
Octrooiraad



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8001784**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Zonnecel met ontspiegelingslaag en kontakten en de vervaardigingswijze daarvan.**
- ⑤1 Int.Cl.: H01L31/18, H01L21/60, G02B1/10, H01L21/32, H01L31/02.
- ⑦1 Aanvrager: Solarex Corporation te Rockville, Maryland, Ver. St. v. Am.
- ⑦4 Gem.: Ir. A. Siedsma c.s.
Octrooibureau Arnold & Siedsma
Sweelinckplein 1
2517 GK 's-Gravenhage.

-
- ②1 Aanvraag Nr. 8001784.
- ②2 Ingediend 26 maart 1980.
- ③2 Voorrang vanaf 28 maart 1979.
- ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 24784 .
- ②3 --
- ⑥1 --
- ⑥2 --

-
- ④3 Ter inzage gelegd 30 september 1980.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Zonnecel met ontspiegelingslaag en kontakten en de vervaardigingswijze daarvan.

De uitvinding heeft betrekking op een zonnecel met kontakten in rooster- of andere vorm aan de voorzijde, welke cel is voorzien van een ontspiegelingslaag voor een grotere concentratie van het licht, opdat het wordt ge-
5 absorbeerd en niet teruggekaatst.

Van de in de Nederlandse octrooiaanvraag 80.00273 beschreven zonnecellen is het basisch materiaal, bijvoorbeeld monokristallijn silicium, verontreinigd met een geschikte verontreiniging teneinde aan de wafel een p+ of
10 n-geleidingseigenschap te verschaffen. In de verontreinigde wafel wordt dan een verontreiniging van een geleidingstype, dat tegengesteld is aan dat van de eerste verontreinigingen, gedefendeerd of anderszins aangebracht ter verschaffing van een p-n overgang bij of in de buurt van het lichtontvangende
15 voorvlak van de wafel. Indien het voorvlak door licht wordt getroffen worden in het silicium elektron/holte-paren opgewekt. Vanwege de aanwezigheid van de p-n overgang, waarmee zowel een p-n, als een n-p overgang wordt bedoeld, bewegen de elektronen zich naar één van de hoofdvlakken van de cel
20 en de holten naar het andere hoofdvlak. In een gebruikelijke n-p cel lopen de elektronen naar het lichtontvangende voorvlak van de cel en de holten naar het achtervlak. Voor het doen fungeren van de cel dienen aan voor- en achtervlak van de cel elektrische kontakten aangebracht te worden, zodat
25 door het licht gegenereerde elektronen uit de cel kunnen worden geleid en, na arbeid verricht te hebben, naar de cel teruggevoerd teneinde de kring te sluiten.

In voornoemde octrooiaanvraag zijn voorstellen gedaan voor het ondervangen van veel problemen, die
30 verband houden met het aanbrengen van een elektrisch geleidende rooster op het oppervlak van een fotocel. Er is een werkwijze beschreven, waarbij een kontaktorgaan op het oppervlak van een fotocel wordt aangebracht door het vormen van

deeltjes elektrisch geleidend materiaal, gewoonlijk een metaal, bij een hogere temperatuur dan de legeringstemperatuur van het materiaal en silicium, bij gebruik van silicium als basismateriaal. De deeltjes worden op het oppervlak van de cel vanaf een zodanige afstand gesproeid, dat ze het oppervlak bereiken bij een temperatuur, waarbij ze zich aan het silicium of ander basismateriaal van de cel kunnen hechten. Bij het aanbrengen van het kontakt komt het elektrische kontakt tussen het silicium en het kontaktmateriaal bij voorkeur zonder het optreden van een legering in de diepte tot stand. Er kan een echte legering plaatsvinden. Echter is de uitdrukking "legering" niet beperkt tot de strikt technische definitie, doch omvat ook de hechting bij betrekkelijk lage temperaturen, in welk geval het legeren beter aangeduid kan worden met sinteren. Zulke sproeiwijzen staan bekend als vlamsproeien, boogsproeien of plasmasproeien. De drie werkwijzen hebben dit echter gemeen, dat fijne deeltjes, atomen of ionen van een metaal, zoals aluminium, in de richting van het werkvlak, in dit geval van een zonnecel, worden gericht. Voornoemde drie sproeiwijzen worden dan ook niet apart behandeld, doch hierbij mede betrokken.

