

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 998 565**

21 Número de solicitud: 202430633

51 Int. Cl.:

F28D 7/00 (2006.01)
F28D 7/10 (2006.01)
F28D 7/16 (2006.01)
F28F 1/12 (2006.01)
F28F 1/04 (2006.01)
F28F 3/02 (2006.01)
F28F 3/12 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

26.07.2024

30 Prioridad:

27.07.2023 PL P44568

43 Fecha de publicación de la solicitud:

20.02.2025

71 Solicitantes:

**POLITECHNIKA WROCLAWSKA (40.00%)
wyb. Stanisława Wyspiańskiego
50-370 Wrocław PL;
DYNAMIC & SECURITY COMPUTATIONS, S.L.
(20.00%);
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
(20.00%) y
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A
DISTANCIA (20.00%)**

72 Inventor/es:

**NAPLOCHA, Krzysztof;
DMITRUK, Anna;
GRZEDA, Jakub;
RAZNY, Natalia;
ENRIQUEZ, Juan;
DOMINGO, Jerónimo;
SOLANO FERNANDEZ, Juan Pedro;
MUÑOZ CAMARA, José;
BARBERO FRESNO, Rubén y
ROVIRA, Antonio**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **ESTRUCTURA ESPACIAL PARA EL TRANSPORTE DE CALOR**

ES 2 998 565 A2

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

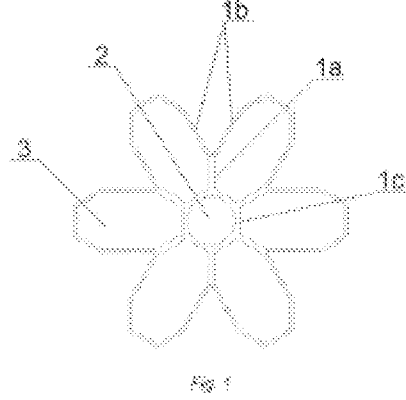


11 Número de publicación: **2 998 565**

21 Número de solicitud: 202430633

57 Resumen:

La estructura espacial para el transporte de calor, destinada a su uso en unidades (unidades de almacenamiento de energía térmica) que pueden cargarse con calor residual, energía solar térmica y energía eólica, entre otros, y que pueden estar basadas en materiales de cambio de fase o zeolitas, en forma de una disposición de cámaras pasantes yuxtapuestas, que están formadas entre las paredes yuxtapuestas de borde a borde, donde en la disposición anterior una de las cámaras pasantes es una cámara interior situada centralmente (2), y las cámaras restantes son cámaras exteriores (3), que, circunferencialmente, una al lado de la otra, rodean la cámara interior (2) y cada una de ellas tiene la misma forma y sección transversal en forma de polígono, donde en la disposición anterior cada una de las cámaras exteriores (3) comparte una pared (1c) con la cámara interior y cada dos cámaras exteriores adyacentes (3) comparten una pared (1a) que se extiende radialmente desde la cámara interior (2), se caracteriza por que cada pared (1a), que se extiende radialmente desde la cámara interior (2) situada centralmente, que junto a la cámara interior (2) comparte las dos cámaras exteriores adyacentes (3), en forma de Y, se divide simétricamente en dos paredes (1b) de las cámaras exteriores adyacentes (3), que se extienden desde ella en un ángulo de 60° .



DESCRIPCIÓN**ESTRUCTURA ESPACIAL PARA EL TRANSPORTE DE CALOR**

El objeto de la invención es una estructura espacial para el intercambio de calor en forma de
5 una pieza de fundición de aleación de aluminio, cuya finalidad es facilitar el intercambio de
calor en almacenes de energía térmica. La solución según la invención está destinada al uso
en unidades (unidades de almacenamiento de energía térmica) que pueden cargarse con
calor residual, energía térmica solar y energía eólica, entre otros, y que pueden basarse en
materiales de cambio de fase o zeolitas. Las estructuras según la invención están destinadas
10 a ser aplicadas a tubos de fluido para la transferencia de calor.

El calor almacenado durante el día puede utilizarse, por ejemplo, en edificios, ya sea
inmediatamente o en un futuro próximo tras la carga, por ejemplo, para calentar agua sanitaria,
o puede almacenarse y utilizarse por la noche para, por ejemplo, calentar paredes o suelos,
15 o incluso para el almacenamiento estacional. Las estructuras de intercambio de calor ayudan
a igualar la distribución de la temperatura en el interior de la batería y reducir el tiempo de
carga de todo el dispositivo. Estos componentes también pueden utilizarse a altas
temperaturas y son más robustos mecánicamente que, por ejemplo, las espumas metálicas.
Los sistemas de almacenamiento de energía térmica latente pueden utilizar materiales PCM
20 cargados mediante calor residual o fuentes de energía renovables como la solar, la
geotérmica o la eólica. Un factor clave que reduce el rendimiento de estas unidades lo es su
baja conductividad térmica (por ejemplo, $0,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ para la parafina, $0,4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ para el
 KNO_3 , $0,5\text{-}0,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ para el NaNO_3 , mientras que, por ejemplo, para una aleación Al-Si
es de $130\text{-}170 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), lo que degrada la eficacia de calentamiento o refrigeración de las
25 baterías de cambio de fase. Para resolver el problema mencionado, se pueden tomar varias
medidas para mejorar el intercambio de calor, de las que se pueden identificar cuatro enfoques
principales: la adición de nanorellenos de alta conductividad térmica (generalmente partículas
a base de metal o carbono), la encapsulación de PCM, la combinación de dos o incluso más
materiales de cambio de fase y la inmersión de intercambiadores de calor espaciales (por
30 ejemplo, espumas metálicas o estructuras nervadas) en el lecho. Como las más utilizadas
pueden identificarse las siguientes estructuras nervadas: anulares, de placa, espirales, de tres
filas, onduladas, triangulares y en espiga. La ventaja de utilizar materiales que almacenan
calor latente frente a los que almacenan calor sensible se debe a su reducido volumen y a la
masa de la batería necesaria para almacenar una cantidad determinada de calor. Los

