

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 454 918**

21 Número de solicitud: 201231559

51 Int. Cl.:

H05H 7/00 (2006.01)

G01T 5/02 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

10.10.2012

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.04.2014

88 Fecha de publicación diferida del informe sobre el estado de la técnica:

27.06.2014

Fecha de la concesión:

30.03.2015

45 Fecha de publicación de la concesión:

08.04.2015

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO - EUSKAL
HERRIKO UNIBERTSITATEA (100.0%)
Bº Sarriena, s/n
48940 Leioa (Bizkaia) ES**

72 Inventor/es:

**ETXEBARRIA ECENARRO, Victor;
PORTILLA RUBÍN, Joaquin;
JUGO GARCIA, Josu;
BELVER FERNANDEZ, Daniel;
GARMENDIA LLANOS, Nagore;
MUGUIRA URTUBI, Leire;
FEUCHTWANGER MORALES, Jorge;
ARREDONDO LOPEZ DE GUEREÑU, Iñigo;
ECHEVARRIA FERNANDEZ, Pablo y
BERMEJO BARRERA, Francisco Javier**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y SISTEMA RECONFIGURABLE PARA MONITORIZACIÓN DE POSICIÓN DE HAZ DE PARTÍCULAS.**

57 Resumen:

Procedimiento y sistema reconfigurable para monitorización de posición de haz de partículas. Procedimiento y sistema de monitorización de la posición de un haz de partículas en un acelerador provisto de sensores de RF, donde en un primer paso un circuito analógico convierte las señales RF recibidas por los sensores en información sobre la amplitud y fase de dichas señales y las transforma en señales de baja frecuencia y en un segundo paso un módulo digital calcula la posición del haz a partir de la información sobre amplitud y fase de las señales en un período de muestreo determinado, que no depende de la frecuencia de las señales.

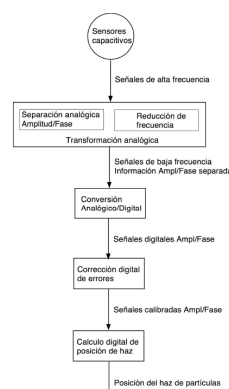


FIG. 1

ES 2 454 918 B1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema reconfigurable para monitorización de posición de haz de partículas.

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se encuadra dentro de la física electrónica. En particular, la invención se refiere a un procedimiento y sistema para captar y procesar datos que permiten la monitorización de la posición de un haz de partículas cargadas con alta precisión, utilizable en aceleradores de variada geometría e independiente del tipo de partícula acelerada.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los aceleradores de partículas son utilizados en muy variados sectores de actividad, incluyendo el sector científico, el energético y el biomédico. Son estructuras lineales, circulares o mixtas dentro de las cuales partículas cargadas eléctricamente (electrones, protones, iones, etc.) circulan, ganan energía y son guiadas mediante campos electromagnéticos complejos. Naturalmente es esencial que los haces partículas se mantengan en todo momento lejos de las paredes de la conducción (normalmente tubulares) que las contienen, pues en caso contrario se producirían colisiones de las partículas contra dichas paredes y ello daría como resultado pérdidas de haz, activación de elementos y otros efectos indeseados. Por ello, los sistemas de monitorización de posición de haz (beam position monitors) son el principal y más abundante diagnóstico de haz que todo acelerador de partículas necesita, puesto que se debe verificar en todo momento que la posición del haz esté cerca del centro de la estructura de conducción, y en caso de que no sea así, modificar los campos electromagnéticos para corregir dicha posición. Para la toma de datos se utilizan sensores que pueden ser electrodos capacitivos, inductivos, termo resistivos, etc. (US7279882). Para calcular la posición del haz a partir de las variaciones en parámetros registrados por estos sensores se utilizan circuitos sobre todo digitales, como los descritos en la solicitud EP2131203 A2. Estos sistemas presentan una alta dependencia de la frecuencia de la señal y por ende del tipo de partícula, lo que significa que los tiempos de toma de datos deben ajustarse al tipo de partícula, y ello por tanto da lugar a la necesidad de un sistema y circuitería específica diferente para cada tipo de partícula acelerada.

