



URAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

198175
(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
F 03 G 7/02

(22) Přihlášeno 10 10 75

(21) [PV 6868-75]

(32) (31) (33) Právo přednosti od 18 10 74
(515780) Spojené státy americké

(40) Zveřejněno 31 08 79

(45) Vydáno 15 03 83

(72)

Autor vynálezu

CUOMO JEROME JOHN, BRONX,
WOODALL JERRY McPHERSON, SARATOGA a
ZIEGLER JAMES FRANCIS, PUTNAM VALLEY (Sp. st. a.)

(73)

Majitel patentu

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION, ARMONK
(Sp. st. a.)

(54) Konvertor energie fotonu

1

Výkonný konvertor energie fotonu v teplo byl vynalezen sestavením zařízení, které obsahuje husté seskupení kovových hrotů, rozmístěných s mezerami mezi hroty rovnými několika vlnovým délkám viditelného světla. Vybraný materiál, jehož příkladem je wolfram, má nízkou zářivost, a však dosahuje významné optické pohltivosti zachycování světla, dopadajícího na husté seskupení, geometrickým efektem bludiště. Charakteristiky povrchu jsou vynikající pro konversi sluneční energie v teplo.

Konverse dopadajícího slunečního záření v tepelnou energii se stala v přítomné době předmětem širokého zájmu. Poněvadž Kirchhoffův zákon spojuje dohromady pohltivost a zářivost, většina pokusů zdokonalit pohltivost slunečního záření v sobě zahrnovala vývoj materiálů, které mají vysokou pohltivost v oblasti slunečních vlnových délek (hlavně oblast spektra viditelného záření) a malou zářivost při pracovních teplotách soustavy (v blízkosti infračerveného záření černého tělesa pro pracovní teplotu 550 °C, která je typická pro tlakovou páru používanou v turboelektrických generátorech).

Vyráběná zařízení používající této myšlenky jsou mnohovrstvé struktury, nazývané interferenční vrstevnaté jednotky nebo

2

hmotové absorpční vrstevnaté jednotky. Viz článek autorů A. B. Meinel a dr., publikovaný v časopise Physics Today, únor 1972, str. 44—50. Tyto vrstevnaté jednotky tvoří selektivní povrch, který je černý pro vlnové délky kratší než 1,3 mikronu a působí jako zrcadlo pro delší vlnové délky. Takovým způsobem vrstevnaté jednotky slouží k vytvoření povrchu majícího dvojí funkci, totiž vysokou pohltivost pro celé sluneční emisní pásmo a nízkou zářivost pro emisní oblast černého tělesa, a tak se propůjčují použití jako účinné rezervory tepelné energie pro tepelné reservoáry. Tato zařízení mají problémy se stabilitou při přiměřených teplotách, takových jako 550 st. Celsia, a vyžadují tloušťkové tolerance menší než 1 mikron na rozsáhlých plochách nutných pro sluneční konversi. Dosud je tak málo známo o interakci a difuzi tenkých filmů, že filmová stabilita byla největší překážkou ve funkci těchto zařízení.

Vynález konverzuje energii fotonu v teplo použitím absorbujícího povrchu, který je geometrickým bludištěm, jehož mikrostruktura je podobná ve své geometrii akustickému povrchu bez ozvěny. Povrch absorptoru optických fotonů je tvořen hustým lesem jehel, vyrovnaných do jednoho smě-

ru, s rozměry řádu vlnových délek viditelného záření s mezerami mezi takovými jehlami v řádu několika vlnových délek viditelného světla. Takový povrch je pokládán za absorbátor vysoké účinnosti vzhledem k mnohonásobným reflexím, které vznikají, jakmile dopadající fotony pronikají bludištěm jehel způsobem podobným tomu způsobu, kterým se děje absorpce zvuku v komoře bez ozvěny vzhledem k mnohonásobným reflexím zvuku. Pro úzký dopadající kužel záření obklopující směr jehel má bludiště pohltivost blízká se jedničkou. Avšak pouze malá část polokulové zářivosti je koncentrována do tohoto úzkého kužele. Vyrobit-li však jehly v zařízení, které konvertuje sluneční energii, z kovu s nízkou zářivostí, tj. wolframu, pak celková integrovaná polokulová zářivost zařízení je značně menší než jednička.

