

**REIVINDICACIONES**

1. Una composición que comprende:

5 grafito deshidrogenado que presenta una pluralidad de láminas que tienen al menos una lámina en 10 que tiene un tamaño superior a 10 micrómetros cuadrados,

un espesor promedio de 10 capas atómicas o menos, y

10 una densidad de defectos característica de al menos el 50% de los espectros  $\mu$ -Raman del grafito deshidrogenado obtenidos a una excitación de 532 nm con una resolución mejor que 1,8 centímetros recíprocos que tienen una relación de área D/G por debajo de 0,5.

15

2. Una composición que comprende

grafito deshidrogenado que presenta una pluralidad de láminas que tienen

20 al menos una lámina en 10 que tiene un tamaño superior a 10 micrómetros cuadrados,

un valor de coeficiente de determinación del ajuste de pico único 2D de espectros  $\mu$ -Raman del grafito deshidrogenado obtenidos a 532 nm de

25 excitación con una resolución mejor que 1,8 centímetros recíprocos mayor que 0,99 para más del 50% de los espectros, y

una densidad de defectos característica de al menos el 50% de los espectros  $\mu$ -Raman del grafito deshidrogenado obtenidos a una excitación

30 de 532 nm con una resolución mejor que 1,8 centímetros recíprocos con una relación de área D/G por debajo de 0,5.

3. La composición de la reivindicación 1 o 2, donde más del 60%, por ejemplo, más del 80%, o más del 85% de los espectros  $\mu$ -Raman del grafito deshidrogenado tienen un valor de coeficiente de determinación mayor que
- 35 0,99.

4. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que más del 40%, por ejemplo, más del 50% o más del 65% de los espectros  $\mu$ -Raman del grafito deshidrogenado tienen un valor de coeficiente de determinación mayor de 0,995.
5. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que al menos una lámina en seis tiene un tamaño en exceso de 10 micrómetros cuadrados, por ejemplo, al menos una lámina en cuatro.
- 10 6. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que al menos una lámina en diez tiene un tamaño superior a 25 micrómetros cuadrados, por ejemplo, al menos dos láminas en diez.
- 15 7. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el espesor promedio es de siete capas atómicas o menos, por ejemplo, cinco capas atómicas o menos.
- 20 8. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde la densidad del defecto es característica de al menos 80% de los espectros obtenidos que tienen una relación de área D/G por debajo de 0,5, por ejemplo, al menos 95% de los espectros obtenidos que tienen una relación de área D/G por debajo de 0,5.
- 25 9. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde la densidad del defecto es característica de al menos 80% de los espectros recogidos que tienen una relación de área D/G por debajo de 0,5, por ejemplo, al menos 95% de los espectros recogidos que tienen una relación de área D/G por debajo de 0,5.
- 30 10. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde la densidad del defecto es característica de al menos 50% de los espectros obtenidos que tienen una relación de área D/G por debajo de 0,2, por ejemplo, al menos 70% de los espectros recogidos que tienen una relación de área D/G por debajo de 0,2.
- 35 11. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que la densidad del defecto es característica de una relación de área D/G media por debajo de 0,8, por ejemplo, por debajo de 0,5 o por debajo de 0,2.

- 5 12. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que la composición es un polvo particulado de láminas de grafito deshidrogenado, por ejemplo, un polvo particulado negro de láminas de grafito deshidrogenado.
- 10 13. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en la que la pluralidad de las láminas de grafito deshidrogenado están arrugadas, dobladas o plegadas, por ejemplo, en donde la pluralidad de las láminas se ensamblan en una estructura tridimensional.
- 15 14. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en la que el ancho medio completo máximo del pico G en los espectros  $\mu$ -Raman del grafito deshidrogenado obtenidos a 532 nm de excitación con una resolución mejor que 1,8 centímetros recíprocos es mayor que 20 centímetros recíprocos, por ejemplo, más de 25 centímetros recíprocos o más de 30 centímetros recíprocos.
- 20 15. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en la que los espectros  $\mu$ -Raman del grafito deshidrogenado obtenidos a 532 nm de excitación con una resolución mejor que 1,8 centímetros recíprocos muestran un pico ancho en el rango entre 1000 y 1800 centímetros recíprocos con un ancho medio completo máximo de más de 200 centímetros recíprocos, por ejemplo más de 400 centímetros recíprocos.
- 25 16. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en la que más del 1%, por ejemplo, más del 5% o más del 10% de las láminas tienen un grosor de más de 10 capas atómicas.
- 30 17. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en la que la composición es un compuesto, por ejemplo, en el que el compuesto incluye además carbón activado o en el que el compuesto incluye además un polímero.
- 35 18. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, donde la composición es un compuesto y al menos 30%, por ejemplo, al menos 50% o al menos 70% de los sitios de carbono hibridados  $sp^3$  de la composición son uno o más de:

- a) funcionalizados con un grupo químico que no sea hidrógeno,
- b) reticulados con sitios de carbono hibridados  $sp^3$  de otras láminas, o
- c) de otra manera químicamente modificados.

