

ČESKOSLOVENSKÁ  
SOCIALISTICKÁ  
REPUBLIKA  
(19)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

262076

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 30 04 87

(21) [PV 3066-87.C]

(40) Zveřejněno 15 07 88

(45) Vydáno 15 05 89

(51) Int. Cl.<sup>4</sup>  
F 27 D 17/00  
F 27 B 7/08

(75)

Autor vynálezu

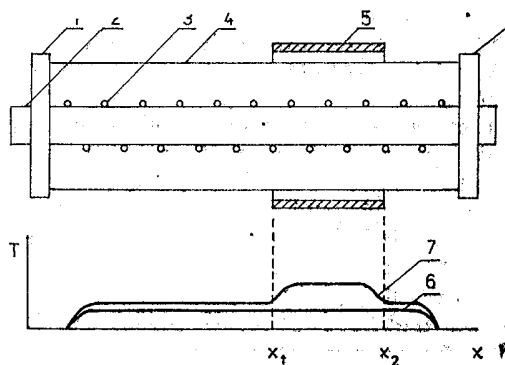
ŠIMEČEK TOMISLAV RNDr., CHARVÁT VIKTORIN, PRAHA

## (54) Trubková pec s regulovaným teplotním režimem

1

Teplotní režim trubkové pece, určené zejména pro přípravu monokrystalů, je regulován změnou tepelné ztráty dané velikostí účinné plochy radiačního pláště. Radiační plášť je uspořádán okolo vnějšího povrchu trubkové pece. Může být upraven přestavitelně vůči trubkové peci a za účelem plynulé změny koeficientu odrazu může sestávat i z několika vrstev perforovaného materiálu, uložených vůči sobě přestavitelně.

2



obr. 1

Vynález se týká trubkové pece, zejména pro přípravu monokrystalů, a řeší technický problém nastavení a regulace průběhu teploty uvnitř této pece.

Uvnitř trubkové pece používané při průmyslové výrobě polovodičových materiálů je třeba při provozu nastavit a dále udržovat s vysokou přesností průběh teploty v souladu s technologickými předpisy. K těmto požadavkům se přihlíží již při projektu a konstrukci trubkové pece, avšak výsledek je obvykle jen v přibližné shodě se záměrem. Kromě toho i v průběhu používání trubkové pece se mohou měnit požadavky na rozložení vnitřních teplot, takže za provozu je nutné teplotní průběh v trubkové peci korigovat podle skutečné potřeby.

Za tím účelem se stavějí trubkové pece s větším počtem nezávisle vytápěných sekcí, s přitápěcími vložkami, s chladicími vložkami, popřípadě se do trubkových pecí vkládají vložky se zvýšenou tepelnou vodivostí.

Za provozu bývá rovněž třeba měnit časový průběh teploty uvnitř materiálu zpracovávaného v trubkové peci, což se realizuje buď změnou polohy materiálu, anebo i posouváním pece podél materiálu.

Ve všech uvedených případech je nutno trubkovou pec vybavit dostatečným počtem měřicích a regulačních elementů a v případě časově proměnných změn teploty i programovým regulátorem nebo počítačem. Z toho je patrné, že uvedená známá řešení jsou přístrojově značně náročná.

Uvedené nevýhody jsou odstraněny trubkovou pecí podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že alespoň okolo části vnějšího povrchu trubkové pece je upraven radiační plášť. Tento radiační plášť může být uspořádán přestavitelně vůči trubkové peci. Je výhodné, když radiační plášť sestává alespoň ze dvou vrstev perforovaného materiálu, které jsou uloženy vůči sobě přestavitelně.

Výhodou předloženého řešení je použití jednoduchých technických opatření k regulování jak časového, tak i prostorového průběhu teploty uvnitř pece. Teplota uvnitř pece se reguluje změnami tepelných ztrát, které jsou závislé na velikosti účinné plochy radiačního pláště, popř. jeho polohy vůči trubkové peci. Řízeným pohybem dílčího radiačního pláště, obklopujícího jen část pece, se dosáhne změny časového průběhu vnitřní teploty v jednotlivých místech vnitřku trubkové pece. U pláště sestávajícího z více vrstev je možno vzájemným přestavováním těchto vrstev plynule měnit odrazivost radiačního pláště a tím jeho účinnost. Tak se ovlivňuje rovnoměrně teplota v celém vnitřním prostoru pece.

