

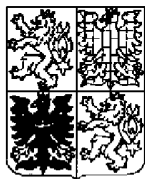
PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

1993 - 1924

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: 15.09.1993

(32) Datum podání prioritní přihlášky: 15.09.1992

(31) Číslo prioritní přihlášky: 1992/9219450

(33) Země priority: GB

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: 12.12.2001
(Věstník č. 12/2001)

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl. 7:

G 01 B 11/06

(71) Přihlašovatel:

GLAVERBEL, Brussels, BE;

(72) Původce:

Hannotiau Michel ing., Jodoigne, BE;

Renard Guy ing., Tarcienne, BE;

Terneu Robert ing., Thiméon, BE;

(74) Zástupce:

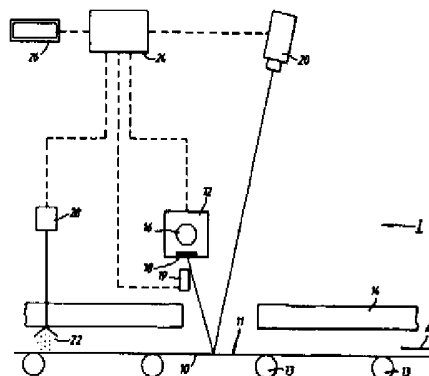
Všetečka Miloš JUDr. advokát, Hálkova 2, Praha 2,
12000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob zjištění tloušťky a rovnoměrnosti
tloušťky průhledného povlaku a zařízení k
provádění tohoto způsobu**

(57) Anotace:

Způsob monitorování spočívá v tom, že se na množinu poloh na povlaku nasměruje mnohobarevné světlo a měří se intenzita světla odraženého od povlaku, přičemž se v každé poloze na povlaku měří intenzita odraženého světla alespoň na dvou diskrétních vlnových délkách a tato měření se zpracovávají na elektrický signál, který se srovnává s jednou nebo několika prahovými hodnotami a s elektrickými signály získanými pro jiné polohy k získání údajů o tom, zda tloušťka povlaku je v předem určených mezích. Zařízení k provádění tohoto způsobu obsahuje zdroj světla (16) pro směrování mnohobarevného světla na řadu poloh povlaku, lineární CCD kameru (20) pro měření intenzity odraženého světla a mikroprocesor (24) pro zpracování výsledků měření.



16 65330

1984
1983
1982

Způsob monitorování tloušťky a rovnoměrnosti tloušťky průhledného povlaku a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu monitorování tloušťky a rovnoměrnosti tloušťky průhledného povlaku naneseného na podklad ve formě vrstvy a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Dosavadní stav techniky

Regulace tloušťky a indexu lomu povlaků nanášených na skleněné tabule, zejména na čerstvě tvarované pásy skla, je důležité. V oboru je dobře známé nanášení jednoho nebo několika povlaků na skleněné tabule v rámci četných aplikací. Tyto povlaky jsou obvykle tenké, například tenčí než 100 nanometrů a měření povlaků takové tloušťky je obtížné, zejména, kdy je žádoucí provést tato měření rychle, plynule a na velkých plochách skla a zjišťovat změny tloušťky povlaku v podélném i příčném směru pásu skla nebo skleněných tabulí. Tloušťka těchto povlaků představuje důležitý parametr při výrobě kvalitního zasklívacího materiálu. Fyzikální a zejména optické vlastnosti zasklených ploch totiž výrazně závisí na uvedené tloušťce povlaku. Geometrická tloušťka povlaku a jeho index lomu hrají významnou roli, pokud jde o interferenční charakteristiky uvedených pásů nebo tabulí opatřených uvedeným povlakem. Zjistí-li se, že naměřená tloušťka povlaku je mimo přijatelné meze, stávají se z tabulí skla, jejichž povlak je již nanesen, zmetky určené do odpadu. To

představuje o to větší problém v případě, že tabule již byly mezitím opatřeny dalšími povlaky nebo byly zasazeny do zasklívacích panelů.

Je tedy žádoucí zjistit tloušťku a rovnoměrnost této tloušťky povlaku pokud možno bezprostředně potom, co byl povlak na tabuli nebo pás podkladu nanesen v průmyslové výrobní lince.

Patentový dokument GB 2 069 130 popisuje způsob zjištění optické tloušťky povlaku směrováním polychromatického světla nejdříve na měřený vzorek a následně postupně na referenční vzorky mající povlaky odstupňovaných známých tlouštěk, přičemž porovnávání se provádí až do okamžiku, kdy spektrum odraženého světla měřeného vzorku odpovídá spektru odraženého světla jednoho z referenčních vzorků. Tento způsob je vhodný pro povlaky mající tloušťku 150 až 3000 nanometrů a vyžaduje přesnou kalibraci referenčního povlaku. Tento způsob neumožňuje provádět kontrolu tloušťky povlaku s geometrickou tloušťku menší než asi 75 nanometrů při indexu lomu povlaku rovném asi 2. Navíc tento způsob nezahrnuje plynulou kontrolu tloušťky povlaku v případě, že měřené hodnoty tloušťky leží mimo rozmezí kalibrace referenčního povlaku, a neumožňuje zjistit rovnoměrnost tloušťky povlaku. Konstrukce a poloha zařízení k provádění tohoto způsobu jsou takové, že neumožňují sledování povlaku bezprostředně potom, co byl povlak nanesen.

V patentovém dokumentu IT 2 009 990 se popisuje použití dvou laserových světelných zdrojů, t.j. monochromatických zdrojů, zaměřených na stejné místo povlaku, jehož tloušťka má být měřena, přičemž CCD kamera detekuje světlo jednak odražené a jednak rozptýlené podkladem nesoucím povlak. Nevýhoda použití laserového světla spočívá v komplikované konstrukci odpovídajícího zařízení, která je podmíněna

detekcí jak odraženého, tak i rozptýleného světla, přičemž nevýhodné je rovněž to, že detekční sondy musí být umístěny na obou stranách podkladu.

V patentovém dokumentu JP 63 006 632 se popisuje způsob měření světla procházejícího skrze povlečený podklad, přičemž tento způsob neřeší vyhodnocení rovnoměrnosti tloušťky.

Cílem vynálezu takto je poskytnout způsob monitorování tloušťky a rovnoměrnosti tloušťky průhledného povlaku naneseného na podklad, který by neměl výše uvedené nedostatky řešení podle dosavadního stavu techniky.

Podstata vynálezu

Předmětem vynálezu je způsob monitorování tloušťky a rovnoměrnosti tloušťky průhledného povlaku naneseného na podklad ve formě vrstvy, jehož podstata spočívá v tom, že se na množinu poloh na povlaku nasměruje mnohobarevné světlo a měří se intenzita světla odraženého od povlaku, přičemž se v každé poloze na povlaku měří intenzita odraženého světla alespoň na dvou diskrétních vlnových délkách a tato měření se zpracovávají na elektrický signál, který se srovnává s jednou nebo několika prahovými hodnotami a s elektrickými signály získanými pro jiné polohy k získání údajů o tom, zda tloušťka povlaku je v předem určených mezích.

Výhodně jsou alespoň dvě diskrétní vlnové délky v rozmezí od 400 do 750 nanometrů, přičemž jejich rozdíl je roven alespoň 50 nanometrům. Výhodně je první diskrétní monitorovací vlnová délka v rozsahu od 400 do 480 nanometrů pro modrou barvu, zatímco druhá diskrétní monitorovací vlnová délka je v rozsahu od 580 do 750 nanometrů pro

červenou barvu. Měření se výhodně provádí za použití dvou vlnových délek. Výhodněji se měření provádí za použití třech vlnových délek. Výhodně se uvedená tři měření zpracují k získání elektrického signálu udávajícího index lomu povlaku. Výhodně je první diskretní monitorovací vlnová délka v rozsahu od 400 do 480 nanometrů pro modrou barvu, druhá diskretní monitorovací vlnová délka je v rozsahu od 580 do 750 nanometrů pro červenou barvu a třetí diskretní monitorovací vlnová délka je v rozsahu od 480 do 580 nanometrů pro zelenou barvu. Výhodně se intenzita odraženého světla měří prvky citlivými na světlo každé diskretní monitorovací vlnové délky. Výhodně se měření intenzity odraženého světla provádí za použití integrovaného obvodu s vazbou nábojem CCD. Výhodně je integrovaným obvodem s vazbou nábojem lineární CCD barevná kamera. Výhodně má množina poloh vzájemné vzdálenosti nejvýše rovné 50 milimetrům, výhodněji nejvýše rovnou 10 milimetrům a ještě výhodněji nejvýše rovnou 5 milimetrům. Výhodně se měření provádí přes celou šířku podkladu. Výhodně se kontroluje intenzita mnohobarevného světla směřovaného na povlak. Výhodně se měření zpracují pro výpočet rozdílu mezi intenzitou odraženého světla na dvou uvedených diskretních monitorovacích vlnových délkách.

