

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 243260 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **438168**

(22) Data zgłoszenia: **2019.03.20**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2020.09.21 BUP 20/2020**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.07.24 WUP 30/2023**

(51) MKP:

**H02S 40/44** (2014.01)

**H01L 31/052** (2014.01)

**F24S 10/50** (2018.01)

(62) Numer zgłoszenia, z którego nastąpiło  
wydzielenie:  
**429308**

(73) Uprawniony z patentu:  
**POLITECHNIKA ŁÓDZKA, Łódź, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:  
**ZBIGNIEW LISIK, Łódź, PL**  
**KATARZYNA ZNAJDEK, Łódź, PL**  
**EWA RAJ, Łódź, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**Anna Westrych, Łódź, PL**

(54) Tytuł:

**Hybrydowy cieczowy panel solarny z płytą chłodzącą**

**PL 243260 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest hybrydowy cieczowy panel solarny z płytą chłodzącą, którego część fotowoltaiczna konwertuje energię słoneczną w energię elektryczną, a część kolektorowa konwertuje energię słoneczną w energię cieplną.

Autonomiczne panele fotowoltaiczne posiadają zwykle efektywność 10–14%, podczas gdy pozostała część energii słonecznej jest w nich tracona i zamieniana na ciepło zwiększając temperaturę elementów fotowoltaicznych. Ma to negatywny wpływ na efektywność konwersji fotowoltaicznej panelu, maleje ona ze wzrostem temperatury elementu o 0,4–0,9% na każdy stopień powyżej temperatury znamionowej.

Poprawę efektywności panelu fotowoltaicznego można uzyskać wykonując go jako panel hybrydowy zawierający w sobie część fotowoltaiczną oraz kolektor energii cieplnej. Taki panel dostarcza zarówno energię elektryczną jak i cieplną, chłodząc jednocześnie elementy fotowoltaiczne, co może skutkować nawet 30% wzrostem efektywności konwersji fotowoltaicznej. Jest on często nazywany panelem PV/T (photovoltaic/thermal) i w wersji z kolektorem wodnym jego całkowita efektywność przetwarzania energii słonecznej w energię użyteczną może sięgać nawet 50–60%.

Badania nad rozwiązaniami hybrydowymi paneli fotowoltaicznych sięgają końca XX wieku, a ich obecny stan zaawansowania zaowocował już pojawieniem się na rynku pierwszych rozwiązań komercyjnych oferowanych przez kilka firm np. panele MA-013 i MA-014 tureckiej firmy Solimpeks.

Poszukiwania optymalnych rozwiązań takich paneli są ciągle kontynuowane, co wynika z faktu, że hybrydowy panel solarny nie jest zazwyczaj konstrukcją tworzoną od zera, ale jest efektem zintegrowania dwóch dojrzałych i stale rozwijających się samodzielnych rozwiązań, panelu fotowoltaicznego i solarnego kolektora cieczowego. Z tego względu, samo złożenie w jednej obudowie obu elementów składowych, wybranych z aktualnej oferty rynkowej, nie daje optymalnej konstrukcji, uwzględniającej specyfikę ich wzajemnych oddziaływań i zapewniającej oczekiwaną efektywność całej konstrukcji przy akceptowalnych kosztach wykonania.

Znane dotychczas konstrukcje cieczowych hybrydowych paneli słonecznych zawierają standardową konstrukcję panelu fotowoltaicznego umieszczoną w jednej obudowie z wybraną wersją solarnego panelu cieczowego. Panel solarny jest zwykle umieszczany od tylnej strony panelu fotowoltaicznego, pełniąc rolę kolektora (radiatora cieczowego) przejmującego energię cieplną i chłodzącego elementy fotowoltaiczne. Konstrukcje samego kolektora cieczowego oraz sposobu integracji konstrukcji hybrydowej zmieniają się w zależności od wykonawców panelu hybrydowego. Konstrukcje paneli hybrydowych zostały opisane m.in. w opisach patentowych US4184543, US4361717, US7076965, EP2643856 oraz EP2963809. Kolektory w przytoczonych powyżej opisach patentowych służą do chłodzenia elementów fotowoltaicznych w celu zwiększenia ich wydajności. Posiadają one jednak szereg wad występujących w różnym stopniu w prezentowanych rozwiązaniach. Po pierwsze, ich konstrukcja jest dość skomplikowana. Po drugie, wykorzystują one najczęściej spiralne, proste lub nieregularne rurowe wymienniki cieplne, co nie zapewnia równomiernego chłodzenia na całej powierzchni części fotowoltaicznej, a ich efektywne działanie wymaga utrzymania odpowiednio dużej różnicy temperatury pomiędzy elementem fotowoltaicznym a cieczą chłodzącą oraz odpowiednio dużej różnicy ciśnień na wlocie i na wylocie kolektora.

