

附件 2

2017 年度示范性虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	中国科学院大学
实 验 教 学 项 目 名 称	智能生物传感器与系统
所 属 课 程 名 称	生物电子学
所 属 专 业 代 码	080701
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	蔡新霞
实 验 教 学 项 目 负 责 人 电 话	13581958569（手机）
有 效 链 接 网 址	http://eeceucas.ac.cn/index.php/zh-cn/2014-06-13-06-42-43/2014-06-13-06-43-26

教育部高等教育司制

二〇一七年九月

填写说明和要求

1. 以 Word 文档格式，如实填写各项。
2. 表格文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
3. 所属专业代码，依据《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》填写 6 位代码。
4. 涉密内容不填写，有可能涉密和不宜大范围公开的内容，请特别说明。
5. 表格各栏目可根据内容进行调整。

1.实验教学项目教学服务团队情况

1-1 实验教学项目负责人情况					
姓名	蔡新霞	性别	女	出生年月	1966.12
学历	研究生	学位	博士	电话	010-58887193
专业技术职务	教授	行政职务		手机	13581958569
院系	电子电气与通信工程学院		电子邮箱	xxcai@mail.ie.ac.cn	
地址	北京中关村科电大厦 1109			邮编	100190
<p>教学研究情况：</p> <p>(一) 主持的教学研究课题 (含课题名称、来源、年限，不超过 5 项)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 新型生物传感器与脑科学检测技术研发团队，北京市项目，2016-2018. 2) 脑深部核团的纳米生物双模检测技术研究，北京市项目，2014-2017. 3) 用于肺癌早期诊断和手术疗效评估的快检便携设备的研发培育，北京市项目，2014-2015. 4) 纳米材料与技术在口岸检测技术中的应用，北京市项目，2007-2009. <p>(二) 作为第一署名人在国内外公开发行的刊物上发表的教学研究论文 (含题目、刊物名称、时间，不超过 10 项)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 蔡新霞,神经递质检测方法研究,10000 个科学难题-信息科学卷(科学出版社), 2011. 2) 蔡新霞,电化学生物传感器,2008-2009 生物医学工程学科发展报告(科学出版社), 2009. 3) 蔡新霞, 基于微纳技术的神经细胞化学传感器研究, 中国生物医学工程联合学术年会论文集 (会刊). 2015. 4) 蔡新霞, 脑神经细胞纳米生物传感器研究, 中国微米纳米技术学会纳米科学技术分会第三届年会暨全国纳米生物与医学学术会议论文集 (会刊), 2014. 5) 蔡新霞, 微电极传感器在生物医学中的应用基础研究. 第三届全国纳米生物与医学博士论坛论文集 (会刊), 2014. 6) 蔡新霞, 用于神经信息检测的新型传感器与系统技术研究, 中国生物医学工程联合学术年会论文集 (会刊), 2013. 7) 蔡新霞, 双模双向神经信息检测技术, 北京生理科学会《新技术在生物医学检测中应用》研讨会论文集 (会刊), 2012. 8) XinxiaCai, The Study of Biosensors with Micro- and Nanotechnology, The 16th World Micromachine Summit, 2010. 9) XinxiaCai, The Study of Biosensors with Micro- and Nanotechnology, The 16th Annual World Micromachine Summit, 2010. 10) XinxiaCai, Optimization of electrochemical total creatine kinase Biosensors based on three-au-electrode, Electroanalysis, 2007. 					

(三) 获得的教学表彰/奖励 (不超过 5 项)

- 1) 2006 年度中国科学院大学研究生院优秀教师奖;
- 2) 肿瘤标志物快速便携式检测技术研究, 第三届国际微米纳米技术创新学生大赛优秀项目奖, 2016, 参赛队员: 王杨、樊艳, 指导教师: 蔡新霞;
- 3) 2002-2017 研究生获国家奖学金和院长奖学金等奖项合计 20 项, 指导教师: 蔡新霞。

学术研究情况:

(一) 近五年来承担的学术研究课题

(含课题名称、来源、年限、本人所起作用, 不超过 5 项)