Předmětem vynálezu je rovněž zařízení pro monitorování tloušťky a rovnoměrnosti tloušťky průhledného povlaku neneseného na podklad, jehož podstata spočívá v tom, že zahrnuje zdroj světla pro směřování mnohobarevného světla na řadu poloh povlaku, lineární CCD barevnou kameru jako prostředek pro měření intenzity světla odraženého od povlaku v každé poloze alespoň na dvou diskretních vlnových délkách a mikroprocesor jako prostředek pro zpracování výsledků měření, na jejichž základě se generuje elektrický signál, který se srovnává s jednou nebo několika předem určenými prahovými hodnotami a s takovými elektrickými signály generovanými v jiných polohách pro získání údajů o

tom, zda tloušťka povlaku je v předem určených mezích. Výhodně je zdrojem světla podlouhlý zdroj světla mající délku alespoň rovnou šířce povlaku. Výhodně toto zařízení dále obsahuje prostředek pro kontrolování intenzity mnohobarevného světla směřovaného na povlak obsahující alespoň jeden detektor světla.

Způsob a zařízení podle vynálezu umožňují snadné zjištění tloušťky a rovnoměrnosti tloušťky povlaku a zjištění, zda se tyto parametry nacházejí v předem určených mezích. Vynález rovněž umožňuje získat uvedená zjištění rychlým a jednoduchým způsobem a hlavně bezprostředně potom, co byl povlak na podkladu vytvořen.

Výraz "diskrétní" vlnové délky uvádí vlnové délky, mezi kterými je rozdíl alespoň 50 nanometrů. Obě diskrétní vlnové délky leží přednostně ve viditelném spektru, to znamená v rozsahu

od 380 nm do 780 nm. Nejvýhodnější diskrétní vlnové délky leží v rozsahu od 400 do 480 nm (modrá) a v rozsahu od 580 do 750 nm (červená). Tato skutečnost vyplývá z objevu, že pro mnohé komerční povlaky rozdíl měření prováděných na těchto dvou diskrétních vlnových délkách se s tloušťkou povlaku významně mění.

Odrazivost světla od povlečeného podkladu závisí, jak známo, mezi jinými na vlnové délce odraženého světla, na tloušťce povlaku a na indexu lomu podkladu, povlaku a vzduchu. Odvození všech potřebných parametrů umožňujících přímý výpočet tloušťky povlaku přímo z měření odrazivosti na dvou diskrétních vlnových délkách je složité, v praxi je výhodnější určit mezní hodnoty, například z měření odrazivosti vzorků majících povlaky známé tloušťky.

Výstupy měření odraženého světla se přednostně zavedou do mikroprocesoru, kde se signály zpracují, jak je dále vysvětleno, aby se vytvořil údaj o tloušťce povlaku. Na určitých vlnových délkách závislých na optické tloušťce povlaku vzniká interference vyplývající z charakteristiky odraženého spektra pro tuto optickou tloušťku. Pro daný povlak dané tloušťky existuje obvykle ve viditelném spektru dominantní vlnová délka, na které nastává konstruktivní interference a právě tato dominantní vlnová délka určuje vizuální vzhled povlečeného podkladu.

Přihlašovatelé zjistili, že pro malé tloušťky a diskrétní vlnové délky blízké k dominantní vlnové délce je rozdíl odrazivosti na dvou vlnových délkách přímo úměrný optické tloušťce povlaku, a tedy když je index lomu povlaku stálý, je přímo úměrný geometrické tloušťce povlaku.

Nicméně přesný vztah mezi odrazivostmi na různých vlnových délkách je složitý. Spíše než měření tloušťky v absolutních výrazech tudíž předložený vynález obsahuje zjištění mezí pro každý druh povlaku. Tyto meze jsou zjištěny pokusem.

Jestliže měření na dvou diskrétních vlnových délkách není dostatečné pro opatření přesného údaje o tloušťce povlaku, například když diskrétní vlnové délky neleží těsně u dominantní vlnové délky, měla by být měření provedena alespoň na třech vlnových délkách a třetí diskrétní vlnová délka by přednostně měla být v rozsahu od 480 do 580 nm (zelená). Ze tří provedených měření může potom být vybrán nejvhodnější pár měření pro vyvinutí údaje o tloušťce povlaku. Průměr tří měření dává mnohem přesnější informaci o odrazivosti světla, která může být použita v některých výhodných provedeních jako údaj o indexu lomu.

Jestliže změna odrazivosti v závislosti na tloušťce je těsně u maxima, mění se odrazivost s tloušťkou povlaku velmi málo, takže odrazivost potom více závisí na indexu lomu, jak předpovídají Fresnelovy rovnice. Pomocí přesné kalibrace je potom možné snadno určit index lomu povlaku.

Rovnoměrnost tloušťky povlaku na podkladu se stanoví srovnáním elektrického signálu vyvíjeného v jednom místě povlaku a takových signálů vyvíjených na jiných místech. Vzájemná poloha těchto míst určuje spolehlivost údajů o rovnoměrnosti, které jsou takto vyvíjeny. V závislosti na požadované jakosti povlečeného podkladu a na jeho určeném konečném použití přihlašovatelé doporučují zjistit tloušťku povlaku na mnoha místech která jsou od sebe vzdálena nejvýše 200 mm, přednostně nejvýše 100 mm, jako na místech vzdálených od sebe nejvýše 50 mm, ideálně nejvýše 10 mm a nejideálněji nejvýše 5 mm.

Vhodný přístroj pro provádění zjištění by pracoval tak, že se měří intenzita odraženého světla různými prvky citlivými na světlo pro každou diskretní vlnovou délku. Prvky citlivé na světlo mohou být diody citlivé na světlo, například uspořádané v řadě foto-diod. Přednostně se použije přístroj vázaný nábojem (CCD), zvláště lineární barevná CCD kamera. Alternativně mohou být použity alespoň dvě jednobarevné CCD lineární kamery, každá opatřena odpovídajícím filtrem. Použití barevné kamery, která je citlivá na tři vlnové délky má nicméně výhodu, že tři signály jsou mnohem snadněji srovnatelné, protože jsou získány za stejných podmínek stejným zařízením. Dále, jestliže je taková kamera citlivá na "primární" barvy modrou, zelenou a červenou, jsou výstupní signály z kamery schopné věrněji reprodukovat to, jak se bude povlečený podklad jevit lidskému oku. Kamera může být opatřena infračerveným filtrem k zamezení přehřátí při vystavení prostředí se zvýšenou teplotou a v závislosti na povaze zdroje světla širokopásmovým filtrem pro opravu vyvážení bílého světla.

Podklad je obvykle ve formě tuhé průhledné tabule. Index lomu podkladu může být menší nebo větší než index lomu povlaku. Podklad je obvykle sklovitý materiál jako sklo, mající index lomu typicky 1,52, jako sodné sklo, způsob podle předloženého vynálezu je však stejně použitelný pro zjištění tloušťky povlaku na jiném materiálu podkladu, jako je plastový materiál.

Povlak může být nanesen na podklad mnoha různými způsoby,

jako je katodické rozprašování pod vakuem, prováděné při teplotách místnosti, pyrolýza prováděná při zvýšených teplotách a chemické napařování. Pro různé účely jsou v oboru používány různé povlékací materiály. Povlékací materiály jsou obvykle zvoleny mezi kovy, oxidy kovů, nitridy kovů a jejich směsí. Příklady povlékacích materiálu jsou kovy jako stříbro a křemík, oxidy jako oxid hlinitý s indexem lomu asi 1,7, oxid cínatý s indexem lomu asi 1,9 když je nanášen pyrolýzou, oxid zirkoničitý s indexem lomu asi 2,0 když je nanášen chemickým napařováním a oxid křemičitý s indexem lomu asi 1,4 když je nanášen chemickým napařováním a nitridy jako nitrid titaničitý, nitrid křemičitý a nitrid hlinitý. Světelný přenos má být nedifuzní a je přednostně alespoň 10%, nejvýhodněji alespoň 20%.