materiales PCM inorgánicos tienen mayor capacidad de almacenamiento de calor en su volumen que la mayoría de sus homólogos orgánicos debido a su densidad y entalpía de transición de fase. En los últimos años, las estructuras biomiméticas, que se inspiran en la naturaleza, han suscitado un interés cada vez mayor entre los investigadores de todo el mundo, en particular por lo que respecta a las aplicaciones en la intensificación del intercambio de calor, entre otros. Las estructuras fractales ramificadas más utilizadas se encuentran en los árboles, los nervios de las hojas, los copos de nieve, los helechos, las arterias cardíacas o las redes fluviales. Además, en la literatura más reciente, se pueden encontrar otras superficies biomiméticas ramificadas que favorecen el intercambio de calor: intercambiadores de calor de placas soldadas con patrones parecidos a pulmones, panales o telas de araña (percibidos también en ejemplos naturales en hojas de loto y alas de insectos). Todas estas geometrías pueden utilizarse para facilitar los procesos de calentamiento y refrigeración en unidades de almacenamiento de energía térmica. Las redes ramificadas pueden someterse a una optimización geométrica para determinar los parámetros estructurales más favorables para la capacidad de transporte de calor correlacionada.

En los siguientes documentos de patentes se han divulgado intercambiadores de calor con diversas formas. Así, en el documento de patente estadounidense US2663549A y el europeo EP2423630A1 se divulga su forma espiral, en el documento de patente estadounidense US4503902A su forma tubular, en el documento de patente estadounidense US2937856A su forma de placa, y en el documento de patente estadounidense US2937856A su forma nervada con nervaduras curvadas.

En el documento de patente estadounidense US9228785B2 se divulga un dispositivo de intercambio de calor multicomponente en configuración ramificada que tiene al menos tres niveles asimétricos, con variación fractal entre las respectivas ramificaciones. La estructura diseñada está destinada a trabajar con aire como medio de trabajo y puede ser de aluminio, cobre, diamante o materiales compuestos.

En el documento de patente estadounidense US9228785B2 se divulga un intercambiador de calor con estructura de panal que comprende una pluralidad de celdas con diferentes subconjuntos de celdas que se extienden a diferentes distancias a lo largo del eje del componente. La estructura diseñada se obtiene mediante método de fabricación incremental.

El objetivo según la invención es una estructura espacial para el transporte de calor que en comparación con una estructura de panal con un rendimiento comparable o incluso

aumentado se caracterizará por una masa menor y un menor volumen, y la forma de su estructura mejorará el transporte y el intercambio de calor.

La estructura espacial para el transporte de calor en forma de una disposición de cámaras pasantes yuxtapuestas, formadas entre paredes yuxtapuestas de borde a borde, donde en la disposición anterior de cámaras pasantes una de ellas es una cámara interior situada centralmente, adecuada para la instalación de un tubo con medio de calor con un diámetro exterior de $\frac{3}{4}$ ", y las cámaras restantes son cámaras exteriores que, circunferencialmente, una al lado de la otra, rodean la cámara interior y cada una de ellas tiene la misma forma y sección transversal en forma de polígono, donde en la disposición anterior cada una de las cámaras exteriores comparte una pared con la cámara interior y cada dos cámaras exteriores adyacentes comparten una pared que se extiende radialmente desde la cámara interior, según la invención, se caracteriza por que cada pared que se extiende radialmente desde la cámara interior, con un espesor mínimo de 2,4 mm, que comparte dos cámaras exteriores adyacentes, se extiende simétricamente en dos paredes de las cámaras adyacentes en un ángulo de 60° , formando paredes con un espesor mínimo de $\frac{1}{2}$ del espesor de la pared que se extiende radialmente desde la cámara interior situada centralmente (1,2 mm) en una disposición característica de Y, que encierran envolventes de las cámaras exteriores, por ejemplo, con una anchura exterior de 25 mm. Los ángulos interiores entre las paredes de las cámaras exteriores son ángulos obtusos con un valor del rango de entre 110° y 160° .

Como resultado de la investigación, inesperadamente se descubrió que las estructuras de mejora de la transferencia de calor con paredes con forma de Y en comparación con las estructuras de panel, a pesar de su menor masa y volumen, permiten un rendimiento comparable o incluso superior. La estructura según la invención proporciona una distribución de la temperatura más favorable en el volumen de PCM, al mismo tiempo que mantiene una elevada rigidez. La estructura según la invención en comparación con la estructura de panel permite una reducción de masa de hasta un 60 %. La figura 5 muestra un ejemplo de una estructura ejemplar según la invención, así como una estructura de panel conocida, la cual puede ser sustituida por la estructura según la invención.

El objeto de la invención se ilustra en el dibujo en el que la fig. 1 representa la estructura según la invención en vista frontal o en sección transversal; la fig. 2 representa la estructura espacial en vista axonométrica destinada a fijar por presión el tubo del medio de calor; la fig. 3 muestra la estructura en vista axonométrica en la que la fijación del tubo del medio de calor en ella se realiza por la elasticidad del material del que está hecha la estructura; la fig. 4 ilustra la estructura en vista axonométrica destinada a la fijación mediante una unión atornillada; la fig.

