**光计算**

第一章 当前计算技术的瓶颈

1.1 热效应

在芯片技术高速发展之后，摩尔定律逐渐失去了作用。当前芯片随着晶体管密度的逐渐增大，耗散功耗呈指数级上升，当前的散热技术已经无法满足高性能计算带来的热量。而且随着芯片制程的缩小，导致漏电流产生的静态功耗严重，整个芯片功耗增大

1.2 光刻工艺

当前的光刻精度已接近物理极限，制造技术到达了瓶颈。晶圆厂通过改进光刻工艺参数，不断缩小特征尺寸。现在的EUV光刻机极限能做到3nm的制程，但是更小制程工艺带来了成本高，速度慢，成品率低的问题。

1.3 量子效应

当栅极沟道长度小于10nm时，量子效应会占据主导，物理器件会理论上无法解决的量子隧穿、量子散射等现象。这些现象导致了电学性质的不稳定，无法预测，也就是从理论上封锁了更进一步的发展。

第二章 光计算技术

2.1 基础概念

光计算是以光子作为信息传输的载体，基于光学计算单元构建计算系统，通过必要操作实现信息处理或数据运算。

2.2 光计算的区分

光计算有模拟光计算与数字光计算的区分。模拟光运算是指利用光学器件自身特性来进行特定的运算，是专用计算，例如使用折射进行光学的傅里叶变换。有着高带宽，并行计算，低功耗等特点，但是精度受到限制，且只能用于专用计算。数字光运算则是利用光和光学器件的组合来实现经典的逻辑门，属于通用计算。最核心的是半导体光放大器，能够实现的运算。两个结合则能实现XOR运算。但是有着发热高功耗高，串行计算，严重依赖先进制程，时延大等缺点。

2.3 当前的发展现状

2021年12月15日，曦智科技公司发布了其最新高性能光子计算处理器PACE，单个光子芯片中集成超过10,000个光子器件，运行1GHz系统时钟，运行特定循环神经网络速度可达目前高端GPU的数百倍。PACE利用光执行向量矩阵算法，整个计算是被动的，不会消耗任何能量，并且仅需几分之一纳秒。这对于需要大量矩阵计算的任务，例如科学计算，工程模拟，人工智能等领域有着重大的提升。

参考文献

Hamerly R . The Future of Deep Learning Is Photonic: Reducing the energy needs of neural networks might require computing with light[J]. IEEE Spectrum, 2021, 58(7):30-47.

Zhou, Hailong, et al. "Dielectric Metasurfaces Enabled Ultradensely Integrated Multidimensional Optical System." Laser & Photonics Reviews (2022): 2100521.

Cheng, Junwei, Hailong Zhou, and Jianji Dong. "Photonic Matrix Computing: From Fundamentals to Applications." Nanomaterials 11.7 (2021): 1683.

Zhou, Hailong, et al. "Photonic matrix multiplication lights up photonic accelerator and beyond." Light: Science & Applications 11.1 (2022): 1-21.