

3. 抛光性能测试：将配置好的抛光液超声分散 30 min，采用布鲁克 UMT 摩擦磨损试验机对热氧化硅片（1.8×1.8 cm 的规则切片）进行抛光测试。根据公式 $MRR = (m_0 - m)/pts$ 计算材料去除速率 MRR（nm/min），用原子力显微镜 AFM 对抛光后的氧化硅片表面随机区域进行形貌分析，扫描范围为 5 μm×5 μm，并计算表面粗糙度 Ra。通过大量抛光实验，不断优化抛光液配方和抛光工艺条件，以达到目前芯片制造加工对半导体硅片表面精度的要求，粗糙度 Ra = 0.223nm，去除速率 MRR = 490nm/min。

结论：通过改进制备工艺得到形貌可控、尺寸均一的球型氧化铈纳米颗粒；利用物理研磨将团聚粒子分散开，选取低毒、无毒、不含金属离子的化学添加剂配置成抛光液，并对 SiO₂、Si₃N₄ 进行大量抛光试验，结果表明该抛光液对 SiO₂ 具有较高选择性，表面粗糙度可达到 0.5 nm 以下。抛光液配方研发过程中，选取的所有添加物均考虑到了金属离子的影响，从材料源头上避免金属离子的引入；同时优化的工艺路线也极大降低制备成本，使其更加适用于芯片抛光用氧化铈抛光液的工业化生产和商业化应用。希望在外部环境倒逼和内部技术提升的共同作用下，早日实现我国半导体产业的独立自主，芯片产业走出“无芯”困境。

白俄罗斯和中国在区域条件下的数字经济与数字技术合作发展

邵瑞雪，Вашко О. А.

白俄罗斯国立经济大学

s1262804527@gmail.com

Аннотация. В последние годы стремительное развитие цифровой экономики стало важным фактором, влияющим на процессы глобализации, а региональная экономическая интеграция является способом сотрудничества стран всего мира. В данной статье излагаются преимущества соразвития цифровой экономики Беларуси и Китая, а также цифровых технологий с разных позиций в условиях региональной экономической интеграции.

摘要。近几年数字经济迅速发展成为影响全球格局的重要因素，区域经济一体化也是世界各国进行合作的一种方式。本文从多种方面来阐述区域经济一体化条件下白俄罗斯和中国合作发展对数字经济和数字技术带来的好处。

近几年，数字经济发展速度之快、辐射范围之广、影响程度之深前所未有。数字经济正在成为影响全球要素资源重组、对全球经济结构进行重新构建、改变全球竞争格局的关键力量。与此同时区域一体化所带来的协同作用和对经济的发展作用也逐渐展现在出来。根据世界经济发展趋势，区域一体化经济的发展是大势所趋。而如今世界正进入数字经济快速发展的时期。因此，在经济一体化机制下进行白俄罗斯和中国的数字经济和信息技术合作充满无限可能，并将给信息技术产业的发展带来新的动力。

一、数字经济与数字技术发展情况

白俄罗斯共和国总统卢卡申科于 2017 年 12 月签署了《关于发展数字经济的法令》并表示应抓住一切机会以大力发展数字经济，经济的数字化转型是国家发展的优先方向之一。卢卡申科说，白俄罗斯必须为本国 IT 业的发展注入新动力，吸引优秀人才、知名企业和大型跨国公司前来发展，使本国在发展人工智能、大数据及区块链技术等方面至少成为地区领导者。自白俄罗斯开始大力发展数字经济以来，白俄罗斯数字经济发展迅速，在人均软件出口方面位居东欧和独联体国家前列。

而中国自 2015 年首次提出中国将推进“数字中国建设”这个概念以来，一直重视发展数字经济、数字技术，逐步成为世界公认的数字化大国。发展数字经济，推进数字产业化和产业数字化，推动数字经济和实体经济深度融合，打造具有国际竞争力的数字产业集群，是中国的目标。根据 2021 全球数字经济大会的数据，中国数字经济规模已经连续多年位居世界第二。与此同时，中国在推进数字产业化、产业数字化，并在推动数字技术同经济社会发展深度融合上取得了巨大的成效。