5 representa, en sección transversal, las estructuras de panel superpuestas y la estructura según la de la invención; la fig. 6 muestra la densidad del material PCM utilizado en el análisis; la fig. 7 presenta la distribución de las temperaturas durante la carga en la estructura de panel; la fig. 8 ilustra la distribución de las temperaturas durante la carga en la estructura según la invención; la fig. 9 compara la etapa de carga: proporción de la fase líquida en la estructura de panel y en la estructura según la invención; la fig. 10 muestra la distribución de la temperatura durante la descarga en la estructura según la invención; y la fig. 11 presenta la participación de la fase líquida durante la descarga en la estructura según la invención.

10 La estructura espacial para el transporte de calor en el ejemplo de fabricación según la invención tiene la forma de una disposición de cámaras pasantes yuxtapuestas, las cuales se forman entre las paredes yuxtapuestas de borde a borde 1a, 1b, 1c, donde en la disposición anterior de cámaras pasantes una de ellas es una cámara interior 2 situada centralmente, y las cámaras restantes forman las cámaras exteriores 3, que, circunferencialmente, una al lado de la otra, rodean la cámara interior 2 y cada una de ellas tiene la misma forma y sección transversal en forma de polígono, donde en la disposición anterior cada una de las cámaras exteriores 3 comparte una pared 1c con la cámara interior 2 y cada dos cámaras exteriores adyacentes 3 comparten una pared 1a que se extiende radialmente desde la cámara interior 2. Las cámaras interiores 2 en sección transversal tienen forma octogonal. Cada pared 1a que se extiende radialmente desde la cámara interior 2 y que es compartida por dos cámaras exteriores adyacentes 3, yuxtapone con forma de Y con sucesivas paredes 1b de las cámaras exteriores adyacentes 3, las cuales se extienden entre sí en ángulo. En la sección transversal, el contorno de la superficie exterior del lateral de la cámara interior 2 tiene una forma hexagonal, mientras que el contorno de la superficie interior de este lateral tiene la forma circular. En la cámara interior 2 se aloja un tubo de fluido de transferencia de calor (HTF), el cual puede fijarse en dicha que en la cámara interior 2 mediante presión, con presión por resorte o unión roscada. En el ejemplo anterior se divulga una estructura en la que el tubo de fluido se instala por presión. La estructura en la que el tubo de fluido se instala mediante presión por resorte presenta una hendidura longitudinal en el lateral de la cámara interior 2, como se muestra en la fig. 2. La estructura en la que se sujeta el tubo de fluido mediante una unión roscada presenta una hendidura longitudinal formada en el lateral de la cámara interior 2 y, así como orificios coaxiales para tornillos en las paredes 1, cuyos extremos están roscados. Las paredes 1a, que se extienden radialmente desde la cámara interior 2, tienen un espesor de al menos 2,4 mm, preferiblemente de 3 mm, y se dividen simétricamente en dos paredes 1b de las cámaras exteriores adyacentes 3 en un ángulo de 60°. Cada una de las cuales tiene un espesor de al menos 1/2 del espesor de la pared 1a que se extiende

radialmente desde la cámara interior 2, es decir, de al menos 1,2 mm, preferiblemente de 1,5 mm. Preferiblemente, las cámaras exteriores 3 tienen una anchura exterior de 25 mm. En este ejemplo de realización, los ángulos interiores entre las paredes 1a, 1b de las cámaras exteriores 3 son ángulos obtusos de 120°, 150°, respectivamente. Sin embargo, en otros ejemplos de realización estos ángulos pueden estar comprendidos en un rango de 110° a 160°. El diámetro de la cámara interior central 2 está comprendido entre 19 y 30 mm, preferiblemente de 25 mm, el espesor de la pared de la cámara interior 2 es de 1,5 a 2 mm.

Las propiedades preferentes de la estructura según la invención se han confirmado mediante análisis CFD. El material PCM utilizado para el análisis era una mezcla eutéctica de sales de KNO₃-NaNO₃, con una entalpía suficiente para la acumulación de calor, H=100 J/g, que se caracteriza por una única temperatura de cambio de fase durante la fusión. El comportamiento durante el ciclo de funcionamiento de la batería (carga y descarga) de la estructura con forma de panal se comparó con el observado para la estructura con forma de Y mediante modelado CFD. La posición horizontal era la posición inicial de ensayo de la geometría.

Propiedades de los materiales asumidas en la simulación:

PCM:	KNO ₃ (54 %) - NaNO ₃ (46 %)
Densidad [kg/m ³]:	según el diagrama de la fig. 5
20 Punto de fusión [°C]:	222
Conductividad térmica [W/m·K]:	0.2
Capacidad calorífica [J/kg·K]:	1800
Entalpía de cambio de fase [kJ/kg]:	101
Viscosidad [Pa·s]:	1.85
25 La densidad del material PCM utilizado en el análisis se muestra en la fig. 5.	

El material de la estructura se caracterizó por los siguientes parámetros:

INSERTO:	Al-Si 44200
Densidad [kg/m ³]:	2650
30 Conductividad térmica [W/m·K]:	130
Capacidad calorífica [J/kg·K]:	910

Condiciones iniciales y de contorno del análisis

Se investigaron dos etapas del ciclo de funcionamiento de la batería: carga (calentamiento) y descarga (refrigeración). A continuación se resumen las condiciones iniciales y de contorno.

Fuente de calor (pared) CARGA (FUSIÓN) Temperatura [°C]: 240

PCM (volumen) CARGA (FUSIÓN) Temperatura [°C]: 220

Resultados

Carga

- 5 En la fig. 6 se muestran las variaciones de temperatura durante 3600 segundos de calentamiento de la estructura de panel, mientras que en la fig. 7 se muestran las variaciones de temperatura correspondientes a una estructura ramificada con forma de Y.

