

## **SCALABLE PRODUCTION OF DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS USING INKJET PRINTING**

5

### **CROSS REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS**

This application is related to and claims the benefit of U.S. Patent Application Serial No. 12/986,181 (“the ‘181 application”), titled “Quasi-Solid-State Photoelectrochemical Solar Cell Formed Using Inkjet Printing And Nanocomposite Organic-Inorganic Material,” and filed 7  
10 January 2011, which is related to and claimed the benefit of U.S. Provisional Patent Application Serial No. 61/306,546 (“the ‘546 application”), titled “Photoelectrochemical Solar Cell Including Nanocomposite Organic-Inorganic Materials,” and filed 22 February 2010, each of which is incorporated by reference herein in its entirety for all purposes.

### **15 STATEMENT REGARDING SPONSORSHIP OF DEVELOPMENT**

Aspects of the invention described herein are the result of development co-financed by Hellenic Funds and by the European Regional Development Fund (ERDF) under the Hellenic National Strategic Reference Framework (NSRF) 2007-2013, according to contract MICRO2-32 of the project “Development of Semitransparent Solar Panels” within the  
20 Program “Hellenic Technology Clusters in Microelectronics-Phase-2 Aid Measure.”

### **BACKGROUND OF THE INVENTION**

Solar panel technologies have used printing techniques for material deposition on glass, plastic, or metal substrates. For the third generation photovoltaics, and especially Dye  
25 Sensitized Solar Cells (“DSSC”) and Organic solar cells, printing methods are concentrated on the use of screen printing to achieve the solar cell product. Screen printing refers to the application of ink into the open areas of a patterned mask that is held over a substrate. The mask is then removed, and the substrate is baked at a relatively low temperature to evaporate the solvent of the ink. The baking process sets and solidifies the ink residue on the  
30 substrate. Screen printing may result in a considerable amount of wasted ink.

### **BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION**

This invention includes systems and methods of producing solar cell modules using inkjet printing having a number of technical and cost advantages over screen printing. The invention allows for scaling the production line to printing on almost any size of substrate and  
35 at almost any production quantity.

The invention also includes a new ink suitable for inkjet printing to cover the outer side of the solar cell to reduce the ultraviolet ("UV") irradiation entering the solar cell. Features of photocatalytic properties are also described.

5 In accordance with aspects of the invention, tooling for the production line for third generation photovoltaics, and in particular for Dye Sensitized Solar Cells, may be primarily composed of a series of inkjet print stations and thermal curing stations.

Each inkjet printing station may be stationary and include a number of print heads that are depositing different materials on the substrate. The number of print heads employed is a function of the maximum width of the substrate that the production line supports. Each print  
10 head may support a width of about 2 cm, and it can be installed with a variable number of nozzles for supporting different print speeds and amounts of deposited materials.

The substrate preferably moves under the print station at a speed that is proportional to the speed of material deposition supported by the print head. Based on this concept, the length of the substrate supported can be any size. The print heads preferably are digitally  
15 controlled, and therefore, substrates of any size can be supported, provided that their width is within the maximum width supported by the print station.

Located beyond the print station may be a thermal curing station, which may be implemented via an open oven section that can provide curing at variable temperatures. The substrate preferably will move through the curing station for as long as a curing step requires  
20 at a predetermined temperature. Alternatively, a thermal curing step could be performed in batch mode through the insertion of multiple substrates with materials deposited onto them by the inkjet printer into a large oven station, which cures them off-line. If multiple cycles of inkjet printing deposition and thermal curing are desired, a substrate may be conveyed backwards, or in a loop, to the printing station for performance of subsequent cycles.

25 The inspection of the substrates moving on the production line may be performed with an operator in the loop using a three-dimensional (3D) image of the substrates. The 3D image preferably is taken automatically by a common digital camera used at selected parts of the production line and preferably is displayed at the inspector's station in real time. The 3D image may be processed using machine vision techniques to compare the 3D image against  
30 an acceptable standard image for detection of unacceptable deviations from the standard. The system that performs the imaging process may be based on a 3D Manufacturing Inspector Tool developed by Brite™.

In accordance with further aspects of the invention, further embodiments of the invention may include:

- 35
- A production line configuration, and method of configuring a production line, that allow material deposition on a substrate having a width up to a maximum width, and a variable, programmable length, wherein a plurality of print heads deposit material by

firing in parallel to cover the width while the substrate is conveyed past the print heads that cover the length by sequential deposition over time.

- An electric current collection conductive grid on a glass substrate surface, and a method of forming the same, formed by laser-scribing a channel, or trough, on the surface, the channel having a depth of a few microns, and filling the channel with silver conductive ink.
- An inkjet-printable formulation of titanium-based ink that results in a  $\text{TiO}_2$  film, and a method of formulating the titanium-based inkjet-printable ink.
- An inkjet-printable formulation of titanium-based ink that results in a  $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$ -based UV-blocking material film, and a method of formulating the titanium-based inkjet printable ink.
- An inkjet-printable formulation of silicon-based ink that results in an  $\text{SiO}_2$ -based insulating material film for conductive grid isolation, and a method of formulating silicon-based inkjet printable ink.
- A quality inspection system of glass substrates on an inkjet-printing production line of photovoltaic panels, and a method of the quality inspection, using automated capture and display of three-dimensional images of the substrates in real-time.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

20

By reference to the appended drawings, which illustrate exemplary embodiments of this invention according to aspects of the invention, the detailed description provided below explains in detail various features, advantages and aspects of this invention. As such, features of this invention can be more clearly understood from the following detailed description considered in conjunction with the following drawings. Each exemplary aspect or embodiment illustrated in the drawings is not intended to be to scale, to be comprehensive of all aspects, or to be limiting of the invention's scope, for the invention may admit to other equally effective embodiments and aspects.

25

FIGS. 1A-1B show cross-sectional side elevation views of exemplary embodiments of single- and dual-electrode substrate solar panels.

30

FIGS. 2A-2C show plan views of stages of formation of a first portion of an exemplary single-electrode substrate embodiment.

FIGS. 3A-3C show plan views of stages of formation of a second portion of an exemplary single-electrode substrate embodiment.

35

FIGS. 4A-4B show side elevation views of an assembly of a first portion and a second portion of an exemplary embodiment.

FIG. 5 shows a block-diagram plan view of an exemplary embodiment of a production line.

FIG. 6 shows a plan view of a first portion and a second portion side-by-side each other before being assembled of an exemplary dual-electrode substrate embodiment.