- 1) 基于纳米技术的神经信息检测相关基础研究, 国家重大科学研究计划项目, 2011-2015, 项目首席科学家
- 2) 敏感电子学, 国家杰出青年基金, 2012-2016, 项目负责人
- 3) 高时空分辨微纳电极阵列与神经信息光电调控检测系统, 国家重点研发计划项目, 2017-2022, 项目负责人
- 4) 多层次调控与高通量神经信号同步检测仪器, 国家自然科学基金重大科研仪器研制项目, 2016-2021, 项目负责人
- 5) 无标记电化学免疫检测芯片技术, 中科院重点项目, 2016-2021, 项目负责人

(二) 在国内外公开发行人物上发表的学术论文 (*通讯作者)

(含题目、刊物名称、署名次序与时间, 不超过 5 项)

- 1) Song Zhang, Yilin Song, Mixia Wang, Zhiming Zhang, XinyiFan, Xianteng Song, Ping Zhuang, FengYue, Piu Chan*, **XinxiaCai***. A silicon based implantable microelectrode array for electrophysiological and dopamine recording from cortex to striatum in the non-human primate brain. *Biosensors and Bioelectronics*, 2016, 85:53-61.(IF=7.48)
- 2) Yang Wang, HuiRenXu, JinpingLuo, Juntao Liu, Li Wang, Yan Fan, Shi Yan, Yue Yan*g, **XinxiaCai***. A novel label-free microfluidic paper-based immunosensor for highly sensitive electrochemical detection of carcinoembryonic antigen. *Biosensors and Bioelectronics*, 2016, 83:319-326. (IF=7.48)
- 3) Li Wang, HuiRenXu, JinpingLuo, Chunxiu Liu, ShengweiXu, **XinxiaCai***. Highly Sensitive Detection of Quantal Dopamine Secretion from Pheochromocytoma Cells Using Neural Microelectrode Array Electrodeposited with PolypyrroleGraphene. *ACS Applied Materials & Interface*, 2015, 7, 7619-7626. (IF=6.72)
- 4) Wenjing Wei, Yilin Song, Wentao Shi, Nansen Lin, Tingjun Jiang, **XinxiaCai***. A high sensitivity MEA probe for measuring real time rat brain glucose flux, *Biosensors and Bioelectronics*, 2014, 55: 66-71. (IF=6.4)
- 5) Wentao Shi, Nansen Lin, Yilin Song, Chunxiu Liu, Shuai Zhou, **XinxiaCai***. A novel method to directionally stabilize enzymes together with redox mediators by electrodeposition, *Biosensors and Bioelectronics*, 2013, 51: 244-248. (IF=6.4)

(三) 获得的学术研究表彰/奖励

(含奖项名称、授予单位、署名次序、时间,不超过5项)

- 1) 国家技术发明奖二等奖“基于生物敏感膜的便携式传感器及关键技术及应用”, 国务院, 排名第一, 2013.
- 2) 北京市科学技术奖二等奖“基于新型敏感膜的便携式生物传感器关键技术及应用”, 北京市人民政府, 排名第一, 2012.
- 3) 享受国务院政府特殊津贴专家, 国务院, 2013.
- 4) 入选国家百千万人才工程, 人力资源与社会保障部, 2014.
- 5) 入选 2016 年度科技北京领军人才工程, 北京市科委, 2015.

1-2 实验教学项目教学服务团队情况

序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	蔡新霞	中国科学院大学电子电气与通信工程学院	教授	无	首席教授	项目总体设计和主讲神经传感器系统
2	陈靖容	中国科学院大学电子电气与通信工程学院	副教授	无	主讲教师	主讲适配体高专一生物传感器
3	黄志蓓	中国科学院大学电子电气与通信工程学院	副教授	无	主讲教师	主讲便携式动态心电检测仪
4	刘佳	中国科学院大学电子电气与通信工程学院	工程师	无	教学服务	在线教学服务
5	林彬	中国科学院大学电子电气与通信工程学院	工程师	无	技术支持	总体技术支持
6	刘军涛	中国科学院大学电子电气与通信工程学院	助教	无	技术支持	教学系统技术
7	宋轶琳	中国科学院大学电子电气与通信工程学院	助教	无	技术支持	神经传感系统
8	肖桂花	中国科学院大学电子电气与通信工程学院	博士生、 教学助理	无	技术支持	神经传感器
9	王昊	中国科学院大学电子电气与通信工程学院	博士生、 教学助理	无	技术支持	视频与网络技术
10	谢精玉	中国科学院大学电子电气与通信工程学院	博士生、 教学助理	无	技术支持	音频技术