10 En las estructuras metálicas, la temperatura aumenta desde el centro calentado hacia el exterior. Del mismo modo, se aprecia la importancia de las fuerzas de convección, ya que las zonas de mayor temperatura son más extensas que las de temperatura más baja, las cuales se concentran en la parte inferior del inserto con forma de Y. Tras 1800 segundos de simulación, ambos casos presentan una distribución de temperatura comparable. No obstante, en ambos se identifica una notable cantidad de material sin fundir, cuya temperatura

15 sigue siendo de 220 °C. Hacia el final de la simulación, se aprecia una diferencia considerable en la distribución de temperatura entre las dos estructuras. Mientras que en la estructura de panel, las zonas internas próximas a la fuente de calor se sitúan en torno a los 240 °C, en las zonas más alejadas todavía se encuentran áreas con temperaturas más bajas, alrededor de

20 235 °C. Esto no ocurre en el caso de la estructura con forma de letra Y. Una comparación de la proporción de la fracción líquida en el volumen de PCM se presenta en la fig. 8. El dibujo muestra la temperatura del PCM líquido en el plano medio, donde las zonas blancas indican que en esa zona no hay PCM líquido. Tras 1800 segundos de simulación, la fusión no se ha completado en todo el volumen de PCM. Se demostró la presencia de una fracción sólida en las zonas interiores del inserto de estructura de panel. Al final de la simulación, ambos

25 dominios de PCM están fusionados, incluso a una temperatura ligeramente inferior para el inserto con forma de Y.

Descarga

La etapa de descarga de la estructura con forma de Y se analizó durante un tiempo de 1 hora.

30 Los mapas de distribución de las temperaturas se muestran en la fig. 9, mientras que los resultados de la simulación del proceso de solidificación de la fracción líquida se muestran en la fig. 10. El volumen de la fracción líquida en función de la temperatura se presenta a la izquierda, mientras que la proporción de la fase líquida en el plano central se muestra a la derecha, donde las zonas vacías indican la ausencia de la fase líquida. Los mapas de

35 distribución de temperatura muestran una evolución más simétrica de la temperatura en comparación con la etapa de carga; las fuerzas de convección no juegan un papel tan importante en la etapa de descarga como en la etapa de carga.

REIVINDICACIONES

1. La estructura espacial para el transporte de calor en forma de una disposición de cámaras pasantes yuxtapuestas, dispuestas entre las paredes yuxtapuestas de borde a
5 borde, en donde en la disposición anterior de las cámaras pasantes una de ellas es una cámara interior situada centralmente, y las cámaras restantes son cámaras exteriores, que, circunferencialmente, una al lado de la otra, rodean la cámara interior y cada una de ellas tiene la misma forma y sección transversal en forma de polígono, donde en la disposición anterior cada una de las cámaras exteriores comparte una pared con la cámara interior y
10 cada dos cámaras exteriores adyacentes comparten una pared que se extiende radialmente desde la cámara interior, **caracterizada por** que cada pared (1a) que se extiende radialmente desde la cámara interior situada centralmente (2) y que comparte dos cámaras exteriores adyacentes (3), en forma de Y, se divide simétricamente en dos paredes (1b) de las cámaras exteriores adyacentes (3), que se extienden desde ella en un
15 ángulo de 60°.