OBJETO DE LA INVENCION

La invención tiene por objeto proporcionar un procedimiento y sistema más versátiles que eviten la necesidad de empleo de múltiples circuitos de captación diferentes, permitan la detección de múltiples tipos de partículas y simplifiquen el cálculo de la posición del haz. Para ello, propone un procedimiento y sistema de monitorización de la posición de un haz de partículas en un acelerador provisto de sensores de RF, donde en un primer paso un circuito analógico convierte las señales RF recibidas por los sensores en información sobre la amplitud y fase de dichas señales y las transforma en señales de baja frecuencia; en un segundo paso un módulo digital calcula la posición del haz a partir de la información sobre amplitud y fase de las señales en un período de muestreo determinado, que no depende de la frecuencia de las señales.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña la siguiente descripción de una figura en donde con carácter ilustrativo se ha representado un diagrama de flujo del procedimiento de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El sistema de la invención consta de dos partes esenciales, un circuito analógico y un módulo digital.

Circuito analógico:

realiza una transformación analógica convierte a una baja frecuencia las señales RF de los sensores de corriente imagen (sensores capacitivos, inductivos o de cualquier clase) y separa la información de amplitud y fase contenida en dichas señales RF. Este circuito es de banda suficientemente ancha para poder acomodar cualquier tipo de partícula a acelerar.

Módulo digital:

captura las señales analógicas transformadas con un periodo de muestreo más rápido que en el estado de la técnica (independiente de la frecuencia de RF asociada a la partícula),
corrige digitalmente los errores del circuito analógico debidos a componentes de continua y al ruido, tomando estas señales digitales corregidas finalmente calcula la posición del haz de partículas con precisión equivalente a los dispositivos captadores solamente válidos para un tipo de partícula.

El último paso se realiza utilizando la amplitud y la fase de las señales de entrada, cuya información ya ha sido separada por efecto de la transformación analógica. Esto tiene como ventaja adicional que el módulo digital es mucho más simple que el utilizado en el estado de la técnica, pues los cálculos a realizar son más sencillos.

5 El circuito analógico debe ser de banda suficientemente ancha para acomodar múltiples partículas. El módulo digital corrige los errores analógicos, entre otros los debidos a esta banda ancha.

10 El muestreo digital de las señales analógicas convertidas a una misma baja frecuencia permite que el período de muestreo no deba depender de la frecuencia maestra de RF del acelerador (que cambia según la partícula acelerada), sino que baste una frecuencia de muestreo fija suficientemente alta (la misma para todas las partículas).

Los medios de programa efectúan los cálculos de posición del haz, teniendo en cuenta un solo paso de las partículas (acelerador lineal) o múltiples pasos de revolución (acelerador circular), de modo iterativo.

15 Todo el proceso se realiza con alta precisión (del orden de las micras para sensores capacitivos estándar) y con alta flexibilidad, de modo que, al contrario de las soluciones existentes en el mercado, el dispositivo es de uso general, para geometrías diversas del acelerador (lineal, circular, mixto) o tipo de partículas aceleradas (electrones, hadrones, iones pesados, etc.).

20 En un ejemplo de realización particular, el acelerador de partículas incluye como sensores un bloque estándar de cuatro electrodos capacitivos o inductivos dispuestos en cruz (derecha-izquierda-arriba-abajo) en las paredes del tubo del acelerador, la entrada del circuito electrónico analógico primario se conecta a dichos sensores mediante cables coaxiales. Dicho circuito analógico incluye componentes electrónicos de radiofrecuencia como amplificadores y demoduladores amplitud-fase. Estos componentes extraen la información sobre la amplitud y la fase de cada señal de cada electrodo de manera independiente para, simultáneamente, reducir la frecuencia de las señales a una misma frecuencia de base. Esto puede conseguirse por ejemplo utilizando dos mezcladores y dos filtros en la demodulación de cada señal de alta frecuencia, que dan como resultado dos señales, una proporcional la evolución de la amplitud de la señal original y otra proporcional a la evolución de la fase de la señal original. Como los cambios de amplitud y fase de las señales originales de los electrodos son mucho más lentos que la propia señal de RF en sí, el resultado a la salida de este circuito electrónico analógico primario son dos señales de baja frecuencia por cada señal de alta frecuencia, que contienen, respectivamente y por separado, la información de evolución de amplitud y la información de evolución de fase de la señal original. A la salida de estos componentes analógicos los conversores analógicos-digitales sirven de interfase con la entrada del circuito digital secundario. El bloque digital está compuesto por un circuito de cómputo basado por ejemplo en procesadores digitales de señal (DSP) o puertas lógicas programables (FPGA). Mediante comparación de las amplitudes y fases de las señales de los cuatro electrodos recibidas en el bloque digital, el circuito computa numéricamente la posición del haz de partículas. Por ejemplo el cómputo de la posición horizontal del haz puede realizarse programando el circuito DSP o FPGA para restar los valores numéricos de amplitud recibidos del electrodo izquierdo y del derecho, y el cómputo de la posición vertical puede realizarse de forma similar restando los valores numéricos de amplitud de las señales del electrodo de arriba y el de abajo.