19. Un electrodo que presenta la composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18.

20. Una batería o un condensador electroquímico que presenta el electrodo de la reivindicación 19, por ejemplo, en el que la batería es una batería de litio, una batería de iones de litio, una batería de ánodo de silicio o una batería de litio y azufre.

21. Una composición que comprende

grafito hidrogenado que presenta una pluralidad de láminas que tienen

al menos una lámina en 10 que tiene un tamaño superior a 10 micrómetros cuadrados,

un espesor promedio de 10 capas atómicas o menos, y

una densidad de defectos característica de los espectros  $\mu$ -Raman del grafito hidrogenado obtenidos a una excitación de 532 nm con una resolución superior a 1,8 centímetros recíprocos y una potencia de excitación inferior a 2 mW en el foco de un objetivo de 100X con una relación de área promedio D/G entre 0,2 y 4, en donde la mayoría de los defectos son hidrogenación reversible de sitios de carbono hibridados  $sp^3$  lejos de los bordes de las láminas.

22. Una composición que comprende:

un grafito hidrogenado reversiblemente que presenta una pluralidad de láminas que tienen

al menos una lámina en 10 que tiene un tamaño superior a 10 micrómetros cuadrados,

un valor de coeficiente de determinación del ajuste de pico único 2D de espectros  $\mu$ -Raman del grafito después del tratamiento térmico en atmósfera inerte a 2 mbar y 800°C, obtenidos a una excitación de 532 nm con una resolución mejor que 1,8 centímetros recíprocos, mayores de 0,99 para más del 50% de los espectros, y

una densidad de defectos característica de los espectros  $\mu$ -Raman del grafito hidrogenado obtenidos a una excitación de 532 nm con una resolución superior a 1,8 centímetros recíprocos y una potencia de excitación inferior a 2 mW en el foco de un objetivo de 100X con una relación de área promedio D/G entre 0,2 y 4, en donde la mayoría de los defectos son hidrogenación reversible de sitios de carbono hibridados  $sp^3$  lejos de los bordes de las láminas.

23. La composición de la reivindicación 21 o 22, en la que más del 60%, por ejemplo, más del 80%, o más del 85% de los espectros  $\mu$ -Raman del grafito tienen un valor de coeficiente de determinación mayor que 0,99.

24. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 21 a 23, en la que más del 40%, por ejemplo, más del 50% o más del 65% de los espectros  $\mu$ -Raman del grafito tienen un valor de coeficiente de determinación mayor que 0,995.

25. La composición de la reivindicación 21 a 24, en la que al menos una lámina en seis tiene un tamaño superior a 10 micrómetros cuadrados, por ejemplo, al menos una lámina en cuatro.

26. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 21 a 25, en la que al menos una lámina en diez tiene un tamaño superior a 25 micrómetros cuadrados, por ejemplo, al menos dos láminas en diez.

27. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 21 a 26, en la que el espesor promedio es de siete capas atómicas o menos, por ejemplo, cinco capas atómicas o menos.

28. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 21 a 27, donde la densidad del defecto es característica de al menos el 50% de los espectros  $\mu$ -Raman obtenidos a 532 nm de excitación con una resolución mejor que 1,8 centímetros recíprocos y una potencia de excitación inferior a 2 mW en el foco de un objetivo 100X que tiene una relación de área D/G superior a 0,5, por ejemplo, al menos 80% o al menos 95% de los espectros recogidos que tienen una relación de área D/G superior a 0,5.
29. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 21 a 28, donde la densidad del defecto es característica de al menos 50% de los espectros obtenidos que tienen una relación de área D/G por encima de 0,8, por ejemplo, al menos 60% o al menos 90% de los espectros obtenidos que tienen una relación de área D/G superior a 0,8.
30. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 21 a 29, en la que la densidad del defecto es característica de la relación de área media D/G que está entre 0,4 y 2, por ejemplo, entre 0,8 y 1,5.
31. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 21 a 30, en la que al menos el 60%, por ejemplo, al menos el 75% de los defectos son hidrogenación reversible de sitios de carbono hibridados  $sp^3$  lejos de los bordes de las láminas.
32. La composición de cualquiera de las reivindicaciones 21 a 31, en donde la composición es un compuesto y al menos 5%, por ejemplo, al menos 10%, de los sitios de carbono hibridados  $sp^3$  de la composición son uno o más de:
- a) funcionalizados con un grupo químico que no sea hidrógeno,
  - b) reticulados con sitios de carbono hibridados  $sp^3$  de otras láminas, o
  - c) de otra manera químicamente modificados.
33. Un aparato (1) para la expansión del grafito (2) a grafeno (7) con al menos un contenedor (10) provisto para recibir un electrolito, al menos un ánodo (4) y al menos un cátodo (3), caracterizado porque el cátodo (3) contiene diamante o consiste del mismo.