Zdroj mnohobarevného světla má být jednoduše zdroj dvou nebo více vlnových délek, pro které mají být provedena měření, je však výhodnější použít zdroj bílého světla. Přednostně se měření provádějí přes v podstatě celou šířku podkladu. Ideální je podlouhlý zdroj světla, který má délku rovnou alespoň šířce povlaku.

Sestava může být umístěna nad pohyblivým povlečeným pásem skla a obsahuje směrování světla ve formě štěrbin z podlouhlého zdroje světla umístěného napříč šířky povlečeného pásu skla. Zdroj světla může obsahovat fluorescenční trubice. Přednostně je osvětlení ze zdroje světla, to znamená intenzita mnohobarevného světla směřovaného na povlak, řízena a prostředek pro provádění takového řízení může obsahovat alespoň jeden detektor světla. Pomocí detektorů světla může být zdroj světla kalibrován měřením osvětlení ve množství bodů rozdělených přes šířku podkladu, například ve dvanácti bodech rozmístěných přes šířku pásu skla, který má typicky šířku 3,2 m. Naměřené úrovně osvětlení se uloží. Během nanášení povlaku se měří osvětlení ve zvolených bodech. Nastane-li změna oproti uloženým hodnotám, může být ihned provedena oprava úměrná změně automaticky pro její kompenzaci.

Místo fluorescenčních trubic může být použit alternativní zdroj světla méně citlivý na teplotu, jako jsou světelné projektory, například bodové lampy.

Například se zdrojem světla sestávajícím ze tří světelných projektorů by pro toto řízení měly stačit tři detektory světla.

Pro vytvoření rovnoměrnějšího osvětlení může být mezi zdroj světla a povlak vložen filtr z matovaného skla.

Při přímém povlékání na dopravníku by měření intenzity odraženého světla mělo být prováděno bezprostředně po povlečení podkladu v místě následujícím bezprostředně za koncem povlékacího stupně. Kalibrace kamery může být provedena měřením odrazu od nepovlečeného podkladu a nastavením údaje tloušťky povlaku na hodnotu nula. Při odpovídající kalibraci a při předem určených prahových hodnotách vynález umožňuje snadné zjištění tloušťky a rovnoměrnosti tloušťky povlaku a to v průběhu výroby povlečeného podkladu. Způsob podle vynálezu může poskytovat informace v reálném čase a to bezprostředně po nanesení povlaku. V případě, že uvedené parametry povlaku překročí předem určené meze, může být spuštěn poplach nebo/a aktivován mechanismus zpětné vazby nastavující podmínky, za jakých probíhá povlékání podkladu, tak aby se uvedené parametry vrátily do předem určených mezí. Prahové hodnoty mohou být vhodně získány měřením intenzity světla odraženého od vzorků majících známé tloušťky odpovídající požadovaným krajním mezím.

Při nanášení průhledného povlaku na podklad ve formě listu může být například postupováno tak, že se provedou následující kroky:

- a) nanesení materiálu povlaku na podklad,
- b) zjištění tloušťky a rovnoměrnosti tloušťky povlaku směřováním mnohobarevného světla na množinu míst povlaku, měření intenzity světla odraženého od povlaku v každém z uvedené množiny míst alespoň na dvou diskrétních vlnových délkách a zpracování měření pro generování elektrického signálu, který se srovnává s jednou nebo několika prahovými hodnotami a s takovými elektrickými signály generovanými pro jiná místa povlaku k získání údajů o tom, zda tloušťka povlaku leží v předem určených mezích, a
- c) případné nastavení podmínek povlékacího procesu v odezvu na uvedený elektrický signál.

Vzhledem k notorické obtížnosti měření tloušťky velmi tenkých povlaků je překvapující, že je v rámci vynálezu možné zjišťovat tloušťku povlaku již během výrobního procesu a to bez přerušování výroby, prostou analýzou dvou elektrických signálů generovaných pro různé vlnové délky a to navíc v horkém prostředí, kterým je místo bezprostředně následující za povlékacím stupněm.

Jestliže se podklad opatřuje dvěma nebo více tenkými postupně ukládanými povlaky, potom je možné realizovat monitorování podle vynálezu bezprostředně po každém povlékacím stupni nebo/a po nanesení všech povlaků.

Rovněž je možné provést vzorkování povlečeného podkladu ve pravidelných intervalech během jeho výroby a tyto vzorky přezkoušet způsobem podle vynálezu mimo výrobní linku, například v laboratoři.

Vynález je zvláště užitečný když se měření provádějí na pohyblivém podkladu, například když podklad je sklo a měření se provádějí na pohyblivém pásu skla nebo na pohyblivých skleněných tabulích v některém místě podél výrobní linky pro plynulou výrobu povlečených skleněných tabulí, například v zařízení pro katodické rozprašování pod vakuem nebo v žíhací peci na pásu skla vyrobeném plavením. Tento způsob je zvláště výhodný pro povlaky vyrobené pyrolýzou, měření mohou být prováděna když teplota skla je asi 150 °C. Měření se přednostně provádějí uvnitř pásma 20 m od poproudového konce povlékacího stanoviště. Měření mohou být například prováděna když má sklo teplotu od 500 °C do 600 °C. Zdroj světla a kamera jsou přednostně umístěny nad klenbou žíhací pece a štěrbinou v klenbě umožňuje vystavit pás skla zdroji světla a kameře. Pro další ochranu zdroje světla a kamery před teplem unikajícím ze žíhací pece včetně tepla unikajícího štěrbinou v její klenbě mohou být zdroj světla a/nebo kamera uzavřeny v ochlazovaném prostoru například statickým studeným vzduchem, proudem vzduchu nebo vodou.

Nastavení nanášení povlékacího materiálu na podklad odezvou na elektrický signál může být prováděno mnoha způsoby v závislosti na použitém povlékacím způsobu, například změnou množství vypouštěného povlékacího materiálu v povlékacím stanovišti, změnou rychlosti pohybu rozprašovací hlavice a/nebo změnou podmínek prostředí, například teploty, v povlékacím stanovišti pro ovlivnění procesu povlékání žádaným způsobem.

Ačkoliv jak je výše popsáno, způsob podle vynálezu může obsahovat přidavný krok nastavení parametrů povlékání odezvou na zmíněný elektrický signál, není to podstatné. Je rovněž možné použít tento elektrický signál pro třídění povlečených vzorků podkladu do dávek různé jakosti, určených například pro různé konečné použití. Dále může být elektrický signál použit pro určení druhu následujícího zpracování povlečeného podkladu.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález je znázorněn na výkresech, kde obr.1A znázorňuje schematicky uspořádání zařízení vhodného pro provádění způsobu

podle vynálezu v pohledu z jedné strany, obr.1B je pohled ve směru "T" v obr.1A, obr.1C znázorňuje schematicky uspořádání obvodů vhodné pro použití se zařízením znázorněným v obr.1A a 1B, obr.2 znázorňuje závislost mezi dominantní odraženou vlnovou délkou a tloušťkou povlaku mezi 65 a 105 nm pro povlaky z oxidu hlinitého s různými indexy lomu a obr.3 znázorňuje závislost mezi odrazivostí a tloušťkou povlaku mezi 65 a 105 nm pro povlaky z oxidu hlinitého s různými indexy lomu.

Příklady provedení vynálezu

Podle obr.1A, 1B a 1C je v žíhací peci následující bezprostředně nanášení povlaku na skleněný pás 10 umístěna světelná skříň 12 probíhající napříč pece. Světelná skříň 12 je umístěna například asi 50 cm nad klenbou 14, to znamená asi 1 m nad skleněným pásem 10. Skleněný pás 10 je nesen na dopravních válečcích 13. Svazek světelných paprsků ze světelné skříně 12 dopadá na horní povlečený povrch 11 skleněného pásu 10 ve směru blízkém ke kolmému směru a odražený svazek světelných paprsků dopadá na CCD lineární barevnou kameru 20 umístěnou centrálně vzhledem k šířce skleněného pásu 10 a ve výšce od 3 do 4 m nad ním. Světelná skříň 12 obsahuje ^{části systému 16, který je} fluorescenční trubice 16 napájené napětím o kmitočtu 20000 Hz. Důležité je zajistit, aby svítivost zdroje světla byla pokud možno nejrovnoměrnejší po délce světelné skříně 12. Pro tento účel je výstup světla ze světelné skříně 12 zakryt okénkem 18 z matovaného skla. Alternativně mohou být fluorescenční trubice 16 nahrazeny třemi světelnými projektory pro osvětlování okénka 18 z matovaného skla.

