

# 量子处理器 纠错能力实现 指数增长

英国《自然》杂志近日发表一项量子计算最新成果：谷歌人工智能设计的量子处理器“悬铃木”实现了错误抑制的指数增长，该实验演示为可扩展容错量子计算机的开发铺平了道路。这一结果被认为翻开人类计算能力的新篇章，因为它表明量子纠错可以成功将错误率控制在一定范围内，并逼近量子计算机潜力的阈值。

量子计算的一个目标就是以指数级倍数超过传统经典计算机的速度，去执行特定计算任务。但量子计算机和经典计算机一样，很容易出现由底层物理系统“噪声”引起的错误。行之有效的解决办法，是在计算机操作中加入一种能在错误出现时发现并纠正这些错误的方法。一种量子纠错方法使用量子纠错码，通过将多个量子比特（量子信息的单位，对应经典计算机的比特）当作一个逻辑量子比特，从而在不破坏逻辑量子比特中存储信息的情况下，发现并纠正错误。但为了实现量子计算的潜力，逻辑错误率必须保持在很低的水平。

此次，美国谷歌的研究人员朱丽安·凯利及其同事，研究了“悬铃木”处理器的量子纠错能力。“悬铃木”包含一个54超导量子比特的二维阵列。研究团队运行了两种量子纠错码：一种是最多由21个量子比特组成的一维链重复码，用来测试错误抑制能力；另一种是由7个量子比特组成的二维表面码，作为与更大码的设置相容性的原理验证实验。

科学家团队的研究表明，将重复码基于的量子比特数量从5个提高到21个，对逻辑错误的抑制实现了最多100倍的指数增长。这种错误抑制能力在50次纠错实验中均表现稳定。

这些结果之所以令人振奋，是因为它们表明量子纠错可以成功将错误率控制在一定范围内。虽然这个错误率还没达到实现量子计算机潜力的阈值，但此次最新的结果表明，“悬铃木”架构或已逼近这一阈值。（张梦然）



# 安装在芯片上的粒子加速器

在斯坦福大学的一处山坡上，SLAC国家加速器实验室（SLAC National Accelerator Laboratory）里运行着一台超过3千米长的科学仪器。在这个巨大的加速器中，有一股电子在真空管道中流动，被微波辐射推动着不停加速向前，直到速度接近光速，形成大功率的粒子流。世界各地的科学家用这光束探测无机和生物材料的原子及分子结构。

现在，斯坦福大学和SLAC的科学家们首次开发了一个能够加速电子的硅芯片。尽管只能加速到大型仪器速度的百分之一，但它的长度还不到一根头发的直径，使用红外激光推动这些粒子加速，所达到的能量是微波推进许多英尺才能达到的。

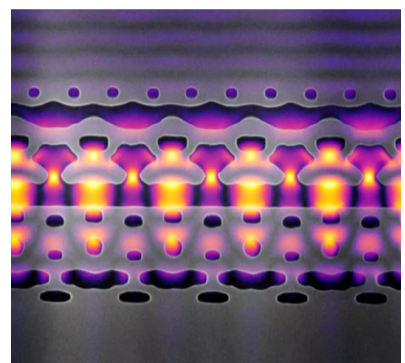
在出版的《科学》杂志中，电气工程师叶连娜·弗科维克领导的研究团队解释了他们如何在硅中雕刻纳米通道，将其密封形成真空，并通过这个通道发送电子。硅对于红外线是透明的，就像玻璃对可见光那样，因此红外线脉冲会透射过硅通道的壁，加速通道内的电子。

在《科学》杂志上展示的芯片加速器只是一个原型，但弗科维克说，它的设计和制造技术可以进行规模化，直到能将粒子束加速到所需的速度，用于化学、材料科学和生物学领域中一些不需要大型加速器能量的前沿实验。

弗科维克说：“最大的加速器就像大型望远镜。世界上只有几个，科学家必须到类似SLAC的地方来使用

它们。我们将加速器技术小型化，使其成为更容易获得的研究工具。”