Z opisu patentowego FR2911997 znany jest hybrydowy panel solarny, w którym kolektor ciepła tworzy dolna płyta uformowana jako prostokątna misa, o wymiarach odpowiadających panelowi, umieszczona pod elementami fotowoltaicznymi, na której umieszczono dodatkowe elementy mechaniczne pełniące rolę turbulatorów mających zakłócać laminarny przepływ cieczy chłodzącej i w ten sposób polepszać wymianę ciepła pomiędzy płynem chłodzącym a elementami fotowoltaicznymi. Odmianą tego rozwiązania jest hybrydowy panel solarny znany z opisu patentowego EP2643856, w którym zrezygnowano z dodatkowych turbulatorów wykonując misę wymiennika ciepła jako wypraskę z wytłoczonymi wysepkami zakłócającymi laminarny przepływ cieczy oraz zapewniającymi dodatkowy kontakt pomiędzy tylną ścianką sekcji fotowoltaicznej, a ściankami wymiennika. Rozwiązanie drugie jest prostsze technologicznie. W obu rozwiązaniach grubość strumienia cieczy przepływającego przez kolektor jest stosunkowo duża, zawierają one wyodrębnioną warstwę izolacyjną od spodu elementów fotowoltaicznych, a dla efektywnego przejmowania ciepła wymagają one utrzymania odpowiednio dużej różnicy temperatur pomiędzy elementami fotowoltaicznymi, a cieczą chłodzącą, co istotnie wpływa na efektywność chłodzenia części fotowoltaicznej.

Dla efektywności całego systemu PV/T istotne znaczenie ma utrzymanie temperatury elementów fotowoltaicznych na jak najniższym poziomie, bliskim temperaturze wlotowej cieczy chłodzącej. Efekt ten można uzyskać zwiększając efektywność odbioru ciepła przez ciecz. W rozwiązaniu hybrydowym według wynalazku zostanie to osiągnięte dzięki integracji części fotowoltaicznej i kolektora ciepła prowadzącej do zmniejszenia dystansu między elementami fotowoltaicznymi i cieczą chłodzącą, oraz wprowadzeniu, w miejsce stosowanych dotychczas rozwiązań typowych dla kolektorów solarnych, rozwiązania wykorzystujące efekt przepływu minikanalowego cieczy chłodzącej, gwarantujący zwiększoną efektywność wymiany ciepła pomiędzy cieczą a ściankami kolektora.

Hybrydowy cieczowy panel solarny z płytą chłodzącą, którego część kolektorową stanowi płyta chłodząca zawierająca uformowane ścieżki przepływu cieczy chłodzącej, obejmujące komorę wlotową, komorę wylotową oraz strefę wymiany ciepła umieszczoną pomiędzy komorą wlotową a komorą wylotową, zamknięte od góry płytą górną stanowiącą element integrujący część fotowoltaiczną z częścią kolektorową, według wynalazku charakteryzuje się tym, że strefa wymiany ciepła ma postać co najmniej jednego minikanalu o wysokości  $h$  równej od 0,2 do 2 mm. Mała grubość obszaru przepływu cieczy w części kolektorowej zapewnia warunki przepływu minikanalowego charakteryzujące się zwiększonym współczynnikiem wymiany ciepła na granicy ciecz chłodząca/ścianka kanału. Strefa wymiany ciepła może mieć postać pojedynczego kanału obejmującego całą przestrzeń pomiędzy komorą wlotową, a komorą wylotową, co najmniej dwóch ułożonych równolegle minikanalów lub jednego minikanalu meandrycznego. Korzystnie ścianki minikanalów stykają się z powierzchnią wewnętrzną płyty górnej. W polecanym wariantcie komora wlotowa oraz komora wylotowa umieszczone są wzdłuż całej długości przeciwległych boków płyty chłodzącej.

