# 2019 年度教育部高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）推荐项目公示材料

1 项目名称：基于功能化纳米界面的生物分子识别与信号放大

2 推荐单位：江苏师范大学

3 项目简介：

本项目属于分析化学与生物技术的交叉领域。

生物分子的鉴定在重大疾病的筛查、早期诊断和治疗中发挥着重要作用，但是，这些生物分子在疾病早期的含量低且体系复杂，导致检测无法进行。本成果针对这一重大瓶颈问题，构建了功能化的传感界面，研制了新型的纳米生物传感器，实现了**复杂生物体系中分子的选择性识别及信号的有效放大，**解决了生命分析和临床诊断中面临的基本分析瓶颈。经过系统性研究，已取得了系列的进展。主要发现与创新归纳为以下三点：

**（1）利用分子间弱相互作用，提出生物分子识别新原理。**基于金纳米粒子的光学性质，以暗场显微镜为研究工具，实现了碳水化合物-蛋白质之间结合常数的测定，创建了研究碳水化合物-蛋白质相互作用的新方法。利用自组装法构建了新型的比色传感器，实现了低浓度汞离子的选择性识别，为汞中毒的快速诊断提供了一种简便、高效、灵敏的解决方案。构建了一种单分子光谱成像技术，实现了多色量子点复合物的超定位成像，突破了光学成像分辨极限。开发了量化水溶液中量子点聚集体的新方法，成功实现了生物素化蛋白高灵敏、定量识别。

**（2）发展生物传感信号放大新策略。**借助增强的亚甲基蓝电子媒介体的电流信号，通过 DNA 纳米体系在电极表面的形成，发展了一种新颖的信号放大技术，实现了黑色素瘤 A375 细胞中酪氨酸激酶的检测，开拓了电化学检测新思路。采用电化学诱导聚合法制备了聚吡咯功能化的碳纳米管修饰电极界面，准确识别到各种 DNA 碱基的氧化信号，创新性地发展了一种排除胸腺嘧啶干扰的新方法。

**（3）建立细胞内生物分子实时传感新方法。**通过对贵金属纳米结构修饰、可控组装等策略，构建了携带方便、重复性好及富集效率高的传感基底，对其进行功能化，研制了可实时原位识别活性氧物种的新型纳米传感器，发展了细胞内活性氧物种的分析方法，为在细胞水平上对氧化应激事件导致的疾病研究提供了新方法。

**本项研究工作在 *Anal. Chem., Adv. Fun. Mater., Chem. Commun., Biosens. Bioelectron.* 等国际著名 SCI 期刊发表论文 79 篇（IF>5: 47 篇），授权发明专利 3 项。8 篇代表性论文被 *Chem. Soc. Rev., Anal. Chem., Adv. Fun. Mater.*等 SCI 刊物他引 171 次，单篇最高引用 41 次。美国哈佛大学 Chad D. Vecitis 教授、德国莱布尼茨研究所 Rasel Das 博士、新加坡国立大学 Seeram Ramakrishna 教授、日本东京工业大学 Takasi Nisisako 博士、美国国立卫生研究院 Xiaoyuan Chen 教授、新加坡南洋理工大学 Martin Pumera 教授、日本国家先进工业科学技术研究所 Osamu Niwa 教授、美国普林斯顿大学 Steven Chien 教授、澳大利亚格里菲斯大学 M.J.A. Shiddiky 教授、中国科学院院士陈洪渊教授、中国科学院院士谭蔚泓教授、清华大学何彦教授、南京大学王伟教授、复旦大学孔继烈教授、南开大学刘定斌教授等国内外著名专家先后大篇幅引用我们的研究成果，并给予了高度评价。项目组成员先后获得 9 项国家自然科学基金（其中 7 项已经结题）、1 项科技部 863 计划子课题、3 项江苏省自然科学基金。项目内容曾获 2015 年淮海科学技术奖一等奖。**