Hoewel de in voornoemde octrooiaanvraag beschreven werkwijzen de gebruikelijke problemen bij het aanbrengen van kontakten vermijden, zijn ze niet speciaal gericht tegen problemen, die inherent zijn aan het aanbrengen van elektrische kontakten op zonnecellen met een ontspiegelingslaag. Wat betreft de werkwijze voor het aanbrengen van een ontspiegelingslaag op een zonnecel wordt verwezen naar de Amerikaanse octrooischriften 740.670 (1976) en 838.093 (1977), welke octrooiaanvragen, evenals bijvoorbeeld de Amerikaanse octrooischriften 3.533.850 en 3.922.774, betrekking hebben op het aanbrengen van zulke ontspiegelingslagen op cellen. In voornoemde eerstgenoemde octrooiaanvragen is een nieuwe werkwijze voor de vorming van een ontspiegelingslaag van Ta_2O_5 op een cel beschreven.

Bekend mag worden verondersteld, dat de brekingsindex van het silicium van een zonnecel ten opzichte van lucht circa 4,0 bedraagt. Een groot gedeelte van het

licht wordt dan ook door de zonnecel weerkaatst. Bekend is, dat bepaalde materialen, bekleed op een zonnecel, vooral op het lichtontvangende voorvlak daarvan, de benodigde brekingsindex verschaffen om de reflectie te verminderen zonder het
5 fungeren van de zonnecel nadelig te beïnvloeden. Bekend is, dat de brekingsindex van een ontspiegelingslaag voor zonnecellen bij voorkeur meer dan 2 bedraagt, Hoewel ontspiegelingslagen uit titaandioxide, tantaaloxide, ceriumoxide, niobiumoxide, zinksulfide of tinoxide kunnen bestaan, gaat
10 de voorkeur uit naar tantaaloxide. Voor de uitvinding wordt echter verondersteld, dat de desbetreffende ontspiegelingslaag niet van kritisch belang is, hoewel de hier vermelde proeven op tantaaloxide zijn geconcentreerd.

Desondanks zijn er enige problemen bij het
15 aanbrengen van kontakten op een cel met een ontspiegelingslaag op het lichtontvangende oppervlak. Zo wordt gewoonlijk een laag tantaal of tantaalpentoxyde op het lichtontvangende oppervlak aangebracht door een elektronenstraalverdamping van één van voornoemde stoffen of, volgens een aspect van
20 voornoemde octrooiaanvragen, een mengsel daarvan. Echter leent een werkwijze voor het aanbrengen van een materiaal in vacuum zich niet voor een doorlopende bewerking, alleen omdat er tijd nodig is voor het trekken van het vacuum, aanbrengen van de laag, opheffen van het vacuum en verwijderen
25 van de charge uit de kamer. Zulk een aanbrengen van een laag in vacuum is dan ook weinig geschikt voor de produktie van betrekkelijk goedkope fotocellen.

Een aspect van de octrooiaanvraag 80.00274 is het vermijden van het in vacuum aanbrengen van elektrische
30 kontakten op onder andere het voorvlak van een cel. Daar het aanbrengen van een laag tantaalpentoxyde of een andere ontspiegelingslaag op hetzelfde voorvlak gewoonlijk eveneens in vacuum geschiedt dient ook deze wijze van aanbrengen van de ontspiegelingslaag vermeden te worden. Welliswaar zijn
35 er andere bekende wegen voor het aanbrengen van de ontspiegelingslaag of tenminste uitvoerbare werkwijzen, bijvoorbeeld opslingeren, sproeien met een fijn mondstuk, bekleden met een raster, en dergelijke, vereisen ze allen een schoon en

betrekkelijk glad oppervlak, waaraan de ontspiegelingslaag dient te hechten. Terwijl dus bijvoorbeeld het opslingeren een geschikte wijze is voor het aanbrengen van de ontspiegelingslaag op een zonnecel, worden moeilijkheden ondervonden
5 indien de elektrische kontakten reeds op de cel zijn aangebracht en wel omdat het te bekleden oppervlak is onderbroken door de opstaande kontakten. Bovendien dient na het aanbrengen de ontspiegelingslaag bij betrekkelijk hoge temperaturen, bijvoorbeeld $400-800^{\circ}\text{C}$, gebakken te worden teneinde het
10 tantaal in de bekledingsoplossing geheel te oxideren. Bij zulke hoge temperaturen plegen de reeds aangebrachte metaalkontakten veranderingen te ondergaan, hetgeen ten koste kan gaan van de doelmatigheid van de cel, blijkbaar vanwege de beschadiging van de p-n overgang.

