NUEVO REACTOR CAPILAR CON ULTRASONIDOS, CONTROL DE TEMPERATURA Y VIBRACIÓN HOMOGÉNEA

TECNOLOGÍA PATENTADA

DATOS DE CONTACTO:

Relaciones con la Empresa
Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación-OTRI
Universidad de Alicante
Tel.: +34 96 590 99 59
Email: areaempresas@ua.es
http://innoua.ua.es

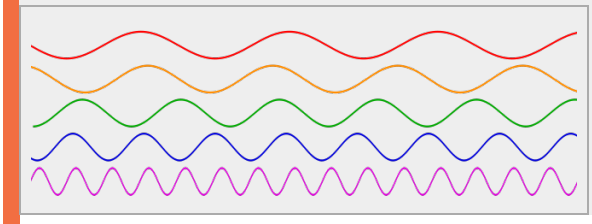
RESUMEN

El grupo de investigación de **Fotoquímica y Electroquímica de Semiconductores (GFES)** de la Universidad de Alicante ha desarrollado **un reactor capilar** con ultrasonidos de alta y baja potencia que logra **una sonicación homogénea, eficiente y con control de temperatura**. Este reactor consiste en un tubo capilar situado en una sonda de forma helicoidal que homogeneiza el campo acústico generado y sin la aparición de nodos/antinodos longitudinales.

De esta forma, se permite el trabajo en continuo y/o oscilatorio de procesos fisicoquímicos de cristalización y/o la mejora de mezclas heterogéneas, gas-líquido-sólido, en tubos capilares de diámetro y longitud variables con un control de temperatura óptimo. Por tanto, este dispositivo es útil para el sector industrial relacionado con los reactores aplicados principalmente en la **industria farmacéutica** o **química médica**, y en la **sonoquímica**.

La invención se encuentra protegida mediante solicitud de patente. El grupo de investigación dispone de un prototipo a escala laboratorio.

Se buscan empresas interesadas en la explotación comercial de esta tecnología mediante acuerdos de licencia de patente o acuerdos de cooperación técnica (Proyectos de I+D).



INTRODUCCIÓN

La miniaturización de tamaño de los reactores químicos convencionales ofrece a la industria de química fina un mejor control sobre la reacción, permitiéndole reducir el uso de disolventes y avanzar hacia el trabajo eficiente y en continuo en lugar de discontinuo. Sin embargo, la presencia de sólidos limita la aplicación y vida útil de estos sistemas miniaturizados de reacción (también denominados reactores capilares, mili- o microrreactores). La formación de agregados de partículas puede causar la obstrucción o bloqueo del reactor capilar, tanto a escala de laboratorio como en síntesis industrial, limitando la implementación de estos sistemas.

La sonicación permite agitar las partículas de un elemento concreto, pudiendo ayudar a la dispersión y desagregación de las mismas. La vibración de las superficies de reacción se obtiene por transmisión directa de energía acústica con equipos dotados de transductores piezoeléctricos unidos a sondas de diferentes geometrías y/o materiales (e.g., sonda de ultrasonidos), así como por transmisión indirecta mediante baños de ultrasonidos. El campo acústico en los dispositivos de alta potencia de ultrasonidos puede generar, por tanto, cavitación tanto en el medio de reacción como en el líquido de transmisión utilizado.

Los dispositivos convencionales de ultrasonidos de potencia presentan una serie de problemas. La respuesta de las sondas de ultrasonidos presenta una distribución periódica de nodos y antinodos a una distancia establecida (longitud de onda), lo que hace que el sistema no vibre de forma homogénea en todos sus puntos. El comportamiento de estas ondas estacionarias tradicionales requiere la apropiada selección del material (velocidad de sonido), geometría de la sonda y frecuencia de trabajo. Las fuerzas de radiación acústica transmitidas al medio sonicado generan, por ejemplo, efectos peristálticos o zonas de alta/baja actividad debido esta falta de homogeneidad de desplazamiento. Además, las aplicaciones de ultrasonidos de alta potencia, normalmente en el rango de 20 kHz, presentan longitudes de onda más largas que hacen más significativo este problema. Igualmente, los baños de ultrasonidos comerciales utilizados en reactores capilares mostrarán siempre distribuciones desiguales debido a los antinodos del campo de presión acústica en el medio líquido. Por otro lado, su eficiencia y escalabilidad está limitada por las pérdidas de energía acústica debidas a la diferencia de impedancias entre el líquido de transmisión y el material del capilar junto a fenómenos de cavitación en zonas no deseadas o externas al medio. Por último, el uso de varios transductores o la transmisión indirecta mediante un líquido tampoco presenta serios problemas de escalado junto a un aumento local de temperatura del medio de transmisión por las pérdidas de fricción mecánica.