## 4 主要完成人情况（所有的完成人）：

| 姓　名 | 盖宏伟 | 性　别 | 男 | 排　　名 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|
| 工作单位 | 江苏师范大学 | 所在地 | 江苏徐州 | 办公电话 | 0516-83536972 |
| 技术职称 | 教授 | 专业、专长 | 分析化学 | | |
| 完成单位 | 江苏师范大学 | | | | |
| 曾获科技奖励情况 | 1. 2018 年，淮海科学技术奖，一等奖<br>2. 2010 年，湖南省化学化工协会青年化学奖<br>3. 2011 年，大连市科学技术奖，二等奖（排名第二） | | | | |

**本人对本项目主要学术贡献：（限 300 字）**

本人对推荐书“重要科学发现”中所列第一项、第二项、第五项、第七项发现做出了创造性贡献，概括如下：基于金纳米粒子表面等离子共振峰位移的变化，发展了碳水化合物与蛋白质相互作用的研究方法。以暗场显微镜为研究工具，实现了 pM 水平的汞离子检测，为汞中毒事件的快速诊断提供了一种简便、高效、灵敏、高性价比的解决策略。通过在连续光照下对比量子点迁移的不同步性及漂白的差异性，开发了量化水溶液中量子点聚集程度的方法，结合聚集度计算，实现了生物素化蛋白的定量检测。研制了一种基于光谱成像的彩色纳米镜，通过对一阶光谱的跟踪，成功实现了两个量子点之间数十级纳米的距离的测量。

| 姓　名 | 王颇 | 性　别 | 男 | 排　　名 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|
| 工作单位 | 江苏师范大学 | 所在地 | 江苏徐州 | 办公电话 | 0516-83403165 |
| 技术职称 | 副教授 | 专业、专长 | 分析化学 | | |
| 完成单位 | 江苏师范大学 | | | | |
| 曾获科技奖励情况 | 1. 2018 年，淮海科学技术奖，一等奖（排名第二）<br>2. 2018 年，徐州市发明协会科学技术奖，三等奖<br>3. 2018 年，徐州市发明协会科学技术“突出贡献奖”<br>4. 2018 年，徐州市十大青年科技奖 | | | | |

**本人对本项目主要学术贡献：（限 300 字）**

本人对推荐书“重要科学发现”中所列第四项发现做出了创造性贡献，概括如下：采用电化学诱导聚合法制备了聚吡咯功能化的碳纳米管修饰电极界面，准确识别了各种 DNA 碱基的氧化信号，创新性地建立了一种排除胸腺嘧啶的干扰的新方法。该方法无需 PCR 扩增、限制性内切酶的切割和亚硫酸盐转化等过程，分析速度快、操作简单并且结果准确，为 DNA 甲基化检测提供了一种独特的思路。

| 姓　名 | 渠陆陆 | 性　别 | 女 | 排　　名 | 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| 工作单位 | 江苏师范大学 | 所在地 | 江苏徐州 | 办公电话 | 0516-83403165 |
| 技术职称 | 副教授 | 专业、专长 | 分析化学 | | |
| 完成单位 | 江苏师范大学 | | | | |
| 曾获科技奖励情况 | 1. 2018 年，淮海科学技术奖，一等奖（排名第三）<br>2. 2018 年，徐州市发明协会科学技术奖，三等奖（排名第三） | | | | |

**本人对本项目主要学术贡献：（限 300 字）**

本人对推荐书“重要科学发现或主要科技创新”中所列第六项、第八项发现做出了创造性贡献，概括如下：为提高传感界面的分析性能，通过对贵金属纳米结构的功能化修饰，构建了携带方便、重复性好且稳定性高的基底，并研究了其应用领域。将具有 SERS 活性的纳米粒子嵌入氧化石墨烯片层中，构筑了一种富集性能好的复合膜，成功实现了低浓度待分析物的高效移除和 SERS 检测。通过对纳米基底的修饰和改性，构建了可识别活性氧物种（ROS）的新型纳米传感器，发展了细胞内 ROS 的分析方法，为在细胞水平上对氧化应激事件导致的疾病研究提供了新策略。