15 Daar komt nog bij, dat, indien elektrische kontakten, bijvoorbeeld aluminium, in de vorm van een netwerk of rooster, op een normale wijze op het lichtontvangende oppervlak van een zonnecel, zelfs indien zulks volgens de NOA 80.00274 door sproeien met een boog of vlam geschiedt,
20 er een tegenstroom in de diode optreedt, hetgeen tot een verlaging van de spanning van de fotocel pleegt te leiden. Door de elektrische kontakten bedekte oppervlakken van de zonnecel plegen een hoge omkeerstroom te vertonen, zodat het kontaktoppervlak zo klein mogelijk gemaakt dient te worden,
25 bijvoorbeeld door het verschaffen van punt-kontakten tussen het metaal en het halfgeleidermateriaal. Op die wijze wordt de tegenstroom verminderd zonder de elektrische geleidbaarheid negatief te beïnvloeden.

De uitvinding verschaft dan ook een zonnecel en een vervaardigingswijze daarvoor, waarbij de ontspiegelingslaag op een andere wijze geschiedt dan door opdampen, hetgeen chargegewijs dient te geschieden. Volgens de uitvinding geschiedt het aanbrengen van de ontspiegelingslaag, die bij hogere temperaturen dient te worden gebakken
35 ter volledige oxidatie van het bekledingsmetaal, voor het bekleden van het elektrische kontakt. Volgens nog een ander aspect van de uitvinding worden de elektrische kontakten op het oppervlak van de zonnecel aangebracht zonder van een

vacuum gebruik te maken, bij voorkeur zodanig, dat ze niet continu met het celoppervlak worden verbonden.

De werkwijze van de uitvinding bestaat uit het aanbrengen van een ontspiegelingslaag op het lichtont-
5 vangende oppervlak van de cel, bij voorkeur niet in vacuum, waarna op het beklede oppervlak deeltjes van een bij hoge temperatuur smeltend metaal op het beklede oppervlak worden gespreoid enwel vanaf zulk een afstand en bij zulk een tempe-
ratuur, dat de gespreide deeltjes in aanraking komen met
10 de ontspiegelingslaag, deze doordringen tot het silicium van de cel onder vorming van punt-kontakten met het silicium.

Indien het oppervlak, waarop de ontspiege-
lingslaag en de elektrische kontakten in de vorm van een
rooster of netwerk dienen te worden aangebracht, het voor-
15 vlak van de cel is dient de temperatuur, waarbij de deeltjes op de cel worden aangebracht, zodanig te zijn, dat de daar-
onder gelegen p-n overgang nagenoeg niet wordt beschadigd. Ook wordt in zulk een overgang een masker gebruikt voor het
verschaffen van de bekleding in een roosterpatroon. Een
20 geschikte wijze voor het verschaffen van een masker is het aanbrengen van een verf of inkt op die delen van de ont-
spiegelingslaag, die niet in aanraking dienen te komen met de warme deeltjes van het kontaktmateriaal. Bij deze uit-
voeringsvorm, waarbij een negatief masker wordt gebruikt,
25 wordt het kontaktmateriaal op de niet-geverfde delen van de ontspiegelingslaag aangebracht en doordringt het de laag tot de deeltjes in aanraking komen met het voorvlak van de cel. De ontspiegelingslaag wordt bij voorkeur door spinnen aangebracht, verwarmd ter verwijdering van het oplosmiddel
30 en dan gebakken teneinde de laag aan het celoppervlak te doen hechten en de oxidatie af te maken.