这个科研团队的成员将这种方法类比于计算机从大型机发展到较小但仍然有用的个人电脑。这篇论文的共同作者之一、物理学家罗伯特·拜尔说，芯片上的加速器技术也可能引领



新的癌症放射疗法。再次强调，这是一个尺寸问题。如今的医用X光机有房间那么大，它发出的射线很难只聚焦在肿瘤上，因此需要患者穿上铅衣防护服，将附带损害降到最低。

“在这篇论文中，我们开始展示这种可能性，即将电子束辐射直接发射到肿瘤上，而不影响健康组织，”拜尔说道。他领导着一个芯片加速器国际项目（Accelerator on a Chip International Program），或简称为ACHIP，目前的研究就是这个项目的一部分。

在这篇论文中，弗科维克和论文的第一作者，研究生尼尔·萨普拉解

释了他们的团队如何制造这种芯片，并发射红外光脉冲，透过硅在恰当的时间以恰当的角度轰击电子，使电子不停地逐渐向前加速。

为了实现这个目标，他们颠倒了设计过程。在传统的加速器中，比如SLAC的加速器，工程师们通常会起草一个基本设计，然后运行模拟计算来安排微波加速的实际位置，以提供最大的加速度。但是，微波从波峰到波谷约有10厘米，而红外线的波长只有人类头发的十分之一。这种差异解释了为什么与微波相比，红外线可以在短得多的距离内加速电子。但这也意味着该芯片的尺寸必须只有传统铜结构加速器的十万分之一，这就需要一种基于硅集成光子学和光刻技术的工程新方法。

弗科维克团队使用实验室开发的反向设计算法解决了这个问题。这些算法允许研究人员逆向设计，通过具体设置他们希望芯片传递的光能，并



让软件提出正确的纳米尺度结构的设计建议，使光子能恰当地接触电子流。

“有时候，逆向设计可以得到人类工程师可能想不到的解决方案，”SLAC的在职科学家、这篇《科学》论文的共同作者R·乔尔·英格兰说道。

这个设计算法提出了一个看起来几乎不可思议的芯片布局。试想一个纳米尺度的平台，中间由一个通道隔开，并由硅蚀刻而成。电子在通道中流动，就像一束由硅组成的线，在设计好的位置碰撞着流过通道。激光脉冲每秒发射10万次，每一次发射时，一束光子撞击一堆电子，使它们加速前进。所有这些都发生在一个真空封装的硅芯片表面，在不到一根头发丝宽度的地方，这些由斯坦福大学的团队成员制造。

研究人员希望将电子加速到光速的94%，即100万电子伏特（1MeV），从而产生足以用于研究或医疗目的的

高能粒子流。这个芯片原型只提供了一个加速阶段，电子流必须通过大约1000个这样的阶段才能达到1MeV。但弗科维克说，这并不像听起来那么可怕，因为这个芯片加速器原型是一个完全集成的电路。这意味着所有用来加速的关键功能都内置在芯片中，提高它的加速能力应该是相当简单的。

研究人员计划在2020年年底前将1000个加速阶段封装到约1英寸的芯片空间，实现他们的1MeV目标。尽管这将是一个重要的里程碑，但与SLAC研究加速器的能力相比，这种设备的功率仍然相形见绌。但是拜尔相信，就像晶体管最终取代了电子器件中的真空管一样，基于光的芯片加速器总有一天会挑战微波驱动加速器的能力。

与此同时，在计划开发1MeV芯片加速器的基础上，该论文的作者之一、电气工程师奥拉夫·索尔加德已经开始研究一种可能的抗癌应用。如今，高能电子不用于放射治疗，因为它们会灼伤皮肤。索尔加德正在研究的方法，通过一根插入体内的导管状真空管，将芯片加速器中的高能电子引导到肿瘤边上，然后利用粒子束进行手术放射治疗。

索尔加德说：“除了研究应用外，加速器技术的小型化还有益于医疗应用。”（页一）

# 改进降噪耳机，让它学会识别周围危险

戴着耳机走路虽然可以屏蔽掉周围的喧嚣，但也是一种危险的行为。如何提醒马路耳机族们注意过往的车辆呢？一种方法是给行人装上和汽车相似的防碰撞预警系统，根据周围的汽车声判断路况。