注：1. 教学服务团队成员所在单位需如实填写，可与负责人不在同一单位。

2. 教学服务团队须有在线教学服务人员和技术支持人员，请在备注中说明。

2. 实验教学项目描述

2-1 名称

智能生物传感器与系统

2-2 实验目的

通过离体微电极阵列制备及大鼠脑组织切片双模神经信息检测实验，虚拟便携式动态心电监测仪测试实验和适配体高专一生物传感器制备和测试实验，调动学生参与试验的积极性和主动性，增强学生的实践能力，培养学生的创新精神。

1、学习基于微电子机械系统工艺制备离体微电极阵列芯片的基本步骤，了解大鼠脑组织切片的取材方法，掌握神经电生理信号及神经递质信号检测的芯片、仪器连接及信号采集方法；

2、设计以凝血酶和其核酸适配体，作为结构建立高专一性生物传感器，促进学生学习 DNA 核酸适配体和其传感目标物间的结合机制，了解 DNA 核酸适配体在传感器上的应用。

3、以实际测量数据为驱动，在虚拟环境下初步实现动态心电监测仪的仿真，了解和学习生理信号从测量到输出的原理和流程；

2-3 实验原理（或对应的知识点）

知识点 1：MEMS 制造工艺（Microfabrication Process）

MEMS 制造工艺是下至纳米尺度，上至毫米尺度微结构加工工艺的通称。广义上的 **MEMS** 制造工艺，方式十分丰富，几乎涉及了各种现代加工技术。起源于半导体和微电子工艺，以光刻、外延、薄膜淀积、氧化、扩散、注入、溅射、蒸镀、刻蚀、划片和封装等为基本工艺步骤来制造复杂三维形体的微加工技术。

知识点 2：神经信息检测

脑内含有数以亿计的神经细胞，它们之间通过放电和神经递质释放来传递信息。神经细胞胞体直径大约为 5~120 微米，当采用足够微小的电极贴近细胞时，电极可以感应到其膜表面的电位变化信号（动作电位 spike）。此外，利用电化

方法，可以检测到细胞释放神经递质引起的电流变化信号。因此，将具有生理活性的大鼠新鲜脑组织切片贴覆在离体微电极阵列表面，可以检测到多通道的神经电生理及神经递质信号。

知识点 3：生物分子交互作用特性探讨

理想的传感器设计目标为拥有较佳的灵敏度（sensitivity）、专一性（specificity）、再现性（reproducibility）及可靠性（reliability）。而其中的关键在生物辨识组件与其目标物间的交互作用，因此若能了解生物辨识交互作用系统，便能设计出专一性生物传感器。生物分子交互作用力主要可分为疏水作用力、极性作用力、静电作用力，课程将透过对作用力的理解来建立高专一性的生物传感器。

知识点 4：自组装单分子层的建构

生物传感器核心关键在传感器表面辨识层的设计,为了联结传感器基材与生物性分子探针，自组装单分子层的建构是最常见的表面改性技术之一,自组装单层膜主要是有机分子在溶液中自发性的排列聚集而在基材上行成单分子层膜,加上其官能基众多(COO⁻-或 SO₃⁻-或 NH₃⁺的方式进行材料表面修饰,并配合环境 pH 值来改变其官能基的解离程度来进行官能基的解离, 或使材料表面形成一带电分子薄膜,正因为自组装单分子层技术单纯且易于操作,目前已广泛地应用并成为改质传感器界面的重要方法。

