



NORGE

(12) **UTLEGNINGSSKRIFT**

(19) NO

(11) **175799**

(13) B

(51) Int Cl<sup>5</sup> H 01 L 31/0216, 31/18, 23/29

## Styret for det industrielle rettsvern

(21) Søknadsnr	883361	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	29.07.88	(85) Videreføringdag	
(24) Løpedag	29.07.88	(30) Prioritet	30.07.87, DE, 3725338
(41) Alm. tilgj.	31.01.89		
(44) Utlegningsdato	29.08.94		

(71) Patentsøker	Nukem GmbH, Rodenbacher Chayssee 6, D-6450 Hanau (Main 11), DE
(72) Oppfinner	Hans Huschka, Hanau, DE Winfried Hoffmann, Hanau, DE
(74) Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, Oslo

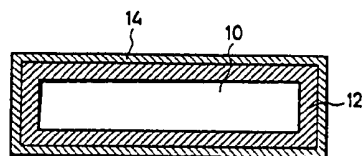
(54) **Benevnelse** Innkapslet fotoelektrisk element og fremstilling av dette

(56) **Anførte publikasjoner** Ingen

(57) **Sammendrag**

Ved en innkapsling for et fotoelektrisk element (10) er minst dets frie ytterflate forsynt med et sjikt (12) av en dielektrisk silisiumforbindelse og med et sjikt (14) av carbon.

Ved en innkapslingsprosess for et fotoelektrisk element blir en dielektrisk silisiumforbindelse ved plasma- hhv. mikrobølgeunderstøttet utskilling fra gassfase påført på det fotoelektriske element i form av silisiumnitrid- eller -oxynitridsjikt ved maksimalt 500° C for det fotoelektriske element og et amorft carbonsjikt påført ved maksimalt 200° C for det fotoelektriske element.



Denne oppfinnelse angår en innkapsling av et fotoelektrisk element så som solcelle eller solcellemodul, hvorved i det minste dets frie ytterflate er dekket med et transparent beskyttelsessjikt som består av en dielektrisk silisiumforbindelse, så vel som en fremgangsmåte for gjennomføring av en slik innkapsling.

Solceller eller moduler som består av slike eller paneler for fotoelektrisk strømfremstilling blir brukt såvel utendørs som innendørs. Hovedanvendelsesområdet er imidlertid benyttelse i det fri, f.eks. til energifremstilling for eneboliger, pumper, kjøleaggregater, båter og lignende. Betinget av dette er de utsatt for mange forstyrrelser på grunn av f.eks. vær, støv, smuss og lignende. På grunn av dette må de strømfremstillende og -avledende deler og koblinger mellom de enkelte celler være beskyttet mot slike påvirkninger. Det er kjent at solceller innkapsles ved påklebing av spesialglass- eller kvartsglasskiver, transparent kunststoff eller med kunststoffbesjiktete metallfolier på baksiden av cellen. Disse tildekningsplater hvorimellom solcellene ligger, innfattes i en ramme og tettes. Mellom tildekningsplatene og cellene kan det i tillegg bringes inn transparente organiske materialer. Materialutvalget må derved foretas under følgende synspunkter:

- gode optiske egenskaper (permeabilitet, brytningsindeks), som ikke må bli dårligere på grunn av bestråling med sollys,
- mekaniske og termiske egenskaper (bruddfasthet, slagfasthet, temperaturbestandighet, termisk utvidelse, tetthet),
- motstandsevne mot mekaniske og kjemiske påvirkninger (erosjon, korrosjon, forurensning),
- motstandsevne mot alle værbetingelser.

Slike innkapslingsteknikker oppviser betydelige ulemper som oppstår såvel på grunn av det høye antall av de benyttede forskjellige materialer som kommer i berøring med hverandre, som også på grunn av den kompliserte og omstendelige fremstillingsteknologi. Derved dukker tilleggsproblemer opp når størrelsen på de flater som skal kapsles inn henholdsvis forsegles, øker. Eppersom kompromisser må inngås ved materialutvelgelsen, opptrer dessuten en bruddfare for glasset eller

en ubestandighet hos det organiske materiale mot lys- og om-  
givelsesinnflytelser gjennom lengre tid. De forskjellige ter-  
miske egenskaper til de materialer som grenser mot hverandre  
kan også føre til brudd og skader på de fotoelektriske celler  
5 og moduler hvis de ved bruk utsettes for sterke temperatur-  
forandringer.