Uvedené účinky se ovšem v plné míře dostaví pouze u takových radiačních pecí, u nichž podstatná část přestupu tepla do okolí se děje zářením. V technické praxi jsou to pece, u nichž je teplota vnějšího povrchu zpravidla vyšší než 300 °C. Z konstrukč-

ního hlediska jsou pro aplikaci vynálezu vhodné trubkové pece s průhlednou plášťovou trubici ze skla nebo taveného křemene, u nichž jsou ztráty radiací vysoké oproti přestupu tepla vedením. Použitím radiačního pláště se ovšem mění poněkud i tepelné ztráty vedením, protože kolem pece se vytváří vrstva teplejšího vzduchu, takže výsledný efekt vzniká kombinací obou jevů.

Na výkrese je znázorněno na obr. 1 uspořádání trubkové pece s radiačním pláštěm spolu s grafickým vyjádřením teplotního efektu radiačního pláště, na obr. 2 je pohled na část radiačního pláště sestávajícího ze dvou vrstev perforovaného materiálu.

Základem trubkové pece znázorněné na obr. 1 je nosná keramická trubice 2 s topným elektrickým vinutím 3. Plášť trubkové pece je uzavřen čely 1, 1', mezi nimiž je sevřena plášťová trubice 4, která může být výhodně provedena ze skla nebo z taveného křemene. Část plášťové trubice 4 je obklopena radiačním pláštěm 5, který omezuje vyzařování tepelné energie. Na dolní části obr. 1 je znázorněn graf průběhu teploty uvnitř trubkové pece. Na svislé ose grafu se vynáší absolutní teplota  $T$  a na vodorovné ose koordináta  $x$ , vyjadřující odlehlost od levého čela 1 trubkové pece. První teplotní křivka 6 udává průběh teploty  $T$  uvnitř trubkové pece bez použití radiačního pláště 5. Z grafu je patrné, že teplota  $T$  v peci plynule na obou koncích klesá směrem k čelům 1, 1', která jsou vystavena chladicím účinkům okolního prostředí a nejsou vyhřívána topným elektrickým vinutím 3. Uvnitř trubkové pece je podle první křivky 6 teplota  $T$  v zásadě konstantní.

Naproti tomu druhá křivka 7 znázorňuje průběh teploty  $T$  uvnitř pece, opatřené na části vnějšího povrchu radiačním pláštěm 5. Z grafu je zřetelně patrné, že na úseku vymezeném koordinátami  $x_1$  a  $x_2$  vlivem radiačního pláště 5 vnitřní teplota  $T$  v trubkové peci v důsledku omezení radiačních tepelných ztrát plynule stoupá až na novou konstantní úroveň. Při přestavování radiačního pláště 5 podél trubkové pece se bude odpovídající měrou posouvat podél koordináty  $x$  i teplotní maximum znázorněné na druhé křivce 7.

Při nesouměrném provedení radiačního pláště 5, který bude překrývat plášťovou trubici 4 jen po části jejího obvodu, se obdrží průběh teploty  $T$  uvnitř trubkové pece prostorově deformovaný. Např. v místě přivráceném k radiačnímu plášti 5 bude teplota  $T$  vyšší než v místě nechráněném proti radiačním ztrátám tepelné energie.

Zmíněné nesouměrné provedení radiačního pláště 5 je možné užít v kombinaci s jeho posunem nebo pootáčením během tepelné operace v trubkové peci. Tak lze vyhovět i dosti složitým technologickým požadavkům na tepelné zpracování materiálů.

Jestliže je nutno průběh teploty  $T$  uvnitř trubkové pece ještě jemněji korigovat, může se radiační plášť 5 složit alespoň ze dvou vrstev 8, 9 perforovaného materiálu. Jak je znázorněno na obr. 2, jsou v první vrstvě 8 přední perforační otvory 10 a ve druhé vrstvě 9 jsou zadní perforační otvory 11. Vzájemným přestavováním obou vrstev 8 a 9 se mění velikost volných radiačních průchodů 12 vznikajících překrytím předních perforačních otvorů 10 se zadními perforačními otvory 11. Nastavené velikosti volných radiačních průchodů 12 odpovídá i úroveň

radiačních tepelných ztrát z trubkové pece. Takto lze fyzikálně realizovat radiační plášť 5 s proměnlivým koeficientem odrazu.

