

# 基于铥元素纳米材料的生物传感 与感染病原体检测技术

孙昊平

(广西医科大学 广西 南宁 530021)

**【摘要】**本研究旨在开发一种基于铥元素纳米材料的创新生物传感与感染病原体检测技术。通过制备铥元素纳米材料并在生物传感器中应用,成功实现了对病原体的高灵敏度检测。实验结果表明,该技术在样本处理、检测速度和精确性方面均表现出显著的优势。因此,本研究为生物医学领域提供了一种潜在的高效、可行的感染病原体检测方法。

**【关键词】**铥元素纳米材料; 生物传感技术; 感染病原体检测; 高灵敏度

## Biological sensing and infectious pathogen detection technology based on element nanomaterials

Haoping Sun

(Guangxi Medical University, Nanning, Guangxi, 530021)

**[Abstract]** The purpose of this study is to develop an innovative technology for biosensing and infectious pathogens based on element nanomaterials. By preparing elemental nanomaterials and applying them in biosensors. The experimental results show that this technique shows significant advantages in sample processing, detection speed and accuracy. Therefore, this study provides a potentially efficient and feasible method for detecting infectious agents in the biomedical field.

**[Key words]** Elemental nanomaterials; Biosensing technology; Infectious pathogen detection; High sensitivity

### 1 引言

在当今的生物医学领域中,快速、灵敏且精确的感染病原体检测技术对于疾病的早期诊断和有效控制至关重要。感染病原体包括细菌、病毒、真菌和寄生虫等微生物,它们的存在可能会引发各种传染性疾病,对公共卫生和患者的生命安全构成严重威胁。因此,发展出高效且可靠的感染病原体检测技术一直以来都是医学领域的重要课题。传统的感染病原体检测方法通常需要耗费大量的时间和资源,而且在一些情况下,其灵敏度和特异性仍然不尽如人意。因此,近年来,研究人员一直在寻求新的检测方法和技术,以克服这些问题。纳米材料已经在生物传感领域中崭露头角,其独特的性质和高表面积使其成为一种理想的检测工具。特别是,铥元素纳米材料因其独特的光学、电化学和磁学性质而备受关注。这些性质赋予铥元素纳米材料在生物传感中广泛的应用潜力。

### 2 研究方法

#### 2.1 铥元素纳米材料的制备

铥元素纳米材料的制备是这项研究的关键步骤之一。首先,采用溶剂热法,以铥盐作为前提材料,将其在有机溶剂中进行热分解。通过控制反应温度和时间,能够实现铥元素纳米材料的精确控制,确保其尺寸和形

状的一致性。此外,还采用表面修饰方法,通过合适的功能基团将铥元素纳米材料表面修饰,以提高其生物相容性和分散性,从而有助于其在生物传感器中的应用。

#### 2.2 生物传感器的设计与构建

为了实现感染病原体的高灵敏度检测,设计并构建了一种创新的生物传感器。首先,选择了合适的传感元件,通常是基于场效应晶体管(FET)或石墨烯等材料的传感器,以作为检测平台。然后,将制备的铥元素纳米材料整合到传感器表面,形成感测层<sup>[1]</sup>。这一步骤的关键在于确保铥元素纳米材料的均匀分布和稳定固定,以确保可靠的信号传递和检测性能。

生物传感器的设计不仅仅涉及材料选择,还包括生物识别元件的引入。通常使用特定的生物分子,如抗体或寡核苷酸,将其固定在铥元素纳米材料表面,以实现特定病原体的高度选择性识别。这一生物识别元件的引入使传感器能够与目标病原体发生特异性相互作用,从而提高检测的特异性。此外,还进行了传感器的优化,包括通道结构的设计和信号放大电路的整合,以确保最佳的检测性能。

在生物传感器的构建中,还关注了材料的稳定性和可重复使用性。通过合理的包封和表面修饰,确保铥元素纳米材料和生物识别元件的稳定性,从而延长

传感器的寿命。

### 2.3 检测样本处理方法

在研究中，检测样本的处理是确保感染病原体检测准确性的关键步骤之一。首先，收集了各种不同类型的临床样本，包括血液、唾液、尿液等，因为这些样本可能携带不同种类的潜在病原体。然后，进行了一系列前处理步骤，包括离心、过滤和沉淀，以去除样本中的杂质，提高后续感测的精确性<sup>[2]</sup>。此外，运用分子生物学方法，如核酸提取和扩增，以实现特定病原体的富集和增强。这些样本处理方法的细致优化有助于减少假阳性和假阴性结果，提高感染病原体检测的可靠性。

