

资讯科技孙渝茗报告

by 孙渝茗 SUN YUMING

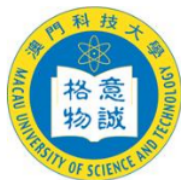
Submission date: 18-Dec-2023 05:06PM (UTC+0800)

Submission ID: 2257734805

File name: 131857__SUN_YUMING__581207_1987557642.docx (1.49M)

Word count: 5930

Character count: 7158



MACAU UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

硅基光量子芯片技术相较于传统硅基芯片
的优势与在基因研究中的潜力及发展前景

班 级 : GIT001 D09

姓 名 : 孙 渝 茗

学 院 : 医 学 院

专业: 食品营养与科学

学号:1220004821

二〇二三年

摘要：

在算力日益成为制约人类目前发展水平的当下社会，新一代技术芯片—光量子芯片得到了人类前所未有的关注度，本报告将通过对比光量子芯片与传统硅基芯片的区别，以及他们在研究基因时的优劣，详细介绍光量子芯片相对于传统硅基芯片的进步之处。本文主要选取了中国知网 CNKI，WIKI PEDIA,WEB OF SCIENCE,PROQUEST 的多篇文献以及互联网平台的相关文章进行研究。包括学士学位论文，期刊文章，新闻报道等多种不同文献形式。并通过阅读、分析、整理有关文献材料（文献法）来整合不同平台，不同作者，不同角度的学术观点，进而正确归纳，研究目前光量子芯片的优势所在。同时，本文通过对不同文献的主要内容进行文本统计分析，并对照各个文献的发表日期来确认目前光量子芯片的科学研究进展。本文研究发现，光量子芯片在诸多方面相对于传统硅基芯片有着巨大的优势，而在基因研究领域，这种算力上的优势显得尤为明显，但在目前阶段，硅基光量子芯片仍处于“实验室阶段”，还无法像传统硅基芯片那样实现大规模工业生产。

关键词：光量子技术、硅基光量子芯片，传统硅基芯片，

基因研究，致病基因研究方法，光量子芯片发展前景。

引言：

芯片，是构成现代社会运行系统最重要的基石之一，现代高精度芯片所带来的高算力更是与现代人的生活有着千丝万缕的联系。人工智能(AI)、大数据模型、区块链技术.....可以说，芯片的发展速度，决定了现代信息技术的发展速度。如今，随着传统芯片已逐渐濒临摩尔定律的极限，全球各大地区开始着手研发下一代半导体技术，也就是光量子芯片技术，中国，美国，欧盟均在光量子技术领域投入大量资金。中国公司图灵量子于 2021 年发布了国内首个全系统集成的商用科研级专用光量子计算机——TuringQ Gen 1,包括量子光源、光量子信息处理芯片、探测系统、专用光量子计算软件、光量子芯片 EDA 软件云接入、光量子计算操作系统(TuringQ OS)及量子云平台[15]，这也是全球首款商用光量子芯片计算机。

可以说，哪个国家在光量子技术领域处于前列，就意味着哪个国家拥有通往未来高算力计算机的门票，那么，硅基光量子芯片[2]与传统硅基芯片具有何种差距，而这种差距又将如何在基因研究领域发光发热？这样的问题值得我们去深思，本报告将详细介绍这一新兴技术的特点及其优势。

一.硅基光量子芯片与传统硅基芯片的区别

在许多人的观念中，量子计算机的形象有点像动物园里不苟言笑的大象，虽然具有强悍的实力，但却极其笨重，所用来完成的也大都是一些需要天文数字计算量的庞大

工程。与普通人的生活并无多少交集。而硅基光量子芯片技术则结合了传统芯片制造技术与光量子技术的优点。打破了人们对于传统量子计算的刻板认知。顾名思义，硅基光量子芯片技术以传统硅基集成工艺为基础，通过在单个芯片上集成化实现光子的产生、操控以及探测，为大规模光量子计算及量子信息处理实现提供了有效途径。而本报告将通过表格形式来说明传统芯片与光量子芯片的异同之处。

