

CONTROL DEL COLAPSO EN UNA BURBUJA SONOLUMINISCENTE

M. Barbaglia* and F. Bonetto

Laboratorio de Cavitación y Biotecnología – Instituto Balseiro - Centro Atómico Bariloche
Av. Bustillo 9500 - (8400) –Río Negro - Argentina
e-mail: barbagli@cab.cnea.gov.ar

En éste trabajo se describe una técnica para controlar el momento en que colapsa una burbuja sonoluminiscente. Se muestran mediciones del momento en que colapsa la burbuja en función del tiempo transcurrido del experimento y su relación con la intensidad del pulso sonoluminiscente para un sistema no controlado. Aplicando esta técnica se midió el momento prefijado en que colapsa la burbuja (y se produce el pulso sonoluminiscente) con un error inferior al 10%.

El control efectuado permite mantener el momento del colapso menor a un 10% de desviación del valor prefijado.

In this paper a technique to control the sonoluminescent bubble collapse time is presented. Measurements of the bubble collapse time and sonoluminescent intensity in function of the experiment time for a uncontrolled system are presented. The control developed show a error minor than 10% of the prefixed value. No relation between the collapse time and the luminescence intensity was detected.

I. INTRODUCCIÓN

El fenómeno sonoluminiscente estudia la dinámica de una burbuja que se mantiene levitando en un medio líquido por medio de ultrasonido (aprox. 1,5 Bar)⁽¹⁾⁽²⁾ y una vez por ciclo la burbuja colapsa (luego de un periodo de expansión llegando a un radio máximo de 50 μm) y se produce un pulso luminiscente (ver Fig. 1). Experimentalmente se ha determinado que, para hacer posible similares valores de intensidad sonoluminiscente, la frecuencia del ultrasonido y la presión acústica aplicada deben recorrer una parábola⁽³⁾.

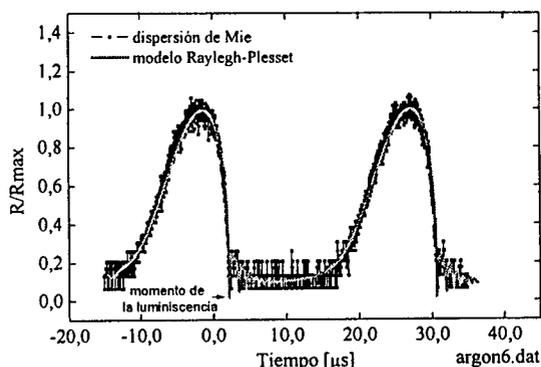


Figura 1. Radio en función del tiempo (Medido y calculado). Burbuja en agua destilada con 139 mBar de Argón. La frecuencia del ultrasonido aplicado es de 35100Hz y la tensión en los piezoeléctricos es de 312V. La simulación realizada indica que la burbuja está excitada por 1,45Bar de presión sonora y el radio de equilibrio es de 5,7 μm .

El sistema sonoluminiscente puede modelarse matemáticamente usando la ecuación de Rayleigh - Plesset que es válida más del 99% del tiempo. El modelo falla en el momento del colapso dado que no se cumplen las restricciones hidrodinámicas del modelo. Para conocer los parámetros fundamentales del sistema típicamente se usa la técnica de Mie⁽⁴⁾ para medir el radio en función del tiempo y luego se hace un ajuste numérico con la fórmula de Rayleigh - Plesset⁽⁵⁾⁽⁶⁾.

II. MÉTODO EXPERIMENTAL

Debido a que el momento del colapso de la burbuja es el mismo momento en que se emite el pulso sonoluminiscente, midiendo el último se conoce el primero.

Se adquirió la intensidad y el tiempo en que se produce la sonoluminiscencia recogiendo el pulso lumínico con un lente tipo KPX181 y un fotomultiplicador tipo DANTEC X-57. La señal de sincronismo del generador de señales sirvió para sincronizar el osciloscopio. La burbuja fue generada en agua filtrada desgasada a temperatura ambiente.

Se usó una cavidad resonante construida en PYREX. La cavidad tiene forma esférica cuyo diámetro exterior es de 5 cm. Posee 2 salidas tubulares ubicadas en los polos. Cada salida tiene un diámetro exterior de 5 mm.

III. RESULTADOS

En la Fig. 2 se observa el cambio en el momento en que colapsa la burbuja y la intensidad sonoluminiscente en función del tiempo transcurrido del experimento. Puede verse que en los momentos en donde el tiempo de colapso cambia bruscamente (por ejemplo

* CONICET.- Instituto Balseiro. Actualmente en el Laboratorio PLADEMA – UNICEN – CNEA - Pinto 399, Tandil (7000), Buenos Aires, Argentina

a 15 min de comenzado el experimento) se produce un cambio en la intensidad sonoluminiscente. Se observa que a medida que transcurre el tiempo se tiende a un estado estacionario en donde a menor tiempo de colapso menor es la intensidad sonoluminiscente.