Wprowadzenie do części kolektorowej, w miejsce stosowanych dotychczas rozwiązań typowych dla kolektorów solarnych, minikanalowego przepływu cieczy jak również jego integracja z bazą części fotowoltaicznej panelu hybrydowego według wynalazku prowadzi do zmniejszenia rezystancji termicznej na drodze strumienia ciepła od elementów fotowoltaicznych do cieczy chłodzącej, zwiększając efektywność przejmowania ciepła przez ciecz chłodzącą. Polepszenie warunków chłodzenia elementów fotowoltaicznych w konstrukcji według wynalazku prowadzi do istotnego obniżenia temperatury tych elementów przy jednoczesnym mniejszym wydatku cieczy chłodzącej, a co za tym idzie polepszenia parametrów eksploatacyjnych hybrydowego panelu solarnego względem rozwiązań znanych ze stanu techniki.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania został uwidoczniiony na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia rozłożony widok ogólny panelu hybrydowego według wynalazku, Fig. 2 przekrój przez panel hybrydowy wzdłuż osi A-A, Fig. 3 – Fig. 5 przykłady możliwych rozwiązań minikanalowej płyty chłodzącej, a Fig. 6 przekrój przez dedykowaną płytę chłodzącą wzdłuż osi B-B zaznaczonych na Fig. 3 i Fig. 4.

Hybrydowy panel solarny zawiera część fotowoltaiczną i kolektorową zintegrowane ze sobą. Podstawowymi elementami części kolektorowej są płyta chłodząca 1 oraz płyta górna 2, stanowiąca także element części fotowoltaicznej. Płyta chłodząca 1 ukształtowana jest w taki sposób, że przestrzeń pomiędzy nią a płytą górną 2 zawiera komorę wlotową 3, komorę wylotową 4 oraz przestrzeń 5 pomiędzy nimi, umożliwiającą minikanalowy przepływ cieczy chłodzącej. Na Fig. 1 przestrzeń ta zawiera wypełniający ją całkowicie pojedynczy minikanal meandryczny o wysokości  $h = 0,2 \div 2$  mm. Komora wlotowa 3 oraz komora wylotowa 4 umieszczone są wzdłuż całej długości dwóch przeciwległych boków płyty chłodzącej 1. W komorze wlotowej 3 oraz komorze wylotowej 4 umieszczone są także, odpowiednio, wlot 6 i wylot 7 cieczy chłodzącej.

Widok hybrydowego panelu solarnego w płaszczyźnie A-A uwidocznionej na Fig. 1 jest przedstawiony na Fig. 2. Obejmuje on płytę chłodzącą 1, wspólną płytę dla części kolektorowej i fotowoltaicznej 2, kontaktową warstwę metaliczną 8 zawierającą pola lutownicze oraz struktury fotowoltaiczne 10.

Przykład rozwiązań płyty chłodzącej ze strefą wymiany ciepła w postaci pojedynczego minikanalu przedstawia Fig. 3. Minikanal 5 o wysokości  $h = 0,2 \div 2$  mm jest połączony z komorą wlotową 3 z jednej strony oraz z komorą wylotową 4 z drugiej, a kierunek przepływu cieczy może odbywać się wzdłuż krótszego lub dłuższego boku płyty chłodzącej.

Przykład rozwiązań płyty chłodzącej ze strefą wymiany ciepła w postaci równoległych minikanalów przedstawia Fig. 4. Minikanaly 5 o wysokości  $h = 0,2 \div 2$  mm tworzą równoległą sieć połączoną z komorą wlotową 3 z jednej strony oraz z komorą wylotową 4 z drugiej strony, a kierunek przepływu cieczy może odbywać się wzdłuż krótszego lub dłuższego boku płyty chłodzącej.

Przykład rozwiązania płyty chłodzącej ze strefą wymiany ciepła w postaci szeregowego połączenia mikrokanalów przedstawia Fig. 5. Minikanaly 5 o wysokości  $h = 0,2 \div 2$  mm są połączone szeregowo tak, że jeden koniec połączenia szeregowego jest połączony z komorą wlotową 3 a drugi koniec z komorą wylotową 4.

