

Caracterización de *fibers* a frecuencia fija en la radio emisión solar. Criterio para su selección

Lupe Cuendias-Pérez, Adolfo L. Méndez-Berhondo

Instituto de Geofísica y Astronomía, Calle 212 No. 2906, La Lisa, La Habana, Cuba. E-mail: lcuendias@iga.cu,
ado@iga.cu

Recibido: mayo 10, 2013

Aceptado: junio 28, 2013

Resumen

A partir de observaciones con alta resolución temporal (10 ms) a frecuencia fija de la radio emisión solar, se propone un procedimiento para la selección de eventos *fibers*. Las observaciones fueron realizadas con el radio-polarímetro del Observatorio Astronómico de Trieste, Estación Basovizza. En el estudio de este tipo de eventos se han utilizado tradicionalmente las observaciones radio-espectrales. Se realiza una selección de *fibers* que pueden ser estudiados a través de parámetros fundamentales (duración, intensidad, etc.) de los procesos de absorción y emisión que caracterizan a estos eventos. El procedimiento permite además definir otros parámetros que son presentados en este trabajo.

Palabras clave: Actividad solar, radio emisión solar, *flare*, *fibers*

Characterization of fiber bursts observed at fixed frequency. Criterion for selection

Abstract

We propose a procedure for the selection of the fibers from observations at fixed frequency with temporary high resolution (10 ms) It is very scarce this kind of report in the literature devoted to fiber bursts. The principal parameters are durations, intensities of both processes of absorption and emission that characterizing fibers, etc. The observations were made with the radio-polarimeter of the Trieste Astronomical Observatory, Basovizza Station.

Key words: Solar radio emission, flares, fibers bursts

1. Introducción

Las emisiones en ondas de radio en banda métrica y decimétrica asociadas a la ocurrencia de un *flare*, se caracterizan por su dinámica y complejidad. En particular, sobre el continuo de los eventos Tipo IV se suelen superponer eventos con una estructura temporal fina (tiempos característicos del orden de 1 s) y superfina (tiempos característicos de decenas de ms). Dentro de estos eventos se encuentran los *fibers* que se caracterizan por un perfil de absorción súbita seguida por un proceso de emisión impulsiva. Estos eventos han sido descritos desde Young *et al.* (1961) esencialmente a partir de observaciones espectrales con un ancho de banda entre 50 MHz y 150 MHz y una deriva intermedia entre los eventos Tipo II y Tipo III (Slottje, 1981).

En la literatura son muy escasos los reportes y caracterización de este tipo de eventos observados a frecuencia fija a pesar de que los espectros dinámicos son insuficientes para describir con precisión algunos de los parámetros característicos de estos eventos (duración, intensidad, etc.). Aquí nos proponemos caracterizar algunos de los parámetros fundamentales de los *fibers* a partir de un conjunto de casos de estudios seleccionados observados a frecuencia fija. Para ello es necesario un criterio de selección de eventos *fibers* que permita el análisis de cada evento

Lupe Cuendias-Pérez* Instituto de Geofísica y Astronomía, La Lisa, La Habana, Cuba. E-mail: lcuendias@iga.cu

individualmente. Esto constituye un elemento esencial para la comprensión de los procesos que operan a estos niveles de la Región Activa y una herramienta fundamental para el diagnóstico del plasma coronal.

Se utilizaron las observaciones en la frecuencia 327 MHz con una resolución temporal de 10 milisegundos realizadas con el radio-polarímetro multicanal de la Estación Basovizza (Observatorio Astronómico de Trieste, Instituto Nacional de Astrofísica de Italia – INAF/OAT) referidas al día 17 de abril de 2002. En la **tabla I** se muestran los intervalos de tiempo en los que se localizaron los eventos *fibers*. Estos intervalos fueron seleccionados a partir del análisis de los espectros dinámicos correspondientes (P. Zlobec y H. Aurass, 2012 comunicación personal).