【1】传统硅基芯片示意图

硅基光量子芯片渲染图

首先先简单介绍一下目前两种技术的主要特点以及运行原理。

光量子芯片技术简介：光量子芯片技术（ Photonic quantum chip technology ）是一种使用光子作为信息传输和处理的基本单元的量子技术。[1]

光量子芯片技术利用光的特性，如量子态叠加、光的干涉和纠缠等量子特性，实现了量子计算和量子通信中的一些重要任务。与传统的电子量子技术相比，光量子芯片技术具有以下优势：

高速性能：光子传输速度快，可实现高速量子计算和通信。

光量子芯片原理【2】

传统硅基芯片（集成电路）技术简介：

硅材料特性：硅是一种半导体材料，具有控制电流流动的能力。通过高纯度的硅和加入杂质（掺杂）可以改变硅的电学性质。

PN 结构：芯片中最基本的元件是 PN 结（P-N Junction），由掺入不同杂质的硅区域组成。P 型区域富集正电荷（空穴），N 型区域富集负电荷（电子）。PN 结形成一个有向导电行为的界面。

晶体管：硅基芯片中最重要的组件是晶体管。晶体管是由 PN 结构组成的电子器件，分为三个不同的区域：发射区（Emitter）、基区（Base）和集电区（Collector）。

通过向基区施加适当的电压或电流，可以控制 PN 结的导电特性，从而控制晶体管的电流放大和开关行为。

逻辑门：逻辑门是芯片中用于实现逻辑运算的基本电路。常见的逻辑门包括与门（AND）、或门（OR）、非门（NOT）等。通过组合不同的逻辑门，可以实现复杂的计算和控制功能。

集成电路：硅基芯片中集成了大量的晶体管、逻辑门和其他电子元件。这些电路可以在芯片上进行微米级别的制造和布局。

	传统硅基芯片	硅基光量子技术芯片
相同点	基板材料：都使用硅作为芯片的基板材料。	
	集成度：都采用高度集成的制作方法将多个细小的电子功能组件集成在同一个芯片上。	
	前期制造技术：均需要通过电路蚀刻，沉积导电材料等方式制成细微电子以及光学元件	
	数据计算：二者最终功能都是为了处理外界数据以及通信	
	应用领域：二者均在多方面领域（医学，天文学，工程学）具有关键的作用。	
不同点	工作原理基于电子运输，使用电流和电压进行信息传递和处理。	利用光子作为信息传输和处理的基本单元，利用光量子特性进行量子计算和通信。
	由于介质为电子，易受外界环境的干扰（电磁干扰和热噪声）	由于光子与外界的相互作用较小，具有较高的抗干扰性
	起步较早，工艺成熟，生态稳定且丰富多样，能够大规模批量生产。	起步较晚，目前技术尚不成熟，适配设备较少，制作较为困难。难以大量生产
	提供较高的速度与带宽	速度更快，能够实现量子通信
	顺序计算	并行计算

【3】传统硅基芯片与硅基光量子芯片的对比

[1]: 由英特尔（Intel）创始人之一戈登·摩尔提出：集成电路上可以容纳的晶体管数目在大约每经过 18 个月到 24 个月便会增加一倍。换言之，处理器的性能大约每两年翻一倍，同时价格下降为之前的一半。

上述表格较为直观地介绍了二者之间的差异以及相同点，下面将详细列举硅基光量子芯片技术相较于传统硅基芯片的优势所在

优势点一：绕开摩尔定律^[1]？[20]

众所周知，随着传统硅基芯片上集成的电子原件数量越来越多，体积越来越小，截止至目前（2023/11/23），全球最先进的传统芯片制程为

3 纳米，制作工艺由荷兰 ASML 公司所掌控。随着晶体管数量不断逼近物理极限，量子隧穿效应^[2]所带来的问题愈发严重，电子失控引发的漏电导致了严重的发热以及功耗问题。可以说，目前人类芯片所能达到的最高水平已经逼近了摩尔定律的极限，而在日常生活中，我们也能明显感到近年来的芯片性能提升变得越来越迟缓。而光量子芯片提供了一种全新的 cpu 架构绕开传统硅基芯片的瓶颈——也就是摩尔定律的极限。传统硅基芯片算力受制于晶圆上集成的晶体管数量。而硅基光量子芯片利用光子来编码量子比特，通过对光子的量子操控及测量来实现量子计算而非传统的逻辑电路。在这种全新的 cpu 结构及运作原理前，摩尔定律的意义将不再重要，算力焦虑将在很长一段时间内不再困扰人类。