Osvětlení ze světelné skříně 12 může být řízeno čtrnácti detektory 19 světla umístěnými ve množině zvolených bodů rozmístěných přes šířku podkladu, tedy skleněného pásu 10. Světelná skříň 12 může být kalibrována měřením osvětlení způsobeného u každého detektoru 19 světla. Naměřené úrovně osvětlení se uloží do paměti mikroprocesoru 24. Během nanášení povlaku se měří osvětlení ve zvolených bodech. Jestliže se vyskytuje odchylka od uložených hodnot, vyvine se mikroprocesorem 24 samočinně korekce úměrná odchylce a zavede se k elektrickým signálům vytvářených pixely CCD kamery 20 sledující pásmo příslušející onomu detektoru 19 světla, který zjistil odchylku. Jsou-li použity světelné projektory místo fluorescenčních trubec 16, může být korekce vyvinutá mikroprocesorem 24 přivedena přímo do světelné skříně 12.

Skleněný pás 10 se pohybuje ve směru šipky A pod vratnou rozprašovací hlavici 22 povlákacího stanoviště. Řídící prostředek 28 nastavuje průtočné množství materiálu rozprašovací hlavici 22 a/nebo rychlost vratného pohybu rozprašovací hlavice 22. Měření z kamery 20 se vedou do mikroprocesoru 24, kde se provádějí nutné výpočty, jak bude podrobněji vysvětleno s odkazem na obr.1C. Displej 26 ukazuje údaj o tloušťce povlaku nebo o jiných parametrech vypočítaných příslušně naprogramovaným mikroprocesorem 24. Spojení mezi mikroprocesorem 24 a řídicím prostředkem 28 umožňuje samočinné řízení tloušťky povlaku.

Vhodná kamera je TL-2600 RGB Colour Line Scan Camera společnosti PULNIX. Kamera 20 má objektiv o ohniskové dálce 50 mm a infračervený filtr pro snížení nebezpečí tepelného poškození. Šířka svazku světelných paprsků ze světelné skříně 12 je větší než šířka skleněného pásu 10, aby bylo zajištěno, že kamera 20 bude přijímat odražené světlo z celé šířky povlečeného skleněného pásu 10, přičemž se bere v úvahu prostorové uspořádání mezi světelnou skříní 12 a skleněným pásem 10 a mezi skleněným pásem 10 a objektivem kamery 20.

TL-2600 RGB Colour Line Scan kamera 20 je tvořena třemi řádky z 864 aktivních pixelů, což pro šířku skleněného pásu 10 rovnou 3,2 m dává rozlišení asi 4 mm dostatečné pro účely předloženého vynálezu. Každý pixel je mikroskopický světelný detektor o velikosti 14 x 14 μ m. Před každým ze tří řádků pixelů je umístěn optický pásmový filtr odpovídající červené, zelené a modré vlnové délce. Před objektivem kamery 20 je umístěn infračervený odřezávací filtr a dva optické pásmové filtry, jejichž křivky odezvy umožňují nastavit vyvážení úrovně osvětlení na červené, zelené a modré vlnové délce.

Přihlédne-li se zejména k obr. 1C, doby integrace elektrických nábojů, které se hromadí na každém pixelu, jsou nastavitelné. Citlivost nasycení pro každý typ povlaku může tudíž být nastavena, aby se počítalo se skutečností, že je významný rozdíl v úrovni světla dopadajícího na kameru 20 mezi vrstvou odrážející 10% světla a vrstvou odrážející 50% světla. Toto nastavení určuje úroveň signálů, které vystupují z kamery 20 na vedení 30. Kamera 20 je napájena synchronizačními pulzy z generátoru 29 hodinových signálů po vedení 31, které spínají přenos náboje z každého pixelu na sousední pixel. Doba integrace musí být delší než počet

pixelů kamery 20 násobený dobou T oddělující dva synchronizační pulzy. V daném případě, aby se vzaly v úvahu "černé" pixely, je doba integrace delší než $2700 \times T$.

Elektrické signály vyvíjené kamerou 20 představují odrazivost povlečeného povrchu pro tři barvy, červenou, zelenou a modrou, popřípadě pro vlnové délky 580-700 nm, 515 nm a 420-450 nm. Tyto signály, označené R, G a B, se vedou do mikroprocesoru 24, kde jsou využity pro odvození tloušťky a dle volby indexu lomu povlaku.

Analogické elektrické signály R, G a B vystupující ze tří řádků pixelů a mající amplitudy úměrné množství světla pohlceného každým pixelem, se multiplexují pixelem. R, G a B signály pro první pixel každého ze tří řádků, potom totéž pro druhý pixel každého ze tří řádků atd. Tyto multiplexované signály se posílají do osmibitového analogočíslíkového převodníku 32, který je také napájen přes vedení 32 synchronizačním pulzem z generátoru 29 hodinových signálů. Synchronizační pulz z generátoru 29 hodinových signálů se také vede do generátoru 42 signálu identifikace barvy. Výstupní číslicové signály z analogočíslíkového převodníku 32 se potom pošlou po vedení 34 současně se tříbitovým signálem identifikace barvy z generátoru 42 po vedení 43 do mikroprocesoru 24 pro zpracování dat.

Mikroprocesor 24 provede zpracování signálu a určí parametry systému. Výpočty se provádějí pixel po pixelu pro každou barvu. Výsledné hodnoty umožňují nakreslení grafů.

Mikroprocesor 24 vypočítá střední hodnotu signálů R, G a B, to znamená $(R+G+B)/3$ pro údaj odrazivosti povlaku. Mikroprocesor 24 také vypočítá rozdíl mezi dvojicemi signálů pro označení tloušťky povlaku při stálém indexu lomu, to je R-B, R-G nebo G-B.

Pro mikroprocesor 24 je také možné vyhladit křivky R, G a B, to znamená, je-li to žádáno, vytvořit "vyhlazené" křivky odrazu na každé z vlnových délek R, G a B vypočítáním střední hodnoty z určitého nastavitelného počtu pixelů téže barvy, například ze 3 až 5 sousedních pixelů. To zmenší, je-li žádoucí, rozdíly místních hodnot signálů mezi jedním pixelem a jeho sousedem, způsobené například pohyby horkého vzduchu v zařízení, které mění podmínky osvětlení vrstvy, nebo vlivem prachu apod.

Je-li žádáno, může být procesor 24 naprogramován tak, aby

vyvíjel povelový signál reakční smyčky posílaný po vedení 36 do řídicího prostředku 28 pro nastavení parametrů procesu ukládání povlaku.

Také je možné vypočítat a přivést opravné součinitele ke každému R, G a B signálu, aby odpovídal normalizovaným kolorimetrickým hodnotám (tříbarevné souřadnice CIE nebo Hunterovy souřadnice L, a, b). V tomto případě bude také nutné vzít v úvahu podklad, jako čiré sklo, bronzové sklo, šedé sklo atd. a jeho tloušťku. V tomto případě měření nebude relativní, nýbrž absolutní.

Pro zobrazení zpracovaných dat ve grafické formě mohou být zpracované signály z mikroprocesoru 24 vedeny vedením 37 na obrazovku 26a nebo vedením 39 na tiskárnu nebo plotter 26b.

Horní a spodní meze odpovídající přijatelným výrobním odchylkám se určí provedením měření na kontrolních vzorcích kontrolovaneho laboratorními přístroji. Tyto meze mohou být také zobrazeny na obrazovce 26a a/nebo na tištěném grafu z tiskárny nebo plotteru 26b, například ve formě dvou vodorovných tečkovaných přímk. To umožňuje, aby operátor snadno poznal, zdali tloušťka a případně index lomu, jsou-li zavedena příslušná data, přesahuje meze odchylek a kterým oblastem šířky skleněného podkladu tyto přesahy odpovídají.

Kalibrace zařízení je provedena měřením odrazivosti nepovlečeného skleněného pásu, což umožňuje oznámení nulové tloušťky povlaku. Nerovnoměrnosti osvětlení přes šířku skleněného pásu 10, chyby způsobené nedokonalostí optiky kamery 20 a rozdíly citlivosti pixelů kamery 20 jsou vyváženy odkazy na sklo před nanesením povlaku. Tato kalibrace vede k použití opravných součinitelů k hodnotám signálů pro každý pixel pro získání tří hladkých křivek odezvy. Tato kalibrace může být provedena bezprostředně před začátkem ukládání povlaku a měla by být provedena před každým spuštěním ukládání povlaku.