El perfil de las estructuras analizadas se caracteriza por la presencia de absorción abrupta seguida por un proceso de emisión impulsiva respecto al continuo de radio emisión, típico de este tipo de eventos, con un porcentaje de polarización izquierda cercano al 100 %. Fueron seleccionados un total de 59 de estos eventos. El criterio de selección fue que los niveles de absorción y emisión fuesen significativos respecto al continuo. En la **fig. 1** se muestra el espectro dinámico correspondiente al día 17 de abril de 2002 en el intervalo de tiempo entre 9:48:00 y 9:54:00 U.T., advirtiéndose la presencia notable de eventos *fibers*.

Tabla I. Intervalos de tiempo en los que se localizaron los eventos *fibers* el día analizado en la frecuencia 327 MHz. Tiempo en U.T.

17 de abril de 2002
09:42:43-09:44:35 U.T.
09:48:25-09:49:00 U.T.
09:50:15-09:55:48 U.T.
09:56:48-09:58:00 U.T.

Los parámetros estimados para caracterizar el proceso de absorción y de emisión fueron las duraciones a mitad de potencia y las intensidades de ambos procesos, la duración total de cada evento.

2.1 Criterio y método de selección de los *fibers*

Se localizaron sobre el fondo de la radio emisión, eventos en los cuales estuviese bien definido un proceso de absorción seguido inmediatamente de una emisión. Se congeniaron las observaciones a frecuencias fija y las observaciones en los espectros dinámicos correspondientes para buscar una coincidencia temporal y en frecuencia de dichos eventos. En este trabajo solo se tendrán en cuenta aquellos *fibers* donde aparezcan bien definidos los procesos de absorción primero y emisión después, evitando los casos donde puedan existir solapamiento entre *fibers* (**fig. 2**).

Una vez determinado cada *fiber*, existe una dificultad relacionada con los instantes que se consideren como comienzo y fin de cada evento. Esto resulta una cuestión fundamental en la selección del nivel de referencia a partir del cual serán estimados los parámetros a analizar. Puede ocurrir cualquiera de las tres posibilidades siguientes (como se ilustra en la **fig. 3**)

- nivel pre-*fiber* igual que el nivel post-*fiber*,
- nivel pre-*fiber* menor que el nivel post-*fiber*,
- nivel pre-*fiber* mayor que el nivel post-*fiber*

Interpretando el nivel pre-*fiber* como el nivel de la radio emisión sin perturbar antes de que comience el proceso del *fiber*, el criterio que se adoptó fue tomar el nivel pre-*fiber* como nivel de referencia para todas las estimaciones. En consecuencia, las estimaciones de todos los parámetros serán hechas a partir de este nivel ‘no perturbado’ por la ocurrencia del *fiber*. Los parámetros estimados son la duración de los procesos de absorción y de emisión (a mitad de potencia), así como la intensidad de ambos procesos y la diferencia temporal entre el mínimo de absorción y el máximo de emisión.

3. Resultados y discusión

Los *fibers* han sido explicados a través de diferentes modelos teóricos, aunque ninguno es suficiente para explicar satisfactoriamente toda la fenomenología observada en este tipo de evento. No obstante, el mecanismo más citado en la literatura para explicar la generación de los *fibers* es la excitación de ondas *whistler* que interactúan con ondas de *Langmuir* (ej. Kuijpers, 1975; Bernold y Treumann, 1983; Mann *et al.*, 1987; Aurass *et al.*, 2005; Chernov, 2006; Rausche *et al.*, 2007).

El análisis de los *fibers* a través de observaciones realizadas a frecuencia fija constituye una herramienta importante para estimar parámetros fundamentales a través del análisis del perfil que presentan estos eventos. Un aspecto no explorado es la relación que existe entre los procesos de absorción y emisión que caracterizan a este tipo de eventos. De la inspección de la data resalta el hecho de que los *fibers* pueden ser separados en dos grupos dependiendo de las intensidades de cada proceso: un grupo donde la intensidad del proceso de absorción es mayor que la de la emisión, y otro donde la emisión es más intensa que la absorción. Esto indica que los perfiles de los eventos *fibers* no son simétricos contrario a lo que sugiere Bernold y Treumann (1983).