Widok przekroju części kolektorowej hybrydowego panelu solarnego w płaszczyźnie B-B zaznaczonej na Fig. 3 i Fig. 4 jest przedstawiony na Fig. 6. Obejmuje on płytę chłodzącą 1, wspólną płytę dla części kolektorowej i fotowoltaicznej 2 oraz uwidacznia komorę wlotową 3, komorę wylotową 4 i przestrzeń 5 zapewniającą minikanalowy przepływ cieczy chłodzącej.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Hybrydowy cieczowy panel solarny z płytą chłodzącą, którego część kolektorową stanowi płyta chłodząca zawierająca uformowane ścieżki przepływu cieczy chłodzącej, obejmujące komorę wlotową, komorę wylotową oraz strefę wymiany ciepła umieszczoną pomiędzy komorą wlotową a komorą wylotową, zamknięte od góry płytą górną, stanowiącą element integrujący część fotowoltaiczną z częścią kolektorową, **znamienny tym**, że strefa wymiany ciepła (5) ma postać co najmniej jednego minikanalu o wysokości  $h$  równej od 0,2 do 2 mm.
2. Hybrydowy panel solarny według zastrz. o 1 **znamienny tym**, że strefa wymiany ciepła (5) ma postać pojedynczego kanału obejmującego całą przestrzeń pomiędzy komorą wlotową (3) a komorą wylotową (4).
3. Hybrydowy panel solarny według zastrz. 1 **znamienny tym**, że strefa wymiany ciepła (5) ma postać co najmniej dwóch ułożonych równolegle minikanalów.
4. Hybrydowy panel solarny według zastrz. 1 **znamienny tym**, że minikanalowa strefa wymiany ciepła (5) ma postać jednego minikanalu meandrycznego.
5. Hybrydowy panel solarny według zastrz. 3 albo 4 **znamienny tym**, że ścianki minikanalów stykają się z powierzchnią wewnętrzną płyty górnej (2).
6. Hybrydowy panel solarny według dowolnego zastrz. od 1 do 5 **znamienny tym**, że komora wlotowa (3) oraz komora wylotowa (4) umieszczone są wzdłuż całej długości przeciwległych boków płyty chłodzącej (1).