5 FIG. 7 depicts a graph of absorbance levels across a spectrum of wavelengths for a thin inkjet printed UV blocking layer on glass compared with absorbance levels for a common UV blocking plastic membrane.

### Reference Numerals

10 The reference numerals denote the same or fundamentally similar elements throughout the drawings and detailed description.

#### A Single-Electrode Substrate Solar Panel 1000

a dye sensitized solar cell, 1010

a first portion 1020

15 a second portion 1030

a conductive substrate 1040 (single 1040S, dual 1040D, neg. 1040N, pos. 1040P)

a non-conductive surface 1050

a UV-blocking coating 1060, i.e., a deposit of a UV-blocking ink 1060

a conductive surface 1070

20 a negative conductive strip 1080, i.e., a deposit of a negative ink 1080

a negative strip separation width 1090

a conductive metal stripe 1100, i.e., a deposit of a metallic ink 1100

a trough 1110

a dielectric coating 1120, i.e., a deposit of a dielectric ink 1120

25 a photosensitizing dye 1130

a positive conductive strip 1140, i.e., a deposit of a positive ink 1140

a positive strip separation width 1150

a hole 1160

an electrolyte 1170

30 A Dual-Electrode Substrate Solar Panel 2000

a dual-electrode strip separation width 2010

#### A Production Line Configuration 500

a substrate conveyor 510

a substrate 520 suitable for use in a photovoltaic panel

35 an inkjet printing station 530, with a plurality of inkjet print heads 535

a curing station 540

a dyeing station 550

a substrate stacking and assembly station 560  
an electrolyte filling station 570

#### DETAILED DESCRIPTION

5           The invention relates to aspects of an inkjet printer production line for Dye-Sensitized Solar Cells. Inkjet printing is a material-conserving deposition technique used for liquid inks comprising solutes dissolved in solvents. Inkjet printing involves the ejection of precise amounts of ink from ink filled chambers housing a piezoelectric material and connected to nozzles. Application of a voltage causes the piezoelectric material to change shape,  
10           contracting the chamber. Contraction of the chamber sets up a micro-shockwave causing a liquid drop to be ejected from the nozzle. The ejected drop of ink falls onto the substrate under the applied forces of gravity and air resistance. The spreading of the ink along the surface is governed by the momentum acquired throughout the motion and surface tension present on the surface of the substrate.

15           In general, Dye-Sensitized Solar Cells (“DSSC”) comprise a dye-sensitized electrolyte in-between two conductive substrates. An exemplary electrically-conductive substrate comprises fluorine-doped tin oxide (“FTO”) coated glass, which is ideal for use in a wide range of devices, including applications such as opto-electronics, touch screen displays, thin film photovoltaics, energy-saving windows, radio-frequency interference (“RFI”) or  
20           electromagnetic interference (“EMI”) shielding and other electro-optical and insulating applications. Fluorine-doped tin oxide has been recognized as a very promising material because it is relatively stable under atmospheric conditions, chemically inert, mechanically hard, high-temperature resistant, has a high tolerance to physical abrasion and is less expensive than indium tin oxide (“ITO”).

25           In the present invention, an exemplary substrate, such as an FTO glass substrate, is used with dye-sensitized inks that are jetted onto the substrate. A series of inkjet print stations can be used to speed up the process or separate the printing steps of the materials. A production line configuration may include inkjet print heads placed in fixed positions above a substrate conveyor, wherein the substrate moves on a moving conveyor at controlled  
30           speed. The material deposition may be digitally controlled by controlling the ink drop of the inkjet print heads. In the drawings, FIGS. 1A-1B show cross-sectional side elevation views of segments of substantially completed exemplary embodiments of a single-electrode substrate solar panel 1000 and a dual-electrode substrate solar panel 2000 according to aspects of the invention. The elements of the solar panels 1000 and 2000 are set forth in sequence above,  
35           and the manufacturing details for similar embodiments are set forth below.

### Negative Electrode Substrate

Single-electrode conductive substrate panels 1000 using a DSSC 1010 comprise two portions, a first portion 1020 and a second portion 1030, each portion having an electrode per cell, one “negative” electrode and one “positive” electrode. In this context, ‘single-electrode’ substrate 1040S refers to the substrate having a single conductivity type (negative or positive) and not a sole electrode; it may have one or more physical electrodes, all of the same type. In contrast, a dual-electrode substrate 1040D has both negative and positive electrodes on it, and necessarily has at more than one physical electrode.

An exemplary first portion 1020 may comprise a single-electrode substrate 1040S having a plurality of negative electrodes (a negative electrode substrate 1040N), whereas an exemplary second portion 1030 may comprise a single-electrode substrate 1040S having a plurality of positive electrodes (a positive electrode substrate 1040P). Such a negative electrode substrate 1040N, shown in stages of manufacture in FIGS. 2A-2C of the cell, may comprise, for instance, a variety of inorganic nanocomposite oxides namely titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ), zinc oxide ( $\text{ZnO}$ ), tin dioxide ( $\text{SnO}_2$ ), etc. in the shape of long strips 1080. FIGS. 2A-2C show plan views of stages of manufacturing a FTO glass with successive  $\text{TiO}_2$  strips 1080 (FIG. 2A) and silver metal fingers or stripes 1100 among them (FIG. 2B), all made with inkjet printing. In FIG. 2C, UV-curable insulating material 1120 has been inkjet printed to cover the portions of the silver fingers 1100 extending along the  $\text{TiO}_2$  strips 1080. Although hard to see in FIG. 2C, laser scribing has been performed through the FTO film conductive surface 1070 on the FTO glass, which is more apparent in FIGS. 4A and 4B. Laser scribing may occur at an inkjet printing station 530, or at a separate station in a production line 500. The width of the  $\text{TiO}_2$  strips 1080 (distance D1) may vary from 0.8 cm to 2 cm (8-20mm), such as 10mm in FIG. 2A. The length of the strips 1080 may also be varied from 10 cm to 100 cm (100-1000mm). The strips 1080 are inkjet-printed using ink 1080 comprising nanoparticles of the appropriate metal oxides. Exemplary printing parameters as an example for  $\text{TiO}_2$  are listed in Table 1.

**Table 1:** Exemplary printing parameters for TiO<sub>2</sub> ink

	<b><i>Printing Parameters</i></b>	<b><i>values</i></b>
	T <sub>sub</sub> (°C)	40
	T <sub>head</sub> (°C)	25
5	h <sub>cart</sub> (mm)	0.5
	Meniscus vacuum (inches)	4.3
	Firing voltage (volts)	20-21
	Overall pulse duration (μs)	11.520
	Jetting frequency (kHz)	5
10	Drop spacing (μm)	30

The printing procedure may be varied and repeated from 1 to 10 times depending on the composition of the ink 1080. Exemplary FTO glass substrates 1040N may be led to an oven 540 and subjected to a curing procedure lasting from 15 to 30 minutes at 450°C to 550°C depending on the metal oxide. The printing procedure may be repeated successive times, until the appropriate thickness of the films 1080 is obtained.