En consecuencia, continúa existiendo la necesidad de desarrollar un reactor acústico capilar que vibre de forma homogénea, eficiente, sea fácilmente escalable para grandes longitudes de reacción y que permita un control de temperatura preciso.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

El grupo de investigación de Fotoquímica y Electroquímica de Semiconductores (GFES) de la Universidad de Alicante ha desarrollado un reactor capilar con ultrasonidos que consiste en un tubo capilar situado en una sonda de forma helicoidal que homogeniza el campo acústico generado a lo largo del tubo capilar sin la aparición de nodos/antinodos longitudinales. De esta forma, se consigue **sonicar un reactor capilar de forma homogénea, eficiente y con un control de temperatura del mismo.**

El sonotrodo completo está formado por una serie de transductores piezoeléctricos apilados y unidos a la sonda de material sólido que, con su mecanizado de forma helicoidal, actúa como guía de onda. En las Figuras 1 y 2 se muestra el reactor capilar con ultrasonidos, que comprende fundamentalmente un transductor de ultrasonidos de potencia que transforma la energía eléctrica mediante un sistema de control de frecuencia y amplitud de la señal. La sonda presenta elementos helicoidales que aumentan la homogeneidad del campo acústico como se aprecia en los nodos y antinodos marcados como zonas claras y oscuras, respectivamente (Figura 1). Mientras, en la Figura 2 se presenta uno de los casos límite de diseño helicoidal de la sonda, que alcanza una geometría cilíndrico-helicoidal junto a un acoplador mecánico de ángulo recto. El otro caso extremo correspondería a una sonda con forma de hélice (no mostrado).

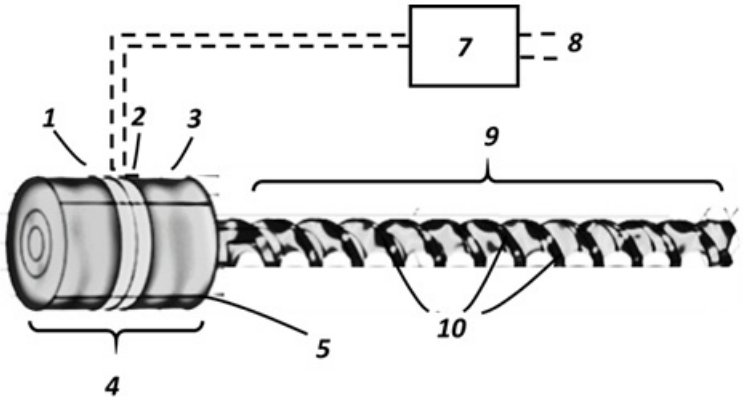


Figura 1. *Vista en perspectiva de la invención, con el sonotrodo con sonda y onda de guía helicoidal que homogeniza el campo acústico transformando las vibraciones longitudinales en radiales y de torsión. 1. Tornillo y tuerca de compresión (parte trasera); 2. Elementos piezoeléctricos en forma de anillo; 3. Tornillo y tuerca de compresión (parte delantera); 4. Transductor de ultrasonidos de potencia; 5. Acoplador mecánico de ángulo recto; 7. Sistema de control; 8. Energía eléctrica; 9. Sonda; 10. Nodos y antinodos.*

