,相信光子计算机的时代很快就会到来。

三、光子计算机的发展展望

电子计算机是从分离元件到集成电路逐步发展起来的。光子计算机的发展要借助于已有的电子计算机发展成功经验,采用集成器件,特别是微光子器件和微光学器件,走微型化、集成化的道路。今后光子计算机发展要主要依靠信息光子学、集成光子学与微结构光子学、光子源、光显示等。依靠光子产生和控制技术、光信息处理技术、光子存储技术、光子显示技术等光子技术。目前正在加紧进行微光学双稳态器件、光开关、空间光调制器、各种光逻辑门器件及其他集成光学器件的研制,加紧高性能集成光路薄膜的研制,以及激光存储技术和光显示技术的开发与应用,为全光子计算机研制成功创造条件。

计算机系统包括硬件和软件两大系统,二者是相辅相成、缺一不可的。因此,在注重光子计算机硬件研制开发的同时,也要注重其软件系统的开发。这也是光子计算机今后研制开发中的一个重要的组成部分。

科苑快讯

激光能完全净化放射性废料

巨型激光器可以将放射性废料的半衰期从数百万年缩短到短短的几分钟,正如英国苏格兰格拉斯哥市斯特列特克莱德大学肯·莱丁格汉博士指出的,巨型激光器不仅可以完全解决放射性废料问题,而且可以使废料毒性降低 100 倍,莱丁格汉博士是英国和德国科学家小组的研究负责人。

科学家借助于“火山”激光器做到这一点,“火山”激光器是由英国牛津卢瑟福实验室研制像一座小旅馆一样大小的装置。借助于“火山”激光器,他们曾将碘 - 129 原子转变成碘 - 128 原子,碘 - 129 原子的半衰期为 1570 万年,而碘 - 128 原子的半衰期仅为短短的 25 分钟。众所周知,碘 - 129 是众多放射性废料中的一种,是在核反应堆燃烧铀时产生的废料,现在它们只能利用核工业方法进行再处理或埋藏。

“火山”激光器能产生强大功率——千万亿瓦的短暂放电,这些脉冲会对准细小的金粒,金粒会产生足够强的伽马射线,以便从碘 - 129 中轰出单独的中子,同时将碘 - 129 转变成碘 - 128。莱丁格汉博士认为,“火山”激光器同样适用于钨 - 99、铯 - 90 和铯同位素,不过,对于其他长寿命同位素(如钷和钷)需要另一种工艺过程来处理。核废料也可以借助于反应堆或粒子加速器来进行再处理,为了使激光变换能与反应堆或粒子加速器相竞争,必须研制小型、“台式”激光器,小型激光器与 30 年前已今非昔比。除此之外,激光处理需要消耗大量电能。“火山”激光器必须向一块质量为 46 克的碘 - 129 轰击 1017 次,才能使全部的碘 - 129 原子转变成碘 - 128 原子。因此,要处理完一个核电站的放射性废料,需要在核电站附近再建造几所核电站,以便向这些巨型激光器供电。

(周道其译自《乌克兰新闻时报》2003/8/29)