The space 1090 between metal oxide strips 1080 may vary from 2 mm to 5 mm. As shown in FIG. 2B, conductive metal stripes 1100, or “fingers,” of Silver, Copper, Molybdenum, Nickel, etc. can also be printed in-between the metal oxide strips 1080. In FIG. 2B, silver stripes 1100 are shown having widths of about 1mm, but other widths are suitable, in relation to the widths selected for the TiO<sub>2</sub> strips 1080 and the distances 1090 between them. The thickness of metal layers of the stripes 1100 can be adjusted according to the number of times these films are printed. The overall printing procedure may be repeated several times. The glass substrates 1040N may be led to the oven 540 and cured using a curing procedure lasting from 15 to 30 minutes at 300°C to 500°C depending on the metal. Exemplary printing parameters as an example for a colloidal dispersion of silver nanoparticles are listed in Table 2.

**Table 2:** Exemplary printing parameters for silver metal fingers/stripes

	<b>Printing Parameters</b>	<b>values</b>
	T <sub>sub</sub> (°C)	30
	T <sub>head</sub> (°C)	28
5	h <sub>cart</sub> (mm)	0.250
	Meniscus vacuum (inches)	4-5
	Firing voltage (volts)	24
	Overall pulse duration (μs)	11.76
	Jetting frequency (kHz)	5
10	Drop spacing (μm)	30-35

As shown in FIG. 2C, the metal fingers 1100 finally may be covered with an insulating material 1120 using inkjet printing to form a lamination layer 1120. In particular, inks 1120 of dispersed plasticizers/plastics in different solvents such as polyimide, polycarbonates, etc., can be printed on metal fingers 1100 covering the total surface of the metal fingers 1100. The glass substrates 1040N may be led to the oven 540 and cured using a curing procedure lasting from 15 to 30 minutes at 300°C to 400°C depending on the polymer. Exemplary printing parameters as an example for polyimide are listed in Table 3.

**Table 3:** Exemplary printing parameters for polyimide insulating polymer

	<b>Printing Parameters</b>	<b>values</b>
	T <sub>sub</sub> (°C)	30
	T <sub>head</sub> (°C)	35-40
	h <sub>cart</sub> (mm)	0.3
25	Meniscus vacuum (inches)	3.5
	Firing voltage (volts)	20
	Overall pulse duration (μs)	10.78
	Jetting frequency (kHz)	5
	Drop spacing (μm)	25

Instead of using thermally-cured insulating plastics for lamination of metal fingers 1100, the metal fingers 1100 may be covered with UV-cured insulating material 1120 applied with inkjet printing on metal fingers 1100 and stabilized during deposition with UV illumination. In particular, hexamethylene phenyl diacrylate/bis (2,4,6,-trimethylbenzoyl) phosphine oxide (HPD-TPO) and materials belonging to the family of diacrylates and phosphine oxides may be used as an insulating polymer and can be printed according to exemplary printing details described in Table 4. On the printer head 535, a fiber-optic filament may be mounted to

illuminate the UV-curable insulating material 1120 with UV light coming from a UV light source with dose of 100-300 mJ/cm<sup>2</sup> in order to harden the UV-curable insulating material 1120.

5 **Table 4:** Exemplary printing parameters for an insulating polymer, using hexamethylene phenyl diacrylate/bis (2,4,6,-trimethylbenzoyl) phosphine oxide

	<b><i>Printing Parameters</i></b>	<b><i>values</i></b>
	T <sub>sub</sub> (°C)	22 (Room temperature)
	T <sub>head</sub> (°C)	50
10	h <sub>cart</sub> (mm)	0.5
	Meniscus vacuum (inches)	4.5
	Firing voltage (volts)	22
	Overall pulse duration (μs)	13.45
	Jetting frequency (kHz)	1.5
15	Drop spacing (μm)	15

Another insulating option is to apply silicon dioxide (SiO<sub>2</sub>) 1120 by inkjet printing. In particular, inkjet printing of silicon dioxide 1120 on metal fingers 1100 may use inks 1120 having appropriate compositions of tetramethoxysilane or triethoxysilane in an acidic isopropanol-water mixture and acetylacetonate. The ink 1120 can be printed according to  
20 exemplary printing details described in Table 5.

**Table 5:** Exemplary printing parameters for SiO<sub>2</sub> ink.

	<b><i>Printing Parameters</i></b>	<b><i>values</i></b>
25	T <sub>sub</sub> (°C)	20-25
	T <sub>head</sub> (°C)	25
	h <sub>cart</sub> (mm)	0.5
	Meniscus vacuum (inches)	4.5
	Firing voltage (volts)	18-20
30	Overall pulse duration (μs)	10.69
	Jetting frequency (kHz)	3
	Drop spacing (μm)	35

An exemplary preparation of a negative electrode may begin by providing a FTO glass  
35 substrate 1040 and forming parallel strips 1080 of TiO<sub>2</sub> on the FTO glass substrate 1040. An exemplary pattern of strips 1080 may include a first strip 1080 beginning 5 mm from the edge of glass, with a strip width of 8 mm to 20 mm and a strip spacing 1090 (edge to edge) of

about 5 mm. FIG. 2A depicts a pattern for a few TiO<sub>2</sub> strips 1080, wherein this pattern is repeated along the width of the substrate 1040N, which preferably may be 0.2m to 1m wide (indicated by distance D2). Narrower or wider substrates may be used in accordance with their intended purposes and the maximum allowable dimensions of the assembly line 500.

5 Upon formation of metal oxide strips 1080, the substrate 1040N may be thermally cured at about 500°C to stabilize the TiO<sub>2</sub>. These steps of forming and curing the metal oxide strips 1080 may be repeated several times to build a TiO<sub>2</sub> film thickness of preferably 2 to 4 microns.