| 姓　名 | 苗向敏 | 性　别 | 女 | 排　　名 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| 工作单位 | 江苏师范大学 | 所在地 | 江苏徐州 | 办公电话 | 0516-83403170 |
| 技术职称 | 副教授 | 专业、专长 | 分析化学 | | |
| 完成单位 | 江苏师范大学 | | | | |
| 曾获科技奖励情况 | 1. 2018 年，淮海科学技术奖，一等奖（排名第三）<br>2. 2018 年，徐州市发明协会科学技术奖，三等奖（排名第二） | | | | |

**本人对本项目主要学术贡献：（限 300 字）**

本人对推荐书“重要科学发现”中所列第三项发现做出了创造性贡献，概括如下：借助增强的亚甲基蓝电子媒介体的电流信号，通过 DNA 纳米体系在电极表面的形成，发展了一种新颖的信号放大技术，实现了黑色素瘤 A375 细胞中酪氨酸激酶（PTK7）的检测。

| 姓　名 | 刘晓君 | 性　别 | 女 | 排　　名 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 工作单位 | 江苏师范大学 | 所在地 | 江苏徐州 | 办公电话 | 0516-83536972 |
| 技术职称 | 副教授 | 专业、专长 | 分析化学 | | |
| 完成单位 | 江苏师范大学 | | | | |
| 曾获科技奖励情况 | 无 | | | | |

**本人对本项目主要学术贡献：（限 300 字）**

本人对推荐书“重要科学发现”中所列第一项、第二项发现做出了创造性贡献，概括如下：以糖结合在金颗粒表面引起的散射光谱迁移为依据，发展了单颗粒水平上的糖与蛋白质相互作用的研究方法；以金颗粒聚集引起的散射光颜色变化为依据，区分开了单个金纳米颗粒和二价汞离子诱导生成的多个金颗粒聚集体，实现了 pM 水平的汞离子检测。

| 姓　名 | 石星波 | 性　别 | 男 | 排　　名 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 工作单位 | 湖南农业大学 | 所在地 | 湖南长沙 | 办公电话 | 0731-84673517 |
| 技术职称 | 副教授 | 专业、专长 | 分析化学 | | |
| 完成单位 | 湖南农业大学 | | | | |
| 曾获科技奖励情况 | 无 | | | | |

**本人对本项目主要学术贡献：（限 300 字）**

本人对推荐书“重要科学发现或主要科技创新”中所列第五项、第七项发现做出了创造性贡献，概括如下：利用量子点“一元激发，多元发射”光学特性，构建了多色量子点的光谱成像方法，开发了光学成像纳米级的精确定位技术，实现了定位精度达到 6 nm 超分辨定位，突破了光学成像分辨极限（< 200 nm）。创新性地构建了量子点团聚体团聚度的计数方法，开发了一种高灵敏定量蛋白的方法。

| 姓　名 | 李海涛 | 性　别 | 男 | 排　　名 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|
| 工作单位 | 江苏师范大学 | 所在地 | 江苏徐州 | 办公电话 | 0516-83403165 |
| 技术职称 | 教授 | 专业、专长 | 分析化学 | | |
| 完成单位 | 江苏师范大学 | | | | |
| 曾获科技奖励情况 | 2016 年，中国产学研合作创新奖（个人） | | | | |

**本人对本项目主要学术贡献：（限 300 字）**

本人对推荐书“重要科学发现或主要科技创新”中所列第六项、第八项发现做出了创造性贡献，概括如下： 构建了高重复性石墨烯基复合薄膜，实现了复杂体系中低浓度待分析物的高灵敏检测，解决了传统材料因灵敏度低而难以在现场快速检测中应用的问题。创新性地构建了可以用于选择性识别细胞内活性氧物种的高灵敏传感器，为细胞内氧化应激事件的监测提供了新策略

