

复旦大学科研团队研制“无极”32位二维半导体微处理器 用微米级工艺做到纳米级功耗

本报讯(记者 张炯强)近期,复旦大学周鹏、包文中联合团队突破二维半导体电子学集成度瓶颈,成功研制出全球首款基于二维半导体材料的32位RISC-V架构微处理器“无极(WUJI)”。在32位输入指令的控制下,“无极”可以实现最大为42亿的数据间的加减运算,支持GB级数据存储和访问,以及最长可达10亿条精简指令集的程序编写。北京时间2025年4月2日晚,相关成果以《基于二维半导体的

RISC-V 32位微处理器》为题发表于国际顶尖期刊《自然》。

面对摩尔定律逼近物理极限的全球性挑战,具有原子层厚度的二维半导体是目前国际公认的破局关键。历经国际学术界与产业界十余年攻关,科学家们已掌握晶圆级二维材料生长技术,并成功制造出只有数百个原子长度、若干个原子厚度的高性能基础器件。但要将这些“原子级精密元件”组装成完整的集成电路系统,却始终受困于工艺精度与规模均

匀性的协同良率控制难题,未能跨越功能性微处理器的技术门槛。

经过五年技术攻关和迭代,复旦大学周鹏、包文中联合团队取得突破性成果——“无极(WUJI)”成功问世。该处理器通过自主创新的特色集成工艺,通过开源简化指令集计算架构(RISC-V),在国际上实现了二维逻辑功能最大规模验证记录(集成5900个晶体管),完成了从材料到架构再到流片的全链条自主研发。“我们用微米级的工艺做到纳米级的功

耗。而极低功耗的CPU可以助力人工智能更广泛应用。”周鹏说。

复旦团队在二维半导体集成电路领域深耕十余年,特别是团队创新开发的AI驱动的一贯式协同工艺优化技术,通过“原子级界面精准调控+全流程AI算法优化”双引擎,实现从材料生长到集成工艺的精准控制。“无极”工艺流程非常复杂,参数设置依靠人工很难完成。引入机器学习AI赋能后,可迅速确定参数优化窗口,提升晶体管良率。这些

二维半导体集成工艺中,70%左右的工序可直接沿用现有硅基产线成熟技术,而核心的二维特色工艺也已构建包含二十余项工艺发明专利,结合专用工艺设备的自主技术体系,为未来产业化落地铺平道路。

在这项工作中,团队解决了二维材料一接触一栅介质一后道工艺的精确耦合调控难题,验证了规模化的数字电路。其中,反相器良率高达99.77%,具备单级高增益和关态超低漏电等优异性能。

吃淡水鱼不用再怕土腥味

海洋大学团队探索去腥配方,增添舌尖美味

上海海洋大学水产与生命学院教授刘利平依稀记得,童年时,从家乡河道里捞起的鲫鱼,清蒸时连姜丝都不用放。从事水产养殖领域研究后,他常听人抱怨:现在的河鱼,土腥味重,“没了鱼味”。为了让鱼重新有“鱼味”,刘利平决心和团队一起从源头入手,查找土腥味从何而来。

腥从何来

“土臭素是一种由蓝藻和放线菌产生的典型异味化合物,广泛存在于自然水体和水产养殖系统中。”刘利平介绍,土臭素是鱼儿土腥味的来源,它还会通过鳃和消化道吸收在鱼类体内积累。多年来,刘利平教授团队以大宗淡水鱼草鱼为研究对象,探讨土臭素进入鱼体的机理及其累积机制,致力于解决影响水产品品质的关键问题。

“我们发现,膜联蛋白可能通过两种机制介导土臭素进入鱼体。”刘利平表示,这些发现揭示了土臭素在鱼体累积的分子路径,为开发针对性防控策略奠定了基础。

以菌抑腥

找到了“腥从何来”,就要想办法高效去除土腥味。从实验室到鱼塘,刘利平记不清跑了多少趟。

基于诸多考量,刘利平教授团队选择使用生物法对水体土腥味物质予以调控。“我们筛选的去腥芽孢杆菌,是一种自然界常见的益生菌,



它能精准抑制产生土臭素的放线菌生长,却不伤及其他有益微生物。”刘利平告诉本报记者,目前这株菌株已获国家发明专利授权并已进行商品化生产,在上海、山东等多个养殖场使用。昨天上午,记者跟随刘利平来到了青浦区的东方渔谷——这里是全国最大的循环水模式活鱼暂养、周转基地。

在国家重点研发项目以及上海市科技兴农重点攻关项目的支持下,刘利平教授团队与多家单位展开合作,在水产品进入市场前,通过多项技术措施,保证其“游上”餐桌时的高品质。

在东方渔谷,副总经理吴正海掀起了“地板”——“这可是整个基地的核心,养殖水体首先经过微滤机,它是前置过滤的关键环节;然后是生物净化,采用上海海洋大学自研的去腥芽孢杆菌等;这套系统还

配备了紫外线杀菌、智能监控。”

刘利平教授团队成员李慷副教授解释,鱼儿在东方渔谷的“过渡”,在养殖流程里叫作“吊水”——在生产端和消费端之间添加了一道工序,让草鱼和鲫鱼出鱼塘后,到此暂养十天左右,通过饥饿处理消耗鱼腹腔内蓄积的脂肪,并在养殖水中使用益生菌调控,可以稳定、有效地去除土腥味物质,去除率可达80%。