Van de verkregen fotocel is de ontspiege-
lingslaag aan het lichtontvangende voorvlak gebonden. Bij
voorkeur bestaat de ontspiegelingslaag uit tantaalpentoxide.
35 Op en verbonden aan de ontspiegelingslaag bevindt zich een rotor of netwerk van elektrisch geleidend materiaal, dat, in de vorm van van elkaar gelegen delen, zich over de gehele ontspiegelingslaag uitstrekt en het lichtontvangende opper-

vlak van de cel raakt. Bij deze constructie zijn ook de opstaande delen van de elektrische kontakten bij voorkeur niet bedekt met de ontspiegelingslaag. Zo wordt een cel verkregen, waarvan de omkeerstroom tot een minimum wordt beperkt, terwijl het aanbrengen van de ontspiegelingslaag en de elektrische kontakten niet in vacuüm is geschied.

De uitvinding zal verder worden beschreven aan de hand van de in het volgende te noemen tekeningen.

Figuur 1 is een perspectiefisch aanzicht van een wafel van silicium met daarop een ontspiegelingslaag;.

Figuur 2 is een perspectiefisch aanzicht, gedeeltelijk afgebroken, van de wafel van figuur 1 met daarop een masker;

Figuur 3 toont de wafel van figuur 2 met een elektrisch geleidend contact op de niet met verf bedekte zones (figuur 2) na verwijdering van de verf; en

Figuur 4 is een doorsnede-aanzicht van een cel van de uitvinding langs de lijn IV-IV van figuur 3.

Figuur 1 bevat een wafel 10 van silicium, waarop aan de voorzijde kontakten dienen te worden aangebracht, een siliciumwafel 11, waarin een p-n overgang (niet getekend) is gevormd. Op het gehele lichtontvangende voorvlak 12 van de wafel 10 is een ontspiegelingslaag 13 aangebracht.

Bij een gewenste uitvoeringsvorm van de uitvinding geschiedt het aanbrengen van de ontspiegelingslaag op een slingerschijf, waarbij een weinig vloeistof op een op de schijf bevestigde cel wordt gedruppeld en de schijf met een snelheid van circa 3000-4000 opm wordt geroteerd onder achterlating van een gelijkmatige ontspiegelingslaag op het oppervlak van de cel. Voornoemde vloeistof is een oplossing, die onder de merknaam TA-151 van Allied Chemical Corp. is te betrekken. De ontspiegelingslaag wordt dan circa 15 seconden bij circa 9°C gedroogd en dan 60 seconden bij circa 450°C gebakken teneinde al het tantaal in het handelsprodukt in tantaalpentoxyde om te zetten en de ontspiegelingslaag stevig aan het oppervlak van de wafel te doen hechten. De optimale dikte van de ontspiegelingslaag bij gebruik van

800 1784

TA-151 (een tantaalhoudende oplossing) bedraagt 600 Å, als-
zijnde een kwart van de desbetreffende golflengte. Voor het
verschaffen van voornoemde dikte dient driemaal geslingerd
te worden. Hoewel het aanbrengen van de ontspiegelingslaag
5 door sproeien of met een raster kan geschieden gaat de
voorkeur uit naar het opslingeren, vooral indien, als in
dit geval, het te bekleden oppervlak nagenoeg schoon en niet
onderbroken (bijvoorbeeld door kontakten) is.

Ter vorming van een elektrisch kontakt aan
10 de voorzijde van de cel in de vorm van een rooster of net-
werk kunnen veel typen maskers gebruikt worden, bijvoorbeeld
een schaduwmasker of fotolithografisch masker. In dit geval
gaat de voorkeur uit naar het gebruik van een negatief ras-
ter, hetgeen wil zeggen, dat de verf of inkt op de ontspie-
15 gelingslaag 13 wordt aangebracht via een raster ter vorming
van zones, die niet door het kontakt dienen te worden bedekt.
Als bij wijze van voorbeeld in figuur 2 getoond is verf
aangebracht op de ontspiegelingslaag 13 onder het daarop
vormen van opstaande stroken 14 van verf. Door boog-, vlam-
20 of plasmasproeien wordt dan op dezelfde wijze als in NOA
80.00274 een elektrisch geleidend kontaktmateriaal, bij
voorkeur aluminium, op de niet-bedekte zones van de ontspie-
gelingslaag 13 aangebracht. Nadat het kontaktmateriaal is
afgekoeld wordt de gehele wafel in een oplosmiddel voor de
25 verf, in dit geval aceton, gedompeld met het in figuur 3
getoonde resultaat. Het op de laag 13 aangebracht kontakt-
materiaal is bij wijze van voorbeeld in de vorm van lang-
gerekte vingers 15, elk eindigend bij een collector-strook
16. Op die wijze is een elektrisch kontakt gelegeerd of
30 tenminste verbonden met het een ontspiegelingslaag 13 bevat-
tende oppervlak van de zonnecel.