Kalibrační součinitelé se například určí tak, že výstupní signály získané s nepovlečeným sklem se po zesílení všechny umístí ve středu možného rozsahu výstupu pro zvolenou kameru 20, to je u 50 % maximální amplitudy. Volba 50 % pro nepovlečené sklo se nicméně může měnit v závislosti na typu povlaku, to je podle úrovně odrazu světla.

Pro každý z pixelů každé ze tří barev je potom možno uložit součinitel pro použití s hodnotou signálu, kterou tento pixel vyvíjí, takže tato hodnota odpovídá zvoleným 50 %.

Tento součinitel se potom použije pro všechny další signály z tohoto pixelu.

Za účelem minimalizace chyb vznikajících následkem zvlnění skleněného pásu 10 na dopravníku (odrazy zdroje světla z různých bodů, které nejsou nutně rovnoměrné) nebo turbulence v horkém vzduchu uvnitř žíhacího zařízení (kolísání indexu lomu vzduchu uvnitř zařízení) se uvažuje určitý nastavitelný počet úplných množin hodnot R, G a B a vypočítají se střední hodnoty odpovídající postupu skla.

Přednostně se určí střední hodnota asi z 90 čtení odpovídajících délce asi 6 m skleněného pásu 10. Tato hodnota se porovná s předem určenou horní a spodní mezí, což umožňuje operátorovi zjistit zdali jsou v některém bodě napříč šířky skleněného pásu 10 překročeny odchylky.

Vstup funkčních parametrů (doba integrace, počet zisků daných serií dat před výpočtem průměru, kalibrační součinitelé atd) a volba funkcí a žádané výstupy mohou být provedeny pomocí klávesnice 41 sdružené s mikroprocesorem 24.

Mikroprocesor 24 vysílá žádané povelové signály kamery po vedení 44 do generátoru 29 hodinových signálů, odkud jsou vedením 31 posílány do kamery 20.

Příklad 1

Roztok obsahující sloučeninu hliníku se rozprašuje vratnou rozprašovací hlavicí na postupující pás horkého skla při teplotě nad 550°C . Účel tohoto spodního povlaku je ten, že když se nanáší vrchní povlak z oxidu cíničitého, je optická tloušťka spodního povlaku dostatečná k omezení interferenčních jevů odraženého viditelného světla vlivem horního povlaku. K dosažení tohoto účelu jsou meze tloušťky povlaku z oxidu hlinitého velmi úzké. V závislosti na tloušťce následně nanesené vrstvy oxidu cíničitého by povlak z oxidu hlinitého měl mít tloušťku od 75 do 100 nm s odchylkou například ± 3 nm a s indexem lomu mezi 1,68 a 1,73±0,01.

Pro povlaky s touto tloušťkou a indexem lomu je dominantní odrazová vlnová délka v rozsahu od 480 nm do 575 nm, to znamená v rozsahu od modré do žluté. Jak tloušťka roste, odražená barva přechází z modré při tloušťce 75-80 nm do jemně žluté při tloušťce 100 nm. To je znázorněno v obr.2, kde dominantní odražená

vlnová délka λ_D je vynesena v závislosti na tloušťce t povlaku pro povlaky mající index lomu od 1,60 do 1,72. Přihlašovatelé objevili, že při cílové tloušťce povlaku rozdíl mezi signálem odrazivosti z červeného pixelu kamery (citlivého převážně na 580 - 700 nm) a ze signálu odrazivosti z modrého pixelu kamery (citlivého převážně na 420 - 450 nm) udává tloušťku povlaku:

$$t = f(R - B).$$

Index lomu povlaku závisí mírně na složení, teplotě skla a na teplotě prostředí. Při tloušťce povlaku 75-80 nm je změna odrazivosti s tloušťkou těsně u maxima a změny tloušťky mají tudíž pouze malý vliv na změny odrazivosti. Nicméně odrazivost se významně mění s indexem lomu n_c povlaku a je tedy možné vytvořit vztah mezi odrazivostí a indexem lomu. Tento vztah je znázorněn v obr.3, kde je střední odrazivost R měřená na třech diskrétních vlnových délkách vynesena v závislosti na tloušťce t pro povlaky mající index lomu od 1,60 do 1,71. Tedy platí

$$n_c = f[(R + G + B)/3]$$

Souhrnně tedy platí, že střední hodnota signálů vyvíjených na třech diskrétních vlnových délkách dává informaci, která je přímo úměrná indexu lomu povlaku, zatímco rozdíl mezi signály vyvíjenými na modré a červené vlnové délce dává informaci přímo úměrnou tloušťce povlaku.

Mikroprocesor může být naprogramován tak, aby způsobil poplach když elektrický signál vyvíjený z informace směrodatné pro tloušťku povlaku padne mimo předem určené prahové hodnoty a/nebo aby za těchto podmínek samočinně nastavil proces povlékání, například změnou vratné rychlosti rozprašovací hlavice. Podobně může být mikroprocesor naprogramován tak, aby způsobil poplach když elektrický signál vyvíjený z informace směrodatné pro index lomu povlaku padne mimo předem určené prahové hodnoty a/nebo aby za těchto podmínek samočinně nastavil povlékací proces, například změnou teploty v povlékacím stanovišti.

Příklad 2

Ve případě absorpčního protislunečního povlaku vyrobeného pyrolyzou z acetylacetonátu a obsahujícího 62% CoO, 26,6% Fe₂O₃ a 12% Cr₂O₃ a majícího tloušťku mezi 40 a 50 nm je dominantní odražená barva žlutá. Údaj o optické tloušťce povlaku se získá z rozdílu mezi elektrickými signály vyvíjenými u modré a červené vlnové délky. Nicméně v tomto případě bylo zjištěno, že index

lomu se silně mění když je složení povlékacího materiálu fixováno, takže geometrická tloušťka se snadno kontroluje.

Příklad 3

Ve případě mírně absorbujícího protislunečního povlaku vyrobeného pyrolýzou a obsahujícího oxid titaničitý a majícího tloušťku 50 nm \pm 3 nm je dominantní odražená barva šedomodrá. Rozdíl mezi signály na červené a modré vlnové délce umožňuje zjistit optickou tloušťku tohoto povlaku.

Příklad 4

Ve případě spodního povlaku obsahujícího SiO_2 nebo SiO_x a majícího tloušťku asi 90 nm je dominantní odrazová barva šedá. Takový povlak může být vyroben chemickým napařováním nebo alternativně rozprašováním, zejména vysokofrekvenčním rozprašováním. Odražená barva je světle modrá nebo světle žlutá při změnách tloušťky povlaku, tyto změny však není snadné zjistit pouhým okem. V tomto případě se doporučuje porovnat signály vyvíjené na zelené a na modré vlnové délce pro zjištění vzhledu povlaku.

Příklad 5

Ve případě vrchního povlaku obsahujícího SnO_2 a majícího tloušťku asi 300 nm přikrytého a majícího podklad z oxidu hlinitého v obou povlacích, krycím i podkladovém o tloušťce 75 nm, a vyrobeného podle příkladu 1, neexistuje žádná dominantní odražená barva. Je-li povlak velmi tenký, získá se růžovo-fialová odražená barva. Je-li povlak velmi tlustý, získá se mdle zelená odrazová barva. Rozdíl mezi signály na zelené a červené vlnové délce umožňují zjišťování parametrů tohoto povlaku. Rozdíly mezi signály na zelené a na modré vlnové délce, nebo mezi signály na červené a na modré vlnové délce umožňují rozlišení mezi dvěma zelenými, popřípadě dvěma červenými řády interference, například mezi třetím a čtvrtým řádem interference, jestliže se tloušťka povlaku podstatně mění.

Příklad 6

Skleněný podklad má kovovou křemíkovou vrstvu tloušťky 25 nm nanesenou chemickým napařováním. Normální barva je kovově šedá. Je-li tloušťka povlaku příliš velká, barva se změní ve žlutou a potom má sklon změnit se v červenou. Světelný odraz je řádu 50% a světelný přenos je asi 33%. Tloušťka povlaku může být zjištěna výpočtem rozdílu mezi signály R a B.