The exemplary preparation of a negative electrode also may include forming several  
10 parallel silver fingers 1100 in the gaps 1090 between the TiO<sub>2</sub> strips 1080. The pattern repeats along the width (e.g., 0.2m-1m) of the substrate. The silver fingers 1100 may form a pattern in which a first metal finger 1100, or stripe, begins preferably 16 mm to 20 mm from the an edge of the glass substrate 1040, having a finger width of preferably 1 mm to 1.5 mm, and an exemplary finger spacing (edge to edge) of about 15 mm. FIG. 2B depicts an  
15 exemplary pattern for a few silver fingers 1100. The pattern is repeated along the width (e.g., 1m) of the substrate 1040. Upon formation of the silver fingers 1100, the substrate 1040 may be thermally cured at about 300°C to 500°C to stabilize the silver fingers 1100. These steps of forming and curing the metal fingers 1100 may be repeated, e.g., 3 to 5 times, to build silver fingers 1100 having an exemplary thickness of about 20 to 30 microns. Greater  
20 thicknesses may require more repetitions of the printing and curing steps.

During the step resulting in the stage depicted in FIG. 2C, several parallel coatings  
1120 may be formed of UV-curable dielectric material, polyimide, or SiO<sub>2</sub> ink 1120 onto previously printed silver stripes 1100 (one dielectric cover 1120 for each silver stripe 1100). The details of the formed pattern may be as follows: a first dielectric coating 1120 may begin  
25 directly from the left edge of the glass; coatings 1120 may have a width preferably of about 2.5mm to 3.0 mm; and an exemplary spacing (edge to edge) may be about 15 mm. A UV light source may be used in order to achieve hardening of UV-curable insulating material 1120, whereas the substrate 1040 may be thermally cured at about 300°C to 500°C to stabilize polyimide or SiO<sub>2</sub> films 1120 on the silver fingers 1100.

30 After cooling, the glass substrate 1040N may be led to a dye tank 550 for dyeing of the strips 1080 of TiO<sub>2</sub> or other oxides. High purity dyes 1130 and a sealed environment for the dye adsorption preferably are used. The glass substrate 1040N may be stained for 1-12 hours depending on the dye 1130 being used. The dye 1130 comprises a photosensitizer, and exemplary photosensitizers include a ruthenium organometallic complex dye, a  
35 merocyanine dye, or a hemicyanine dye.

### Positive Electrode Substrate

The second portion 1030 of a DSSC 1010 comprises a second substrate 1040 to oppose the first substrate 1040 comprising the first portion 1020. If the first portion 1020 is a negative electrode substrate 1040N, as in FIGS. 2A-2C, the second portion 1030 preferably is a positive electrode substrate 1040P, as in FIGS. 3A-3C. An exemplary positive electrode substrate 1040P comprises an electrocatalyst strip 1140, such as platinum (Pt) strips or conductive polymer strips on FTO glass 1040. Exemplary suitable electrocatalysts 1140 comprise platinum, carbon, and conjugated conductive polymers, or a mixture thereof, in the form of nanoparticles, nanotubes, or a mixture thereof. FIGS. 3A-3C show plan views of stages of manufacturing an FTO glass 1040P with successive platinum strips 1140 and silver metal fingers 1100 among them, all made with inkjet printing. Laser scribing preferably has been performed in the FTO film 1070 on the FTO glass 1040 after the stage shown in FIG. 3B. As shown in FIG. 3C, UV-curable insulating material 1120 has been inkjet printed to cover portions of the silver fingers 1100 adjacent the platinum strips 1140. In FIGS. 3A to 3C, black spots represent the holes 1160 through which an electrolyte 1170 will be filled in a cell 1010 formed by the gaps between the negative and positive electrode strips 1080, 1140.

The platinum or conductive polymer strips 1140 are inkjet printed using the appropriate inks 1140. Exemplary printing parameters for platinum are listed in Table 6.

**Table 6:** Printing parameters for platinum nanoparticles.

<i>Printing Parameters</i>	<i>values</i>
$T_{\text{sub}}$ (°C)	45
$T_{\text{head}}$ (°C)	22 (Room temperature)
$h_{\text{cart}}$ (mm)	0.5
Meniscus vacuum (inches)	3.5
Firing voltage (volts)	19-20
Overall pulse duration ( $\mu\text{s}$ )	13.23
Jetting frequency (kHz)	5
Drop spacing ( $\mu\text{m}$ )	25

The glass substrate 1040P may be led to the oven 540 to undergo an exemplary curing procedure lasting from 10 to 20 minutes at about 450°C, in case that platinum is used, while for polymers, an exemplary curing procedure lasts from 10 to 15 minutes at 100°C. The printing procedure may be repeated successive times until the desirable thickness of the films 1140 is achieved.

As with the negative electrode substrate 1040N, laser scribing through the FTO film 1070 on the FTO glass substrates 1040P, or any other suitable method, may be used to

achieve electrical isolation between metal or metal oxide strips on both the negative and positive electrodes.

The details of the steps of FIGS. 3A-3C are as follows. During the step associated with FIG. 3A, several parallel strips 1140 of Platinum were formed on the glass substrate 1040. An exemplary formed pattern may include: a First Strip 1140 may begin about 16mm to 20 mm from the left edge of the glass, having a strip width of about 1mm to 1.5 mm, and a strip spacing 1150 (edge to edge) of about 15 mm. FIG. 3A depicts the pattern for a few strips 1140. The pattern may be repeated along the 0.2-1m width of the substrate 1040P. Upon completion of step associated with FIG. 3A, the substrate may be thermally cured at 450°C to stabilize the platinum.

During a step associated with FIG. 3B, several parallel stripes 1100, or fingers, of silver were formed in the gaps between the Platinum strips 1140. The silver fingers 1100 may form a pattern in which a first metal finger 1100 begins about 16 mm to 20 mm from the an edge of the glass substrate, having a finger width of about 1 mm to 1.5 mm, and a finger spacing (edge to edge) of about 15 mm. FIG. 3B depicts an exemplary pattern for a few silver fingers 1100. The pattern is repeated along the 0.2m-1m width of the substrate 1040P. Upon formation of the silver fingers 1100, the substrate 1040P may be thermally cured at about 300°C to 500°C to stabilize the silver fingers 1100. These steps of forming and curing the metal fingers 1100 may be repeated, e.g., 3 to 5 times, to build silver fingers 1100 having an exemplary thickness of about 20 to 30 microns. Greater thicknesses may require additional repetitions of the printing and curing steps.

During the step associated with FIG. 3C, several parallel strips of UV-curable dielectric material, polyimide, or SiO<sub>2</sub> ink 1120 are deposited onto the silver stripes 1100, one dielectric cover 1120 for each silver stripe 1100. An exemplary formed pattern may include: a first strip 1120 of dielectric material beginning directly from the left edge of the glass, having an exemplary strip width of about 2.5mm to 3.0 mm, and an exemplary strip spacing (edge to edge) of about 15 mm. FIG. 3C depicts the pattern for only a few strips 1120. The pattern repeats along the width of the substrate. During step associated with FIG. 3C, UV light may be used to harden the UV material 1120, or the substrate may be thermally cured to between 300°C and 500°C to stabilize polyimide or SiO<sub>2</sub> films 1120 onto silver fingers 1100.