V důsledku toho je základním předmětem tohoto vynálezu provést zařízení takovým způsobem, že materiál bude vysoce absorbující uvnitř úzkého svazku kužele dopadajícího světla, avšak bude mít velmi nízkou polokulovou zářivost v oblasti vlnových délek záření vyslaného černým tělesem při pracovní teplotě zařízení.

Na následujících obrázcích je vše schematicky zobrazeno. Na obr. 1 je znázorněn způsob, kterým je nové zařízení pěstováno.

Obr. 2 ukazuje, jak vypadá zařízení vypěstované podle obr. 1, je-li zvětšeno ve vhodném poměru.

Obr. 3 je schematické znázornění absorbního charakteru zařízení, ukazující kužel vysoké absorpce, jehož vertikální osa je rovnoběžná s paprsky přicházejícího záření, přičemž úhel kužele je 15 — 30°.

Obr. 4 ukazuje schematický příklad, jak může být používáno vynálezu jakožto přijímače a akumulátoru sluneční energie.

Obr. 5 znázorňuje účinek chemického leptání na stroměčkovité (dendritické) výrůstky zařízení a je dílčím zobrazením obr. 2.

Jak je patrné z obr. 1 konstrukce zařízení v obr. 1 začala umístěním grafitového nebo uhlíkového susceptoru 2 uvnitř komory 4, přičemž je susceptor udržován na požadované teplotě od 450 do 550 °C pomocí ohřívacích cívek 6 obklopujících uvedenou komoru 4 v blízkosti susceptoru 2. Před vložením susceptoru 2 do komory 4 jsou substráty 8 připevněny na různých místech susceptoru 2. Jako vhodné substráty 8 se ukázaly safír (Al_2O_3), nerezavějící ocel nebo leštěný wolfram. Nerezavějící ocel je výjimečně dobrým substrátem. Nerezavějící ocel je nejprve mořena v HCl za účelem rozpuštění chromu z nerezavějící oceli; alternativně je na nerezavějící ocel nanášen elektrolytickým pokovováním nikl za účelem opatření základny, na níž mohou být pěstovány dendrity popsané níže.

Jakmile jsou substráty 8 a susceptorový blok 2, který je nese, vloženy do komory 4, jsou cívky 6 napájeny elektrickou energií,

aby zahřívaly substráty 8 na teplotu od 450 do 550 °C (obvykle termočlánky pro monitorování teploty a zpětnovazební obvody pro dodávání více nebo méně proudu cívkám 6 nejsou znázorněny, neboť jsou konvenčním zařízením). V tomto okamžiku H_2 a WF_6 jsou zavedeny do komory 4 vstupním otvorem 10. Přítoková rychlost hexafluoridu wolframu (WF_6) je sto standardních kubických centimetrů za minutu a přítoková rychlost vodíku (H_2) je 10 — 25 litrů za minutu, a to za atmosférického tlaku. Oba plyny WF_6 a H_2 reagují v komoře 4 podle reakce $\text{WF}_6 + 3\text{H}_2 = 6\text{HF} + \text{W}$, v níž je wolfram ukládán na substrátech 8 a nevyužité plyny H_2 , W , jakož i reakční plynný produkt HF vycházejí společně výtokovým otvorem 12. Tento pochod, nazývaný vodíkovou redukcí hexafluoridu wolframu, je popsán detailněji v článku autorů A. F. Mayadas, J. J. Cuomo a R. Rosenberg, který vyšel na str. 1742—45, sv. 116, (1969) časopisu „Journal of the Electrochemical Society“.

V jednom případě pěstování byla přítoková rychlost H_2 zhruba 10 litrů za minutu a přítoková rychlost WF_6 byla 0,1 litru za minutu. Po 15 minutách dosahovala tloušťka filmu wolframu uloženého na podkladu 2 hodnoty od 125 do 500 mikronů. Byla-li analyzována struktura wolframového filmu na safírovém podkladu, byla shledáno, že má krystalovou strukturu

$[111]\text{W}/\{0001\}\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ a jeho orientace v rovině wolframového filmu byla

$[110]\text{W}/[1120]\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$. Orientace wolframových dendritů byla tvořena dvojčaty, přičemž bylo zjištěno, že vzniká ve dvou specifických formách, z nichž jedna má šestičetnou symetrii a druhé dvojče má trojčetnou symetrii.