## 5 代表性论文目录：

1.不超过 8 篇代表性论文、专著

| 序号 | 论文、专著<br>名称/刊名/作者 | 影响因子 | 年卷页码<br>年(卷):页码 | 发表年月 | 通讯作者/第一作者<br>(中文名) | SCI 他引次数 | 他引总次数 | 是否国内完成 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Single Gold Nanoparticle Localized Surface Plasmon Resonance Spectral Imaging for Quantifying Binding Constant of Carbohydrate–Protein Interaction, ***Analytical Chemistry***, Xiaojun Liu, Qingquan Zhang, Yang Tu, Wenfeng Zhao, **Hongwei Gai*** | 6.042 | 2013 (85)<br>11851–11857 | 2013.12.17 | 盖宏伟/<br>刘晓君 | 12 | 16 | 是 |
| 2 | Single Gold Nanoparticle-Based Colorimetric Detection of Picomolar Mercury Ion with Dark-Fiel Microscopy, ***Analytical Chemistry***, Xiaojun Liu, Zhangjian Wu, Qingquan Zhang, Wenfeng Zhao, Chenghua Zong, **Hongwei Gai*** | 6.042 | 2016 (88)<br>2119–2124 | 2016.2.16 | 盖宏伟/<br>刘晓君 | 31 | 33 | 是 |
| 3 | Ultrasensitive electrochemical detection of protein tyrosine kinase-7 by gold nanoparticles | 8.173 | 2016 (83)<br>39–44 | 2016.4.13 | 苗向敏/<br>苗向敏 | 20 | 22 | 是 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | and methylene blue assisted signal amplification, ***Biosensors and Bioelectronics***, **Xiangmin Miao***, Zongbing Li, Aihua Zhu, Zhaozhong Feng, Jun Tian, Xue Peng | | | | | | | |
| 4 | Electrochemical evaluation of DNA methylation level based on the stoichiometric relationship between purine and pyrimidine bases, ***Biosensors and Bioelectronics***, **Po Wang***, Hanbin Chen, Jiuying Tian, Zong Dai, Xiaoyong Zou | 8.173 | 2013 (45) 34–39 | 2013.7.15 | 王颇/王颇 | 31 | 34 | 是 |
| 5 | Counting quantum dot aggregates for the detection of biotinylated proteins, ***Chemical Communications***, Xingbo Shi, Suli Dong, Minmin Li, Xiaojun Liu, Qingquan Zhang, Wenfeng Zhao, Chenghua Zong, Yewang Zhang, **Hongwei Gai*** | 6.290 | 2015 (77) 292–298 | 2015.3.15 | 盖宏伟/石星波 | 5 | 10 | 是 |
| 6 | Highly selective and sensitive surface enhanced Raman scattering nanosensors for detection of hydrogen peroxide in living cells, ***Biosensors and Bioelectronics***, **Lu-Lu Qu***, Ying-Ya Liu, Sai-Huan He, Jia-Qing Chen, Yuan Liang, **Hai-Tao Li** | 8.173 | 2016 (77) 292–298 | 2016.3.15 | 渠陆陆、李海涛/渠陆陆 | 41 | 41 | 是 |
| 7 | Superlocalization Spectral Imaging Microscopy of a Multicolor Quantum Dot Complex, ***Analytical Chemistry***, Xingbo Shi, Zhongqiu Xie, Yuehong Song, Yongjun Tan, Edward S. Yeung, **Hongwei Gai*** | 6.042 | 2012 (84) 1504−1509 | 2012.2.7 | 盖宏伟/石星波 | 13 | 22 | 是 |
| 8 | Highly Reproducible Ag NPs/CNT-Intercalated GO Membranes for Enrichment and SERS Detection of Antibiotics, ***ACS Applied Materials & Interfaces***, **Lu−Lu Qu**, Ying-Ya Liu, Ming-Kai Liu, Guo-Hai Yang, Da-Wei Li*, **Hai-Tao Li*** | 8.097 | 2016 (8) 28180−28186 | 2016.10.19 | 李大伟、李海涛/渠陆陆 | 18 | 19 | 是 |