Preferably after the printing process, two holes 1160 may be drilled through the glass 1040 at both edges of each platinum strip 1140, as depicted in FIGS. 3A-3C by black dots. The holes 1160 are used to apply a vacuum at each strip in order to introduce an electrolyte 1170 (shown in FIG. 4B) and complete the cell 1010 as an individual solar cell 1010. Each hole 1160 preferably has a diameter of about 1mm, such that the hole diameter does not present a problem when sealing the cell 1010.

### Matching Of Two Single-Electrode Substrates

An exemplary process of bringing together the negative and positive electrode substrates 1040N, 1040P is described in conjunction with FIGS. 4A and 4B, which illustrate the combination of two electrode substrates. FIGS. 4A-4B show side elevation views of a  
5 negative electrode substrate 1040N, comprising a FTO glass substrate 1040 with successive TiO<sub>2</sub> strips 1080, on top of a positive electrode substrate 1040P, comprising an FTO glass substrate 1040 with successive platinum strips 1140 opposite the TiO<sub>2</sub> strips 1080 to complete the solar cell 1010 in series connection. All strips are made with inkjet printing. Performance of laser scribing allows the dielectric-coated silver fingers 1100 (coated by the  
10 UV curable dielectric 1120) extending from one electrode substrate 1040 to fit into scribed spaces 1110 in the FTO coating on the opposing electrode substrate 1040.

A purpose of the silver stripes with insulating material 1110 would be to separate the electrolyte 1170 of one solar cell 1010 (pair of opposing negative-positive electrodes) from the electrolyte 1170 of an adjacent solar cell 1010. In the case of two single-electrode  
15 substrates 1040S matched together, in theory the substrates need not be subdivided into multiple solar cells 1010, effectively making the two matched substrates a large, single solar cell 1010. Were the two matched single-electrode substrate 1040S pair to forego the laser-scribing and the silver fingers 1100, then the pair effectively would be a large, single solar cell 1010. In essence, the negative electrode substrate 1040N would function as a single  
20 negative electrode, and the positive electrode substrate 1040P would function as a single positive electrode, which also would allow for the deposition of the electrode material (e.g., TiO<sub>2</sub> and Pt) to cover the FTO surface of the substrate without being separated into strips 1080, 1140. In the event that the substrates were smaller already, this arrangement might be desirable and simplify manufacturing by eliminating the laser-scribing and silver finger  
25 formation steps. Furthermore, silver stripes 1100 may be formed on only one of two single-electrode substrates 1040S matched together, as opposed to on both, to reduce manufacturing steps, costs and time.

### Electrolyte Filling

30 During this step, the electrolyte 1170 is introduced between the two electrodes through the holes 1160 in one of the substrates, using a filling machine at an electrolyte filling station 570. FIG. 4B illustrates an exemplary stage of the electrolyte importation. In particular, FIG. 4B illustrates how the electrolyte 1170 is inserted in the space 1010 between the two glass substrates 1040. The two glass substrates 1040, having the two conductive  
35 sides 1070 on opposing interior surfaces, are placed such that the electrodes line up and face each other. The glass substrate edges may be sealed, for instance, with silicone rubber or epoxy resin, so vacuum could be formed in the space between them. As shown in FIGS. 4A-

4B, the silver fingers 1100 from each FTO glass substrate 1040, for instance the negative electrode substrate 1040N, are formed in contact with the FTO layer 1070 and then extend slightly into the other glass substrate 1040, for instance the positive electrode substrate 1040P, after the opposing substrate was scribed with a laser. This procedure preferably is followed for all silver fingers 1100. The extension of the silver fingers into the opposing substrate forms a barrier from one cell to the next, and seals in the electrolyte 1170 within a given cell 1010. As mentioned above, the laser scribing also electrically separates each electrode from its adjacent neighboring electrodes. An exemplary depth of the laser scribed troughs 1110 can be varied from 0.5mm to 1mm, for example.

In an exemplary embodiment, two holes 1160 of about 1mm in diameter are drilled with a precision drill at the two edges of any platinum strip 1140 as described above. A pressure differential may be applied at one or both of the holes, with electrolyte 1170 allowed to enter a hole 1160, drift to fill all the available free space and cover the surfaces of the electrodes.

Exemplary electrolytes 1160 include hybrid material Ureasil 230 (please see previous patent); a redox couple comprising iodine ( $I_2$ ), potassium iodide (KI), and 1-methyl-3-propylimidazole iodide; 1-methylbenzimidazole; 2-amino-1-methylbenzimidazole; guanidine thiocyanate; and 4-tertiary butyl pyridine.

The steps of the processes described herein may be performed on an exemplary production line 500 for manufacture and assembly of the solar panels 1000, 2000. FIG. 5 shows a block-diagram plan view of an exemplary embodiment of a production line configuration 500, according to aspects of the invention. The production line 500 of FIG. 5 includes a substrate conveyor 510 that transports substrates 520 through the production line 500, which further includes an inkjet printing station 530, a curing station 540, a metal oxide dying station 550, a substrate stacking and assembly station 560, and an electrolyte filling station 570.

### Dual-Electrode Substrates

As an alternative to the structure exemplified in FIGS. 4A and 4B, in which the negative electrodes are on one FTO glass substrate 1040N, and the positive electrodes are on an opposing FTO glass substrate 1040P, a further embodiment of the invention comprises substrates having alternating negative and positive electrodes that oppose complementary, oppositely-conducting electrodes when the substrates 1040D are brought together. Substrates 1040D having both negative and positive electrodes may be called dual-electrode substrates 1040D. FIG. 6 shows two dual-electrode FTO glass substrates S1, S2, 1040D with alternating strips of  $TiO_2$  1080 and platinum 1140 inkjet printed on the FTO glass substrates 1040D, with troughs 1110 laser-scribed in the FTO layers 1070 of the substrates

1040D. The laser scribing, or another suitable method, is used to electrically separate the metal oxide strips 1080 and platinum or conductive polymer strips 1140 used for a complete solar cell 1010.