知识点 5：表面等离子共振仪（Surface Plasmon Resonance, SPR）

表面等离子共振技术是一种光感测技术，具有不须荧光标定,而且对生物分子交互作用具有动态及时观测的优势,加上传感器大量平行检测,还有灵敏度高等优点，可用于侦测各类生物分子间的相互作用，包括免疫系统中之抗体-抗原交互作用、蛋白质与 DNA 交互作用、定量分析生物分子在表面的吸附量等，此外可由表面等离子共振仪实验结果，计算出分子间的反应动力学参数和亲和力常数,亦可说明实验设计的分子辨识层专一性特质。

知识点 6：穿戴式心电监测设备

心脏在每个心动周期中，由起搏点、心房、心室相继兴奋，伴随着心电图生物电的变化，通过心电监测仪可以从体表引出多种形式的心电电位变化，以记录和反应心脏的电活动。穿戴式心电监测设备可随身携带的、可对个人心脏进行

随时随地监护，其检测原理与医院使用的心电图机检测原理一样，但其具有携带方便、操作简单、及时检测以及自适应调整 ECG 显示幅度等优点，为心脏疾病的早期检测和亚健康人群进行预防提供了有效的检测手段，为医生提供病人相关的有效信息。

2-4 实验仪器设备（装置或软件等）

1、学生客户端设备：

台式计算机（具有宽带连接），人机交互动画软件及 Mfold Web Server 适配体结构预测软件，心电+运动同步采集设备软件，安装服务器端配置自定义信号处理仿真工具箱。

2、虚拟仿真实验课实景设备：

Gamry 电化学工作站，Multichannel 电生理检测仪，莱卡振动切片机，接触角测定仪，紫外光表面处理系统，表面等离子体共振仪一台，包含微量流动室注入系统，心电+运动同步采集设备，具有蓝牙传输功能

2-5 实验材料（或预设参数等）

1、学生客户端电脑软件要求：

软件中包含以下实验材料的动画示意图：耐热玻璃片（5×5 cm）、玻璃清洗液、AZ1500 正性光刻胶、铂和氮化硅靶材、氯铂酸、谷氨酸氧化酶、混合氧气（95% O₂+5% CO₂）、配制人工脑脊液、脑片盖网

Mfold Web Server 软件预设参数有 DNA 核酸适配体的序列、缓冲溶液环境、盐浓度、pH 值。凝血酶核酸适配体(Thrombinbinding aptamer)序列:AGT CCG TGG TAG GGC AGG TTG GGG TGA CT

2、虚拟仿真试验课实景材料要求：

1) 神经信息检测传感芯片，电极贴片

2) 3-MUA(巯基丙酸,分子量:106.14)、11-MPA(巯基十一酸,分子量:218.36)、EDC(98.5% 191.70)、NHS(98% 217.13)，去离子水、氮气

3) 无水乙醇,磷酸缓冲溶液、SDS 溶液，MES 溶液、透明玻璃瓶、移液枪等

2-6 实验教学方法(举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果)

1、离体微电极阵列制备及大鼠脑组织切片双模神经信息检测实验:

采用具有人机交互功能的动画教学软件,通过音频和动画,引导学生利用鼠标键盘,点击或移动界面上的实验对象并输入实验参数,完成清洗、甩胶、光刻显影、溅射剥离、绝缘层制备、电极修饰、脑切片制备、芯片仪器连接、设置实验参数并采集信号等实验操作,使学生直观形象地了解实验的关键步骤。

2、适配体高专一生物传感器制备和测试实验

1) DNA 核酸适配体结构分析

透过操作 mfold 软件的实施过程,建构预期的 DNA 核酸适配体序列结构,并经由 mfold 软件进行计算,于课堂中利用上机演练的教学方法,分析在不同环境因素条件下,DNA 核酸适配体结构改变的情形,达到 DNA 核酸适配体序列结构仿真的实施效果。

2) 自组装单分子层的建构与 DNA 核酸适配体于传感器表面的固定化

本阶段教学方式,主要落实传感芯片上修饰 DNA 核酸适配体,以达到传感芯片表面辨识层建立的目的,主要实施过程包含:首先须要在金膜上预先修饰上一层末端具有官能基团的自组装单分子膜。然后将 DNA 核酸适配体修饰通过与官能基的键结,将 DNA 核酸适配体固定在传感器表面,在固定过程中,实施效果可用接触角方法分析,了解自组装单分子层的建构成果。