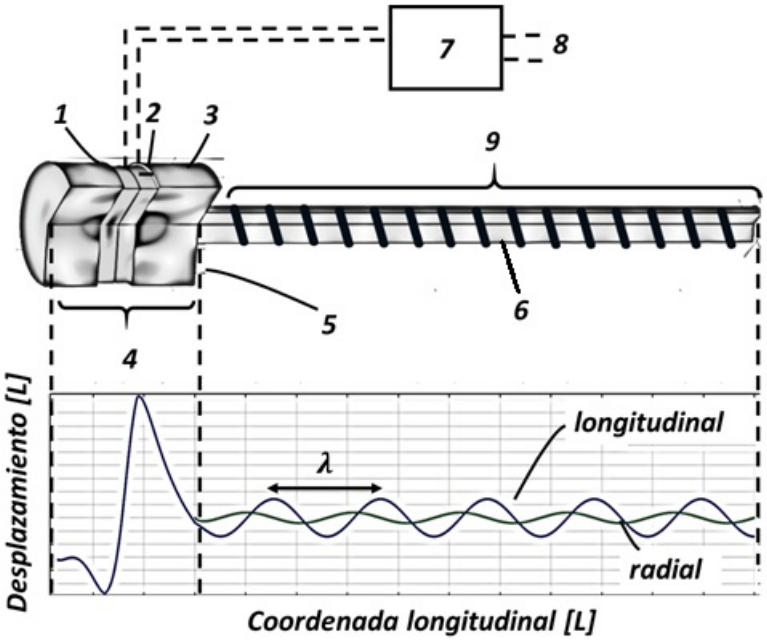


Figura 2. *Vista en perspectiva de un sonotrodo con capilar alojado en una mecanización simplificada de la sonda junto a la representación de modos de vibración longitudinal y radial. 1. Tornillo y tuerca de compresión (parte trasera); 2. Elementos piezoeléctricos en forma de anillo; 3. Tornillo y tuerca de compresión (parte delantera); 4. Transductor de ultrasonidos de potencia; 5. Acoplador mecánico de ángulo recto; 6. Geometría cilíndrico-helicoidal; 7. Sistema de control; 8. Energía eléctrica; 9. Sonda.*

El tubo capilar se aloja longitudinalmente en la sonda helicoidal a través de una cavidad mecanizada en la superficie que transmite las vibraciones (generadas por un transductor tipo Langevin) con diversos modos de vibración: **torsional**, **longitudinal y radial**, que logran homogenizar el campo acústico recibido por el capilar a lo largo del medio de reacción.

El diseño permite configuraciones más complejas; incrementando el número de transductores, número de sondas o añadiendo formas secundarias a la sonda mediante el rizado o plegado sobre sí misma, u otras posibilidades. Por ejemplo, el plegado de la sonda con diseño helicoidal y rizado sobre sí misma permitiría reducir el espacio. En cambio, un segundo transductor de ultrasonidos de potencia podría ser utilizado para recuperación de energía, desde mecánica a eléctrica, o para añadir modos de vibración secundarios.

La eficiencia y alta homogeneidad lograda por la presente invención permite trabajar en, al menos, dos modos de operación:

- **baja potencia energética**, donde la amplitud de las vibraciones transmitidas al tubo es suficiente para reducir el riesgo de obstrucciones o atascamientos, pero no para inducir cambios significativos de temperatura o efectos sonoquímicos;
- **altas potencias de ultrasonidos**, donde la amplitud de las vibraciones y correspondientes valores de presión acústica son elevados, generando cavitación. Así, la energía acústica puede ser usada para favorecer diversos procesos fisicoquímicos como los relacionados con la sonoquímica o el mezclado en medios de una o varias sustancias si una de las fases en disolución es compresible.

Para el **control de temperatura** la sonda helicoidal puede disponer de conducciones tubulares secundarias como medio de refrigeración o calefacción, o un sistema de aire forzado también puede ser implementado.

VENTAJAS Y ASPECTOS INNOVADORES

El diseño previsto para el reactor capilar con ultrasonidos le confiere una serie de ventajas:

- **La distribución homogénea del campo acústico** elimina la limitación impuesta por las ondas estacionarias longitudinales, incluso a bajas frecuencias de ultrasonidos (~20-40 kHz).
- La transmisión directa sólido-sólido-fluido de la potencia acústica al líquido contenido en el tubo capilar permite el **uso de**

diferentes diámetros y longitudes.