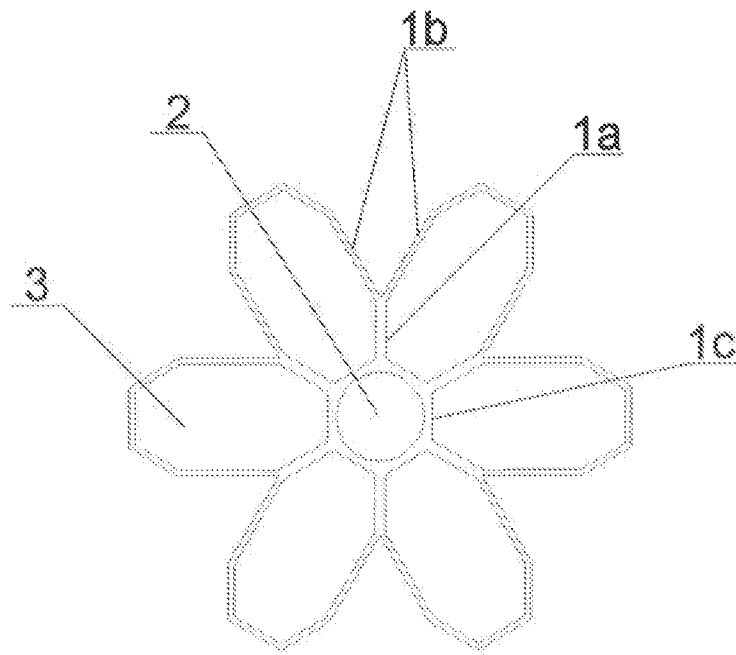


Fig. 1

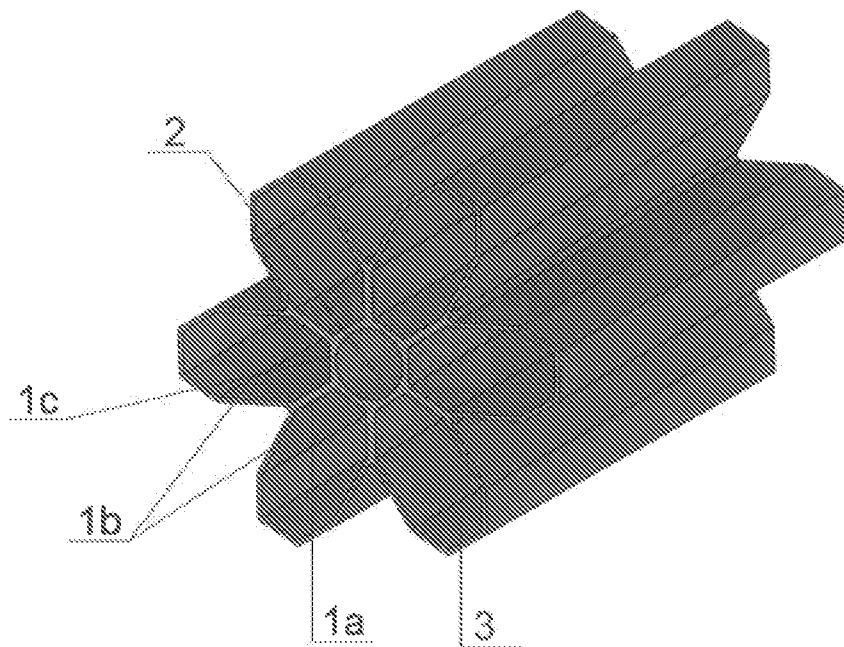


Fig. 2

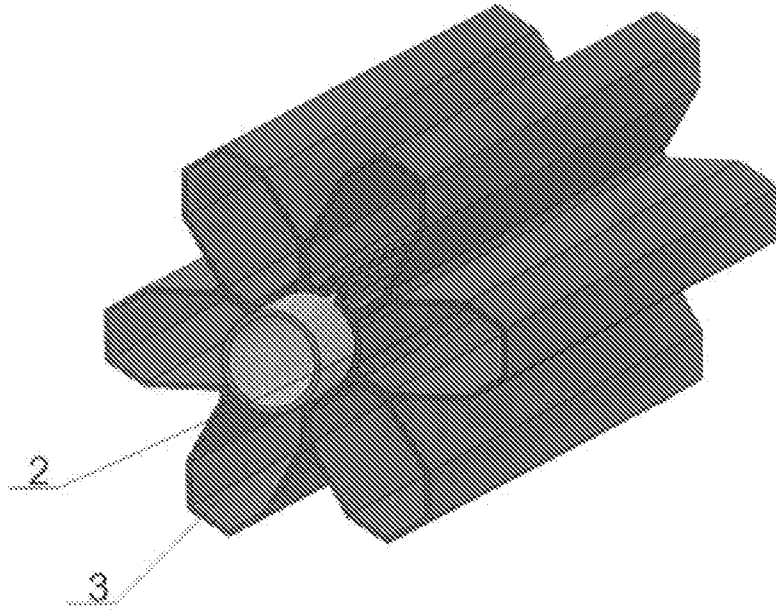