Det er den foreliggende oppfinnelses oppgave å stille  
til disposisjon en innkapsling av et fotoelektrisk element av  
den type som beskrevet innledningsvis, som viser høy mot-  
10 standsevne mot mekaniske og kjemiske påvirkninger og mot vær-  
påvirkninger, hvorved samtidig gode optiske, mekaniske og ter-  
miske egenskaper skal være sikret. Fremstillingsteknikken for  
innkapslingene skal også være enkel og rimelig.

Oppgaven løses ifølge oppfinnelsen derved at det  
15 fotoelektriske elements ytterflate er dekket med to sjikt som  
er anordnet over hverandre, hvorav det ene sjikt består av den  
dielektriske silisiumforbindelse og det andre sjikt består av  
karbon.

Sjiktene er blitt anbrakt i det minste på den frie  
20 ytterflate av det fotoelektriske element ved temperaturer  
under 500°C. Det ytre sjikt består fortrinnsvis av karbon og  
det innenforliggende av den dielektriske silisiumforbindelse,  
fortrinnsvis av silisiumnitrid eller silisiumoksynitrid.  
Ifølge en utførelsesform er tykkelsen av hvert enkelt av sjik-  
25 tene mindre enn 10  $\mu\text{m}$ , hvorved summen av begge sjikt bør være  
mindre enn 15  $\mu\text{m}$ . En optimal innkapsling oppnås spesielt når  
tykkelsen av karbonsjiktet er mindre enn 1  $\mu\text{m}$  og tykkelsen av  
sjiktet av silisiumforbindelsen er mindre enn 5  $\mu\text{m}$ .

En fremgangsmåte for innkapsling av et fotoelektrisk  
30 element så som solcelle eller solcellemodul, hvorved i det  
minste dets frie ytterflate dekkes med et transparent beskyt-  
telsessjikt av en dielektrisk silisiumforbindelse, utmerker  
seg ved at gjennom plasmastøttet utskillelse henholdsvis mik-  
robølgestøttet utskillelse fra en gassfase (CVD) blir den di-  
35 elektriske silisiumforbindelse påført det fotoelektriske ele-  
ment i form av silisiumnitrid- eller silisiumoksynitridsjikt  
mens det fotoelektriske element holdes på en temperatur på  
maksimalt 500°C, og et amorft karbonsjikt blir påført det  
fotoelektriske element mens dette holdes på en temperatur på

maksimalt 200°C.

Derved skjer fortrinnsvis ved dannelsen av sjiktet av amorft karbon en utskillelse i en plasmaglødeutladning ved en temperatur  $T_1$  med  $T_1 \leq 200^\circ\text{C}$ , fortrinnsvis  $60^\circ\text{C} \leq T_1 \leq 100^\circ\text{C}$ . Det  
5 krystallinske karbon blir utskilt i et mikrobølgeplasma-CVD-anlegg ved temperaturer  $T_2$  med  $T_2 \leq 1000^\circ\text{C}$ , fortrinnsvis  $750^\circ\text{C} \leq T_2 \leq 950^\circ\text{C}$ . Dersom sjiktet består av en dielektrisk silisiumforbindelse, finner det sted en utskilling fra et silan-ammoniakk-plasma ved en elementtemperatur  $T_3$  med  $230^\circ\text{C} \leq$   
10  $T_3 \leq 450^\circ\text{C}$ , fortrinnsvis  $260^\circ\text{C} \leq T_3 \leq 280^\circ\text{C}$ .

Ved fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen finner det sted en innkapsling henholdsvis forsegling av fotoelektriske elementer så som solceller eller solcellemoduler, som gir såvel korrosiv som abrasiv beskyttelse, og som eventuelt kan  
15 påføres flater av ønsket størrelse i en kontinuerlig prosess. På en måte som ikke var forutsebar opptrer det også en adhesjon såvel som kompatibilitet som uten innflytelse på transparensen viser en høy motstandsevne mot værpåvirkning, mekaniske og kjemiske påvirkninger, såvel som termiske påvirk-  
20 ninger. Produksjonsmessig oppnås den fordel at en økonomisk fremstilling av moduler med store flater blir mulig, hvorved det nesten ikke finnes grenser når det gjelder de flater som skal forsegles henholdsvis innkapsles.