3) DNA 核酸适配体的专一性验证分析

进行分子间相互作用研究时,需要将配体分子固定在传感芯片(贵金属薄膜)表面,当含有目标物的样品流经芯片表面时,配体将于分析物发生特异性结合,导致芯片表面的折射率发生改变,从而引起 SPR 信号的变化。

3、虚拟便携式动态心电监测仪测试实验:

以电极贴片多导联+三维加速度计形成测量,利用提供的动态滤波器、峰值检测等仿真模块等工具,实现在不同运动强度下对人体心脏每一心动周期所产生的电活动变化图形的显示及特征提取

2-7 实验方法与步骤要求（学生操作步骤应不少于 10 步）

离体微电极阵列制备及大鼠脑组织切片双模神经信息检测实验：

1、微电极阵列传感器制备：

(1) 基片清洗：利用鼠标将玻璃片基底依次拖动至清洗液池、去离子水槽、超声清洗机等，点击设置超声清洗的频率和时间（50 Hz，5 min，换水三次），完成基片清洗。然后拖入烘箱（120℃，30 min），烘干后再进行一次氧等离子清洗（2 min）。

(2) 甩胶：将玻璃片拖动至甩胶台上完成真空吸片，通过点击及拖动，将吸管内的光刻胶滴加到玻璃片表面，设置甩胶转速及时间（1000 r/min，1 min），开启甩胶机，完成匀胶，拖动至热板上前烘（100℃，5 min）。

(3) 光刻显影：将前烘完毕的玻璃片和光刻掩膜版分别拖动安装在紫外光刻机上，在显微视野下，拖动玻璃片完成对准，点击设置曝光参数（23 s）完成曝光。将玻璃片取出浸入显影液中均匀浸泡（15 s）完成显影，漂洗后热板后烘 30 min。

(4) 溅射剥离：将玻璃片拖动载入等离子溅射机，溅射钛/铂薄膜(30 nm/250 nm)，然后浸入丙酮并超声清洗，玻璃片上显露出电极图形。

(5) 绝缘层制备：PECVD 氮化硅绝缘层，再次甩胶光刻，等离子刻蚀氮化硅暴露出电极位点及外部电路触点。将培养环粘贴至微电极阵列芯片表面完成芯片制备。

2、大鼠脑组织切片取材：

(1) 开启振动切片机，设置切片厚度、速度等参数。

(2) 麻醉大鼠迅速断头取脑，将脑组织块粘贴在切片台上并浸入人工脑脊液中（0℃，通混合氧），进行连续切片。

(3) 将脑片转移至人工脑脊液中孵育（37℃，通混合氧，30 min）

3、双模神经信息检测：

将微电极阵列装载入接口电路装置，连接多通道电生理检测仪以及电化学工作站。设置两台仪器的检测参数。

将脑组织切片贴覆到微电极阵列表面，盖上脑片夹。屏幕上显示成功获取电生理信号及神经递质信号。

适配体高专一生物传感器制备和测试实验：

- 4、 落实 DNA 核酸适配体的结构预测,剖析专一性与结构关系,并提出最佳的检测环境条件。
- 5、 依照优化后的检测环境条件配置最佳 DNA 核酸适配体溶液
- 6、 以第二步骤溶液与预期的 DNA 核酸适配体的结构混和
- 7、 以配置 1mM 巯基乙酸或巯基十一酸溶液进行传感芯片表面的单分子膜自组装
- 8、 将初步的自组装单分子膜,以接触角进行分析
- 9、 将 DNA 核酸适配体通过氨基与羧基在 EDC/NHS 的催化下脱水缩合固定在传感芯片表面。
- 10、 再次以接触角对于 DNA 核酸适配体的固定化结果进行分析
- 11、 利用 DNA 核酸适配体修饰后的芯片于等离子表面共振仪中验证适配体和传感目标物间的交互作用。
- 12、 透过等离子表面共振仪数据来进行动力学分析,以了解其吸附速率常数与脱附速率常数
- 13、 透过不同分析物的吸附量与亲和常数比较,分析 DNA 核酸适配体专一性