V obr. 2 je obecně ukázáno dendritické pěstování wolframu ukládaného vodíkovou redukcí hexafluoridu wolframu za atmosférického tlaku. Pěstování probíhalo obecně v mnohovrstvých jednotkách. Jestliže byl substrátem 8 safír, wolfram, nerezavějící ocel nebo podobné materiály, pak určovaly přednostní orientaci počátečních jehel 14 wolframu, který byl na nich pěstován. Tyto počáteční jehly rostly v prvních deseti až patnácti minutách a měly výšku zhruba 2 — 3 mikrony. Další růst se pak děl přednostně ve formě vysokých a štíhlých jehel. Obecně je možno říci, že pěstování probíhá efektivně, jestliže je vytvářena třívrstvá struktura, vytvořená na substrátu 8, z lesa složeného z jednotlivých stroměčků 14, které jsou zhruba 5 mikronů vysoké a jejichž středy jsou od sebe vzdáleny asi 5 mikronů, a z méně hustého lesa wolframových dendritů 16, které jsou zhruba 20 až 40 mikronů vysoké a jejichž středy jsou od sebe vzdáleny asi 40 — 60 mikronů. Bylo pozorováno, že více než 98 % všech vlnových fotonových délek mezi 0,2 až 40 mikrony je absorbováno dendritickou struktu-

rou, jestliže fotony s takovými vlnovými délkami vlétají do lesa uvnitř 5° kužele a jestliže vertikální osa takového kužele je rovnoběžná se směrem osy dendritického růstu.

Tento les dendritického wolframu je obzvláště výhodný jako zařízení pro konverzi energie fotonu, poněvadž wolfram je normálně absorbatorem a slabým sálačem záření. Avšak bezozvěnové chování pustého lesa dendritů **14** a **16** vzhledem k přícházejícímu záření činí dendritické bludiště dobrým absorbatorem takového záření. Prohlédneme-li vizuálně les uvnitř úhlu 15 až 30° (viz obr. 3), jeví se černý jako uhl. Při pohledu na les dendritů pod úhlem větším než 30° se jeví povrch jakoby šedivý a přechází ve stříbrný, čímž ukazuje, že optická zářivost dendritické struktury byla velice zredukována. Obr. 3 vsutku ukazuje schematickým způsobem, jak je nová struktura používána, aby pracovala v rámci dobře známých zákonů radiační pohltivosti a zářivosti, že totiž zářivost (ϵ_1) v kuželi kolmém k povrchu byla rovna pohltivosti záření (A_1) v tom samém kuželi. Ideálně jsou obě rovny jedničce. Zářivost (ϵ_2) ve všech úhlech vně kužele je rovněž rovna pohltivosti (A_2) a obě by měly být v ideálním případě velmi malé. Osa **18** seskupení jehel podle obr. 2 je paralelní k přilétajícím fotonům, které vstupují uvnitř kužele s úhlem $15 - 30^\circ$, přičemž kuželu s úhlem 5° je dáána přednost. Pro tento kužel pohltivost a zářivost zařízení je v podstatě jednička. Polokulová zářivost, což je zářivost integrovaná přes celou polokouli povrchu, byla — jak bylo prokázáno — tak nízká, že byla rovna pouze hodnotě 0,26.

Obr. 4 zobrazuje způsob použití vynálezu praktickým způsobem. Nádoba **22** s tekutinou vytvářející vysokotlakou páru při pracovní teplotě, např. voda, je částečně obklopena jednotkou **24**, vytvořenou tak, aby měla charakteristiku zařízení znázorněného na obr. 2. Sluneční paprsky jsou odraženy zrcadlem **26** na bludiště wolframových dendritů **16** a **16** zařízení **24** konvertujícího záření v teplo (viz obr. 2).

Aby byly absorbovány dendritickým wolframem fotony různých frekvencí, je nutné měnit poměr výšky k šířce jednotlivých dendritů **14** a **16**. Prostředky, kterými se toho dá dosáhnout, je leptání celého zařízení podle obr. 2 v roztoku $H_2O_2-NH_4OH$. Šířky takových dendritů se leptají daleko rychleji než jejich výšky, takže modifikované seskupení podle obr. 5 může být používáno účinněji pro delší vlnové délky záření, než zařízení neleptaného seskupení podle obr. 2. Čárkované přímký představují šířku dendritů po leptání.

Jiné absorpční vlastnosti mohou být získány změnou dendritické hustoty a změnou výšky dendritů. Toho lze dosáhnout změnou teploty ukládání materiálu a změnou rychlosti průtoku plynu v komoře znázorněné na obr. 1.