På grunnlag av den følgende beskrivelse av et ut-  
25 førelseseksempel som kan tas fra tegningen, fremgår videre enkeltheter, fordeler og andre særtrekk ved oppfinnelsen.

I den eneste figur er et fotoelektrisk element (10) vist rent skjematisk. Ved det fotoelektriske element (10) kan det dreie seg om en tynnsjiktcelle på basis av amorft silisium  
30 eller andre fysikalsk sett direkte absorberende halvleder-materialer, henholdsvis tykksjiktceller på basis av mono- eller polykrystallinsk silisium eller andre på fysikalsk måte indirekte absorberende halvledermaterialer. Det fotoelektriske element er her bygd opp på kjent måte, som det for eksempel på  
35 grunnlag av flere eksempler er beskrevet i "Lipold/Trogisch/Friedrich, Soltechnik, Ernst, Verlag für Architektur und technisches Wissen, 1974".

Ifølge oppfinnelsen er solcellen (10) innkapslet over hele flaten, ifølge femstillingseksemplet ved beskyttelses-

sjiktene (12) og (14). Sjiktene (12) og (14) består ifølge oppfinnelsen av amorft karbon (a-C:H), krystallinsk karbon (c-C), amorft silisiumoksynitrid (a-SiN<sub>x</sub>:H) eller krystallinsk silisiumnitrid, som utskilles fra gassfasen på ytterflaten av det fotoelektriske element (10).

Utskillingen av sjiktene (12) henholdsvis (14) skal forklares nærmere med grunnlag i de følgende eksempler.

Eksempel A:

Den ferdige solcelle (10) - denne kan også erstattes av en solcellemodul - plasseres i et reaksjonsrom for å besjiktet med amorft karbon i en plasmaglødeutladning. For dette kobles høyfrekvens kapasitivt inn i området 2,3 til 13,56 MHz. Solcellen befinner seg på en ikkejordet elektrode og antar en forspenning  $V_e$  i området fra -10 V til -900 V. Parametrene innstilles fortrinnsvis slik at forspenningen  $V_e$  blir liggende i området - 100 V. Reaksjonsbeholderen tilsluttes en hydrokarbonkilde som f.eks. metan, etan, butan, propan, acetylen, etylen, propylen, sykloheksan, oktan, dekan, xylan, naftalen eller lignende, hvorved trykket i reaksjonsrommet innstilles på omtrent 5 Pa (=  $5 \times 10^{-5}$  bar). Utskillingsraten bør ligge i området fra 0,15 til 3 nm/s avhengig av den benyttede hydrokarbonkilde. Ved de gjennomførte forsøk var elektrodeavstanden 3 cm og høyfrekvensytelsen 1 W/cm<sup>2</sup> ved en flates tørrelse på solcellen på 100 cm<sup>2</sup>. Ved disse betingelser ble det oppnådd sjikt med tykkelse i området 0,5 til 10 µm, fortrinnsvis 1 til 2 µm, hvorved substrattemperaturen lå ved 80°C. Som resultat kunne det fastslås at det oppsto en tilstrekkelig skrapfasthet og hardhet i sjiktet (1000 Hv) ved samtidig tilstrekkelig høy båndavstand (1,8 eV) for å minimere de optiske tap. Videre utmerker de valgte arbeidsparametre seg derved at de fremstilte sjikt med en brytningsindeks på  $n = 2$  tjener som antirefleksjonssjikt.

På karbonsjiktet anbringes så et sjikt av en dielektrisk silisiumforbindelse, som eksemplvis ved følgende fremgangsmåte.

Eksempel B:

I stedet for et beskyttelsessjikt av amorft karbon ble en uinnkapslet solcelle for beskyttelse mot påvirkninger først besjiktet på alle sider med amorft silisiumoksynitrid.

For dette ble solcellen i et med pyrogen grafitt bekledd grafittskip, som befinner seg inne i et kvartsrør, utsatt for et silan-ammoniakkplasma. Gassgjennomstrømningsmengdene ble valgt til 230 cm<sup>2</sup>/min for silan og 1750 cm<sup>2</sup>/min for ammoniakk.