5 The width of any polymer, metal or metal oxide strip can be varied from 0.8 cm to 2 cm. The length of the strips 1080, 1140 also may be varied from 10 cm to 100 cm. The strips 1080, 1140 are inkjet-printed using the appropriate ink formulation, e.g., metal oxide nanoparticles, platinum, or polymer. The printing procedure may be performed from 1 to 5 times depending on the composition of the ink 1080, 1140. The metal oxide nanoparticles preferably may be printed first, and the glasses 1040D may be led to the oven 540. A thermal  
10 curing process may last from 15 to 30 minutes at 450°C to 550°C depending on the metal oxide 1080. The printing procedure may be repeated for successive times until the appropriate thicknesses of the films 1080 are obtained.

The platinum or conductive polymer strips 1140 may be inkjet-printed besides the metal oxides 1080 using the appropriate inks 1140. The glasses 1040D then may be led to  
15 the oven 540. An exemplary curing procedure may last from 10 to 20 minutes at 450°C in the case of platinum, while polymers may need an exemplary curing procedure lasting from 10 to 15 minutes at 100°C. The printing procedure may be repeated successive times until the desirable thicknesses of the films 1140 are achieved. The spaces 2010 between metal oxides strips 1080 and polymers or platinum strips 1140 preferably may vary from 2 mm to 5  
20 mm.

Insofar as laser scribing is used to create troughs 1110 to electrically isolate pairs of electrodes, the dual-electrode substrates 1040D need not have as many laser-scribed troughs 1110 as needed for the single-electrode substrates 1040S. As shown in FIG. 6, an exemplary embodiment of the dual-electrode substrates 1040D has laser-scribed troughs  
25 1110 alternating every other pair of negative and positive electrode strips 1080, 1140. In other words, when a pair of electrodes on the top substrate has a laser-scribed trough 1110, the opposing complementary pair of electrode on the bottom substrate does not have a laser-scribed trough 1110. This alternating pattern of laser-scribing allows the photovoltaic current to follow a path that resembles a square sine-wave across the dual-electrode substrate  
30 1040D, going from left to right or right to left, however the electrode pairs are arranged.

Similarly, the use of silver stripes 1100 or fingers may be reduced with the use of dual-electrode substrates 1040D. For instance, silver stripes 1100 may be formed on the dual-electrode substrate 1040D between a positive electrode strip 1140 and a negative electrode strip 1080 opposite a laser-scribed trough 1110 on the opposing, complementary dual-  
35 electrode substrate 1040D. This pattern effectively reduces the number of silver stripes 1100 of a pair of dual-electrode substrates 1040D to one half of number of silver stripes 1100 of a pair of single-electrode substrates 1040S shown in FIGS. 4A and 4B. Half as many silver

stripes 1100 would be needed because only half as many electrical isolations would be performed by laser scribing. A purpose of the silver stripes 1100 would be to separate the electrolyte 1170 of one solar cell 1010 (pair of opposing negative-positive electrodes) from the electrolyte 1170 of an adjacent solar cell 1010. In contrast to the matching of single-electrode substrates 1040S, which may forego the use of laser-scribed troughs 1110 and silver fingers 1100 to create multiple solar cells 1010 across a matched pair of substrates 1040S, as discussed above, the matching of dual-electrode substrates 1040D requires the subdivision of the dual-electrode substrates 1040D into multiple separated solar cells 1010 to control the path of any photovoltaic current generated.

After cooling, the dual-electrode glass substrates 1040D may be led to dye tanks at a dyeing station 550 for the dyeing of the strips 1080 of metal oxides. High purity dyes 1130 and a sealed environment for the dye adsorption preferably are used. The glasses 1040D may be stained for 1 to 12 hours depending on the dye 1130 used.

A similar procedure may be followed for creation of a second FTO glass dual-electrode substrate 1040D having offset negative and positive electrodes created by switching the locations of electrode strips in the sequence on the substrate 1040D. Once the second dual-electrode substrate 1040D is ready, the first and second dual-electrode substrates 1040D may be brought together, like the single-electrode substrates 1040S were in FIGS. 4A and 4B, to create sealed solar cells 1010 between the two dual-electrode substrates 1040D. Also as in the embodiment shown in FIGS. 4A and 4B, an electrolyte 1170 is necessary to finalize the solar cell 1010. The insertion of electrolyte 1170 between the two dual-electrode glass substrates 1040D may be achieved with an electrolyte filling machine 570 that generates a vacuum in a sealed cell 1010 and uses this pressure differential to introduce electrolyte 1170 into a cavity within the solar cell 1010.

#### **Material Formulation for Inkjet Application and Printing Procedure.**

Formation of an exemplary thin  $\text{TiO}_2$  film 1080 on a transparent conductive glass substrate 1040 for use as a negative electrode may comprise, for instance, use of purely chemical processes through inkjet printing of a colloidal solution, in which, for example, controlled solvolysis and polymerization of titanium isopropoxide takes place. Another suitable alkoxide of the Titanium family may be used instead. For instance, in a premeasured volume of isopropanol, a premeasured quantity of a surfactant may be added. The surfactant may comprise the commercially available Triton X-100 [polyoxyethylene-(10) isooctylphenyl ether], another surfactant of the Triton family, or any other surfactant of any other category, preferably non-ionic, at a weight percentage that varies according to the chosen composition. An excess of commercially available acetic acid ("AcOH") may be added, followed by addition of a premeasured volume of commercially available titanium isopropoxide, under vigorous

stirring. A few drops of acetylacetonate or another  $\beta$ -diketonate are added to the previous mixture. This exemplary mixture eventually converts into a solid gel (e.g., a sol-gel process) through chemical reactions that lead to solvolysis and inorganic polymerization of titanium isopropoxide, or another alkoxide of the Titanium family that is, formation of -O-Ti-O-  
5 networks.

The platinum (Pt) layer 1140 may be formed by inkjet printing using, as ink 1140, hexachloroplatinic acid diluted in a premeasured mixture of terpineol, isopropanol, or other organic solvents, such as the Triton family. In some embodiments, a Pt layer 1140 may be very thin, such that the solar cell 1010 is transparent and may be used in solar windows. In  
10 other embodiments, the Pt layer 1140 may be deposited as a thick opaque reflective layer, so as to increase the probability of photon absorption by the photosensitizer 1130, which preferably is a dye 1130. In still another embodiment, a conductive polymer, for instance polypyrrole, (PEDOT:PSS), PEDOT may be used either in pure form or mixed with a small quantity of Pt. In all cases in which a transparent solar cell 1010 is desired, the exemplary  
15 electrocatalyst forms a transparent or semi-transparent film. In the aforementioned examples, materials can be deposited by inkjet printing.