Fig. 3

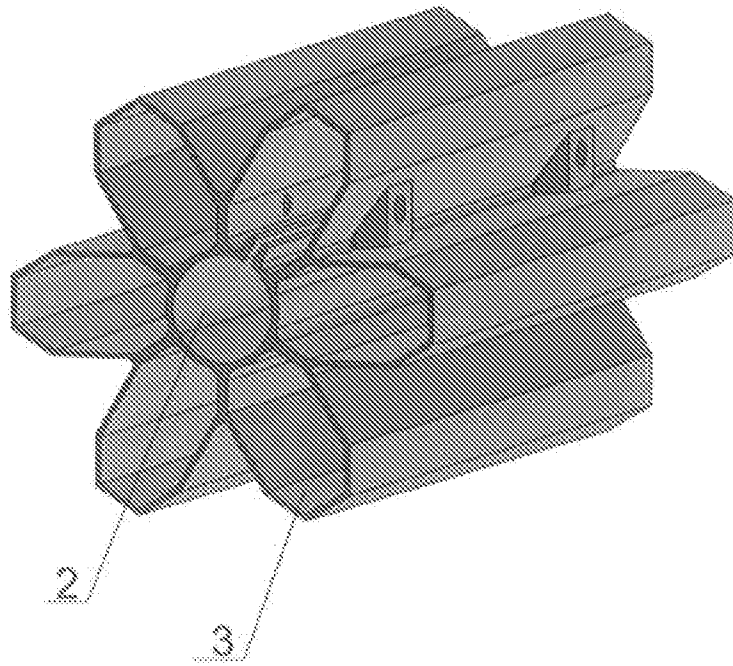


Fig. 4

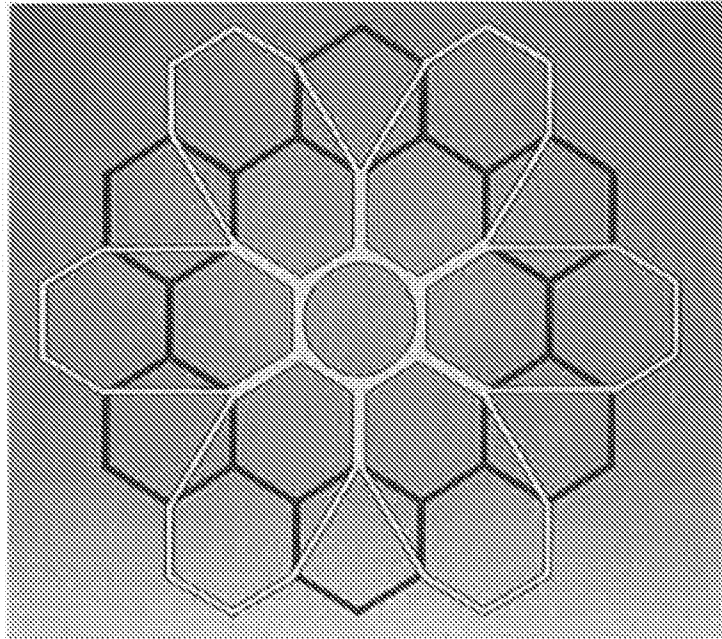


Fig. 5