虚拟便携式动态心电监测仪测试实验：

- 14、 虚拟教师介绍心电图产生原理
- 15、 根据原理, 学生自行将电极贴片贴至适合人体部位, 以形成电位差信号
- 16、 连接导联至统一采集模块
- 17、 同步蓝牙数据传输
- 18、 数据云存储
- 19、 合理选用虚拟信号处理工具箱中模块, 形成人体姿态初步判别
- 20、 合理选用虚拟信号处理工具箱中模块, 形成运动强度判别
- 21、 合理选用虚拟信号处理工具箱中模块, 形成动态心电图输出
- 22、 合理选用虚拟信号处理工具箱中模块, 实现心率检测
- 23、 根据以上判别, 初步实现运动情景下的心脏健康状况判断

2-8 实验结果与结论要求

- 1、在人机交互软件中，学生掌握了离体微电极阵列芯片工艺制备中光刻等关键步骤的操作方法和参数，制备出完整的芯片，能够完成大鼠脑组织切片的取材，正确连接检测仪器并获取神经电生理及神经递质同步检测信号。
- 2、藉由 DNA 核酸适配体的二级结构预测图与自由能分析,提出 DNA 核酸适配体的稳定结构的环境优化条件：1) DNA 核酸适配体于芯片表面的固定化：透过记录自组装单分子层表面改性后的接触角分析数据,说明接触角变化与不同芯片表面特性的关系；2) DNA 核酸适配体的专一性验证分析：DNA 核酸适配体改性后的芯片,在等离子表面共振仪中,透过不同分析物的吸附量,来分析此 DNA 核酸适配体结构的专一性。
- 3、以实际测量数据为驱动，在虚拟环境下初步实现动态心电监测仪的仿真，体会课程中对生理信号从测量到输出的整个流程，进行心电图波形+姿态（躺、坐/站、走/跑）+心率+健康状态判决。

2-9 考核要求

- 1、学生顺利完成所有神经信息检测传感器制备及测试的操作，获得双模神经信号动态显示界面。
- 2、能够操作 mfold 软件建立适配体的结构，在软件中调试环境参数,了解适配体结构的变化；进行自组装单分子层的建构,进行芯片表面的接触角亲疏水性分析；完成等离子体共振仪的基本认识及操作及核酸适配体在等离子体共振仪上的结合动力学分析
- 3、能够在不同身体姿态下正常显示心电图波形，并基于姿态和心率，尝试探讨人体在不同运动强度下健康状态的判断标准

2-10 面向学生要求

(1) 专业与年级要求：

化工,材料、光电专业、微电子、生物医学工程、生物电子学背景等相关专业；

本科 3 年级以上

(2) 基本知识和能力要求等：

具有基础物理学,基础化学, 基础生物化学修课基础；

具备计算机基本操作能力和信号处理及生物电子学相关基础知识

3. 实验教学项目相关网络要求描述

3-1 有效链接网址

<http://eece.ucas.ac.cn/index.php/zh-cn/2014-06-13-06-42-43/2014-06-13-06-43-26>

3-2 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求

带宽 \geq 10 M

(2) 说明能够提供的并发响应数量（需提供在线排队提示服务）

无

3-3 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）

(1) 计算机操作系统和版本要求

Windows7，有宽带连接，可以进行 IE 线上操作

(2) 其它计算终端操作系统和版本要求

无

3-4 用户非操作系统软件配置要求（如浏览器、特定软件等）

(1) 计算机非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）

配置：Visual Studio, SQL Server, Matlab, Labview, Mfold 等软件

(2) 其它计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）

服务器端配置自定义信号处理仿真工具箱

3-5 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）

(1) 计算机硬件配置要求

CPU 主频：3.60 GHz

内存：8G

显存：2G

存储容量：2T

(2) 其它计算终端硬件配置要求

3-6 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

(1) 计算机特殊外置硬件要求

具有蓝牙连接设备

(2) 其它计算终端特殊外置硬件要求

无

4. 实验教学项目技术架构及主要研发技术

指标		内容
系统架构图及简要说明		
实验教学项目	开发技术（如：3D 仿真、VR 技术、AR 技术、动画技术、WebGL 技术、OpenGL 技术等）	动画技术、OpenGL 技术
	开发工具（如：Unity3d、Virtools、Cult3D、Visual Studio、Adobe Flash、百度 VR 内容展示 SDK 等）	Visual Studio、Labview
管理平台	开发语言（如：JAVA、.Net、PHP 等）	JAVA、.Net
	开发工具（如：Eclipse、Visual Studio、NetBeans、百度 VR 课堂 SDK 等）	Visual Studio、Labview
	采用的数据库（如：Mysql、SQL Server、Oracle 等）	SQL Server、