Para estimar esta posible relación cuantitativamente, se definió lo que llamamos parámetro del *fiber*, Φ , como la razón entre las intensidades de ambos procesos. Se impuso la condición *a priori* que $\Phi > 1$, esto es, dividir el análisis de Φ según sean las intensidades de uno de los procesos mayor o menor que la del otro proceso.

En la **fig. 4** se muestran las distribuciones de los valores de Φ en ambos casos y se observa que ambas son prácticamente idénticas, con un valor más probable de 1.5 aproximadamente. En la **tabla II** se muestran los valores de los cálculos por separado según sea un proceso más intenso que el otro.

Tabla III. Valores del parámetro del *fiber* con la condición *a priori* que $\Phi > 1$.

	Φ
Absorción más intensa que emisión	1.70 ± 0.78
Emisión más intensa que absorción	1.68 ± 0.52

Este resultado sugiere que el parámetro del *fiber*, Φ , no muestra diferencia significativa según sea el proceso de absorción más intenso que el de emisión o viceversa.

La **fig. 5** muestra las distribuciones de las duraciones a mitad de potencia correspondientes a los procesos de absorción y de emisión según sea el proceso de absorción más intenso que el de emisión y viceversa. Se observa que las distribuciones de las duraciones no son iguales: en el caso en que el proceso de emisión es más intenso que el de absorción, ambas son comparables con igual valor más probable (500 ms). Por el contrario, en el caso en que el proceso de absorción es más intenso que el de emisión, no es evidente que las distribuciones sean comparables: los valores más probables en ambas están desplazados uno respecto del otro. La **tabla III** resume estos resultados.

Tabla III. Valores más probables para la duración de cada proceso según las intensidades de cada uno.

	Absorción más intensa que emisión	Emisión más intensa que absorción
Duración del proceso de absorción	400-600 ms	500 ms
Duración del proceso de emisión	300 ms	500 ms

Al contrastar este resultado con el hecho de que los valores del parámetro del *fiber* Φ según la condición *a priori* $\Phi > 1$, sean muy cercanos (tabla III), podemos inferir entonces que en el caso en que el proceso de emisión sea más intenso que el de absorción, al ser comparables las duraciones de ambos, la emisión ha de resultar más impulsiva.

Conclusiones

En este trabajo se analizaron las observaciones realizadas por el radio-polarímetro multicanal de la Estación de Basovizza (Observatorio astronómico de Trieste, Instituto Nacional de astrofísica de Italia – INAF/OAT) correspondientes al 17 de abril de 2002 con una resolución temporal de 10 milisegundos en la frecuencia 327 MHz.

Se propone que un *fiber* observado a frecuencia fija presenta un perfil definido por una disminución significativa y abrupta del continuo (proceso de absorción) seguido inmediatamente por un aumento súbito de la señal por encima del nivel *pre-fiber* (proceso de emisión), en el que no hay recuperación del proceso de absorción.

Los *fibers* fueron separados en dos grupos dependiendo de las intensidades de cada proceso: un grupo donde las intensidades del proceso de absorción es mayor que las de la emisión, y otro donde la emisión es más intensa que la absorción. Se propuso y calculó el parámetro del *fiber* Φ el cual definimos como la razón entre las intensidades de ambos procesos, lo que hasta el momento había sido imposible de hacer debido a que la mayoría de los estudios de *fibers* se realizan en espectros dinámicos.

Los resultados más significativos se resumen en:

- los perfiles de los eventos *fibers* no son simétricos, contrario a lo que sugiere Bernold y Treumann (1983);
- el parámetro del *fiber*, Φ , no muestra diferencia significativa según sea el proceso de absorción más intenso que el de emisión o viceversa, presentando un valor característico de ≈ 1.7 ;
- las distribuciones de las duraciones de cada proceso no son iguales: en el caso en que el proceso de emisión es más intenso que el de absorción, las distribuciones son comparables. Por el contrario, en el caso en que el proceso de absorción es más intenso que el de emisión, no resulta evidente que las distribuciones sean comparables.

