《纳米科学与技术》丛书序
前言
第1章 压电电子学和压电光电子学导论 …… 1
1.1 以多样性和多功能性超越摩尔定律 …… 1
1.2 人机交互界面 …… 2
1.3 压电电子学和压电光电子学的物理基础:压电势 …… 3
1.4 压电电子学领域的创立 …… 6
1.5 压电电子学效应 …… 6
1.5.1 压电电子学效应对金属-半导体接触的作用 …… 7
1.5.2 压电电子学效应对 p-n 结的作用 …… 10
1.6 压电光电子学效应 …… 11
1.7 适用于压电电子学研究的一维纤锌矿纳米结构 …… 12
1.8 展望 …… 14
参考文献 …… 16
第2章 纤锌矿结构半导体材料中的压电势 …… 19
2.1 支配方程 …… 19
2.2 前三阶微扰理论 …… 20
2.3 垂直纳米线的解析解 …… 22
2.4 横向弯曲纳米线的压电势 …… 24
2.5 横向弯曲纳米线的压电电势测量 …… 26
2.6 轴向应变纳米线内的压电势 …… 27
2.7 掺杂半导体纳米线中的平衡电势 …… 30
2.7.1 理论框架 …… 30
2.7.2 考虑掺杂情况时压电势的计算 …… 32
2.7.3 掺杂浓度的影响 …… 36
2.7.4 载流子类型的影响 …… 40
2.8 压电势对局域接触特性的影响 …… 40
2.8.1 理论分析 …… 41
2.8.2 实验验证 …… 43
2.9 电流传输的底端传输模型 …… 45

参考文献 …… 46
第3章 压电电子学基本理论 …… 48
3.1 压电电子学晶体管与传统场效应晶体管的比较 …… 48
3.2 压电势对金属-半导体接触的影响 …… 50
3.3 压电势对 p-n 结的影响 …… 51
3.4 压电电子学效应的理论框架 …… 53
3.5 一维简化模型的解析解 …… 54
3.5.1 压电 p-n 结 …… 55
3.5.2 金属-半导体接触 …… 57
3.5.3 金属-纤锌矿结构半导体接触 …… 59
3.6 压电电子学器件的数值模拟 …… 60
3.6.1 压电 p-n 结 …… 60
3.6.2 压电晶体管 …… 63
3.7 总结 …… 66
参考文献 …… 66
第4章 压电电子学晶体管 …… 68
4.1 压电电子学应变传感器 …… 68
4.1.1 传感器的制备和测量 …… 68
4.1.2 压电纳米线内应变的计算 …… 70
4.1.3 传感器的机电特性表征 …… 70
4.1.4 应用热电子发射-扩散理论的数据分析 …… 72
4.1.5 压阻和压电效应效果的区分 …… 73
4.1.6 压电电子学效应引起的应变系数剧增 …… 74
4.2 压电二极管 …… 75
4.2.1 压电电子学效应引起的欧姆接触到肖特基接触的转变 …… 76
4.2.2 肖特基势垒变化的定量分析 …… 78
4.2.3 压电电子学二极管工作机制 …… 80
4.2.4 压电电子学机电开关 …… 81
4.3 基于垂直纳米线的压电晶体管 …… 82
4.3.1 反向偏置接触 …… 82
4.3.2 正向偏置接触 …… 84
4.3.3 两端口压电电子学晶体管器件 …… 85
4.4 总结 …… 87
参考文献 …… 87

第5章 压电电子学逻辑电路及运算操作 …… 89
5.1 应变门控晶体管 …… 89
5.1.1 器件制备 …… 89
5.1.2 基本原理 …… 92
5.2 应变门控反相器 …… 93
5.3 压电电子学逻辑运算 …… 96
5.3.1 与非门和或非门(NAND 和 NOR) …… 96
5.3.2 异或门(XOR) …… 98
5.4 总结 …… 100
参考文献 …… 100
第6章 压电电子学机电存储器 …… 103
6.1 器件制备 …… 103
6.2 机电存储器原理 …… 105
6.3 温度对存储器性能的影响 …… 108
6.4 机电存储器中的压电电子学效应 …… 111
6.5 可复写的机电存储器 …… 114
6.6 总结 …… 116
参考文献 …… 116
第7章 压电光电子学理论 …… 119
7.1 压电光电子学效应的理论框架 …… 119
7.2 压电光电子学效应对发光二极管的影响 …… 120
7.2.1 压电发光二极管简化模型的解析解 …… 121
7.2.2 压电 p-n 结发光二极管器件的数值模拟 …… 123
7.3 压电光电子学效应对光电传感器的影响 …… 125
7.3.1 正偏肖特基接触的电流密度 …… 126
7.3.2 反偏肖特基接触的电流密度 …… 126
7.3.3 光激发模型 …… 126
7.3.4 压电电荷和压电势方程 …… 127
7.3.5 压电光电子学效应对双肖特基接触结构的影响 …… 128
7.3.6 金属-半导体-金属光电探测器的数值模拟 …… 129
7.4 压电光电子学效应对太阳能电池的影响 …… 131
7.4.1 基本方程 …… 132
7.4.2 基于 p-n 结的压电太阳能电池 …… 133
7.4.3 金属-半导体肖特基接触型太阳能电池 …… 138
7.5 总结 …… 139