优势点二：更快的速度以及更高的运算效率？

在传统硅基芯片的逻辑电路中，一个比特的状态只能是“0”或者“1”而在硅基光量子芯片的逻辑门中，一个比特不但可以是“0”、“1”，还可以是“0”和“1”的叠加态。举个例子，在某一特定的时刻，4 个经典比特只能处于下列 16 种组合中的一种：

0000	0001	0011	0111
1111	1111	1110	1100

[2]: 指的是，像电子等微观粒子能够穿入或穿越位势垒的量子行为，尽管位势垒的高度大于粒子的总能量

1000	1010	1011	0110
1001	1101	0101	0100

而量子比特则并不受制于固定的逻辑电路所代表的可能性，由于量子的不确定性，4 个量子比特所能表示的可能情况有 2^4 种，也就是 16 种，量子比特数量越多， 2^n 中 n 也就越大，其能表达的情况也呈指数级增长，算力也就越高。可以说，光量子计算所带来的算力革命，将是目前人类普遍使用的硅基电子电路芯片所无法想象的程度。

优势点三：在发展 AI 方面更具有优势。

AI 在目前人类科学的前沿领域中是一个非常热门的领域，在文章《下一代 AI 算力“革命性技术”，台积电押注“硅光芯片”，芯片业“弯道超车”的机会出现了？》[3]提出：AI 的下一轮算力革命将有硅基光量子芯片引领。在很大程度上，AI 意味着人类的第四次工业革命。而 AI 作为一种模拟人脑工作原理的科技，其基础工作原理与人脑越接近，就意味着 AI 更接近人的思维本质，也就有着更高的工作效率。显然，目前的硅基芯片工作方式与人脑的运作相去甚远。以下为芯片最为关键的数据处理步骤：

数据输入和处理：芯片需要接收外部输入数据，如传感器数据、通信数据等。根据芯片的设计，它可以执行各种数据处理操作，如逻辑运算、算术运算、信号处理等。芯片中的电子元件（如晶体管、逻辑门等）可以根据输入信号的变化来执行相关操作。

由于传统硅基芯片本质上是一种小型集成电路，在数据处理步骤中，传统芯片更偏向于顺序计算，逐个处理接收到的电信号并发送指令，而硅基光量子芯片的每一个光子原件都可以看成是一个小型处理器，相当于数以亿计的处理器在并行处理接收到的信息，与人脑的神经元

信号并行处理有着极为类似的工作原理[12]，且光子的速度远远高于传统硅基芯片与人脑的电信号传输速度，在模拟人脑工作的同时拥有更高的运算效率，能够很好的破解当前 AI 发展所面临的困境。

二.为何硅基光量子芯片比传统硅基芯片更适合进行基因研究？

生物基因研究一直以来是一个困扰生物学界由来已久的一个领域。

下面将先简单介绍基因的研究步骤。

基因研究步骤主要为下列几步：

- 1.采集样本：从感兴趣的生物体中采集样本，可以是组织、细胞或体液等。样本的选择根据研究目的和样本可获取性进行。
- 2.DNA 或 RNA 提取：将 DNA 或 RNA 从采集的样本中提取出来。提取方法通常包括化学方法或商用提取试剂盒，可根据样本特性选择合适的提取方法。
- 3.DNA 或 RNA 质量检测 and 浓度测定：使用吸光光度测量仪或其他方法检测提取到的 DNA 或 RNA 的质量和浓度。确保样本质量符合后续实验的要求。
- 4.PCR 扩增：使用特定的引物（与待研究序列的两端互补）进行 PCR 扩增，将目标基因片段扩增出来。PCR 反应通常包括变性、退火和延伸等步骤，通过多次循环可以产生大量特定序列的复制。
- 5.凝胶电泳分析：将 PCR 扩增产物经过凝胶电泳分离和检测。凝胶电泳可用于确定 PCR 反应是否成功，及产品的大小和纯度，通过观察电泳带的迁移位置和强度等来识别目标基因片段。