Vynález rovněž předpokládá používání nízkozářivých povlakových materiálů na dendritech **14** a **16**. Wolfram sám o sobě má při teplotě $550^\circ C$ polokulovou zářivost 0,08, zatímco zlato má zářivost pouze 0,02 při téže teplotě. Proto povlak zlata na wolframových dendritech snižuje polokulovou zářivost wolframu z hodnoty 0,08 na hodnotu 0,02. Při uvážlivé volbě povlaku může být dosaženo provedení, kterými se získávají výhody nízkých zářivostí. Takové povlaky s nízkou zářivostí rovněž slouží k pasivování povrchu wolframu a k zpoždování koroze a oxidace.

Popsané zařízení je zvláště výhodné jako konvertor sluneční energie, vzhledem k tomu, že používá jediný ohnivzdorný materiál pro výrobu konvertoru, takže zařízení má velmi vysokou pravděpodobnost zůstat stále při provádění svého úkolu jako konvertor energie.

I když vynález byl speciálně popsán a znázorněn s ohledem na jeho výhodné způsoby provedení, je naprosto jasné, že jakékoliv změny ve tvaru a podrobnostech provedení se neodchylují od podstaty a smyslu tohoto vynálezu.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Konvertor energie fotonu, vyznačený tím, že má substrát (8) a dendritické rozložení materiálu na tomto substrátu (8), kteréžto rozložení obsahuje jehlovité výčnělky (14, 16), vyčnívající z tohoto substrátu a vyrovnané do jednoho směru, přičemž hustota jehel (14, 16), jakož i jejich rozměry individuální výšky a šířky jsou řádu několika vlnových délek dopadajícího fotonu.

2. Konvertor podle bodu 1, vyznačený tím, že substrát (8) je připojený k tělesu (22) vedoucímu teplo, přičemž jehlovité výčnělky (14, 16) směřují svou délkou od uvedeného tělesa (22).

3. Konvertor podle bodu 1, vyznačený tím, že jehly (14, 16), uvedené do jednoho smě-

ru, jsou vytvořeny z materiálu s nízkou zářivostí.

4. Konvertor podle bodu 1, vyznačený tím, že jehly (14, 16) jsou vytvořeny ze žáruvzdorného materiálu.

5. Konvertor podle bodu 1, vyznačený tím, že dendritickým materiálem je wolfram.

6. Konvertor podle bodu 1, vyznačený tím, že substrátem (8) je safír.

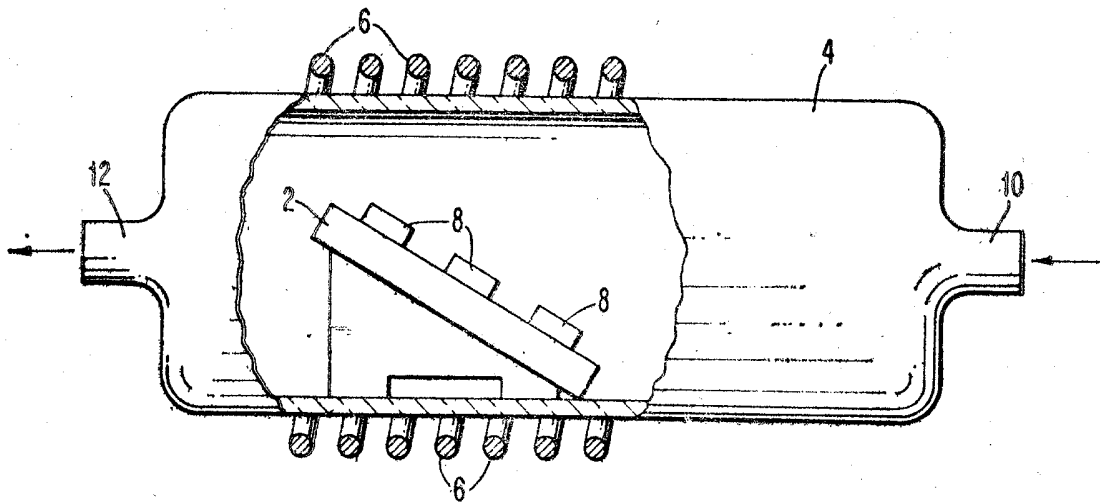
7. Konvertor podle bodu 1, vyznačený tím, že substrátem (8) je wolfram.