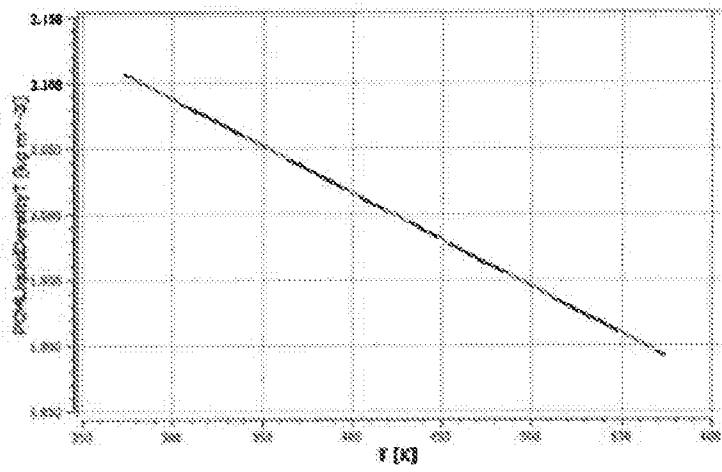


Fig. 6

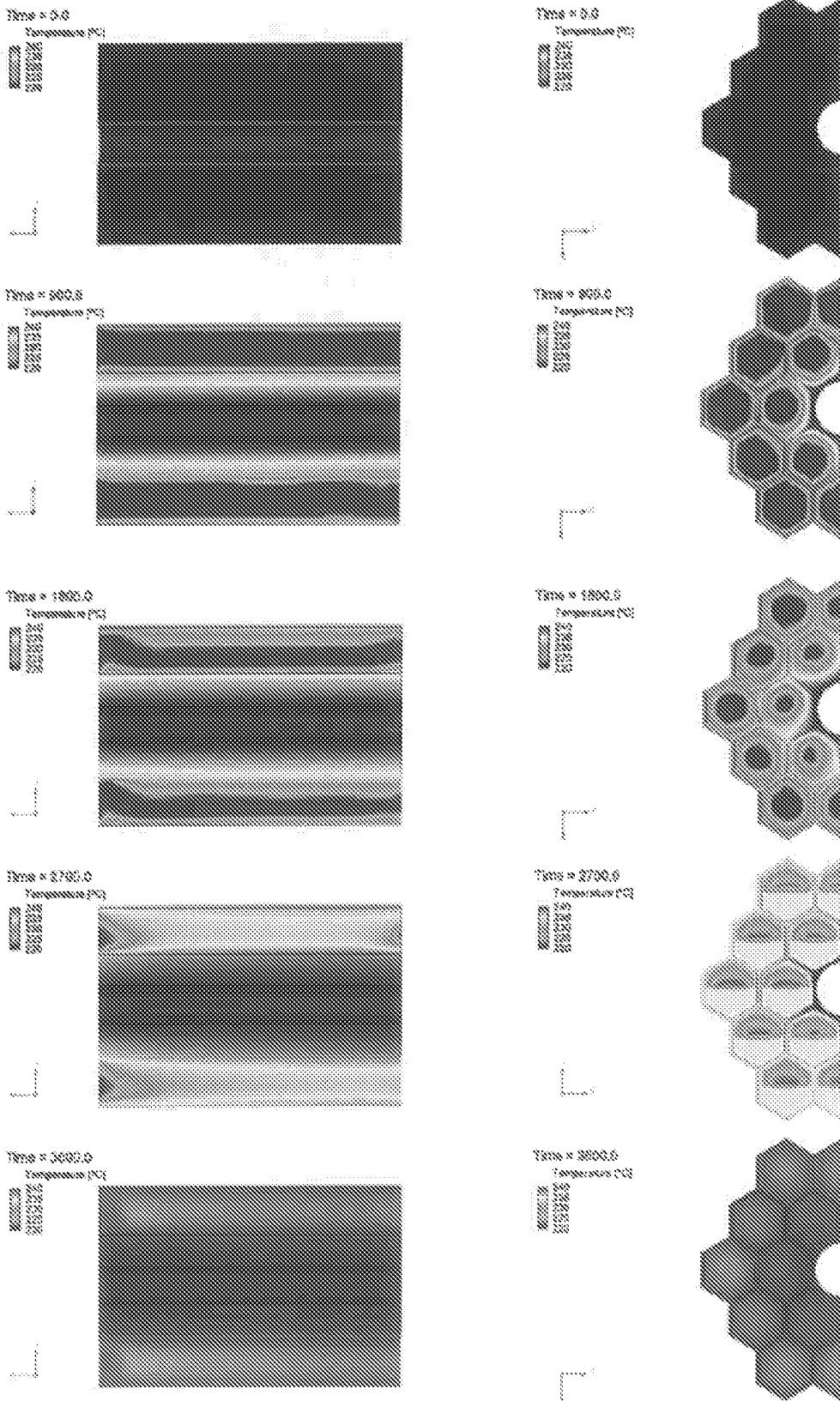


Fig. 7

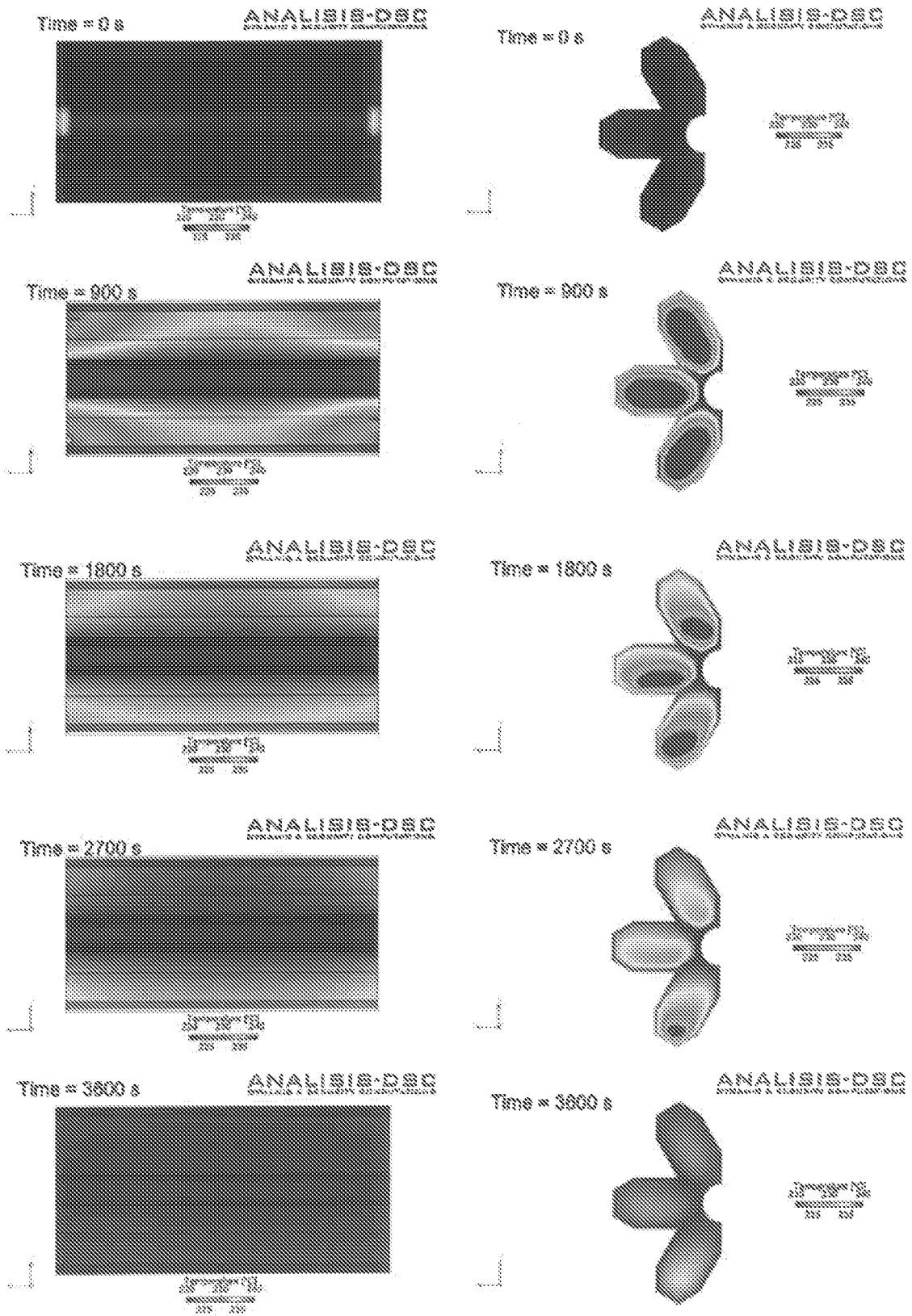