智能耳机系统使用机器学习算法解析周围的汽车声，提醒行人注意方圆60米内的来车。目前的行人音频预警系统（Pedestrian Audio Warning System, PAWS）原型机尚处于初级阶段，它只能检测车辆来车的位置，无法确定来车的具体路线，更无法区分同时有多辆来车的情况。但是考虑到在2018年，美国的行人死亡数量达到30年来之最，在这样的背景下，PAWS可以说是向着以行人为中心的安全援助目标迈出的第一步。

哥伦比亚大学电子工程系助理教授、数据科学研究所成员蒋小凡（音，Xiaofan Jiang）说：“虽然有的新车配有专门的传感器检测行人，但行人通常没有设备能够检测来车的轨迹会不会撞上自己。”

蒋小凡发明PAWS的灵感来源于一次亲身经历，他发现在马路上佩戴降噪耳机会分散他对周围环境的注意力。这促使他和他在哥伦比亚大学、北卡罗莱纳大学教堂山分校和巴纳德学院的同事们开发出了PAWS，并在IEEE Internet of Things Journal发表了他们的研究成果。

尽管很多车用防碰撞预警系统都使用摄像机、雷达或激光雷达来

探测附近的物体，但是蒋小凡和他的同事很快意识到，“人防碰撞预警系统”必须使用低功耗传感器，以便能在标准电池供电情况下续航6个小时以上。“因此，我们决定采用低成本、低功耗的麦克风阵列（作为传感器，）”蒋小凡说。

这款可穿戴预警系统的四个麦克风分布在耳机的不同位置，它的主要硬件都位于商用耳机的左耳壳内部，使用可充电锂电池供电。出于省电的考虑，它使用定制的集成电路，只从捕获的音频中提取最相关的声音特征，并将这些特征传输到配套的手机APP中进行处理。

手机APP内嵌了机器学习算法，以解析声音特征。这些算法的训练数据集是在不同环境中采集到的60多种汽车的声音，比如毗邻校园和住宅区的街道、飓风季节里大风肆虐的高速、曼哈顿繁忙的商业街等。

然而，仅仅依靠汽车声来探测车辆是非常困难的。首先，系统往往会定位出声音最大的车辆，但它可能并不是离行人最近的车辆；同时，系统也无法定位多辆车，甚至无法估计有多少辆车。

目前，PAWS能够定位60米外的车辆来车，并根据来车的速度发出持续几秒的警告。但是，一个真正有用的预警系统应该能够追踪附近车辆的行驶轨迹，并只在车辆有可能撞向行人时才发出警报。这需要研究人员找到更好的方法，以便能够同时确定行人和车辆的位置

和轨迹信息。

“如果你想象一个人在街上行走的场景，你会发现可能会有很多车从他身边经过，但没有一辆会撞到他，”蒋小凡解释道，“为了使防碰撞预警更有效，我们必须考虑其他信号中解析出更多的有效信息来提醒马路耳机族呢？相关的研究工作仍在继续。巴纳德学院的行为心理学家乔舒亚·纽（Joshua New）计划在实验中研究什么样的警告声最能有效引起注意。目前，研究小组倾向于在立体声耳机的一侧发出警告音，或者模拟3D警告音，以提供更具有空间相关性的信息。

“除普通的行人外，在拥挤的马路上执勤的警察或戴着护耳器的建筑工人也可能从这项技术中受益，”蒋小凡说。目前，PAWS项目已经从美国国家科学基金会（NSF）获得了120万美元的资助，他们团队还将努力改进这项技术，并最终交给一家公司进行商业化。

当然，仅靠一项技术来保障行人的安全是不够的。在一篇报告中，州长公路安全协会（Governors Highway Safety Association）将日益升高的行人死亡率归咎于许多因素，比如缺乏安全的道路交叉口，以及超速、分心或饮酒等不安全的驾驶行为。配备PAWS的耳机不太可能大幅度降低行人死亡率，但提前几秒钟的警告足以挽救一些生命。（王昱）