8. Konvertor podle bodu 1, vyznačený tím, že substrátem (8) je nerezavějící ocel.

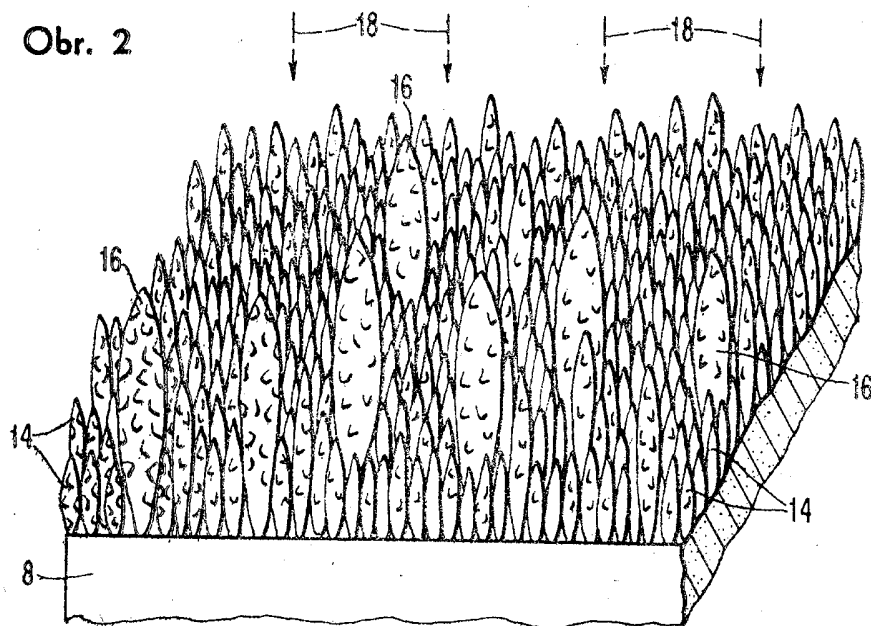
9. Konvertor podle bodu 1, vyznačený tím, že dendritická struktura (8, 14, 16) má na sobě povlak, jehož zářivost je nižší než zářivost jehel (14, 16).

2 listy výkresů

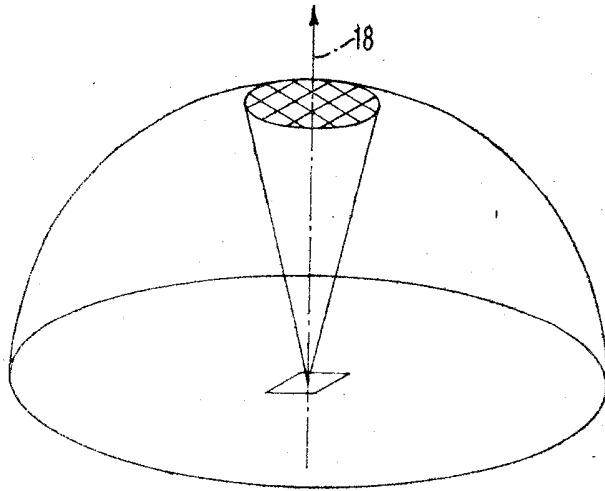
Obr. 1



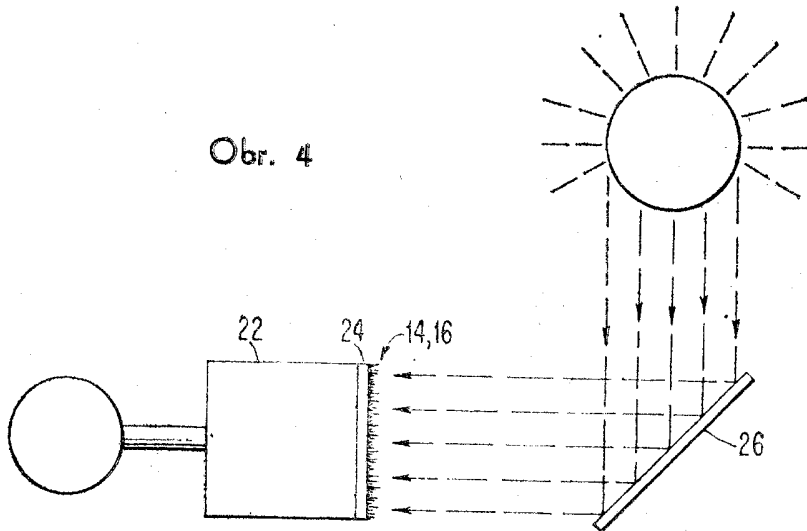
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5