6.测序：对 PCR 扩增得到的目标基因片段进行测序。常用的测序技术包括传统的 Sanger 测序和高通量测序技术（如 Illumina、Ion Torrent 等）。测序过程将目标序列的每个碱基的顺序进行测定，从而获得基因的完整序列。

7.数据分析和解读：通过将测序得到的数据与参考基因组或数据库进行比对，进行序列比对、变异鉴定和功能注释等数据分析。这些分析可以揭示基因的特征、突变是否与疾病相关以及基因的功能等信息。

而本报告将以面向基因表达数据的致病基因预测方法为例，说明为何在目前算力下研究基因是一件成本高昂的研究

1.确定并找出致病基因的常用手法为对比法，即将同种生物不同个体之间的基因序列进行对比从而找出致病基因，而自然界中的生物种类多样性以及个体数量的丰富度给这一方法带来了诸多挑战，目前人类大多将采集到的基因放入基因库当中，随着样本数量的提升，比对基因的难度也越来越大，传统硅基芯片也越来越难应付庞杂的数据整理。

2.目前所用的致病基因所用算法大多为相似性算法，大多数同种生物的基因序列绝大部分为相同序列，仅有少部分致病基因嵌入在基因组当中，这种算法的缺点是需要耗费大量资源来进行重复比对。一次完整的全基因比对的计算量是非常巨大的。在文章《基于并行计算的基因序列快速比对方法研究》[11]中提到：使用 B L A T 算法，将 3 5 0 万短读序列比对到人类基因组上，将花费 7 8 天的时间，耗费了大量的能源与时间成本。虽然可以通过多台大型服务器连接来实现“并行计算”来提高比对效率。但这将极大的提高研究基因的资源成本与财力。目前研究致病基因是一种只有少数头部机构或国家才具有的科技实力，在很大程度上限制了人类探索基因的步伐。可以预见，如果无法实现并行计算的小型化与普及，人类在研究致病基因方面将无

法有重大突破。

从上述资料中我们可以整理得下面两点：

1.基因库数据越来越多，比对难度提升

2.算法耗费大量时间，效率低下。

而光量子芯片所具有的优势恰恰是现阶段基因研究以及比对中所欠缺的部分。光量子芯片自身的高运行速度与所支持的更高运行效率，更高精度的 AI 可以更加游刃有余的整理基因库，并在需要时提取数据进行比对。此外，光量子芯片的小型化并行计算也能更好的适配基因比对中采用的相似性算法，提升研究及对比基因的效率，降低时间以及能耗成本，而硅基光量子芯片本身利于运输，普及的体积也有利于研究致病基因这一原本前沿的医学领域真正“飞入寻常百姓家”。大大提高人类比对致病基因，攻克疑难杂症的效率。

三.结论：

虽然硅基光量子芯片技术目前仍然处于开发阶段，距离大规模量产及使用尚有不小的距离，但从目前各国政府以及各大互联网公司，科技巨头们[18]的重视程度来看，一旦此技术得到推广以及普及，将会对目前人类科技前沿领域所有依赖高算力的部分产生翻天覆地的变化。以往困扰人类的算力从此将不再阻挡人类探索前沿科技的脚步。而在 21 世纪同样热门的基因研究领域也将摆脱踟蹰不前的窘境，在不远的未来，人类或许可以依靠这一技术，彻底摆脱遗传病的纠缠，步入更美好的明天。

参考文献：

- [1]强晓刚, 黄杰, 王洋, & 宋海菁. (2023). 硅基集成光量子芯片技术. *物理*, 52(08), 524-533.
- [2]国防科技大学成功研制新型可编程硅基光量子计算芯片. (2021). *信息网络安全*, 21(04), 98.
- [3]王眉(2023)下一代AI算力“革命性技术”，台积电押注“硅光芯片”，芯片业“弯道超车”的机会出现了？*华尔街见闻*
- [4]芯片原理 Wikipedia
- [5]基因检测方法 Wikipedia