精准检测

记者捞起一条鲫鱼,三位博士生现场开展土腥味检测实验(见图,本报记者 徐程 摄)。结果显示,经过系列流程处理的鱼肉中土腥味物质含量低于检测限值,完全符合市场高端水产品标准。

刘利平端出三条蒸鱼,其中一条经过“去腥”处理。多位试吃者给出相同的判断——经过“去腥吊水技术”的鱼肉更鲜美。吴正海透露,“东方渔谷”每天暂养周转的淡水鱼达100万斤,具备服务上海市场三分之二需求的能力,“产学研合作后,我们不仅提升了鱼的品质,还显著降低了损耗。”李慷副教授表示,已有不少国内同行来上海“取经”,未来相关技术有望在全国推广开。

记者了解到,刘利平教授团队还构建了国内高校首个全流程检测土腥味物质和异味物质平台,让传统经验判断升级为精准数据检测。

本报记者 郟阳



记者:李若楠 陈灵玮
刘力源 张剑
海报:蒋玉涛

在四季更迭中感受上海非遗。

鮰鱼,俗称江团,以肉嫩味美、营养丰富而著称。民间有“不吃鮰鱼,不知鱼味”的说法。三四月份正是鮰鱼最肥美的时节。红烧鮰鱼是上海的传统名菜,而宝山红烧鮰鱼则是众家红烧鮰鱼技法中的头牌,亦是一道非遗美食。

宝山红烧鮰鱼讲究把握火候,可总结为“两笃三焖”。“烹饪过程中要不断调节火候,大、中、小火交替进行。”宝山红烧鮰鱼烹饪技艺代表性传承人徐发说,大部分时间是用文火焖,使鱼块完整且鱼肉酥绵细糯,鱼肚自然成炭。烧好的鮰鱼色泽红亮,吃起来上口甜、收口咸,鱼皮胶滑,鱼肉肥腴饱满,入口即化,不仅美味,而且富含胶原蛋白和多种营养元素。

(扫码看更多精彩)

品宝山红烧鮰鱼,尝春日之鲜

冲刺特奥赛场的特殊学生

“好球!”

小小的乒乓球在空中疾驰,划出一道凌厉优美的弧线,轻盈灵巧地落于球桌边沿,一声清脆的弹响尚在耳畔回荡,周围便爆发出阵阵喝彩。这一招反手“快撕”,出自于黄浦区阳光学校8年级学生魏凌志。面对声声赞许,他一言未发,只是腼腆地笑了笑,便再次握紧球拍,投入新一轮的训练。

昨天下午3时许,气温攀升至23℃,春日暖意扑面而来。黄浦区阳光学校一楼的训练室里,气氛同样火热。2025年长三角残健融合运动会“上海外服杯”融合乒乓球比赛将于5月中旬拉开帷幕。约10日后,来自该校的3名“种子”选手即

将率先“出征”,代表黄浦区参与上海地区选拔赛。

黄浦区阳光学校是一所特殊教育学校,主要招收区内中重度智力障碍学生及多重残障学生。宽敞的训练室里,摆放着一张乒乓球桌。两侧,两男一女3名特殊学生专注对打,他们挥拍姿势标准利落,似乎和正常学生别无二致。只有偶尔从口中蹦出的几个模糊字眼,透露着他们存在不同程度的智力残疾。

“特殊学生学习乒乓球,注定是一条荆棘之路。”黄浦区阳光学校体育老师董琪说,3名特殊学生都是从学校遴选出来的优秀“苗子”。他们去年5月开始接触乒乓球,情绪稳定,身体协调性也相对

较好,但仍比常人艰难百倍。董琪回忆,一开始,他们完全接不到球,只能从徒手对接开始练起,再慢慢上手练习,一步一个脚印。为备战今年的特奥乒乓球比赛,开学伊始,他们便开始了紧锣密鼓的训练,几乎从未缺席。

球桌旁,作为教练的刘方佳仔细观察着3名学生的一举一动,时不时亲身示范、纠正错误。大二学生刘方佳就读于上海体育大学运动训练专业。不久前,他向黄浦区残联主动报名,成为了指导这些特殊学生训练的志愿者,为此还制定了详细的训练计划——热身、正反手练习、对打等。刘方佳注意到,相比于正常的同龄人,特殊学生的

理解能力偏弱,注意力更容易分散。为此,他反复强调要点,让他们一遍遍重复正确动作,加深印象。令刘方佳欣喜的是,刻苦的练习已见成效,“上周,他们还在原地‘站桩输出’,如今已经能满场灵活跑动了”。

一小时的训练时间,3名学生几乎没有休息,甚至主动要求加练,“因为热爱,所以坚持”。面对选拔赛,他们紧张,却也满怀期待。“训练虽然辛苦,但是打乒乓球很快乐。”9年级学生潘嘉乐说,他的梦想是在比赛中拿到冠军。

下午4时20分,训练结束。校门口,家长正安静等候。魏凌志用手擦了擦额头上细密的汗珠,扬起向日葵般的笑脸,语气虽有些含混不清,却异常坚定,“我想赢,想和小伙伴们一起拿到第一名。”

本报记者 陈佳琳



教练和志愿者在指导学生乒乓球训练
本报记者 周馨 摄