Příklad 7

Podklad povlečený několika vrstvami, ve složení sklo/TiN/SnO₂ mající světelný přenos $T_L = 35\%$ je vyroben rozprašováním magnetronem. Výrobek je zkoušen odrazem ze strany skla použitím zařízení podle vynálezu. Odražená barva je modrá. Při konstantní tloušťce vrstvy TiN umožňují rozdíly mezi signály na modré a na zelené vlnové délce řízení tloušťky a rovnoměrnosti tloušťky horní vrstvy SnO₂ pro zajištění rovnoměrného vzhledu výrobku při pohledu ze strany skla. Tloušťka povlaku z TiN může být předběžně řízena podle vynálezu kamerou umístěnou v nanášecím zařízení po nanesení vrstvy TiN a před nanesením vrstvy SnO₂.

Příklad 8

Podklad povlečený několika vrstvami, ve složení sklo/nerezavící ocel/TiN mající světelný přenos $T_L = 8\%$ je vyroben rozprašováním magnetronem. Výrobek je zkoušen odrazem ze strany skla použitím zařízení podle vynálezu. Odražená barva je kovově stříbrná a zářivá. Při konstantní tloušťce vrstvy z nerezavící oceli umožňují rozdíly mezi signály na modré a na červené vlnové délce řízení tloušťky a rovnoměrnosti tloušťky horní vrstvy TiN pro zajištění rovnoměrného vzhledu výrobku při pohledu ze strany skla. Tloušťka povlaku z nerezavící oceli může být předběžně řízena způsobem podle vynálezu kamerou umístěnou v nanášecím zařízení po nanesení vrstvy z nerezavící oceli a před nanesením vrstvy TiN.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob monitorování tloušťky a rovnoměrnosti tloušťky průhledného povlaku naneseného na podklad ve formě vrstvy, vyznačující se tím, že se na řadu poloh na povlaku nasměruje mnohobarevné světlo a měří se intenzita světla odraženého od povlaku, přičemž se v každé poloze měří intenzita odraženého světla alespoň na dvou diskretních monitorovacích vlnových délkách a tato měření se zpracovávají na elektrický signál, který se srovnává s jednou nebo několika prahovými hodnotami a s elektrickými signály zjištěnými na jiných místech pro získání údajů, zda tloušťka povlaku je v předem určených mezích.

2. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že alespoň dvě diskretní vlnové délky jsou v rozsahu od 400 nm do 750 nm a jejich rozdíl je alespoň 50 nm.

3. Způsob podle nároku 2, vyznačující se tím, že první diskretní monitorovací vlnová délka je v rozsahu od 400 do 480 nm pro modrou barvu a druhá diskretní monitorovací vlnová délka je v rozsahu od 580 do 750 nm pro červenou barvu.

4. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 3, vyznačující se tím, že se měření provádí na ^{DISKRETNÍCH MONITOROVACÍCH} dvou vlnových délkách.

5. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 3, vyznačující se tím, že se měření provádí na ^{DISKRETNÍCH MONITOROVACÍCH} třech vlnových délkách.

6. Způsob podle nároku 5, vyznačující se tím, že tato tři měření se zpracují pro vyvíjení elektrického signálu udávajícího index lomu povlaku.

7. Způsob podle nároku 5 nebo 6, vyznačující se tím, že první diskrétní monitorovací vlnová délka je v rozsahu od 400 do 480 nm pro modrou barvu, druhá diskrétní monitorovací vlnová délka je v rozsahu od 580 do 750 nm pro červenou barvu a třetí diskrétní monitorovací vlnová délka je v rozsahu od 480 do 580 nm pro zelenou barvu.

8. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 7, vyznačující se tím, že intenzita odraženého světla se měří různými prvky citlivými na světlo pro každou diskrétní monitorovací vlnovou délku.

9. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 8, vyznačující se tím, že měření intenzity odraženého světla se provádí za použití integrovaného obvodu s vazbou nábojem CCD.

10. Způsob podle nároku 9, vyznačující se tím, že integrovaný obvod s vazbou nábojem je lineární CCD barevná kamera (20).

11. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 10, vyznačující se tím, že řada poloh má vzájemné vzdálenosti nejvýše 50 mm.

12. Způsob podle nároku 11, vyznačující se tím, že řada poloh má vzájemné vzdálenosti nejvýše 10 mm.

13. Způsob podle nároku 12, vyznačující se tím, že řada poloh má vzájemné vzdálenosti nejvýše rovné 5 mm.

14. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 13, vyznačující se tím, že se měření provádí přes celou šířku podkladu.

15. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 14, vyznačující se tím, že se kontroluje intenzita mnohobarevného světla směřovaného na povlak.

16. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 15, vyznačující se tím, že se měření zpracují pro výpočet rozdílu mezi intenzitou odraženého světla na dvou uvedených diskrétních monitorovacích vlnových délkách.

17. Zařízení pro monitorování tloušťky a rovnoměrnosti tloušťky průhledného povlaku naneseného na podklad, vyznačující se tím, že zahrnuje zdroj světla⁽¹⁶⁾ pro směrování mnohobarevného světla na řadu poloh povlaku, lineární CCD barevnou kameru (20) jako prostředek pro měření intenzity světla odraženého od povlaku v každé poloze alespoň na dvou diskrétních vlnových délkách a mikroprocesor (24) jako prostředek pro zpracování výsledků měření, na jejichž základě se generuje elektrický signál, který se srovnává s jednou nebo několika předem určenými prahovými hodnotami a s takovými elektrickými signály generovanými v jiných polohách pro získání údajů o tom, zda tloušťka povlaku je v předem určených mezích.

18. Zařízení podle nároku 17, vyznačující se tím, že zdroj světla⁽¹⁶⁾ je podlouhlý zdroj světla mající délku alespoň

rovnou šířce povlaku.

19. Zařízení podle nároku 17 nebo 18, vyznačující se tím, že dále obsahuje prostředek pro kontrolování intenzity mnohobarevného světla směřovaného na povlak obsahující alespoň jeden detektor (19) světla.

Zastupuje :

