**项目公示信息（自然科学奖）**

一、项目名称：生物计算机组件的创新设计及应用

二、提名单位（提名专家）

三、项目简介

早在二战时期，各国就致力于开发用于密码破译方面的电子计算机。但随着近年来芯片上线路密度的大幅增加，其差错率以及复杂性也以指数增长，使得电子元器件的运行稳定不能得到保障。因此，急需出现一种新型计算技术来替代传统计算机实现更强大的功能。与传统的计算机材料相比，生物分子具有并行处理速度快、有高度分子并行性、具有高的特异性的优势，将其作为计算材料用于设计生物计算机将具有很高的稳定性。传统的电子计算机进行数据分析及处理主要是依赖于成千上万的逻辑门组件，相似的，构建生物计算机的先决条件也是设计并构建出可寻址的生物逻辑门,并将这些逻辑门之间的关系相互连接成更为复杂的逻辑回路，因此，构建多种功能的生物逻辑门是构建生物计算机的重中之重。现如今，很多科学家也着力于通过应用DNA链的一些特性将逻辑门同时应用于环境监测、法医鉴定、医学诊断、食品检测等等各方面，以达到“一门两用”甚至是“一门多用”的目的，这样做不仅满足构建各种逻辑门的目的，还能够弥补现今检测手段的漏洞。

在上述形势下，项目组以生物计算机组件的创新设计为最初目的，以链置换技术结合金属离子、荧光标记等，从简单逻辑门出发，逐步构建多重级联电路及半减器模型，并与合成生物学相联系，为生物计算机组件的开发提供了部分新思路。除此之外，项目组对设计的生物逻辑模型进行部分仿真实验及生物实验，在理论创新的同时以实验实践为手段证实所设计组件是否具有真正使用能力。另外，本项目组对于生物逻辑门的后续研究也有一定进展，除可作为生物计算机组件外，也可作为检测特定靶标的生物传感器使用。但由于论文发表时间较短（2018-2020年），在本申请中不作过多赘述。本阶段主要创新成果如下：

（1）构建了基于G-四链体的多种无标记逻辑门。通过G-四链体与血红素间作用可产生类过氧化物酶反应，使ABTS2-被H2O2氧化成有色产物ABTS-，在620 nm处产生化学发光这一特征设计的逻辑模型无需标记荧光基团与猝灭基团，且显色反应结果肉眼即可观察。

（2）设计了基于金属离子（汞离子、银离子为主）与T碱基、C碱基间特殊关联及荧光基团与猝灭基团间相互作用的多种简单逻辑门与级联电路。在传统仅依靠链序列的不同设计而构建的逻辑门基础上，金属离子为代表的其他物、化材料的引入为设计多种新型生物逻辑门提供更多可能。

（3）构建了复杂级联电路及半减器模型。除经典逻辑门与组合逻辑门外，构建更为复杂的级联电路如半加器、半减器、全加器、全减器等，可使设计的生物逻辑门具有运算、矫正等更多功能。

（4）证明了所构建生物逻辑门的实际可行性。同阶段研究多以理论创新研究为主，证明性实验较少。项目组在逻辑模型设计的基础上，采用DSD仿真实验及聚丙烯酰胺凝胶电泳实验证明了设计模型在实际操作中是否可行。

项目研究成果发表期刊论文、会议论文十余篇，申报专利两项，为生物计算机组件的设计提供新思路。

四、主要完成人情况

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 排名 | 姓名 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目重要科学发现的贡献 |
| 1 | 董亚非 | 教授 | 陕西师范大学 | 陕西师范大学 | 负责项目规划、实施、总结，协调解决实施过程中遇到的各种问题。 |
| 2 | 董晨 | 一级教师 | 银川市阅海第二小学 | 陕西师范大学 | 设计基于金属离子的多种简单逻辑门与级联电路及证明所构建生物逻辑门的实际可行性部分的主要完成人。 |
| 3 | 李明慧 | 助教 | 西安高新科技职业学院 | 陕西师范大学 | 证明所构建生物逻辑门的实际可行性及构建复杂级联电路及半减器模型部分的主要完成人。 |
| 4 | 陈想想 | 讲师 | 西安信息职业大学 | 陕西师范大学 | 设计基于金属离子的多种简单逻辑门与级联电路部分的主要完成人。 |
| 5 | 宋铭 | 无 | 无 | 陕西师范大学 | 构建复杂级联电路及半减器模型部分的主要完成人。 |
| 6 | 吕琪 | 二级教师 | 西安市高新第二初级中学 | 陕西师范大学 | 构建基于G-四链体的多种无标记逻辑门部分的主要完成人。 |

五、主要完成单位

陕西师范大学

六、代表性论文专著目录（不超过5篇）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著名称  | 刊名 | 作者 | 第一完成单位 | 年卷页码 | 发表时间 | 通讯作者 | 第一作者 | 国内作者 | 他引总次数 | 论文署名单位是否包含国外单位 |
| 1 | Development of DNA computing and information processing based on DNA-strand displacement | SCIENCE CHINA Chemistry | Yafei Dong, Chen Dong, Fei Wan, Jing Yang, Cheng Zhang | 陕西师范大学 | 2015年58卷1515-1523页 | 201505 | 杨静，张成 | 董亚非，董晨 | 董亚非，董晨，万菲，杨静，张成 | 7 | 否 |
| 2 | Metal-Mediated Logic Computing Model with DNA Strand Displacement | Journal of Computational and Theoretical Nanoscience | Ming Song, Yanchai Wang, Minghui Li, Yafei Dong | 陕西师范大学 | 2015年12卷2318-2321页 | 201509 | 宋铭，董亚非 | 宋铭 | 宋铭，王艳钗，李明慧，董亚非 | 2 | 否 |
| 3 | A Unimolecular Multifunctional DNA Cascaded Logic Circuit and Signal Amplifier Based on Hg2+ and Ag+ | Journal of Computational and Theoretical Nanoscience | Xiangxiang Chen, Yafei Dong | 陕西师范大学 | 2016年13卷1-5 | 201607 | 董亚非 | 陈想想 | 陈想想，董亚非 | 2 | 否 |
| 4 | Half-Subtractor Model Based on Strand Displacement | Journal of Computational and Theoretical Nanoscience | Minghui Li, Ming Song, Yafei Dong | 陕西师范大学 | 2016年13卷3619-3622 | 201606 | 董亚非 | 李明慧 | 李明慧，宋铭，董亚非 | 0 | 否 |
| 5 | The DNA Logic Computing Model Based on Chemiluminescence Resonance Energy Transfer | Journal of Computational and Theoretical Nanoscience | Qi Lv, Fei Wan, Panpan Li, Yafei Dong | 陕西师范大学 | 2016年13卷4644-4648 | 201607 | 吕琪，董亚非 | 吕琪 | 吕琪，万菲，李盼盼，董亚非 | 0 | 否 |