# 科学家研发新无人机算法 成功战胜世界级无人机驾驶员

无人机想要变得更加实用，就需要飞得更快。由于电池续航瓶颈，无人机必须要在尽可能短的时间内完成指定任务，例如在灾难现场寻找幸存者、检查建筑物、运送货物等等。现在，苏黎世大学（UZH）的一个研究小组创建了一种算法，该算法可以找到最快的轨迹来引导四旋翼飞行器通过飞行路线上的指定航点。

UZH机器人和感知小组，以及NCCR Robotics救援机器人挑战赛负责人Davide Scaramuzza表示：“我们的无人机在实验赛道上击败了兩名世界级人类操控无人机的最快圈速。”

Scaramuzza表示：“该算法的特



别之处在于，它是首个生成充分考虑无人机限制的时间最优轨迹的算法。以前的工作依赖于对四旋翼系统或飞行路径描述的简化，因此它们是次优的”。该论文的第一作者Philipp Foehn补

充道：“这个算法的关键是，我们的算法只是告诉无人机通过所有的航点，而不是将飞行路径的部分分配给特定的航点，但是如何或何时这样做”。

随后研究人员将算法和两位无人机驾驶员在同一个赛道进行比赛。他们使用外部摄像机精确捕捉无人机的运动，并且在自主无人机的情况下——向算法提供关于无人机在任何时刻的实时信息。为了确保公平的比较，人类驾驶员在比赛前有机会在赛道上进行训练。但算法赢了：它的所有圈数都比人类的快，而且性能更稳定。这并不令人惊讶，因为一旦算法找到了最佳轨迹，它就能多次忠实地再现它，而不像人类操作员。（逸文）

# 下一代触屏材料有了“无钢方案”

钢作为一种稀有金属，最重要的应用之一是合成为氧化铟锡。这种化合物因其光学透明和导电的特征，成为触摸屏材料的“幕后功臣”。但铟稀缺且价格昂贵，未来甚至有“濒危”风险。现在，澳大利亚悉尼大学的研究人员找到了潜在解决方案：

他们开发出一种运用等离子体技术制作不含铟的透明导电薄膜的新方法，新薄膜可灵活操纵，制作过程耗电小且环境友好。相关研究发表在近期的《太阳能材料和太阳能电池》杂志上。

此次发明的新触摸屏薄膜不含等离子体，但制造过程使用了等离子体技术，这是一种名为HiPIMS的新氧化铟沉积方法。通过此方法，研究人员开发了一种由氧化铟和银组成的纳米复合材料，允许电致变色设备根据

用户的需求高效且快速地改变颜色。

利用一种被称为“等离子体溅射”的工艺，研究人员在玻璃上制作了新型超薄的“夹心”材料——一层超薄的银夹在两层氧化铟之间。这种结构的厚度不到100纳米，大约是人类头发宽度的千分之一。

制作过程中，研究人员将氩气和氧气的混合物置于一个强大的电场中，直到该混合物转变为等离子体状态。等离子体被用来轰击一个铟固体目标，从中分离出原子并将它们作为沉积在玻璃表面上的超薄层。

接着，研究人员用金属银重复这个过程，最后第三次用到了嵌入银纳米颗粒的氧化铟。整个过程只需要几分钟，产生的废物极少，比使用铟更便宜。由此生成的薄膜可用于任何玻璃表面，如手机屏幕或窗户。

完成后的等离子体薄膜是电致变色的，与对环境光线起反应的变色眼镜不同，如果对该薄膜施加电压则可以改变其透明度和颜色。

悉尼大学生物医学工程学院和物理学院研究员贝南·阿卡万说：“涂有新等离子体薄膜的智能窗户可以用来阻挡光线，根据需要阻挡热量。还可涂在任何玻璃表面，根据室外天气进行设置以调节透明度。”

研究人员表示，这种无铟新技术在制造下一代触摸屏设备（如智能手机或电子纸），或用于环境友好的智能窗户和太阳能电池方面，都拥有巨大潜力。目前，这项技术已准备开辟更大规模的道路。而他们下一步目标是使其适用于未来的可穿戴电子设备。（航柯）