参考文献 …… 140
第 8 章 压电光电子学效应在光电池中的应用 …… 142
8.1 金属-半导体接触光电池 …… 142
8.1.1 实验方法 …… 142
8.1.2 基本原理 …… 143
8.1.3 光电池输出的优化 …… 145
8.1.4 理论模型 …… 147
8.2 p-n 异质结太阳能电池 …… 149
8.2.1 压电势对太阳能电池输出的影响 …… 150
8.2.2 压电电子学模型 …… 153
8.3 增强型硫化亚铜(Cu_2S)/硫化镉(CdS)同轴纳米线太阳能电池 …… 154
8.3.1 光伏器件设计 …… 155
8.3.2 压电光电子学效应对输出的影响 …… 158
8.3.3 理论模型 …… 160
8.4 异质结核壳纳米线的太阳能转换效率 …… 162
8.5 总结 …… 165
参考文献 …… 166
第 9 章 压电光电子学效应在光电探测器中的应用 …… 168
9.1 测量系统设计 …… 168
9.2 紫外光传感器的表征 …… 169
9.3 压电光电子学效应对紫外光灵敏度的影响 …… 171
9.3.1 实验结果 …… 171
9.3.2 物理模型 …… 173
9.4 压电光电子学效应对可见光探测器灵敏度的影响 …… 177
9.4.1 实验结果及与计算结果的比较 …… 177
9.4.2 压阻效应的影响 …… 179
9.4.3 串联电阻的影响 …… 179
9.5 压电光电子学光电探测的评价标准 …… 180
9.6 总结 …… 180
参考文献 …… 181
第 10 章 压电光电子学效应对发光二极管的影响 …… 182
10.1 发光二极管的制备和测量方法 …… 182
10.2 发光二极管的表征 …… 184
10.3 压电效应对发光二极管效率的影响 …… 185
10.4 压电极化方向的效应 …… 187

10.5 注入电流与施加应变之间的关系 …… 188
10.6 发光光谱和激发过程 …… 188
10.6.1 异质结能带图 …… 188
10.6.2 受应变发光二极管的发光光谱 …… 189
10.7 压电光电子学效应对发光二极管的影响 …… 190
10.7.1 基本物理过程 …… 190
10.7.2 应变对异质结能带的影响 …… 192
10.8 应变对光偏振的影响 …… 195
10.9 p 型氮化镓薄膜的电致发光特性 …… 198
10.9.1 压电光电子学效应对发光二极管的影响 …… 199
10.9.2 理论模型 …… 201
10.9.3 发光特性分析 …… 202
10.10 总结 …… 205
参考文献 …… 206
第 11 章 压电光电子学效应在光电化学过程和能源存储中的应用 …… 208
11.1 光电化学过程的基本原理 …… 208
11.2 压电势对光电化学过程的影响 …… 209
11.3 光电化学太阳能电池 …… 210
11.3.1 电池设计 …… 210
11.3.2 压电光电子学效应对光电化学过程的影响 …… 211
11.4 压电势对机械能到电化学能量转化过程的影响 …… 212
11.4.1 自充电功率源器件的工作原理 …… 212
11.4.2 自充电功率源器件的设计 …… 215
11.4.3 自充电功率源器件的性能 …… 217
11.5 总结 …… 219
参考文献 …… 220
附录 …… 221
附录 1 王中林小组 2006～2012 年间发表的有关纳米发电机、压电电子学和压电光电子学方面的文章 …… 221
附录 2 缩写词 …… 230
索引 …… 233