

Capítulo 1. Introducción

En los últimos años, como consecuencia de la iniciativa de los sectores público y privado, así como de la inversión llevada a cabo por varios países en el área de la nanotecnología, el estudio de materiales nanoestructurados se ha acelerado e incrementado, lo que ha sido clave para el avance científico y tecnológico. Debido a la reducción del tamaño del material en macro a estructuras menores de 100 nm, se tiene un incremento en el área superficial lo cual lleva consigo nuevas propiedades eléctricas, mecánicas, químicas y ópticas debido a la presencia de efectos cuánticos en esta escala. Los efectos y fenómenos que se manifiestan a este nivel son parte del estudio de la nanotecnología.

Los óxidos metálicos con estructuras en el rango de nanómetros han sido ampliamente investigados por sus potenciales aplicaciones en sectores como la electrónica, óptica, ciencia de materiales y en el sector biomédico. Entre éstos, el óxido de zinc (ZnO) es un material clave en la industria por su versatilidad, alta estabilidad química, su alta capacidad de transporte de electrones y sus propiedades ópticas, electrónicas, magnéticas y mecánicas derivadas del confinamiento espacial nanométrico. Es un material biocompatible y relativamente barato y puede ser funcionalizado lo que permite expandir sus potenciales aplicaciones médicas. La fase cristalina más común de este material es la hexagonal de wurtzita (Figura 1.1) y posee un band-gap de 3.37 eV lo cual lo hace adecuado para aplicaciones optoelectrónicas de corta longitud de onda. La falta de centro de simetría en esta fase de wurtzita, en combinación con su alto acoplamiento electromecánico, resulta en fuertes propiedades piezoeléctricas y piroeléctricas y por consecuencia, su uso en una amplia gama de aplicaciones. Mucha de la investigación aplicada ha sido en celdas solares sensibilizada por colorante, nanogeneradores piezoeléctricos, sensores, dispositivos de emisión y

optoelectrónicos, fotocatalizadores, actuadores en ciencias biomédicas, energía, y espintrónica. El conocimiento actual de las propiedades físicas y químicas del óxido de zinc, no ha permitido descubrir que al dopar al ZnO con tierras raras se generan nuevas propiedades ferromagnéticas.

Debido a al alto potencial industrial de las nanoestructuras de ZnO, se necesita un método de síntesis confiable y escalable que ofrezca diferentes configuraciones morfológicas. Derivado de su estructura cristalina se han reportado la síntesis de *nanorings*, *nanowires*, *nanocages*, nanohelices, *nanotetrapods*, *nanotubos*, *nanobelts*, *nanorods*, *nanosprings*, *nanosheets*, entre otros. Las metodologías para la síntesis de estas nanoestructuras de ZnO más utilizadas en el momento, incluyen básicamente procesos vapor-sólido, vapor-liquido-sólido, crecimiento epitaxial, síntesis hidrotermal, crecimiento catalítico utilizando metales nobles, crecimiento asistido por una plantilla y por deposición de vapor química y física. Estos métodos permiten obtener productos con una alta calidad cristalina; sin embargo, presentan algunos problemas entre los que se incluyen la eliminación/recuperación del catalizador/plantilla, operaciones tediosas y largas para procesarlos/purificarlos, alto consumo energético, adhesión pobre a los sustratos, entre otros. Estos problemas pueden generar impurezas en el producto y ofrecen un rendimiento adecuado para laboratorio, aunque por lo regular son procesos no escalables para producción industrial. No obstante, con el avance en nuestro entendimiento de los fenómenos físicos y químicos que están detrás de los mecanismos de crecimiento, se ha logrado que éstas tecnologías sean más eficaces económicamente y en rendimiento, ofreciendo mayor calidad y escalabilidad.

En la actualidad existen varias propuestas sobre el mecanismo de crecimiento de las diversas estructuras de óxido de zinc. El mecanismo de vapor-sólido es el más usado para entender la formación de estos, aunque también se toma como base el mecanismo de vapor-líquido-sólido dependiendo de las temperaturas utilizadas en la formación del óxido metálico. Las temperaturas reportadas para la formación de nanoestructuras en la literatura varían desde los 400 grados a 1000 grados centígrados basándose en el hecho de que el zinc tiene temperatura de fusión de 420 grados centígrados y un punto de ebullición de 907 grados centígrados. Dependiendo del rango de temperatura usado, es el mecanismo de crecimiento que se tiende a utilizar para explicar la formación de las estructuras. La descomposición del ZnO sucede a los 1400 grados por lo que no se tienden a superar o llegar a estas temperaturas (Rackauskas, 2012).