Polymer insulating materials 1120 such as polyimide and other polymers in polyimides family may be directly printed by inkjet printing as well. Silver metal fingers 1100 may be inkjet printed using a silver colloidal solution as ink 1100 with variable 20% to 60% content of  
20 silver nanoparticles.

The inkjet printing station 530 may include a drop-on-demand (DOD) piezoelectric inkjet nozzle head 535 with 16 or more nozzles, depending on the printer, spaced at about 254 microns with typical drop sizes of between 1 and 10 picoliters. The print head 535 preferably is mounted onto a computer-controlled three-axis system capable of movement  
25 accuracy of 5 $\mu$ m.

For printing of titanium dioxide strips 1080, as an example, the substrate temperature ( $T_{\text{sub}}$ ) may be set at room temperature, while the temperature of the cartridge ( $T_{\text{head}}$ ) may be set at about 28°C. The Cartridge Print Height ( $h_{\text{cart}}$ ), which is the gap between the nozzle and the printed surfaces, may be about 0.5 mm or more during printing depending on the material.  
30 The ejection of the droplets may be performed using 16 to 128 nozzles by applying a firing voltage of 19 to 35 volts for an impulse having an overall pulse duration lasting at about 11.52  $\mu$ s, at a jetting frequency of about 4 kHz. Optimal film uniformity may be achieved by printing at dot-to-dot spacing of 30  $\mu$ m, known as drop spacing. Exemplary parameters followed for other inkjet printed materials appear in Tables 1, 2 and 3.

### Material Formulation For Inkjet Printed UV-Blocking Film

Formation of an exemplary thin UV-blocking film 1060, such as a CeO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> film 1060, on an outer, non-conductive side 1050 of the transparent conductive glass substrate 1040 (e.g., single-electrode substrate 1040S or dual-electrode substrate 1040D) may be made, for instance, by purely chemical processes by inkjet printing a colloidal solution, for example, in which controlled hydrolysis and polymerization of titanium isopropoxide, or another alkoxide of the Titanium family, takes place in presence of a rare earth Cerium (Ce) salt such as Cerium nitrate, or other salt of the cerium family. For instance, in a premeasured volume of ethanol, a premeasured quantity of a surfactant may be added. The surfactant may comprise the commercially available Triton X-100 [polyoxyethylene-(10) isooctylphenyl ether], another surfactant of the Triton family, or any other surfactant of any other category, preferably non-ionic, at a weight percentage that varies according to the chosen composition. An excess of commercially available acetic acid may be added, followed by addition of a premeasured volume of commercially available titanium isopropoxide, under vigorous stirring. A few drops of acetylacetonate or another β-diketonate may be added to the previous mixture. A premeasured quantity of cerium salt may be added at a relative composition of between 0.2M and 0.8M. Exemplary printing parameters for UV-blocking ink 1060 are listed in Table 7.

**Table 7:** Exemplary printing parameters for UV-blocking ink

<i>Printing Parameters</i>	<i>values</i>
T <sub>sub</sub> (°C)	22 (Room temperature)
T <sub>head</sub> (°C)	25
h <sub>cart</sub> (mm)	0.3
Meniscus vacuum (inches)	4
Firing voltage (volts)	22-23
Overall pulse duration (μs)	15.110
Jetting frequency (kHz)	1.5
Drop spacing (μm)	55

The pattern on the outer, non-conductive side 1050 of the glass can be few strips of UV-blocking material 1060 or, alternatively, the whole side could be covered with the material 1060. The procedure may be applied to part or all of the width (e.g., 0.5 m-1 m) of the substrate 1040. Upon completion of the printing procedure, the substrate may be thermally cured at about 500°C to stabilize the CeO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> films 1060. The absorbance of the resulting film 1060 can be seen on FIG. 7. In FIG. 7, absorbance levels of a thin inkjet-printed UV-blocking layer 1060 on glass 1040 is compared with absorbance levels of a common UV-

blocking plastic membrane. Using inkjet printing, the above steps can be repeated several times to build a  $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$  film 1060 having a thickness of about 0.2 to 1 micron, wherein different thicknesses have different levels of transparency, thinner films being more transparent than thicker films.

5

The foregoing description discloses exemplary embodiments of the invention. While the invention herein disclosed has been described by means of specific embodiments and applications thereof, numerous modifications and variations could be made thereto by those skilled in the art without departing from the scope of the invention set forth in the claims.

10

Modifications of the above disclosed apparatus and methods that fall within the scope of the invention will be readily apparent to those of ordinary skill in the art. Accordingly, other embodiments may fall within the spirit and scope of the invention, as defined by the following claims.

15

In the description above, numerous specific details are set forth in order to provide a more thorough understanding of embodiments of the invention. It will be apparent, however, to an artisan of ordinary skill that the invention may be practiced without incorporating all aspects of the specific details described herein. In other instances, specific details well known to those of ordinary skill in the art have not been described in detail so as not to obscure the invention. Readers should note that although examples of the invention are set

20

forth herein, the claims, and the full scope of any equivalents, are what define the metes and bounds of the invention.

## CONCLUSIES

1. Een werkwijze voor het vormen van een zonnepaneel met een kleurstofgevoelige zonnecel (DSSC), waarbij de werkwijze omvat:

- 5 het vormen van een eerste deel, waarbij het vormen van het eerste deel omvat:  
het verschaffen van een eerste geleidend substraat met een eerste geleidend oppervlak en een eerste niet-geleidend oppervlak tegenover het eerste geleidende oppervlak, waarbij het eerste geleidende substraat in hoofdzaak vlak en uniform in dikte is;  
het vormen van een eerste negatieve geleidende strook door inkjet-drukken op het eerste geleidende oppervlak, waarbij de eerste negatieve geleidende strook is aangepast om als een negatieve elektrode van de zonnecel te functioneren;  
10 het kleuren van de eerste negatieve geleidende strook in een kleurstation voorzien van een lichtgevoeligheid kleurstof;  
het vormen van een tweede deel, waarbij het vormen van het tweede deel omvat:  
15 het verschaffen van een tweede geleidend substraat met een tweede geleidend oppervlak en een tweede niet-geleidend oppervlak tegenover het tweede geleidende oppervlak, waarbij het tweede geleidende substraat in hoofdzaak vlak en uniform van dikte is, waarbij het tweede geleidende substraat en de eerste geleidende substraat nagenoeg gelijk zijn in afmetingen;  
het vormen van een eerste positieve geleidende strook door inkjet-drukken op het tweede geleidende oppervlak, waarbij de eerste positieve geleidende strook is aangepast om als een  
20 positieve elektrode van de zonnecel te functioneren;  
het stapelen van het eerste deel en het tweede deel op elkaar, zodat het eerste geleidende oppervlak tegenover het tweede geleidende oppervlak ligt, waarbij de eerste en tweede niet-geleidende oppervlakken naar buiten wijzen en  
25 het aanbrengen van een elektrolyt tussen de eerste en tweede geleidende oppervlakken.