In vorenstaande is als inkt of verf PR-1000
van Wornow Products gebruikt en als boogsproei-inrichting
die van Tafa Thermal Spray Equipment. Het pistool is van
35 het model 375 EFS, de regelapparatuur van model 47-51 en de
energiebron van model 30-8A. De bewerking is geschiedt met
een luchtdruk van 6,3 kg/cm² en met een spanning en stroom-
sterkte van resp. 38 volt en 25 ampère. Het aanbrengen is

800 1784

geschied door circa 20-30 maal sproeien gedurende telkens 1,5 sec. Gedurende het boogsproeien is het pistool op een afstand van circa 40,6-50,8 cm van de cel gehouden.

Het resultaat is een zonnecel 17 (figuur 4),
5 waaraan slechts de achterkontakten en verbindingsdraden ontbreken. De cel 17 bestaat dus uit een siliciumwafel 11 met een p-n overgang 18 in de buurt van het voorvlak 12. In figuur 4 is de begrenzing van de collector 16 aangegeven met een stippellijn 19. Als op de figuur te zien dringen de
10 finger 15 en de collector 16 op op afstanden van elkaar gelegen plaatsendoor de ontspiegelingslaag 13 heen onder vorming van punt-kontakten 20 met het voorvlak 12 van de wafel 11.

Als eerder vermeld is de wijze van verproei-
15 en ter verschaffing van de fingers 15 en de collector 16 op de ontspiegelingslaag meer in bijzonderheden in voornoemde octrooiaanvraag 80.00274 beschreven. Hoewel daarin aluminium als het gewenste materiaal wordt beschouwd kunnen ook andere elektrisch geleidende materialen gebruikt worden. Het pistool,
20 waaruit de gesmolten metaaldeeltjes worden gespreeid, dient op een zodanig afstand van de wafel en de ontspiegelingslaag daarvan gehouden te worden, dat het in figuur 4 afgebeelde resultaat wordt verkregen, welke afstand wordt bepaald door het gebruikte materiaal en de temperatuur, tot
25 welke het materiaal wordt verwarmd.

Aangezien de Nederlandse octrooiaanvraag 80.00274 hierbij wordt betrokken, zal ze niet in het geheel herhaald worden. Er wordt enkel opgemerkt, dat uiteraard andere materialen dan aluminium voor de elektrische kontakten
30 gebruikt kunnen worden, evenals andere maskeringsmiddelen dan een verf. Voor de uitvinding is het echter van belang, dat het elektrisch geleidende kontaktmateriaal zich niet alleen aan de ontspiegelingslaag op het lichtontvangende voorvlak van de cel dient te hechten, doch ook voornoemde
35 laag geheel doordringt tot de siliciumwafel 11 van de cel. Op die wijze wordt het elektrische kontaktmateriaal niet alleen stevig met de cel verbonden, doch is het ook niet bedekt met de ontspiegelingslaag, terwijl het op van elkaar

gelegen plaatsen kontakt maakt met de siliciumwafel onder het verkleinen van de omkeerstroom. De ontspiegelingslaag en de voor-kontakten hoeven niet in vacuum te worden aangebracht, hoewel wat betreft de ontspiegelingslaag zulks niet hoeft
5 te worden uitgesloten. Het laatste geval wordt dan ook beschouwd als zijnde binnen het kader van de uitvinding te vallen.

Er wordt verder nog op gewezen, dat de in vorenstaande beschreven uitvoeringsvormen vatbaar zijn voor
10 verbeteringen en modificaties, die binnen het kader van de uitvinding vallen.

CONCLUSIES

1. Werkwijze voor het aanbrengen van een elektrisch geleidend contact op het van een ontspiegelingslaag voorziene lichtontvangende oppervlak van een fotocel van silicium, gekenmerkt door het vormen van deeltjes van metaal bij een hogere temperatuur dan de legeringstemperatuur van het metaal en het silicium en het versproeien van de deeltjes in de richting van het oppervlak enwel vanaf een zodanige afstand, dat de deeltjes in aanraking komen met de ontspiegelingslaag, deze doordringen en in elektrisch contact komen met het lichtontvangende oppervlak.