• La vibración es transmitida por el material sólido de la sonda, generalmente metálico, lo que **reduce pérdidas por atenuación** y habilita la **sonicación eficiente en sondas de gran longitud**, en el orden de metros, con una extensa superficie útil.

• **La eficiencia del diseño** permite operar tanto a **baja potencia** como a **elevadas potencias de ultrasonidos**. Así, la energía acústica puede ser usada para favorecer diversos procesos fisicoquímicos como el mezclado en medios de una o varias fases con o sin cavitación y/o para reducir las limitaciones del manejo de sólidos en suspensión, mitigando o eliminando posibles obstrucciones.

• El aislamiento del sonotrodo del medio de reacción **evita la contaminación por metales debida a la erosión por cavitación** si, por ejemplo, se usa un tubo capilar de vidrio (borosilicato); un material cerámico o materiales poliméricos inertes.

• La elevada superficie útil por volumen del capilar permite un **control óptimo de la temperatura del reactor** usando ventilación forzada o un tubo secundario térmico en contacto con la sonda.

• La distancia de separación entre el transductor piezoeléctrico y el medio sonicado **minimiza la transferencia de calor** pudiendo, además, **amplificar la potencia recibida** mediante cambios de sección transversal de la sonda.

• El diseño de la sonda admite además un transductor adicional en el extremo libre para **excitación a frecuencias secundarias o recuperación de energía.**

• La disposición helicoidal de la sonda puede ser longitudinal, plegada, rizada o adaptada a diferentes formas para **reducir el espacio ocupado por el reactor.** Un mismo transductor puede emitir a una pluralidad de sondas con forma helicoidal.

• La excitación de los piezoeléctricos a diversas frecuencias resonantes permite al reactor **operar con casos límites de diseño helicoidal** ajustándose a varios requerimientos acústico-mecánicos. El uso de varios modos de vibración longitudinal admite desde un diámetro del eje central reducido al mínimo, formando una hélice, hasta un diámetro del eje que iguale al diámetro de la hélice externa, formando un cilindro.

• Para **evitar el bloqueo del capilar,** ciertas zonas de interés, como los extremos de la sonda, pueden ser utilizadas para albergar racores, uniones en T y/o dispositivos de mezcla que maximicen la energía acústica recibida mediante su colocación en antinodos.

• Los tubos capilares pueden estar ubicados sobre la superficie útil exterior de la hélice de la sonda, o pueden ir albergados, protegidos o embebidos en su interior. Además, estos tubos permiten albergar a su vez tubos concéntricos interiores para llevar a cabo **reacciones tubo-en-tubo** con diferentes puntos de inserción.

El principal aspecto innovador de la presente invención es el hecho que se logra **sonicar un reactor capilar de forma homogénea** y con control de temperatura, simultáneamente.

ESTADO ACTUAL

El grupo de investigación dispone de un prototipo a escala laboratorio.

APLICACIONES DE LA OFERTA

El campo de aplicación de la presente invención es el sector industrial relacionado con los reactores aplicados principalmente en la **industria farmacéutica, química médica,** química fina y en la **sonoquímica**, de manera que la invención está destinada a habilitar el trabajo en continuo en **procesos químicos o físicos** permitiendo el manejo de sólidos en suspensión y/o la **mejora de mezclas heterogéneas** (gas-líquido-sólido) en tubos capilares de diámetro y longitud variables con control de temperatura óptimo.

COLABORACIÓN BUSCADA

Se buscan empresas interesadas en adquirir esta tecnología para su explotación comercial mediante:

- Acuerdos de licencia de la patente.
- Cooperación técnica (Proyectos de I+D) para adaptar la tecnología a las necesidades de la empresa.
- Etc.

DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Esta tecnología se encuentra protegida mediante solicitud de patente.

- Título de la patente: “Reactor capilar con ultrasonidos”.
- Número de solicitud: P201830422
- Fecha de solicitud: 27/04/2018

SECTORES DE APLICACIÓN (1)

Tecnología Química