Fig. 8

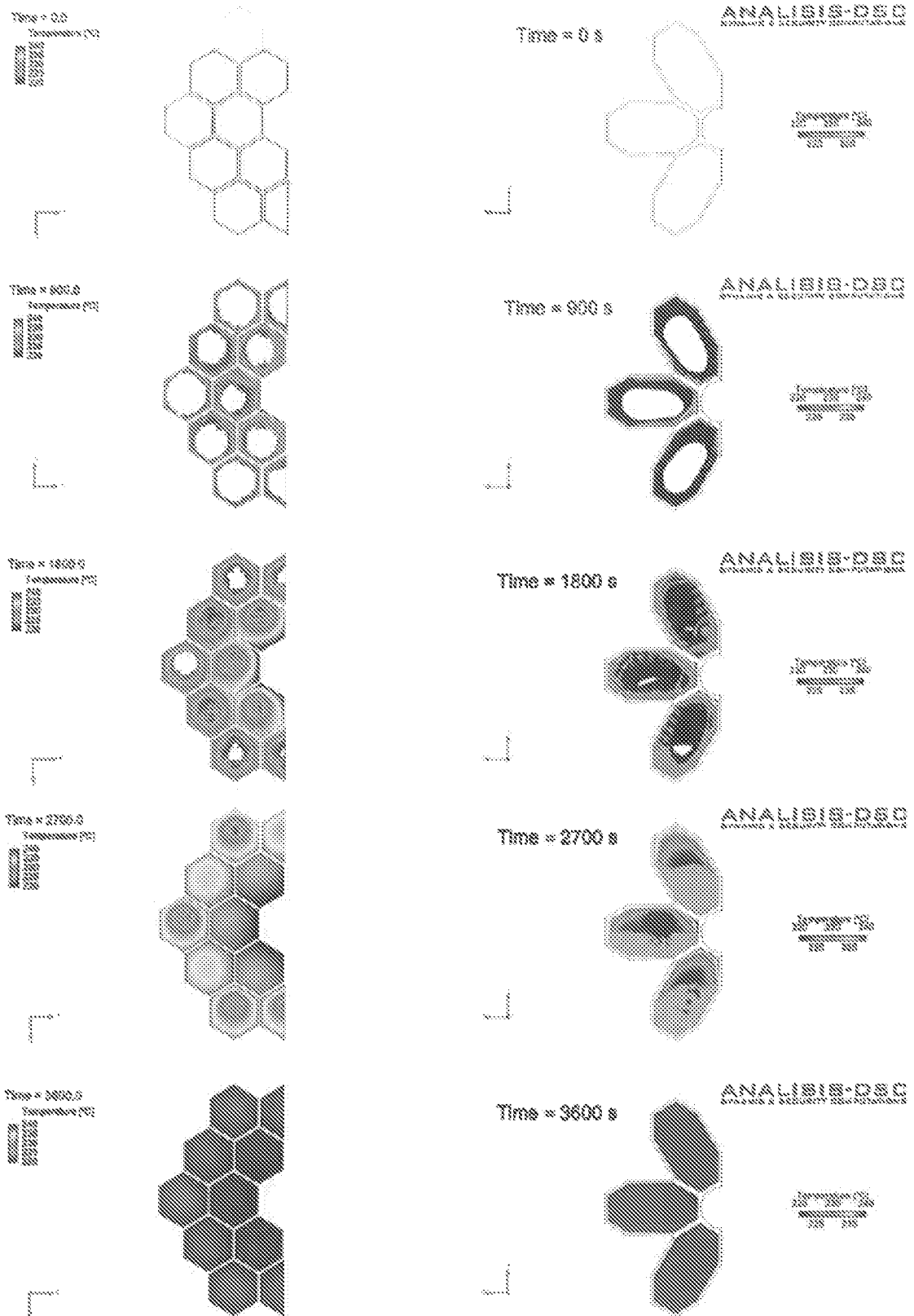


Fig. 9

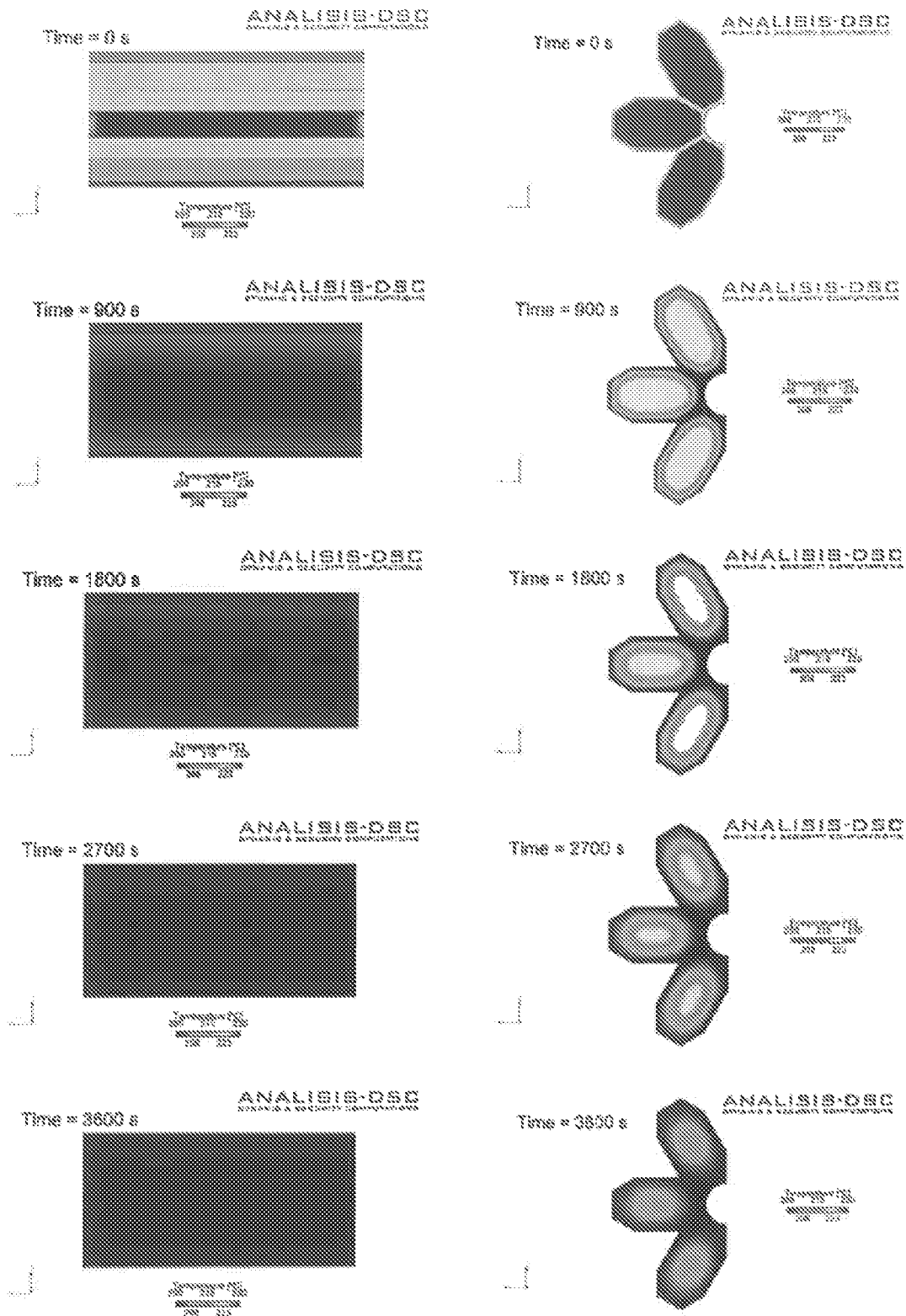


Fig. 10