2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat onder en dichtbij het lichtontvangende oppervlak van de cel zich een p-n overgang bevindt en de deeltjes in aanraking komen met het oppervlak en daarmee een legering vormen bij een temperatuur, waarbij de deeltjes niet voldoende door het oppervlak dringen om de p-n overgang noemenswaardig te beschadigen.

3. Werkwijze volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat een maskeringsmiddel wordt gebruikt teneinde de deeltjes in een patroon op de ontspiegelingslaag aan te brengen, dat een klein oppervlak van de laag bedekt.

4. Werkwijze volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat het maskeringsmiddel bestaat uit een verf, die op die zones van de ontspiegelingslaag wordt aangebracht, die niet in aanraking dienen te komen met de deeltjes.

5. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het aanbrengen van de ontspiegelingslaag geschiedt door slingeren op een roterende schijf.

6. Werkwijze volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat het maskeringsmiddel bestaat uit een schaduwmasker.

7. Fotocel met een voorvlak voor het ontvangen van licht, met het kenmerk, dat het voorvlak is bedekt en voor een groot gedeelte is verbonden met een ontspiegelingslaag, een klein deel waarvan is bedekt met een

elektrisch kontakt met delen, die dwars door de ontspiegelingslaag heen lopen en via welke het elektrisch kontakt het lichtontvangende oppervlak van de cel raakt.

8. Fotocel volgens conclusie 7,

- 5 met het kenmerk, dat het elektrische kontakt bestaat uit lineaire segmenten, tenminste één waarvan op op bepaalde afstanden van elkaar gelegen plaatsen in elektrisch kontakt is met het lichtontvangende oppervlak van de cel.

9. Fotocel volgens conclusie 8,

- 10 met het kenmerk, dat het kontakt aan de bovenzijde blootligt en de ontspiegelingslaag op het kontakt aansluit, doch dit aan de bovenzijde niet bedekt.

10. Fotocel volgens conclusie 8,

- 15 met het kenmerk, dat de ontspiegelingslaag uit tantaalpentoxide bestaat.

11. Inrichting, voorzien van tenminste één fotocel van conclusies 7-9 of die, verkregen met de werkwijze van conclusies 1-6.