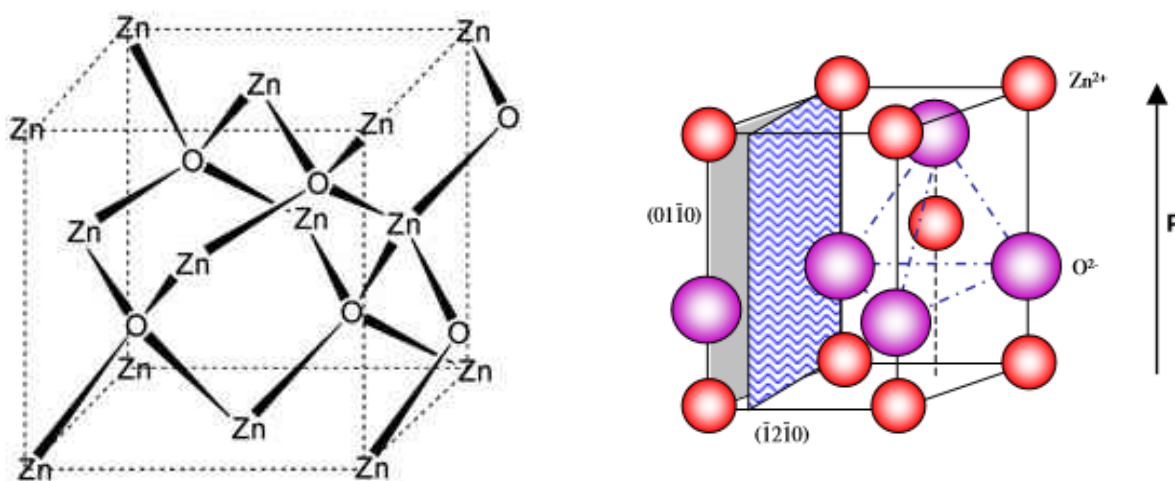


Figure 1.1 Las dos estructuras cristalinas posibles en el ZnO: Blenda de Zinc (izquierda) y Wurtzita, Hexagonal (Derecha).

Muchos de los métodos empleados en preparación de nanomateriales presentan rendimientos extremadamente pequeños o en varios casos, son difíciles de ser escalados

industrialmente. Hoy en día la mayoría de las investigaciones se enfocan en el descubrimiento de nuevos materiales así como en la caracterización de sus propiedades. Mientras que la investigación y descubrimiento de nuevos productos es fundamental para el avance de la ciencia tanto tecnológicamente como teóricamente, es necesario poder utilizar los descubrimientos en la industria. El presente proyecto de investigación se realizó con el objetivo de facilitar el acceso a estos materiales nanoestructurados para avanzar tecnológicamente a un paso más rápido.

En este trabajo, se propuso utilizar y combinar dos tecnologías de preparación para así aprovechar sus ventajas para de esta manera eliminar varias desventajas que se tendrían si se quisieran utilizar por sí solas. Este protocolo ofrece simplicidad, productos de alta calidad cristalina, el proceso es escalable, tiene un alto rendimiento y un bajo costo relativo para la preparación de nanoestructuras de ZnO. Se propone una solución escalable para el acceso a nanoestructuras de óxido de zinc de calidad. Con esta metodología fue posible modular y establecer los parámetros de preparación para obtener *nanobelts*, *nanoribbons* y *nanotetrapods* de óxido de zinc. Primeramente, se sintetizó el ZnO por el método de descarga de arco (Figura 1.2) y posteriormente se procesó el producto por oxidación térmica (Figura 1.3) para definir su morfología y estructura. Se encontró que, en el proceso de oxidación térmica, parámetros como el flujo de gas inerte y temperatura de oxidación juegan un papel importante en las estructuras resultantes. El método de descarga de arco permitiría una producción en masa, ya que además de ser simple es económico. Se pueden producir nanoestructuras utilizando solamente el método de descarga de arco, sin embargo, se necesita controlar delicadamente el ambiente (duración del proceso, presión parcial de gases

acarreadores, corriente de descarga de arco, etc). En este proyecto se diseñó y exploró otra aproximación para la obtención de nanoestructuras de óxido de zinc.

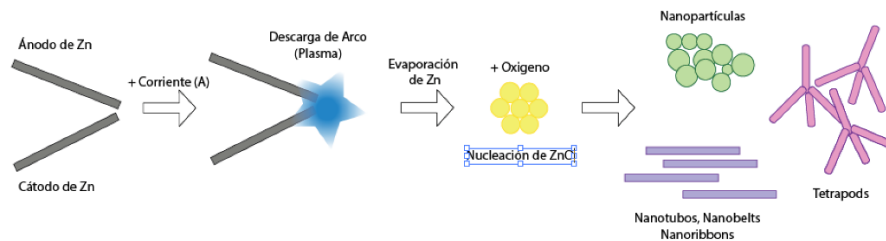


Figure 1.2 Diagrama esquemático del proceso de descarga de arco

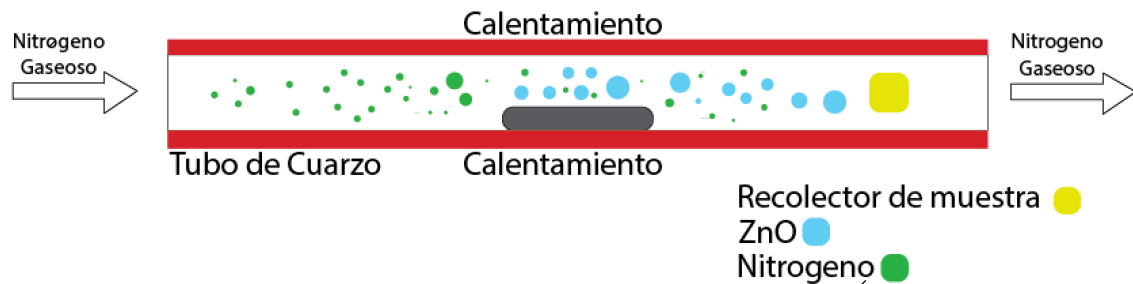


Figure 1.3 Diagrama esquemático general del proceso de oxidación térmica

Para la descarga de arco se trabajó con un reactor horizontal empleando electrodos de zinc metálico y oxígeno gaseoso. La formación de nanoestructuras homogéneas utilizando el método de oxidación térmica se realizó utilizando un tubo de cuarzo en un horno tubular partiendo del óxido de zinc ya sintetizado y un gas inerte (nitrógeno gaseoso). A continuación, se describe la metodología llevada a cabo y las condiciones establecidas para cada método. Posteriormente, se presentan los resultados obtenidos en la etapa experimental y se analiza y discute su validez. Finalmente se concluye destacando los resultados más importantes obtenidos que permiten la existencia de futuras líneas de investigación.