Del análisis de estos resultados se puede inferir que ambos procesos que caracterizan al *fiber* (absorción y emisión) están intrínsecamente relacionados fijados por un valor característico (≈ 1.7 para el conjunto de *fibers* bajo este estudio), lo que cualitativamente puede ser explicado como que el proceso de emisión depende del monto de energía remanente luego del proceso de absorción. En Méndez *et al.* (2013) se presenta un valor del exponente de Hurst (H) para el mismo grupo de eventos *fiber* analizados de $H = 0.827$, revelando un proceso determinístico altamente persistente, lo cual está en correspondencia con los resultados y análisis antes expuesto.

El hecho de que la impulsividad del proceso de emisión resulte más mayor en determinadas circunstancias específicas, es un aspecto a analizar en futuros estudios de eventos *fibers* y que habría que tener en cuenta también a la hora de ajustar un modelo que explique la generación de este tipo de evento.

Agradecimientos

Agradecimientos a P. Zlobec (INAF/OAT) por los comentarios y sugerencias, a H. Aurass (Instituto Astrofísico Potsdam-AIP) por facilitarnos las observaciones espectrales y a A. K. Díaz Rodríguez por la confección del programa en IDL para la selección de los *fibers* en estudio. A. L. Méndez Berhondo agradece a S. M. Radicella, M. Messerotti y al Programa TRIL del ICTP por financiar y facilitar la visita a la Estación Basovizza (Trieste, OAT/INAF).

Referencias

- Aurass, H., Rausche, G., Mann, G., y Hofmann, A. 2005. Fiber bursts as 3D coronal magnetic field probe in postflare loops. *Astronomy and Astrophysics*, 435: 1137-1148.
- Bernold, T. E. X. and Treumann, R. A. 1983. The fiber fine structure during solar Type IV radio Burst: Observation and theory of radiation in presence of localized whistler turbulence. *The Astrophysical Journal*, 264: 677-688.
- Chernov, G. P. 2006. Solar radio bursts with drifting stripes in emission and absorption. *Space Science Reviews*, 127: 195-326.
- Kuijpers, J. 1975. Generation of intermediate drift bursts in solar Type IV radio continua through coupling of whistlers and Langmuir waves. *Solar Physics*, 44: 173-193.
- Mann, G., Karlický, M. and Motschmann, U. 1987. On the intermediate drift burst model. *Solar Physics*, 110: 381-389.
- Méndez-Berhondo, A. L., Díaz-Rodríguez, A. K., Zlobec, P. and Cuendias-Pérez, L. 2013. Deterministic behaviour in the dynamics of solar metric radio bursts with intermediate drifting patterns. *Astrophysics and Space Science*, 346: 301-306.
- Rausche, G., Aurass, H., Mann, G., Karlický, M. and Vocks, C. 2007. On solar intermediate drift radio bursts at decimetre and meter wavelength. *Solar Physics*, 245: 327-343.
- Slottje, C. 1981. Atlas of fine structures of dynamic spectra of solar Type IV-dm and some Type II radio bursts. PhD Thesis, Utrecht University, Netherlands.
- Young, C. W., Spencer, C. L., Moreton, G. E. and Roberts, J. A. 1961. A preliminary study of the dynamic spectra of solar radio bursts in the frequency range 500-950 MC/s. *The Astrophysical Journal*, 133: 243-260.

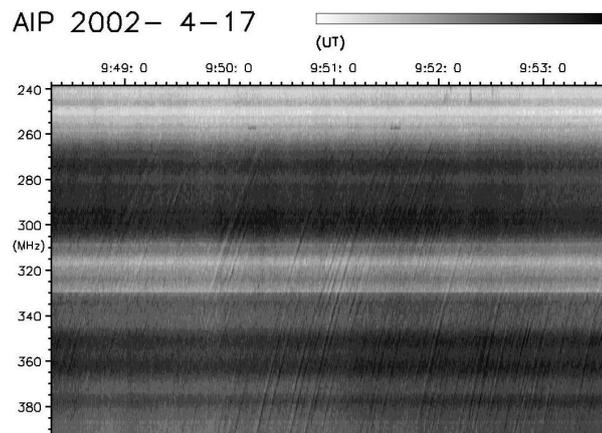


Fig. 1. Espectro dinámico correspondiente al día 17 de abril de 2002 en el intervalo entre 9:48:00 y 9:54:00 U.T. Se advierte la presencia significativa de *fibers*.

