

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|------------|
| Resumen | I |
| Abstract | III |
| Resum | V |
| 1. Introducción / Introduction | 1 |
| 1.1. Motivación / Motivation | 1 |
| 1.2. Objetivos / Objectives | 6 |
| 1.3. Aportaciones de la investigación / Research contributions | 8 |
| 2. Antecedentes científicos | 11 |
| 2.1. Materiales cerámicos | 12 |
| 2.1.1. Clasificación | 13 |
| 2.1.2. Aplicaciones | 14 |
| 2.2. Método de reducción química autocatalítica | 15 |
| 2.2.1. Antecedentes | 15 |
| 2.2.2. Pretratamiento de la superficie del sustrato | 17 |
| 2.2.3. Activación catalítica del sustrato | 18 |
| 2.2.4. Método de reducción química autocatalítica | 18 |
| 2.2.5. Tratamiento térmico | 20 |
| 2.3. Supercapacitor | 21 |
| 2.3.1. Capacitancia eléctrica de doble capa | 24 |
| 2.3.2. Pseudocapacitancia | 27 |
| 2.3.3. Supercapacitores híbridos | 30 |
| 2.4. Celda solar | 31 |
| 2.4.1. Espectro solar | 31 |
| 2.4.2. Parámetros característicos de una celda solar | 32 |
| 2.4.3. Tipos de las celdas solares | 34 |
| 3. Materiales y métodos | 45 |
| 3.1. Fase 1: Fabricación de un sustrato cerámico | 45 |
| 3.1.1. Sinterización del sustrato cerámico | 46 |
| 3.1.2. Caracterización físico-química | 47 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2. Fase 2: Metalización con un recubrimiento de Ni–Mo–P | 49 |
| 3.2.1. Activación catalítica del sustrato cerámico | 50 |
| 3.2.2. Reducción química autocatalítica de Ni–Mo–P | 51 |
| 3.2.3. Tratamiento térmico | 52 |
| 3.2.4. Caracterización físico–química | 52 |
| 3.3. Fase 3: Electrodo híbrido para su uso en un supercapacitor | 54 |
| 3.3.1. Electrodo híbrido sobre un sustrato de fibra de carbono | 55 |
| 3.3.1.1 Materiales requeridos | 56 |
| 3.3.1.2 Activación del sustrato | 57 |
| 3.3.1.3 Modificación del sustrato con óxido de grafeno reducido | 57 |
| 3.3.1.4 Electropolimerización de los monómeros de pirrol | 58 |
| 3.3.1.5 Caracterización físico–química | 58 |
| 3.3.1.6 Caracterización electroquímica | 59 |
| 3.3.2. Electrodo híbrido sobre un sustrato cerámico metalizado | 60 |
| 3.3.2.1 Materiales requeridos | 61 |
| 3.3.2.2 Modificación del sustrato con óxido de grafeno reducido | 61 |
| 3.3.2.3 Electropolimerización de los monómeros de pirrol | 62 |
| 3.3.2.4 Caracterización físico–química | 62 |
| 3.3.2.5 Caracterización electroquímica | 63 |
| 3.4. Fase 4: Celda solar del tipo unión p–n | 63 |
| 3.4.1. Celda solar sobre un sustrato de vidrio conductor | 63 |
| 3.4.1.1 Materiales requeridos | 65 |
| 3.4.1.2 Síntesis de una capa de ZnO | 66 |
| 3.4.1.3 Modificación de la interfase Cu ₂ O/ZnO | 67 |
| 3.4.1.4 Síntesis de una capa de Cu ₂ O | 67 |
| 3.4.1.5 Caracterización físico–química | 67 |
| 3.4.1.6 Caracterización fotoeléctrica | 68 |
| 3.4.2. Celda solar sobre un sustrato cerámico metalizado | 68 |
| 3.4.2.1 Materiales requeridos | 69 |
| 3.4.2.2 Fabricación del contacto frontal de la celda solar | 70 |
| 3.4.2.3 Modificación del recubrimiento metálico de Ni–Mo–P | 71 |
| 3.4.2.4 Efecto de la electrodeposición de ZnO | 71 |
| 3.4.2.5 Caracterización físico–química | 72 |
| 3.4.2.6 Caracterización fotoeléctrica | 72 |
| 4. Resultados y discusión | 73 |
| 4.1. Fabricación de un sustrato cerámico | 73 |
| 4.2. Metalización con un recubrimiento de Ni–Mo–P | 75 |
| 4.2.1. Estructura cristalina | 76 |
| 4.2.2. Rugosidad | 79 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 4.2.3. | Análisis morfológico | 81 |
| 4.2.4. | Espesor y composición química elemental | 83 |
| 4.2.5. | Pruebas de adherencia | 86 |
| 4.2.6. | Propiedades eléctricas | 87 |
| 4.2.7. | Propiedades mecánicas | 89 |
| 4.3. | Electrodo híbrido para su uso en un supercapacitor | 91 |
| 4.3.1. | Electrodo híbrido sobre un sustrato de fibra de carbono | 92 |
| 4.3.1.1 | Síntesis del electrodo | 93 |
| 4.3.1.2 | Análisis estructural y morfológico | 97 |
| 4.3.1.3 | Comportamiento electroquímico | 99 |
| 4.3.2. | Electrodo híbrido sobre un sustrato cerámico metalizado | 103 |
| 4.3.2.1 | Preparación del sustrato cerámico metalizado | 104 |
| 4.3.2.2 | Síntesis del electrodo | 104 |
| 4.3.2.3 | Análisis estructural y morfológico | 106 |
| 4.3.2.4 | Comportamiento electroquímico | 109 |
| 4.4. | Celda solar del tipo unión p-n | 114 |
| 4.4.1. | Celda solar sobre un sustrato de vidrio conductor | 115 |
| 4.4.1.1 | Celda solar obtenida por Doctor Blade y electrodeposición | 115 |
| 4.4.1.2 | Celda solar obtenida por electrodeposición | 123 |
| 4.4.2. | Celda solar sobre un sustrato cerámico metalizado | 134 |
| 4.4.2.1 | Fabricación del contacto frontal de la celda solar | 136 |
| 4.4.2.2 | Modificación del recubrimiento metálico de Ni-Mo-P | 140 |
| 4.4.2.3 | Efecto de la electrodeposición de ZnO | 145 |
| | <i>Conclusiones / Conclusions</i> | 151 |
| | <i>Líneas futuras de investigación</i> | 155 |
| | <i>Publicaciones derivadas de esta investigación</i> | 161 |
| | Publicaciones en revistas | 162 |
| | Publicaciones en revisión | 162 |
| | Contribución en congresos | 163 |
| | Capítulos de libros | 164 |
| | <i>Bibliografía</i> | 165 |