Dr. Miloš Vsetečka

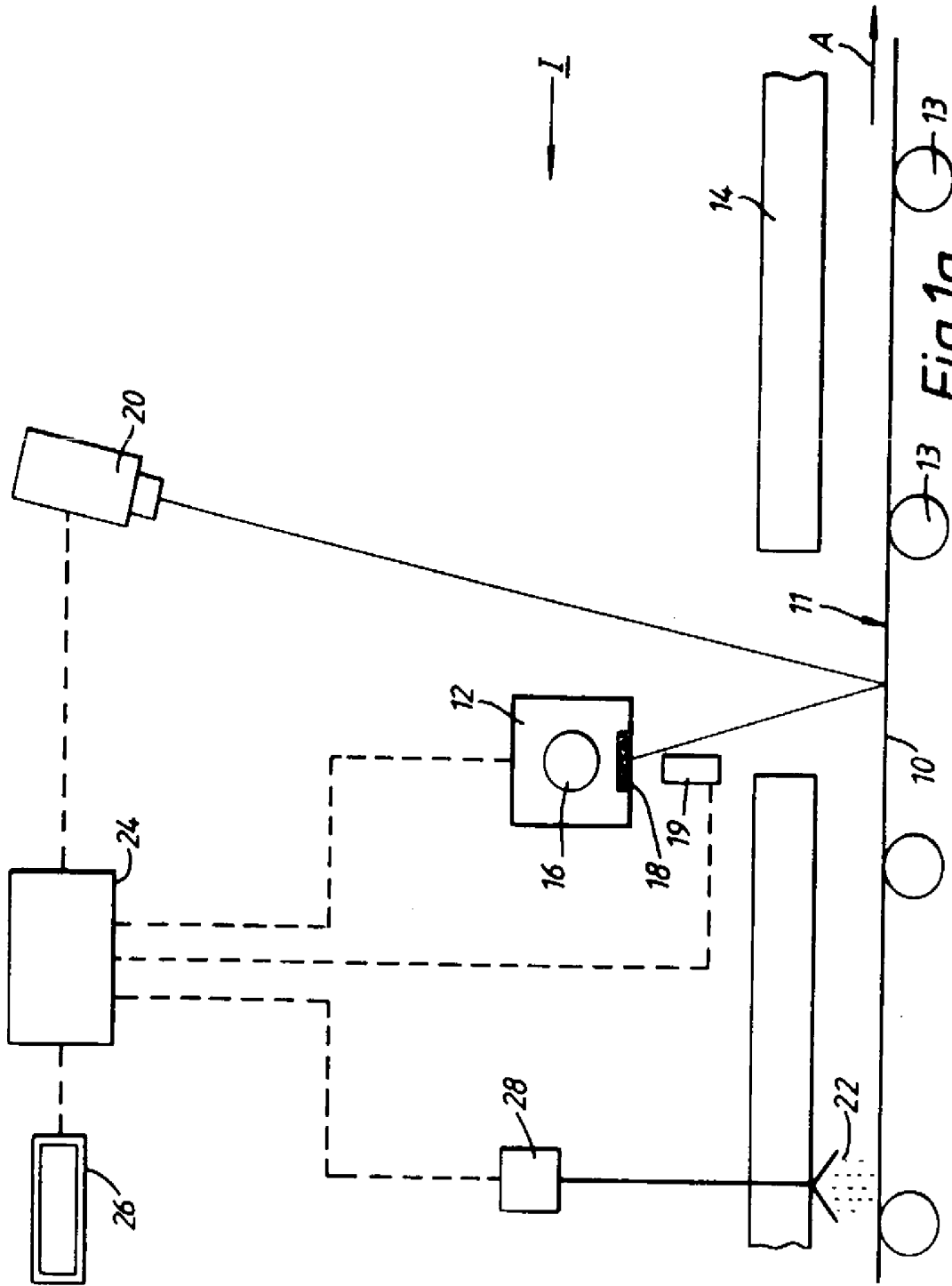


Fig. 1a

2 8 4 8 9 11
 01500
 15 IX 93
 66 XI 51
 003700
 003700
 003700

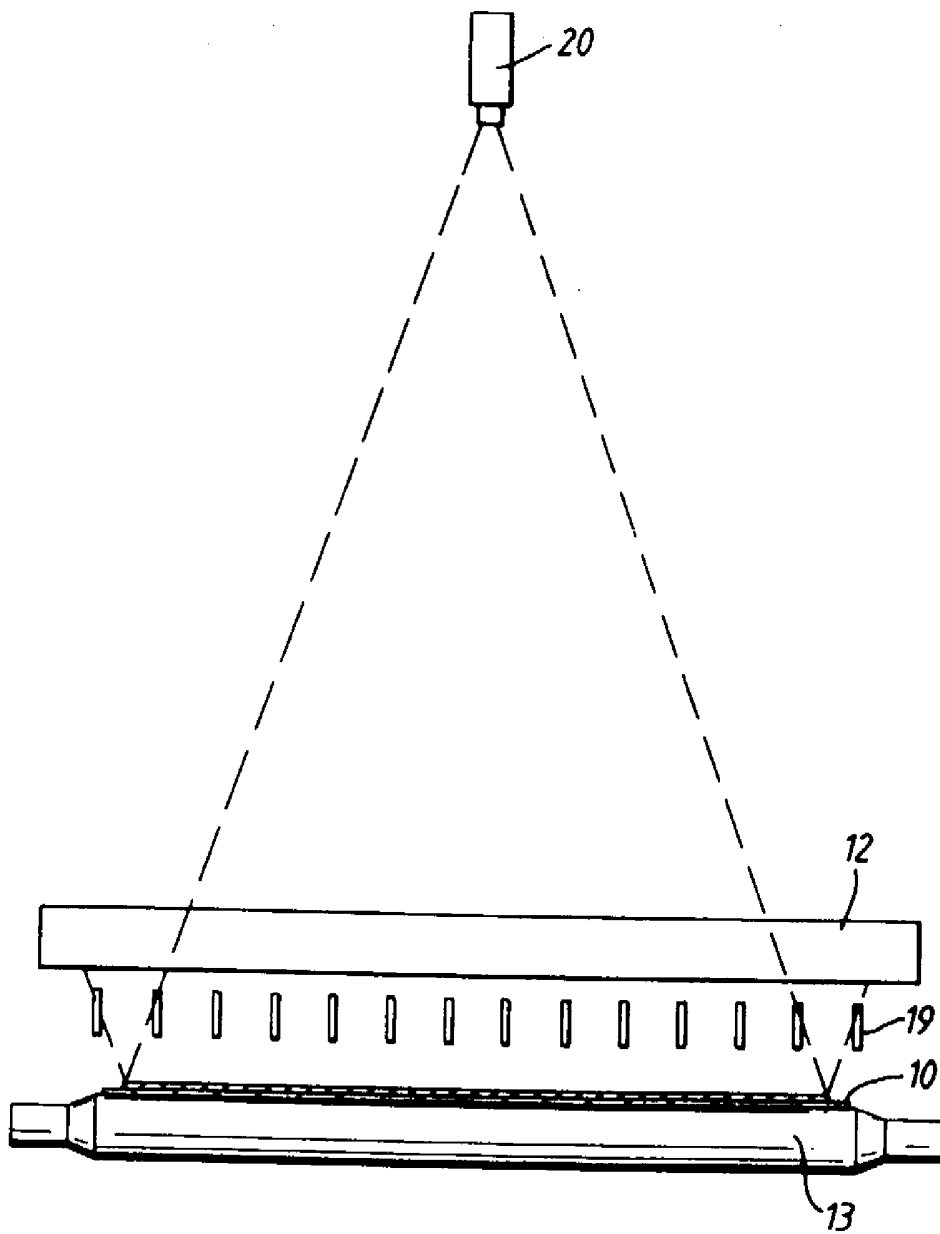


Fig. 1b

63.
 P O S T A L
 30810
 15 IX 93
 D
 11.10
 11.10
 P. 11.10