Rysunki

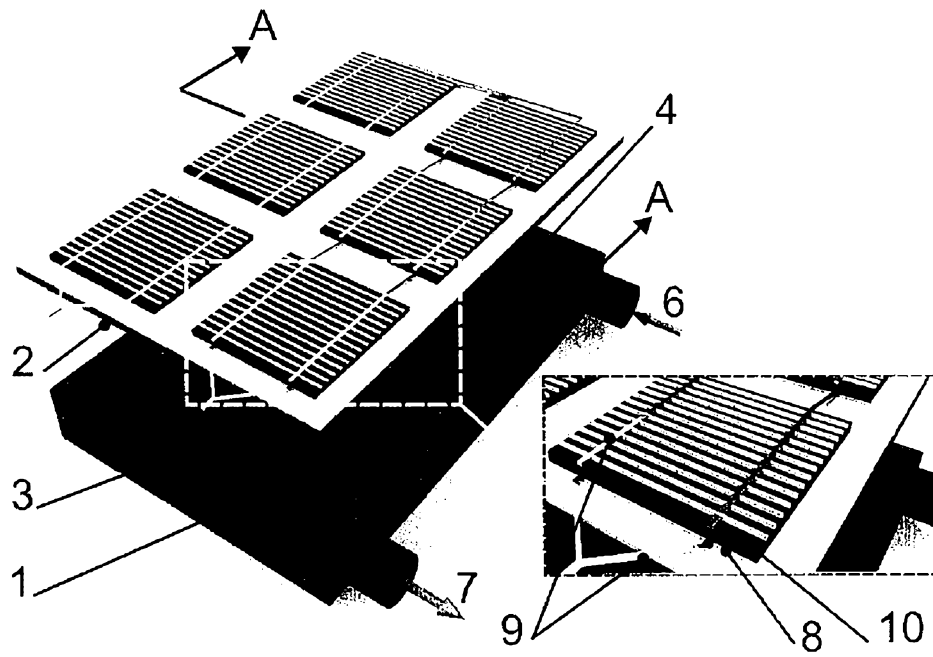


Fig. 1

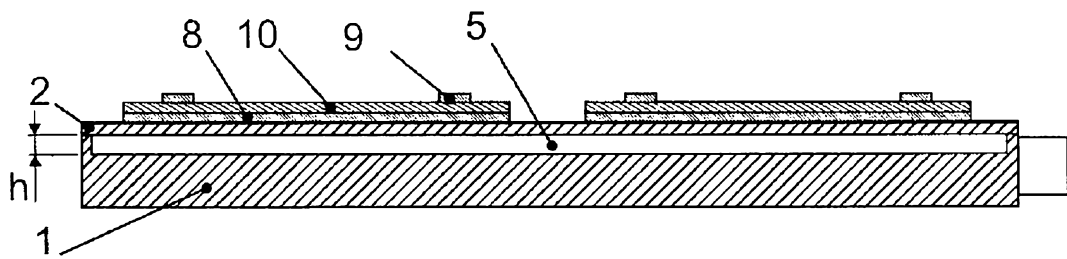


Fig. 2

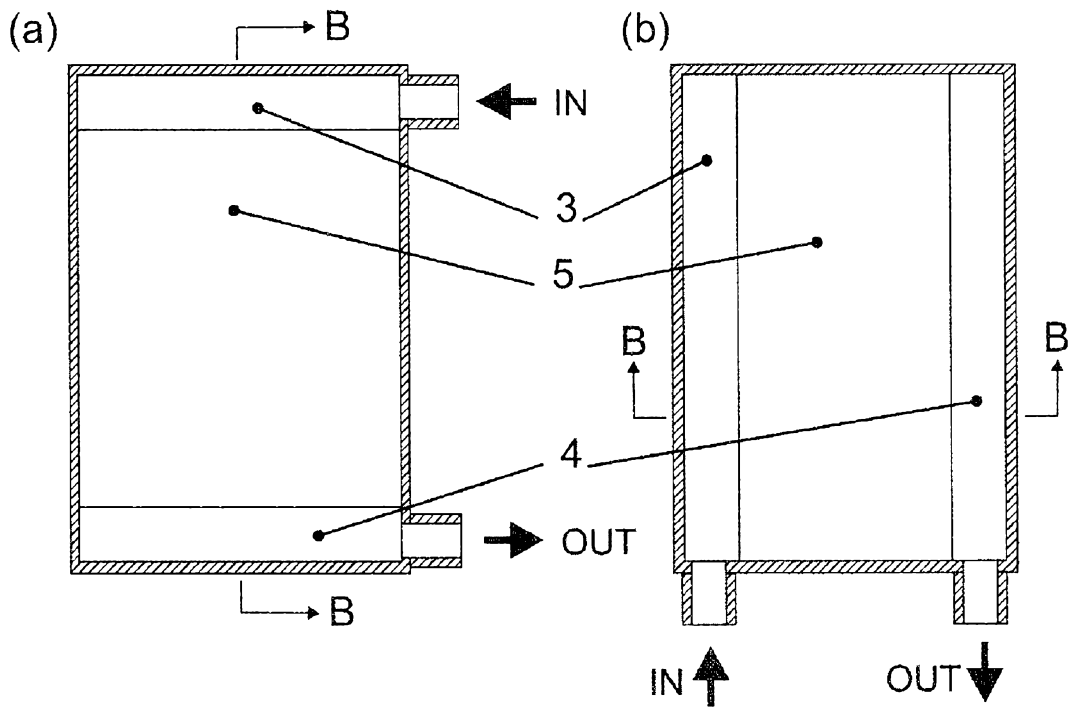