34. El aparato de la reivindicación 33, que presenta además un separador (5) que separa el ánodo (4) del cátodo (3).
- 5 35. El aparato según la reivindicación 33 o 34, caracterizado porque el separador (5) está en contacto con la superficie del ánodo (4) o porque el separador (5) contiene o consta de diamante y/o politetrafluoroetileno y/o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y/o cerámica y/o cuarzo y/o vidrio.
- 10 36. El aparato según una de las reivindicaciones 33 a 35, que presenta además un medio de accionamiento con el que el separador (5) y opcionalmente el ánodo (4) son giratorios.
- 15 37. Aparato según una de las reivindicaciones 33 a 36, caracterizado porque el separador (5) y opcionalmente el ánodo (4) están montados de forma desplazable, de modo que la distancia entre el cátodo (3) y el separador (5) es modificable en funcionamiento del aparato (1).
- 20 38. Aparato según una de las reivindicaciones 33 a 37, que comprende además un suministro de voltaje eléctrico configurado para aplicar un voltaje continuo de aproximadamente 5 V a aproximadamente 60 V entre el ánodo y el cátodo, o de aproximadamente 15 V a aproximadamente 30 V, en donde el voltaje es opcionalmente pulsado.
- 25 39. Aparato según una de las reivindicaciones 33 a 38, que comprende además un aparato de alimentación (11) mediante el cual las partículas de electrolito y grafito (2) pueden alimentarse como una dispersión en al menos un recipiente (10) y/o que comprende adicionalmente un aparato de descarga (12) por el cual las láminas de electrolito y grafeno (7) son descargables desde al menos un recipiente (10) como una dispersión.
- 30 40. Un método para la expansión de grafito (2) a grafeno (7), en donde las partículas de grafito (2) y al menos un electrolito se introducen en al menos un contenedor (10) y el grafito (2), a través de la aplicación de un voltaje eléctrico (6) a al menos un ánodo (4) y al menos un cátodo (3) se expande, caracterizado porque el cátodo (3) contiene o consiste de diamante y el hidrógeno se produce en el cátodo.
- 35

- 5
41. Método según la reivindicación 40, caracterizado porque el hidrógeno se intercala en las partículas de grafito (2) y/o se quimiadsorbe en las partículas de grafito (2), de modo que las láminas de grafeno (7) se exfolian de las partículas de grafito (2).
- 10
42. Método según cualquiera de las reivindicaciones 40 o 41, caracterizado porque el ánodo (4) está separado del cátodo (3) por un separador (5).
- 15
43. Método según la reivindicación 42, caracterizado porque el separador (5) contiene o consiste de diamante y/o politetrafluoroetileno y/o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y/o cerámica y/o cuarzo y/o vidrio.
- 20
44. Método según una de las reivindicaciones 40 a 43, caracterizado porque el separador (5) y opcionalmente el ánodo (4) se ponen en rotación y/o porque el separador (5) y opcionalmente el ánodo (4) se desplaza de modo que la distancia entre el cátodo (3) y el separador (5) cambia durante el funcionamiento del aparato (1).
- 25
45. Método según cualquiera de las reivindicaciones 40 a 44, caracterizado porque un voltaje eléctrico de aproximadamente 5 V a aproximadamente 60 V, o un voltaje eléctrico de aproximadamente 10 V a aproximadamente 50 V, o un voltaje eléctrico de aproximadamente 12 V a aproximadamente 45 V, o un voltaje eléctrico de aproximadamente 15 V a aproximadamente 30 V se aplica entre el ánodo (4) y el cátodo (3).
- 30
46. Método según cualquiera de las reivindicaciones 40 a 45, caracterizado porque las partículas de grafito (2) se suministran continuamente al recipiente (10) y/o las láminas de grafeno (7) se retiran continuamente del recipiente (10).
- 35
47. Método según cualquiera de las reivindicaciones 27 a 46, que comprende además la etapa de fotoprotección de las láminas de grafeno (7) para la deshidrogenación, por ejemplo, en el que el tratamiento fotográfico incluye irradiar las láminas de grafeno (7) con luz visible, UV, o microondas, en donde más del 50% de los sitios de carbono hibridados  $\text{sp}^3$  hidrogenados se deshidrogenan.

48. Método según cualquiera de las reivindicaciones 40 a 47, que comprende además la etapa de: tratamiento térmico posterior de las láminas de grafeno (7) a una temperatura de aproximadamente 100°C a aproximadamente 800°C, o de aproximadamente 300°C a aproximadamente 650°C, y durante un período de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 60 minutos, o de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 40 minutos.
49. Método según una de las reivindicaciones 40 a 48, caracterizado porque las láminas de grafeno (7) tienen un área superficial promedio de más de 10  $\mu\text{m}^2$  o más de 50  $\mu\text{m}^2$  o más de 100  $\mu\text{m}^2$ .