40

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Sistema reconfigurable para monitorización de la posición de un haz de partículas compuesto de diversos tipos de partículas en un acelerador provisto de sensores de RF, caracterizado porque comprende un circuito analógico de captación de señales RF con medios para convertir la información de la señal en información sobre la amplitud y fase contenida en dichas señales RF y transformarlas en señales de baja frecuencia y un módulo digital especialmente adaptado para calcular la posición del haz a partir de la información sobre amplitud y fase de la señales en un período de muestreo determinado, que no depende de la frecuencia de las señales.
- 10 2.- Procedimiento de monitorización de la posición de un haz de partículas en un acelerador provisto de sensores de RF, caracterizado porque en un primer paso un circuito analógico convierte las señales RF recibidas por los sensores en información sobre la amplitud y fase de dichas señales y las transforma en señales de baja frecuencia y en un segundo paso un módulo digital calcula la posición del haz a partir de la información sobre amplitud y fase de la señales en un período de muestreo determinado, que no depende de la frecuencia de las señales.
- 15 3.- Procedimiento según la reivindicación 2 caracterizado porque en un paso previo al cálculo de la posición se corrigen mediante el módulo digital los errores del circuito analógico debidos a componentes de continua y al ruido.

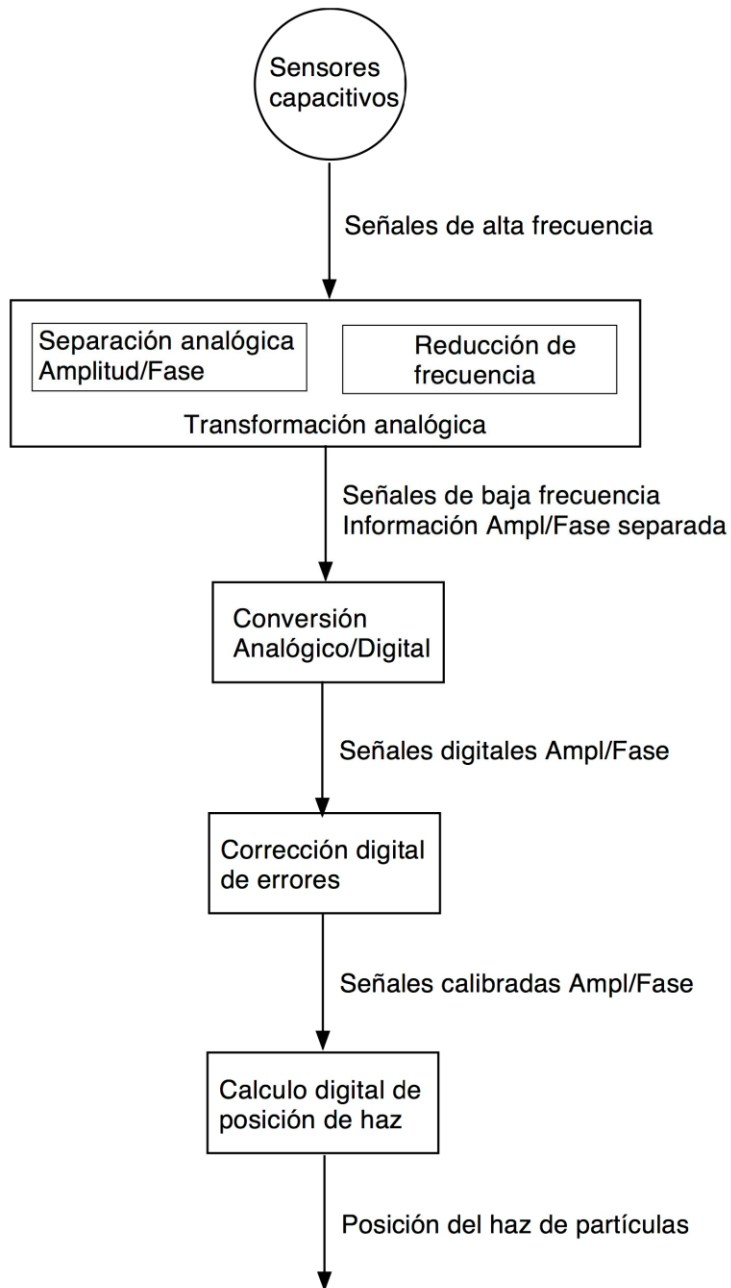


FIG. 1



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

- ②① N.º solicitud: 201231559
②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.10.2012
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **H05H7/00** (2006.01)
G01T5/02 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	BELVER, D. et al. "Overview of the BPM system of the ESS-Bilbao", Proceedings of the 10th European Workshop on Beam Diagnostics and Instrumentation for Particle Accelerators, DIPAC2011. 16.05.2011. Hamburgo, Alemania. Páginas 89-91. Apartado "System description"; figuras 1 y 2.	1-3
X	BELVER D. et al. "Test of the Front-End Electronics and Acquisition System for the LIPAC BPMs", Proceedings of the 2nd International Particle Accelerator Conference IPAC'11. 04.09.2011. San Sebastián, España. Páginas 1311-1313. Apartado "System description"; figura 1.	1-3
X	BELVER, D. et al. "Design and Measurements of the Stripline BPM System of the ESS-Bilbao", Proceedings of the 3rd International Particle Accelerator Conference IPAC'12. 20.05.2012. New Orleans, EE.UU. Páginas 870-872. Todo el documento.	1-3

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
17.06.2014

Examinador
J. Cotillas Castellano

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H05H, G01T

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 17.06.2014