5 Trykket i reaksjonsbeholderen var under utskillelsen ca. 100 Pa (=0,8 torr). Solcellens temperatur (substrattemperatur) ble stilt inn mellom 200°C og 450°C, fortrinnsvis mellom 260°C og 280°C. Høyfrekvensytelsen i området mellom 50 og 500 kHz ligger mellom 50 og 1000 W/m<sup>2</sup>. Typisk resulterte 80 W/m<sup>2</sup> ved en

10 frekvens på 400 kHz. Ved disse parametre resulterte silisiumnitridsjikt med tykkelser mellom 100 og 10000 nm. Fortrinnsvis bør sjikttykkelsene ligge mellom 1000 og 1500 nm. Brytningsindeksen var 1,95, slik at resultatet ikke bare var en diffusjonssperre mot skadelige innflytelser fra omgivelsene,

15 men også et antirefleksjonssjikt.

Det påfølgende karbonsjikt kan påbringes som i eksempel A.

Eksempel C:

Ifølge et ytterligere utførelseseksempel påbringes

20 solcellen direkte silisiumnitridsjiktet med en tykkelse på mellom 1000 og 5000 nm. For å forhøye skrapefastheten og hardhetsegenskapene ble deretter et 300 til 800 nm tykt amorft karbonsjikt påbrakt. Påbringelsen av de enkelte sjikt fulgte derved i samsvar med utføringseksemplene A og B.

25 Eksempel D:

I stedet for det eksempelvis hver gang nevnte amorfe sjikt kan det også anvendes et tilsvarende krystallinsk sjikt. Den tilsvarende krystallinske sjikttykkelse må da forhøyes med faktoren 2-10, fortrinnsvis 4-6. (Sjikttykkelse for det krys-

30 tallinske silisiumnitridsjikt i området 2 og 50 µm og for det krystallinske karbonsjikt i området 0,6 og 8 µm).

P a t e n t k r a v

1. Innkapsling av et fotoelektrisk element (10) så som  
5 solcelle eller solcellemodul, hvorved i det minste dets frie  
ytterflate er dekket med et transparent beskyttelsessjikt som  
består av en dielektrisk silisiumforbindelse (12),  
k a r a k t e r i s e r t v e d at ytterflaten av det  
fotoelektriske element (10) er dekket med to sjikt (12, 14)  
10 som er anordnet over hverandre, hvorav det ene sjikt (12) bes-  
tår av den dielektriske silisiumforbindelse og det andre sjikt  
(14) består av karbon.
  
2. Innkapsling ifølge krav 1,  
15 k a r a k t e r i s e r t v e d at det ytre sjikt (14)  
består av karbon og det innenforliggende sjikt (12) består av  
den dielektriske silisiumforbindelse, fortrinnsvis av  
silisiumnitrid eller silisiumoksynitrid.
  
- 20 3. Innkapsling ifølge krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at sjiktet som består av  
karbon (14) er dannet amorft eller krystallinsk.
  
4. Innkapsling ifølge krav 1,  
25 k a r a k t e r i s e r t v e d at tykkelsen av hvert  
enkelt av sjiktene (12, 14) er mindre enn 10  $\mu\text{m}$ , og summen av  
de to sjiktene er mindre enn 15  $\mu\text{m}$ .
  
5. Innkapsling ifølge krav 3,  
30 k a r a k t e r i s e r t v e d at tykkelsen av sjiktet  
(14) av amorft karbon er mindre enn 1  $\mu\text{m}$  og tykkelsen av sjik-  
tet av silisiumforbindelsen er mindre enn 5  $\mu\text{m}$ .
  
6. Fremgangsmåte for innkapsling av et fotoelektrisk  
35 element så som solcelle eller solcellemodul, hvorved i det  
minste dets frie ytterflate dekkes med et transparent beskyt-  
telsessjikt av en dielektrisk silisiumforbindelse,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at gjennom plasmastøttet  
utskillelse henholdsvis mikrobølgestøttet utskillelse fra en

gassfase (CVD) blir den dielektriske silisiumforbindelse på-  
ført det fotoelektriske element i form av silisiumnitrid-  
eller silisiumoksynitridsjikt mens det fotoelektriske element  
holdes på en temperatur på maksimalt 500°C, og et amorft  
5 karbonsjikt blir påført det fotoelektriske element mens dette  
holdes på en temperatur på maksimalt 200°C.

10

15

20

25

30

35

175799