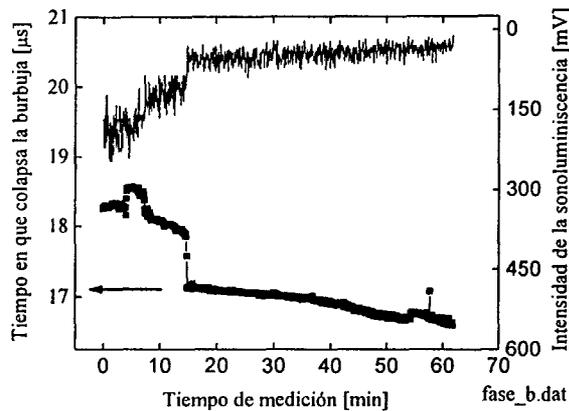


Figura 2. Medición del tiempo de colapso y la intensidad sonoluminiscente

En la Fig. 3 se observa el control que se ejerció sobre el sistema (tensión en los condensadores y frecuencia del ultrasonido) junto con la variación de la intensidad sonoluminiscente. Los valores de presión acústica y de frecuencia surgen de linealizar la rama izquierda de la parábola en donde la sonoluminiscencia se mantiene constante⁽⁷⁾.

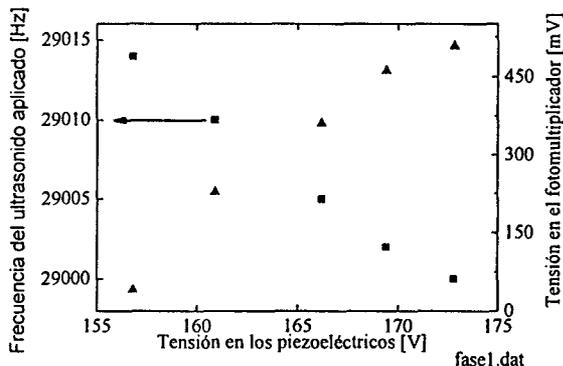


Figura 3. Variación de la frecuencia del ultrasonido aplicado e intensidad de la sonoluminiscencia en función de la tensión en los transductores piezoeléctricos

En la Fig. 4 se muestra como fue la variación del tiempo de colapso y de la intensidad sonoluminiscente en función de la potencia acústica aplicada. El error al controlar el tiempo de colapso es menor al 10% (entre los 160 y 175 Volts tenemos un error menor al 1%). Se puede observar que si bien se ejerció un control sobre el momento en que colapsa la burbuja la intensidad sonoluminiscente no siguió la tendencia del momento del colapso.

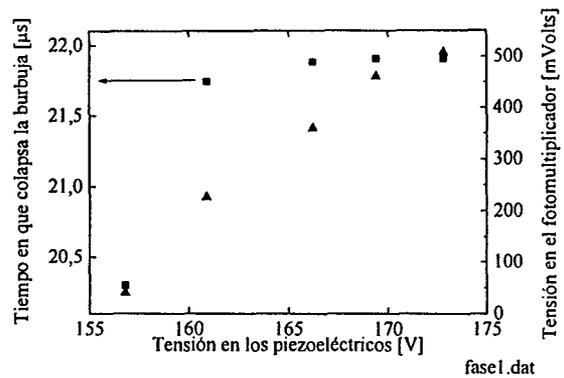


Figura 4. Medición del tiempo de colapso y la intensidad sonoluminiscente

IV. ANALISIS Y CONCLUSIONES

De los resultados expuestos se demuestra que es posible controlar uno de los parámetros en un sistema sonoluminiscente como lo es el tiempo en que colapsa la burbuja. Se observa que la intensidad sonoluminiscente no se ve influenciada por el tiempo de colapso. Lo anterior posiblemente se deba a que cuando se controla el colapso se deja al sistema en un punto meta estable para la difusión de masa de la burbuja.

Como continuación del experimento se sugiere registrar, simultáneamente al control del tiempo de colapso, la variación en el radio de la burbuja. Para ello se podría medir el tiempo en que colapsa la burbuja con un hidrófono de alta sensibilidad y alta frecuencia capaz de resolver la onda de presión emitida por la burbuja luego del colapso⁽⁸⁾.

Una simulación numérica incorporando la difusión de masa puede ser de gran utilidad para comprender el fenómeno.

V. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo contó con aportes del FOMEC, la Fundación Balseiro y del PICT 2000 12-09848. M.B. agradece el aporte del Laboratorio de Plasmas Densos Magnetizados (PLADEMA) para la presentación de éste trabajo.

Referencias

- 1 - F. Gaitan and L.A. Crum, J. Acoust. Soc. Am. 87, S141 (1990).
- 2 - B. Barber, R. Hiller, R. Lofstedt, S. Putterman and K. Weninger, Phys. Rep. 281, 65 (1997).
- 3 - Gambetta M., Tesis de grado, Instituto Balseiro, (1999).
- 4 - Lentz, W. J., A. A. Atchley, and D. F. Gaitan, Appl. Opt. 34, 2648-2654, (1995)
- 5 - Rayleigh, 1917. Phil. Mag. 34, 94.
- 6 - Plesset, 1949. J. Appl. Mech. 16, 277.
- 7 - La parábola en donde la intensidad sonoluminiscente es constante se obtuvo momentos antes de realizar este experimento. Ver referencia 3.
- 8 - Barbaglia M., Tesis de doctorado, Instituto Balseiro, (2003).