- [6]钱童心. (2021-07-12). 突破算力瓶颈 专家称光量子芯片“离市场化很近”. A04.
- [7]张焕萍. (2009). 面向基因表达数据的致病基因挖掘方法研究 [博士, 南京航空航天大学].
- [8]马浩然, 李筱敏, 王曰海, & 杨建义. (2022). 硅基光子芯片研究进展与挑战. 半导体光电, 43(02), 218-229.
- [9]Krishnamoorthy, A. V., Cunningham, J. E., Zheng, X. Z., Shubin, I., Simons, J., Feng, D. Z., Liang, H., Kung, C. C., & Asghari, M. (2009). Optical Proximity Communication With Passively Aligned Silicon Photonic Chips. *Ieee Journal of Quantum Electronics*, 45(4), 409-414.
<https://doi.org/10.1109/jqe.2009.2013104>
- [10]Wei, Z. Y., Li, H. Y., Dou, L. Y., Xie, L. Y., Wang, Z. S., & Cheng, X. B. (2022). Metasurface-Based Quantum Searcher on a Silicon-On-Insulator Chip. *Micromachines*, 13(8), Article 1204.
<https://doi.org/10.3390/mi13081204>
- [11]杨睿. (2015). 基于并行计算的基因序列快速比对方法研究 [硕士, 浙江大学].
- [12]郭嘉俊. (2020). 基于硅基光子芯片的神经网络算法研究 [硕士, 北京交通大学].
- [13] Quantum computer Wikipedia
- [14] Zhang, Q. Y., Xu, P., & Zhu, S. N. (2018). Quantum photonic network on chip. *Chinese Physics B*, 27(5), Article 054207. <https://doi.org/10.1088/1674-1056/27/5/054207>
- [15]王新文, & 金贤敏. (2022). 光量子计算研究与应用. 信息通信技术与政策(07), 37-43.
- [16] Chen, X. J., Fu, Z. R., Gong, Q. H., & Wang, J. W. (2021). Quantum entanglement on photonic chips: a review. *Advanced Photonics*, 3(6), Article 064002. <https://doi.org/10.1117/1.Ap.3.6.064002>
- [17]硅基光量子芯片 Wikipedia
- [18]上海交大金贤敏团队：光量子芯片已取得阶段性成果，预计3-5年可进行产业化
- [19] 新华社华盛顿2021年2月27日电：中国主导国际团队研发新型可编程光量子芯片
- [20]陈彬. (2023-11-02). 超高速光电计算芯片“挣脱”摩尔定律. 001.

图片目录:

【1】图片来源：Google 搜索

【2】图片来源：《硅基集成光量子芯片技术》

【3】自制“硅基光量子芯片与传统硅基芯片的对比”

表格

资讯科技孙渝茗报告

ORIGINALITY REPORT

7 %

SIMILARITY INDEX

6 %

INTERNET SOURCES

1 %

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

q.stock.sohu.com

Internet Source

1 %

2

freewechat.com

Internet Source

1 %

3

zh.wikipedia.org

Internet Source

1 %

4

www.4hpparts.com

Internet Source

1 %

5

www.004cc.cn

Internet Source

1 %

6

actamicro.ijournals.cn

Internet Source

<1 %

7

Lü Yanyan, Fu Sanxiong, Chen Song, Zhang Wei, Qi Cunkou. " RNA-sequencing Analysis of Differentially Expressed Genes in Wild-type and -transgenic Arabidopsis Under Submergence Treatment ", Chinese Bulletin of Botany, 2015

Publication

<1 %

8	Guang-Ming GU, Jin-Ke WANG. "DNA-binding profiles of mammalian transcription factors", Hereditas (Beijing), 2012 Publication	<1 %
---	---	------

9	cdmd.cnki.com.cn Internet Source	<1 %
---	-------------------------------------	------

10	gd.sohu.com Internet Source	<1 %
----	--------------------------------	------

11	www.lzjsj.com Internet Source	<1 %
----	----------------------------------	------

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On