Fig:1

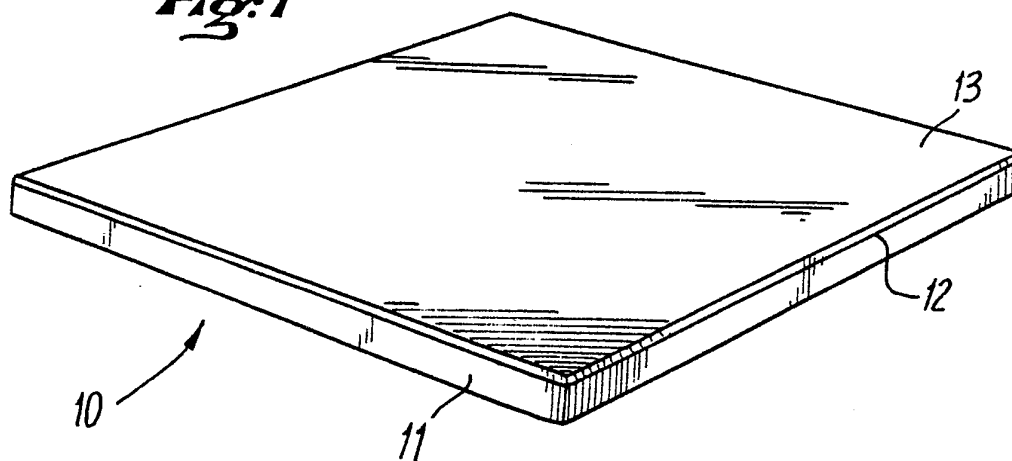


Fig:2

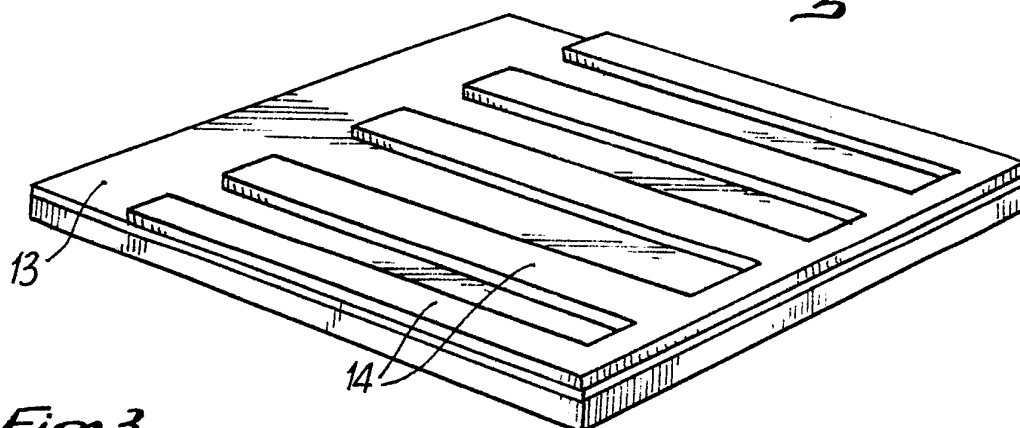


Fig:3

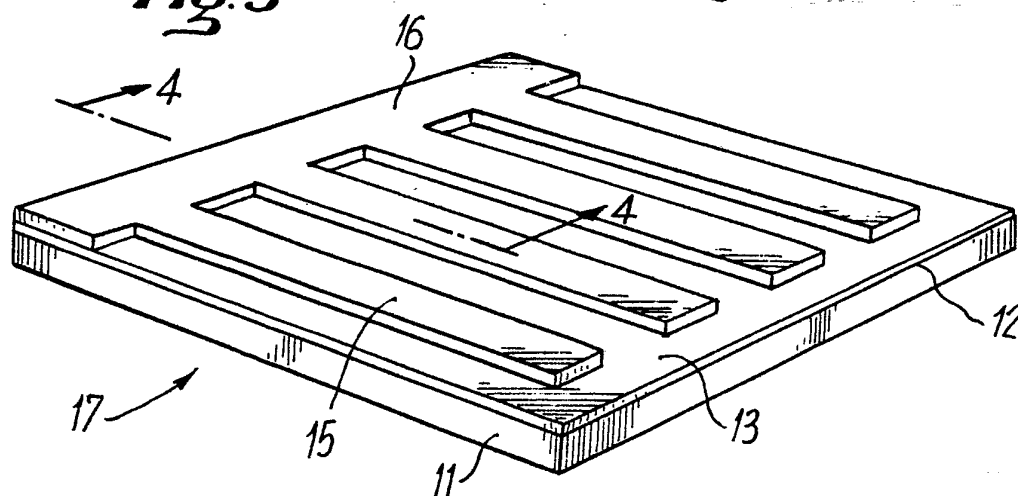
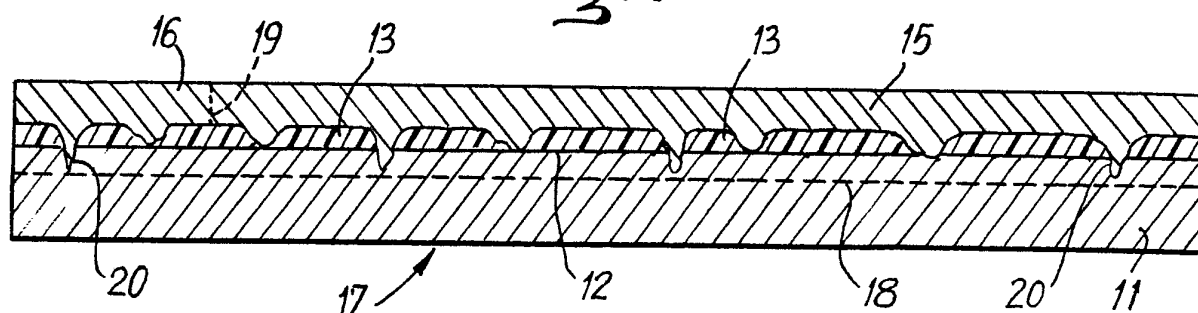


Fig:4



8001784