Fig. 3

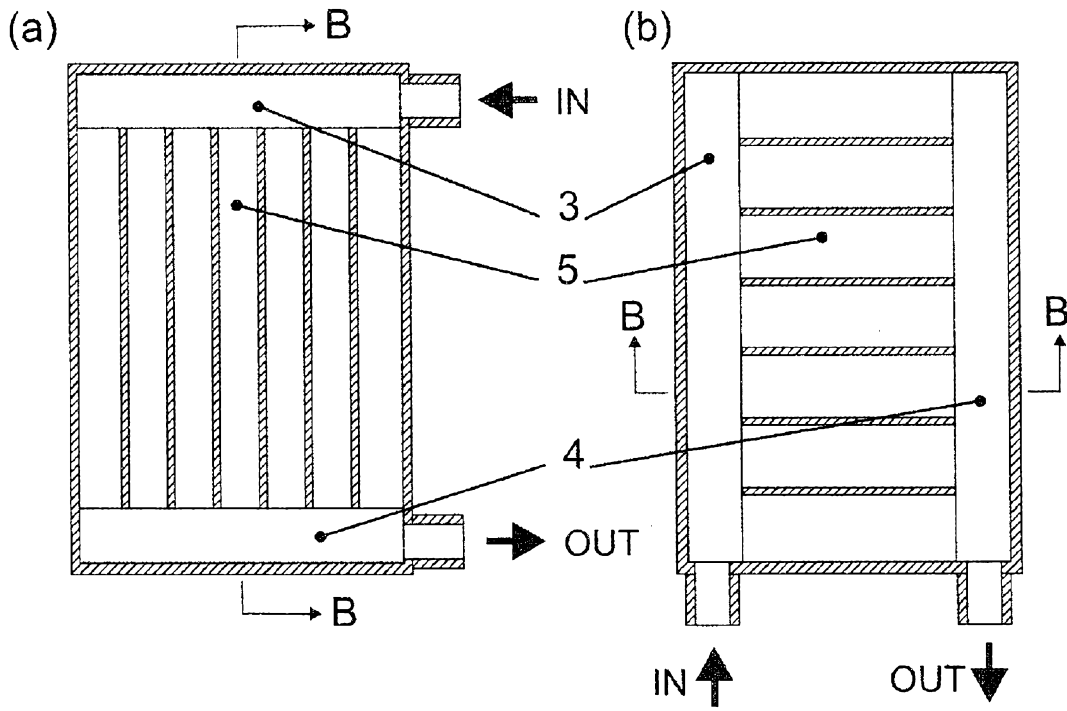


Fig. 4

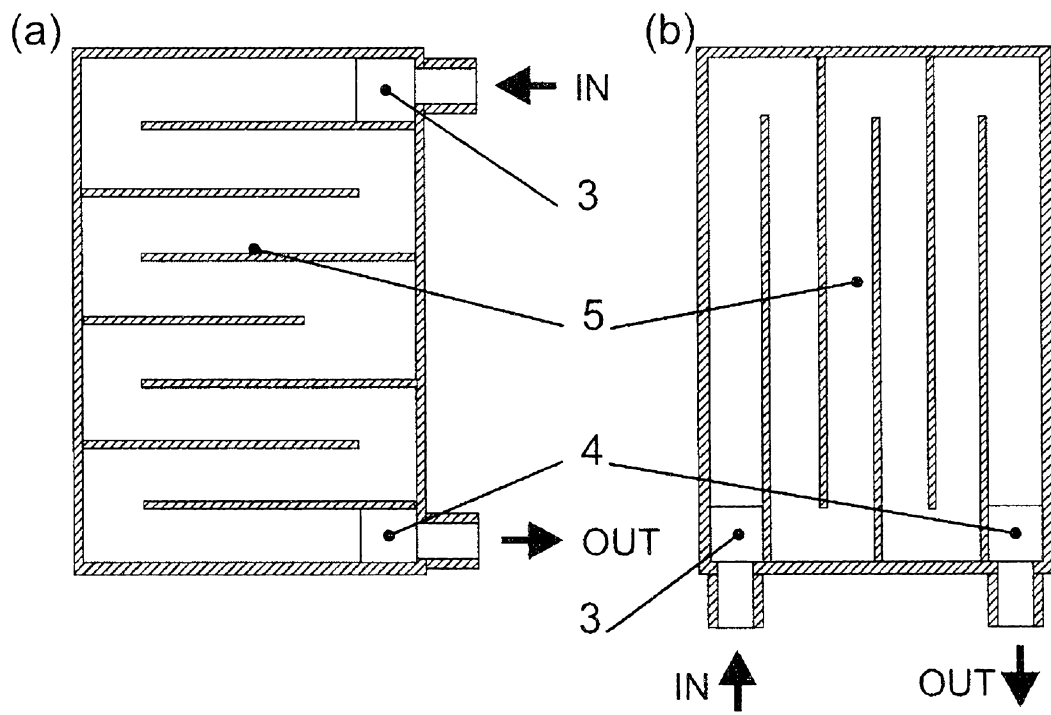


Fig. 5

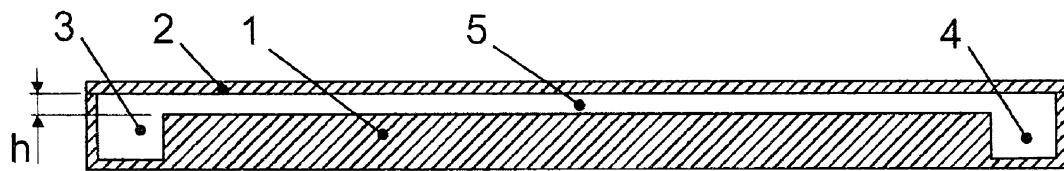


Fig. 6