5. 实验教学项目特色

(运用信息技术开展教学理念、教学内容、教学方式方法、开放运行、评价体系等方面的特色情况介绍,不超过 800 字。)

生物传感器具有易于修饰、检测速度快、容易实现微量物质以及多目标物质同时检测等特点,自 20 世纪 80 年代以来,生物传感器得到了世界各国的广泛重视。智能传感器具有智能化特点,是当今以及未来传感器研究和发展的方向。本课程通过离体微电极阵列制备及大鼠脑组织切片双模神经信息检测实验、虚拟便携式动态心电监测仪实验和基于适配体结构建立高专一性生物传感器实验,透过讲解与实际操作来加深学生对智能生物传感器的制备、测试和应用等的了解中,可藉由理论与实作相结合的方式,加深学生对智能生物传感器和系统设计开发的兴趣与实务经验。本实验教学项目的特色在于,将完整的传感器制备及测试过程浓缩在 3 个学时的人机交互动画视频中,各步骤操作形象具体,学生有兴趣动手参与,且重点突出,让学生在短时间内掌握实验操作方法。

例如,在实际的微电极阵列芯片制备过程中,不仅需要多种大型设备和工艺条件的支撑,而且每一步工艺完成周期长,每台设备需要配备经专业培训的人员上岗操作,无法让每一位学生亲自体验学习。而涉及到动物脑组织取材以及双模信号检测的步骤,也需要多种昂贵的专业仪器,经多次练习操作才能成功保持脑组织神经细胞活性,排除多种噪声干扰,最终捕获到微弱的双模神经信号。而本实验教学项目,旨在让学生了解基本的仪器设置和实验方法,缩短实验周期,培养成就感,调动学生进一步深入学习的积极性。

6. 实验教学项目持续建设服务计划

(本实验教学项目今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划,包括面向高校的教学应用计划、持续建设与更新、持续提供教学服务计划等,不超过 600 字。)

本实验教学项目依托中国科学院大学电子电器与通讯工程学院和中国科学院电子学研究所,基于国家重大重点科研项目,具有坚实的教学经验和科研基础。课程内容针对生物医学检测的实际需求,紧跟国内外最新的研究进展,不断更新和发展。今后五年本实验教学项目将面向高校在校生(本科生)开放,不断扩大受众人群。课程将设立互动环节,实时收集学习者的反馈意见,并根据学习者的反馈意见进行持续建设和更新,提高学习者的学习兴趣。课程将充分发挥实验教学项目教学服务团队作用,提供持续的教学服务。

本课程可为生物传感器专业背景高校与社会企业进行服务,在高校的实验教学计划中,可藉由理论与实作相结合的方式,加深学生对智能生物传感器及系统设计开发的兴趣与实务经验。对社会企业则可进行短期智能生物传感器设计开发课程,提升企业设计生物传感器的能力。

7. 诚信承诺

本人已认真填写并检查以上材料，保证内容真实有效。

实验教学项目负责人（签字）：

2017年 11月 7日

8. 申报学校承诺意见

本学校已按照申报要求对申报的虚拟仿真实验教学项目在校内进行公示，并审核实验教学项目的内容符合申报要求和注意事项、符合相关法律法规和教学纪律要求等。经评审评价，现择优申报。

本虚拟仿真实验教学项目如果被认定为“示范性虚拟仿真实验教学项目”，学校承诺将监督和保障该实验教学项目面向高校和社会开放并提供教学服务不少于5年，支持和监督教学服务团队对实验教学项目进行持续改进完善和服务。

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日