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-3	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-3	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	BELVER, D. et al. "Overview of the BPM system of the ESS-Bilbao", Proceedings of the 10th European Workshop on Beam Diagnostics and Instrumentation for Particle Accelerators, DIPAC2011. 16.05.2011. Hamburgo, Alemania. Páginas 89-91.	16.05.2011
D02	BELVER D. et al. "Test of the Front-End Electronics and Acquisition System for the LIPAC BPMs", Proceedings of the 2nd International Particle Accelerator Conference IPAC'11. 04.09.2011. San Sebastián, España. Páginas 1311-1313.	04.09.2011
D03	BELVER, D. et al. "Design and Measurements of the Stripline BPM System of the ESS-Bilbao", Proceedings of the 3rd International Particle Accelerator Conference IPAC'12. 20.05.2012. New Orleans, EE.UU.	20.05.2012

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

De los documentos encontrados para la realización de este informe, el documento D01 se considera el más próximo del estado de la técnica al objeto de las reivindicaciones 1 a 3, y en lo que respecta a estas reivindicaciones este documento parece afectar a la novedad de las mismas, tal y como se explica a continuación (las referencias entre paréntesis corresponden a D01):

Reivindicación independiente 1:

El documento D01 describe un sistema para la monitorización de la posición de un haz de partículas en un acelerador provisto de sensores de RF (véase el apartado "Test bench" en la página 90), que comprende además:

- Un circuito analógico de captación de señales RF que convierte la información de la señal en información de amplitud y fase y las transforma en señales de baja frecuencia (véase el apartado "Analog front-end unit" en las páginas 89-90);
- Un módulo digital que calcula la posición del haz a partir de la información de amplitud y fase de las señales en un período de muestreo determinado (véase el apartado "Digital Unit" en la página 90).

De este modo, todas las características técnicas reivindicadas ya han sido igualmente divulgadas en el documento D01, por lo que esta reivindicación no sería nueva a la vista del estado de la técnica (Art. 6.1 LP).

Reivindicación independiente 2:

Esta reivindicación se refiere a un procedimiento para monitorizar la posición de un haz de partículas en un acelerador provisto de sensores RF, realizando las funciones que se reivindican en la reivindicación 1 respecto al circuito analógico y al módulo digital. Siguiendo los mismos argumentos que para la reivindicación 1, el documento D01 afectaría a la novedad de esta reivindicación (Art. 6.1 LP).

Reivindicación dependiente 3:

El documento D01 describe también que el módulo digital corrige los errores del circuito analógico antes de calcular la posición del haz (véase el apartado "Digital Unit" en la página 90), por lo que esta reivindicación también carecería de novedad (Art. 6.1 LP).