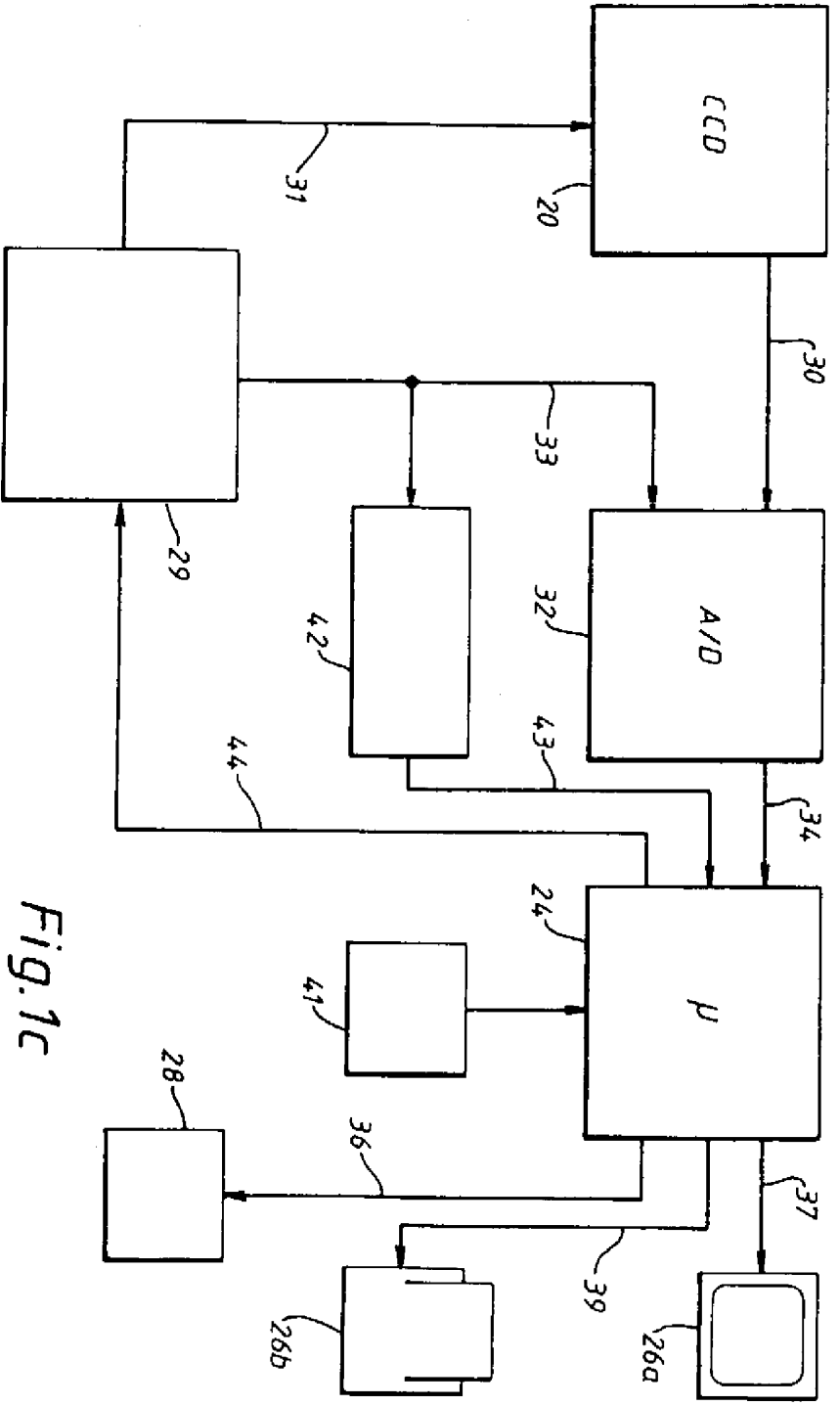


Fig. 1c

66 XI 5 L
 015000
 R E F E R E N C E S
 FIG. 1

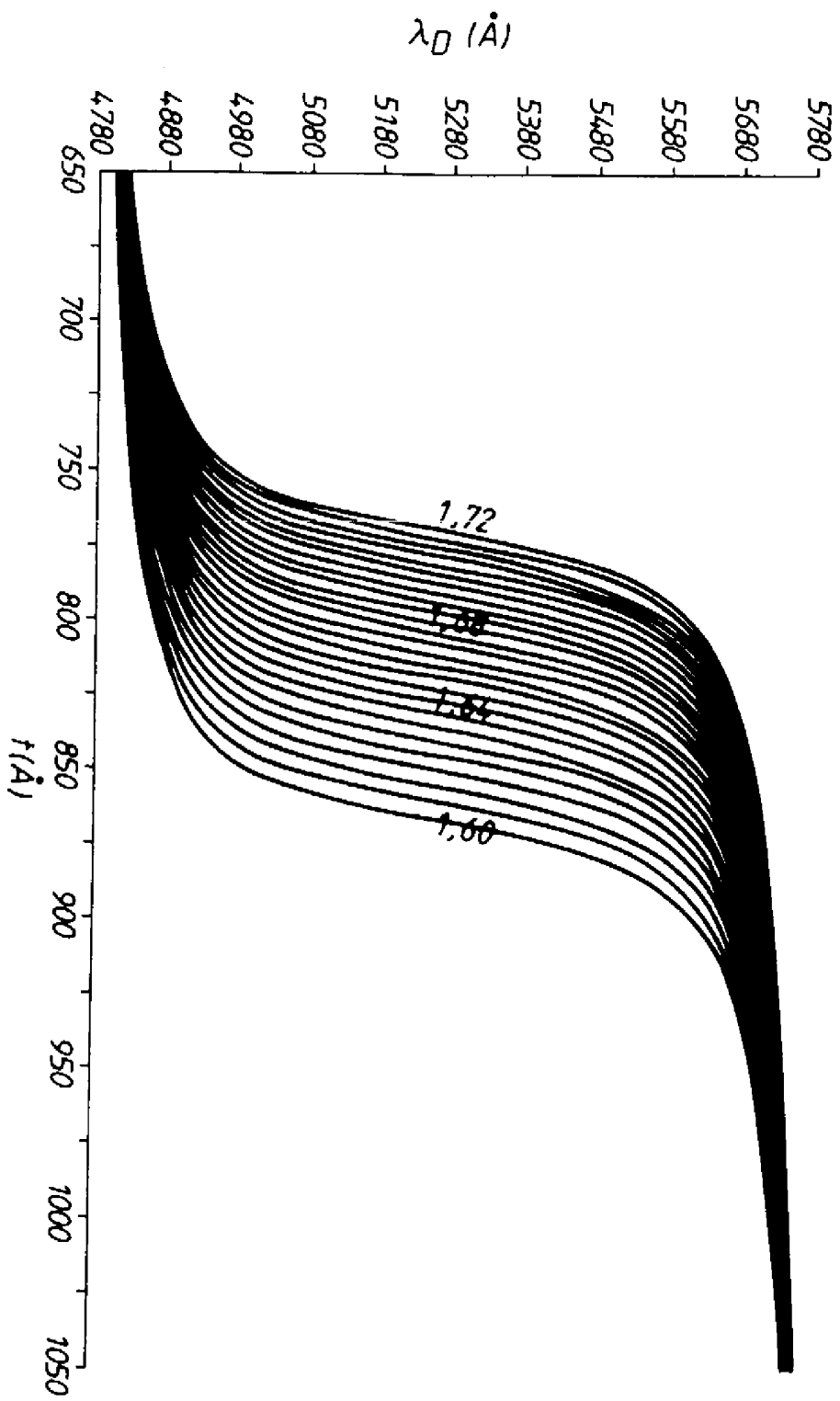


Fig. 2

289900
 083
 56 X 15
 289900
 083

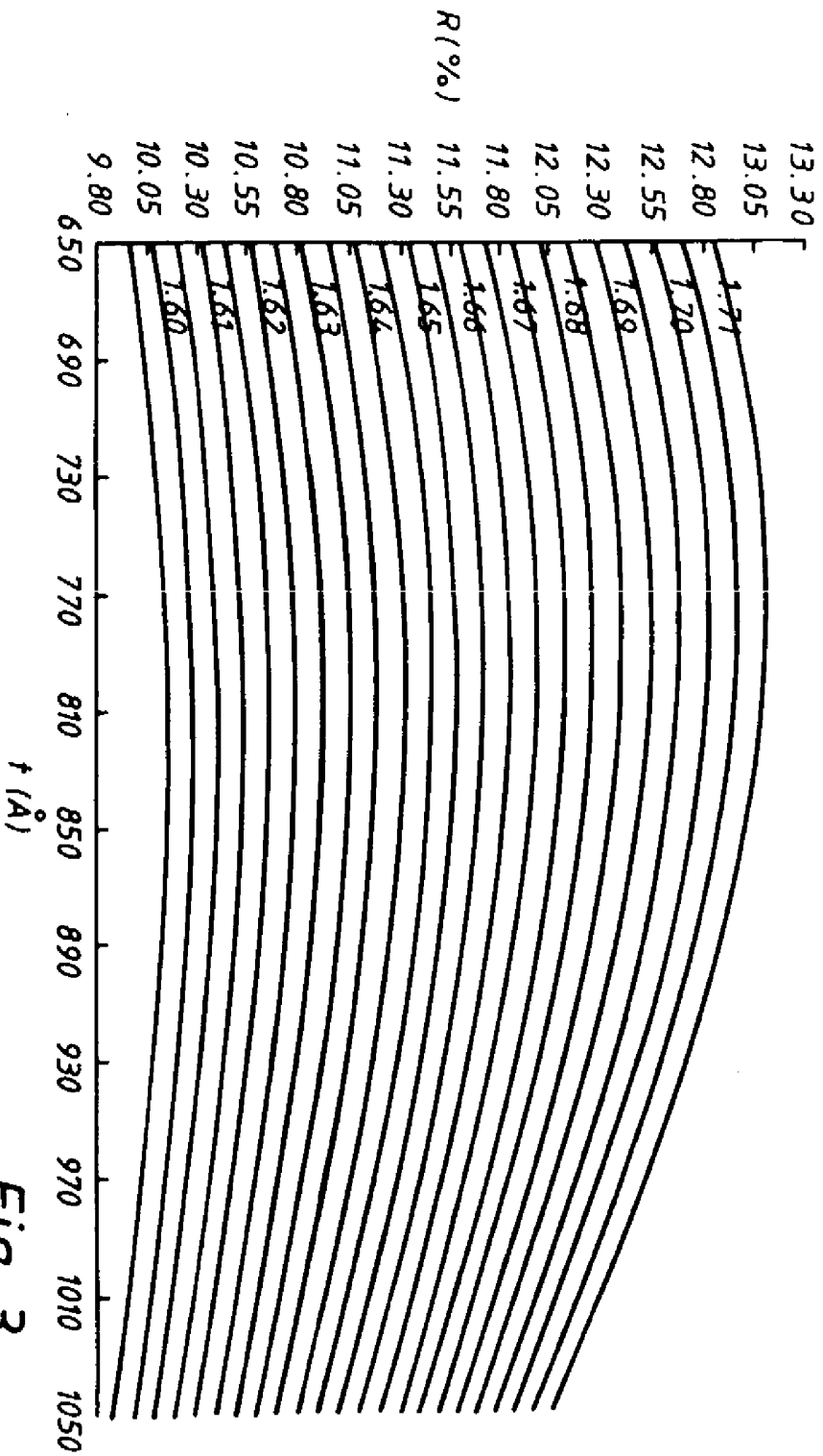


Fig. 3

66 XI 51
 01800
 28588g
 1g