二、区域经济一体化的好处和合作区位优势

区域经济一体化的是指原先相互独立的经济体通过某种形式结合成经济联合体的过程和状态。区域经济一体化在区域内实行自由贸易，对于白俄罗斯和中国而言可以将贸易自由化的范围扩大到一定的区域，从而享受到更多的福利增加。区域经济一体化的核心是消除贸易壁垒，跨越国家实现白俄罗斯和中国之间的自由贸易，并且给国际贸易与国际分工带来了诸多影响。中白工业园在两国元首的倡议下创建的，是规模最大的中国境外经贸合作区，也是未来白俄罗斯和中国进行一体化经济的基石之一。

白俄罗斯和中国合作的区位优势主要体现在地理、经济、可达性三个方面。从地理区位来看，白俄罗斯位于欧洲的中心，同时也属于中国规划的“丝绸之路经济带”的枢纽区域，具有辐射面广、带动力强的地缘优势；从经济区位来看，中白工业园是中国在境外面积最大、政策最好、层次最高的经贸合作区，也是白俄罗斯第一个经济特区；从可达性来看，中国国际航空公司有从北京到明斯克的直飞航线，并且中欧班列的已开行线路中，有多条可以到达白俄罗斯。

三、加强区域合作，促进数字经济与数字技术合作发展

1. 深化数字经济系统建设，加强推进数字经济建设。以“一带一路”为牵引，以经贸合作区和自由贸易区为贸易创新发展试点，强化标准提升与科技创新、产业提升协同，促进关键核心技术攻关成果转化应用，提升数字经济产业高质量发展水平。

2. 提升数字经济标准化水平，出台数字经济标准提升行动方案，两国围绕数字产业化和产业数字化重点领域，实施一批数字经济标准提升项目，提升产业以标准为核心的市场竞争力。加快完善数字贸易产业、平台、生态、制度、监管五大体系，持续加强数字贸易全链条建设，推进数字贸易联动建设。

3. 加快数字产业集群发展。两国之间进行数字技术合作，实施产业链提升工程，着力于数字安防、网络通信等数字产业集群。壮大人工智能、云计算、

大数据等新兴产业，推动人工智能等技术的发展。发挥白俄罗斯在欧洲工业软件产业的的优势，集中发展高新技术。

4. 推动制造业数字化转型。制造业是白俄罗斯的优势产业，也是国民经济的支撑之一。制定制造业数字化转型行动计划，实施千亿数字化技术改造工程，深化区域内新智能制造转型。持续提升“1+N”工业互联网平台体系，开展“制造+服务”新业态、新模式培育。推进国家传统制造业改造升级示范区建设。加快推进数字化绿色化协同转型发展。

5. 推动高新信息技术发展。白俄罗斯与中国在信息技术上相互合作，加速建设网上技术市场平台，提升关键核心技术攻坚能力，推进科技成果转移转化。

参考文献

1. Tatsiana Smirnova. 中国白俄罗斯自由贸易区的经济效应分析[D].重庆大学, 2012.
2. 闫亚娟. 欧亚经济联盟对外自由贸易区建设研究[D].吉林大学, 2021.
3. 钟文, 郑明贵. 数字经济对区域协调发展的影响效应及作用机制[J]. 深圳大学学报(人文社会科学版), 2021, 38(04):79–87.
4. 胡那尔·白力汗. 中国与俄哈白建立自由贸易区的可行性分析[D].新疆大学, 2015.
5. 逢健, 朱欣民. 国外数字经济发展趋势与数字经济国家发展战略[J]. 科技进步与对策, 2013, 30(08):124–128.

单细胞多维信息纳米检测与操纵技术

陈玉娟，田立国，鞠拓宇，李思宁，王作斌
长春理工大学 纳米操纵与制造国际联合研究中心
chenyajuan@cust.edu.cn

Аннотация. В данной статье представлены исследования технологии манипуляции одиночными клетками и нано детекции многомерной информации в одиночных клетках. Данная технология используется для изучения активности и токсичности лекарств на клеточном уровне, идентификации раковых клеток, обнаружения субклеточных структур и т. д., также предоставляет новые техники и методы для скрининга лекарств и идентификации отдельных клеток.

摘要。 本技术是针对单细胞，开展单细胞操纵技术及单细胞多维信息纳米检测技术等研究。此技术可用于细胞水平药物活性及毒性研究、癌细胞的鉴别、亚细胞结构的检测等，为药物筛选及单细胞的鉴别提供新技术和新方法。

细胞在生命活动过程中，其形态会发生变化，细胞粘附力调控着细胞的功能（迁移、生长及分化、通信等），同样，细胞膜电位及其调控也是生命活动的基本属性。可见，细胞的形态、力学特性和电学特性在细胞生命活动