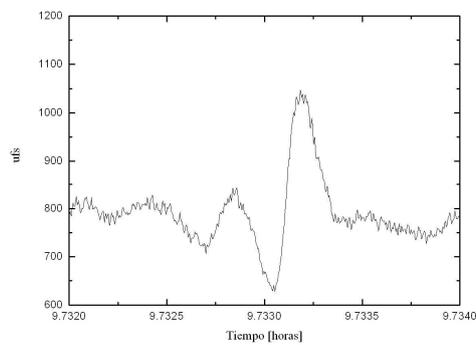


Fig. 2. Perfil de uno de los *fiber* seleccionados correspondiente al 17 de abril de 2002 a las 09:44 U.T.

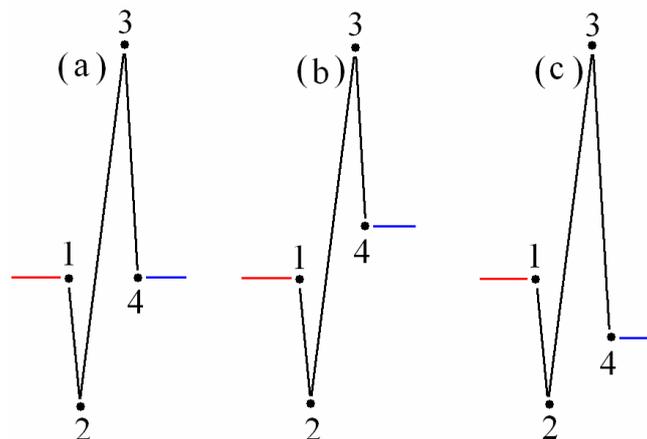


Fig. 3. Posibilidades de las relaciones entre el nivel pre-*fiber* (en rojo) y el nivel post-*fiber* (en azul).

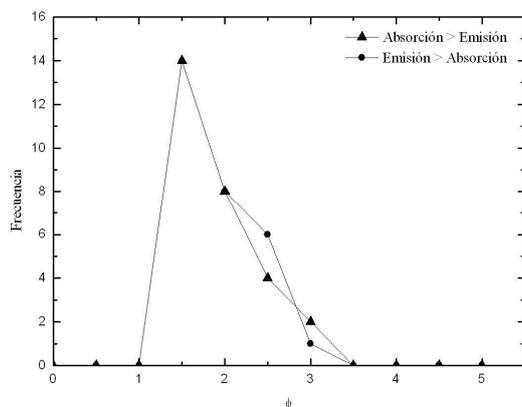


Fig. 4. Distribución del parámetro del *fiber* Φ con la condición *a priori* que $\Phi > 1$.

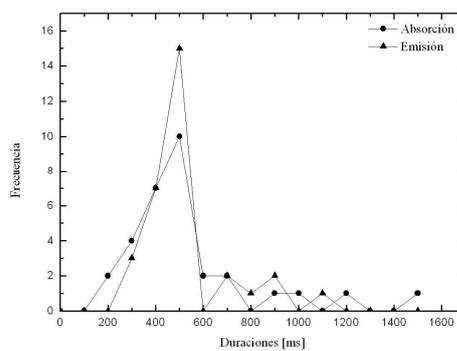
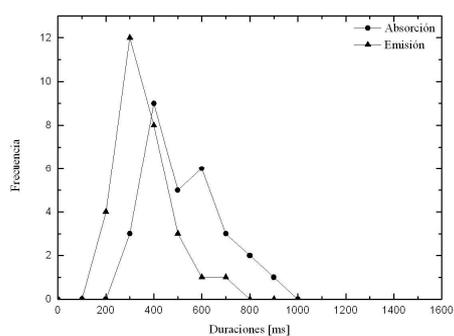


Fig. 5. Distribución de las duraciones de los procesos de absorción y de emisión a mitad de potencia según el proceso de absorción sea más intenso que el de emisión (izquierda) y viceversa (derecha).