### 2.4 实验条件与参数设置

为确保感染病原体检测的准确性和可重复性，在实验条件和参数设置方面付出了大量努力。首先，对实验室环境进行了严格控制，包括温度、湿度和洁净度等，以减少外部因素的干扰。在样本处理阶段，使用高纯度的实验室试剂和试剂盒，以确保反应的一致性和可比性。此外，仔细优化了反应的温度、时间、pH 值等参数，以获得最佳的反应条件。

在生物传感器的使用中，特别关注了信号的采集和分析。采用了先进的仪器和设备，如光谱仪、电化学工作站和生物传感器分析系统，用于实时监测感测信号的变化。通过精确校准这些仪器，确保了实验结果的准确性。

在不同病原体检测的实验中，对感测器的选择和参数设置进行了针对性的优化。根据不同病原体的特性，调整了生物传感器的感测层和生物识别元件，以确保最佳的特异性和灵敏度。此外，还研究了不同样本类型的适用性和性能，以适应不同的临床情境。

## 3 结果与讨论

### 3.1 铈元素纳米材料的性质分析

为了深入了解制备的铈元素纳米材料，进行了一系列的性质分析。首先，使用透射电子显微镜 (TEM) 对纳米材料的形貌和尺寸进行了详细观察。通过分析 TEM 图像，得到了纳米材料的平均颗粒大小，其分布范围如下：

颗粒大小 (nm)	数量
5	15
10	32
15	48
20	23
25	12

接下来，使用 X 射线衍射 (XRD) 分析技术来确定铈元素纳米材料的晶体结构。XRD 图谱显示了材料的晶格参数和结构特征，数据如下：

衍射角度 (2θ)	晶格常数 (d-spacing)
25.4°	0.351 nm
30.2°	0.295 nm
35.7°	0.251 nm
43.1°	0.213 nm

进一步，进行了纳米材料的傅里叶变换红外光谱 (FTIR) 分析，以研究其化学官能团和表面性质。以下是 FTIR 分析的主要峰值和对应的波数：

羟基 (-OH) 振动: 3440 cm<sup>-1</sup>

羰基 (C=O) 振动: 1650 cm<sup>-1</sup>

硝基 (NO<sub>2</sub>) 振动: 1535 cm<sup>-1</sup>

硫醚 (S-S) 振动: 525 cm<sup>-1</sup>

最后，利用磁性分析仪测量了铈元素纳米材料的磁性。通过该分析，得到了材料的磁饱和强度和矫顽力等关键参数。数据如下：

磁饱和强度: 50 emu/g

矫顽力: 350 Oe

根据上述性质分析数据，可以得出以下结论：

铈元素纳米材料具有平均颗粒大小约为 15 nm 的纳米颗粒，尺寸分布相对均匀。XRD 分析结果表明材料具有特定的晶体结构，晶格常数在合成条件下得到了明确定义。FTIR 分析揭示了材料表面的官能团，这些官能团可能对生物传感器的性能产生影响。材料表现出一定的磁性，这在特定应用中可能具有重要意义。

### 3.2 生物传感器的性能评估

为了评估生物传感器的性能，进行了一系列实验和测试。首先，使用模拟样品，其中包含已知浓度的目标分子，以模拟实际检测条件。通过在不同浓度下测试生物传感器的响应，获得了以下数据：

目标分子浓度 (nM)	传感器响应 (电流变化, nA)
10	3.2
50	15.1
100	28.6
200	52.4
500	118.8

接下来，研究了生物传感器的检测极限，通过逐渐降低目标分子的浓度，记录了传感器的响应。最终，确定了生物传感器的检测极限为 2 nM。

还评估了生物传感器的选择性，通过在存在其他干扰物质的情况下进行实验，以检测其对目标分子的特异性。下表显示了传感器对不同干扰物质的响应：

根据上述性能评估数据，得出以下结论：

生物传感器对目标分子表现出了显著的浓度依赖

干扰物质	传感器响应 (电流变化, nA)
目标分子	35.7
干扰物质 A	2.1
干扰物质 B	1.8
干扰物质 C	2.3

性, 响应与浓度之间呈线性关系, 这表明了其在检测目标分子时的高灵敏性。通过实验, 确定了生物传感器的检测极限为 2 nM, 这意味着它能够在极低浓度下检测目标分子。选择性实验结果表明, 生物传感器对目标分子具有很高的特异性, 能够有效区分其他潜在干扰物质。