Pro automatizaci a opakovanou reprodukovatelnost výrobních procesů může být pohyb radiačního pláště 5 vcelku, popř. obou jeho vrstev 8, 9 ve vzájemné vazbě, ovládán programově řízeným pohybovým mechanismem.

Vlastností předmětného řešení lze výhodně využít pro pěstování monokrystalů směrovým chlazením z tavenin nebo vysokoteplotních roztoků.

#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Trubková pec s regulovaným teplotním režimem, vyznačující se tím, že alespoň okolo části jejího vnějšího povrchu je upraven radiační plášť (5).

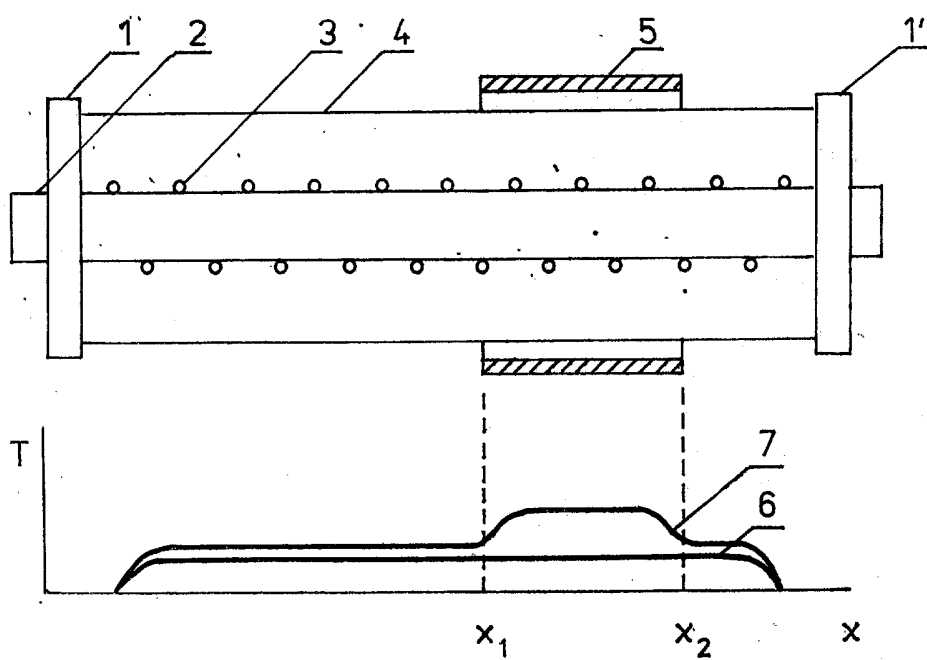
2. Trubková pec podle bodu 1 vyznačující se tím, že radiační plášť (5) je uspořádán přestavitelně vůči trubkové peci.

3. Trubková pec podle bodů 1 a 2 vyznačující se tím, že radiační plášť (5) sestává alespoň ze dvou vrstev (8, 9) perforovaného materiálu, přičemž tyto vrstvy (8, 9) jsou uloženy vůči sobě přestavitelně.

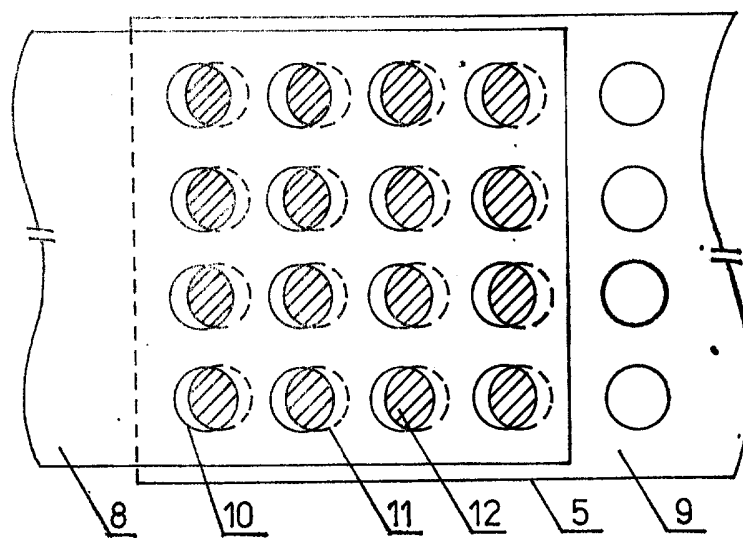
---

1 list výkresů

---



obr. 1



obr. 2