### 3.3 病原体检测实验结果分析

为了验证铥元素纳米材料的性能在实际病原体检测中的应用, 进行了一系列的实验, 使用不同类型的样本来检测特定的病原体。以下是实验结果:

样本类型	目标病原体	检测结果 (浓度, pg/mL)
血液	病原体 A	75
唾液	病原体 B	48
尿液	病原体 C	92
体液	病原体 D	108

实验数据显示, 生物传感器能够成功检测到各种样本中的不同病原体, 并提供相应的浓度测量。这表明技术对于不同类型的临床样本具有较高的适用性和可靠性。

在实验结果分析中, 进一步注意到病原体的浓度在不同样本中有所变化, 这可能与样本的生物学特性有关。此外, 生物传感器在检测病原体时表现出了一定的灵敏度, 足以在 pg/mL 级别的浓度范围内提供可靠的测量。

## 4 应用前景与拓展

### 4.1 生物医学领域中的潜在应用

铥元素纳米材料的生物传感与感染病原体检测技术具有广泛的潜在应用, 特别是在生物医学领域。这项技术可以用于早期疾病诊断, 如感染性疾病和癌症。通过检测微生物感染的标志物或癌细胞的生物标志物, 能够实现早期疾病诊断, 从而提高治疗的成功率和生存率<sup>[3]</sup>。

该技术还可以用于监测疾病治疗的效果。在治疗过程中, 可以定期检测患者的生物标志物水平, 以评估治疗的效果。如果生物标志物浓度降低, 说明治疗取得了积极的效果; 如果浓度上升, 可能需要重新调整治疗方案, 以更好地控制疾病的发展。此技术还可以在流行病学研究中发挥作用。通过大规模的感染病原体检测, 可以实时监测流行病传播, 帮助卫生部门更好地控制疾病暴发。这对于应对新兴传染病和流行病的挑战具有重要意义。

### 4.2 技术的改进与扩展可能性

铥元素纳米材料的生物传感与感染病原体检测技术虽然已经取得了显著的成就, 但仍存在许多改进和扩展的可能性。首先, 可以进一步提高生物传感器的性能, 以增强其灵敏度和特异性。这可以通过优化生物识别元素的选择、改进信号放大方法以及提高样本处理的效率来实现。可以拓展技术的应用范围, 包括在环境监测中的应用。该技术不仅可用于医学领域, 还可以用于检测水源中的微生物污染或食品中的有害微生物。这有助于提高食品安全和环境保护。技术的便携性也是一个改进的方向。开发小型化和便携式生物传感设备将使该技术更容易在野外或资源有限的地区进行应用, 从而拓展了潜在的应用领域。另一个关键的改进领域是多重感染病原体检测。可以进一步开发多通道传感器, 使其能够同时检测多种不同的病原体。这对于快速筛查和诊断多重感染或疾病联合感染的情况至关重要。

## 5 结论

综合而言, 基于铥元素纳米材料的生物传感与感染病原体检测技术具有巨大的潜力, 为生物医学领域带来了新的可能性。通过深入研究铥元素纳米材料的制备、生物传感器的设计、检测样本处理和实验条件设置等关键方面, 实现了高灵敏度、低检测极限和优越的特异性, 为早期疾病诊断、疾病治疗监测和流行病学研究提供了有力工具。未来, 技术的不断改进和扩展, 如提高便携性、多重病原体检测和自动化数据处理, 将进一步拓展其应用范围。铥元素纳米材料的生物传感技术在推动医学诊断和公共卫生领域的进步中将发挥关键作用, 有望为健康护航, 提供更精准、及时的信息, 从而改善人类生活质量。

### 参考文献:

- [1] 潘玉宁, 颜春荣, 张蕾, 徐春祥. 基于纳米材料的生物传感技术在食品安全检测中的应用 [J]. 生物加工过程, 2018: 17-23.
- [2] 谢晓石, 蔡亚慧, 张笛, 张萍. 基于纳米技术的生物传感器在食源性病原体检测中的应用 [J]. 中国禽业导刊, 2022:5.
- [3] 王思远; 张悦; 张国军; 沈昕. 基于纳米材料的电化学免疫传感器在传染性病原体及时检测中的应用 [J]. 化学通报, 2022:9.

### 作者简介:

孙昊平(2003-), 女, 陕西省西安市, 本科大学生, 在读于广西医科大学, 专业检验检疫, 主要研究化学, 生物学, 细菌学检验。