2. De werkwijze volgens conclusie 1, verder omvattende:

- het vormen van een tweede negatieve geleidende strook door inkjet-drukken op het eerste geleidende oppervlak naast en parallel aan de eerste negatieve geleidende strook, waarbij de  
30 eerste en tweede negatieve geleidende stroken gescheiden zijn door een negatieve-strook-scheidingbreedte en  
het vormen van een tweede positieve geleidende strook door inkjet-drukken op het tweede geleidende oppervlak naast en parallel aan de eerste positieve geleidende strook, waarbij de eerste en tweede positieve geleidende stroken gescheiden zijn door een positieve-strook-  
35 scheidingbreedte;  
waarbij de tweede negatieve en tweede positieve geleidende stroken worden gevormd voor het stapelen van de eerste en tweede geleidende substraten op elkaar.

3. De werkwijze volgens conclusie 2, verder omvattende:

het vormen van een eerste geleidende metaalstrook door inkjet-drukken evenwijdig aan en tussen de eerste en tweede negatieve geleidende stroken;

5 het vormen van een eerste goot door het eerste geleidende oppervlak door laser graveren evenwijdig aan en tussen de eerste en tweede negatieve geleidende stroken;

het vormen van een tweede geleidende metaalstrook door inkjet-drukken evenwijdig aan en tussen de eerste en tweede positieve geleidende stroken;

het vormen van een tweede goot door het tweede geleidende oppervlak door laser graveren evenwijdig aan en tussen de eerste en tweede positieve geleidende stroken en

10 het vormen van diëlektrische lagen door inkjet-drukken op de geleidende metaalstroken; waarbij de geleidende metaalstroken en de diëlektrische lagen worden gevormd voor het

stapelen van de eerste en tweede geleidende substraten op elkaar, en

waarbij het stapelen het uitlijnen van de geleidende metaalstroken met de goten omvat, zodat de geleidende metaalstroken tegenover de goten liggen en zich uitstrekken in de goten.

15

4. De werkwijze volgens conclusie 3, verder omvattende:

het vormen van een eerste gat door de eerste negatieve geleidende strook als een eerste alternatief of door de eerste positieve geleidende strook als een tweede alternatief en

het vormen van een tweede gat in de tweede negatieve geleidende strook in het eerste

20 alternatief of door de tweede positieve geleidende strook in het tweede alternatief;

waarbij het aanbrengen van het elektrolyt het bewerkstelligen omvat dat het elektrolyt doorheen de eerste en tweede gaten gaat.

5. De werkwijze volgens conclusie 1, verder omvattende:

25 het vormen van een tweede negatieve geleidende strook door inkjet-drukken op het tweede geleidende oppervlak naast en parallel aan de eerste positieve geleidende strook, waarbij de eerste positieve en tweede negatieve geleidende stroken gescheiden zijn door een dubbele elektrode-strook-scheidingbreedte en

30 het vormen van een tweede positieve geleidende strook door inkjet-drukken op het eerste geleidende oppervlak naast en parallel aan de eerste negatieve geleidende strook, waarbij de eerste positieve en tweede negatieve geleidende stroken gescheiden zijn door de dubbele elektrode-strook-scheidingbreedte;

waarbij de tweede negatieve en tweede positieve geleidende stroken worden gevormd voor het stapelen van de eerste en tweede geleidende substraten op elkaar.

35

6. De werkwijze volgens conclusie 5, verder omvattende:

het vormen van een geleidende metaalstrook door inkjet-drukken evenwijdig aan en tussen de eerste positieve en tweede negatieve geleidende stroken;

het vormen van een goot door het tweede geleidende oppervlak door laser graveren evenwijdig aan en tussen de positieve eerste en tweede negatieve geleidende stroken en het vormen van een diëlektrische laag door inkjet-drukken op de geleidende metaalstrook; waarbij de geleidende metaalstrook en de diëlektrische laag zijn gevormd voor het stapelen van de eerste en tweede geleidende substraten op elkaar, en

5 waarbij het stapelen het uitlijnen van de geleidende metaalstrook met de goot omvat, zodat de geleidende metaalstrook tegenover de goot ligt en zich uitstrekt in de goot.

7. De werkwijze volgens conclusie 6, verder omvattende:

10 het vormen van een eerste gat door de eerste negatieve geleidende strook als een eerste alternatief of door de eerste positieve geleidende strook als een tweede alternatief en het vormen van een tweede gat in de tweede negatieve geleidende strook in het eerste alternatieve of door de tweede positieve geleidende strook in het tweede alternatief; waarbij het aanbrengen van het elektrolyt het bewerkstelligen omvat dat het elektrolyt

15 doorheen de eerste en tweede gaten gaat.

8. De werkwijze volgens conclusie 1, verder omvattende:

het vormen van een geleidende metaalstrook door inkjet-drukken naast en parallel aan de eerste negatieve geleidende strook;

20 het vormen van een goot door het eerste geleidende oppervlak door laser graveren naast en parallel aan de geleidende metaalstrook, en het vormen van een diëlektrische laag door inkjet-drukken op de geleidende metaalstrook; waarbij de geleidende metaalstrook en de diëlektrische laag zijn gevormd voor het stapelen van de eerste en tweede geleidende substraten op elkaar, en

25 waarbij het stapelen het uitlijnen van de geleidende metaalstrook met de goot omvat, zodat de geleidende metaalstrook tegenover de goot ligt en zich uitstrekt in de goot.

9. De werkwijze volgens conclusie 8, verder omvattende:

30 het vormen van een gat door de eerste negatieve geleidende strook of de eerste positieve geleidende strook; waarbij het aanbrengen van het elektrolyt het bewerkstelligen omvat dat het elektrolyt doorheen het gat gaat.

10. De werkwijze volgens conclusie 8, waarbij:

35 het vormen van de dielektrische laag door inkjet-drukken omvattende het gebruiken van een diëlektrische inkt omvattende weekmakers of kunststoffen gedispergeerd in een eerste oplosmiddel en aangepast om thermisch te worden uitgehard, omvattende een isolerend materiaal in een tweede oplosmiddel en ingericht om UV-uitgehard te worden, of omvattende

een op silicium-houdend mengsel ingericht om thermisch uitgehard te worden.

11. De werkwijze volgens conclusie 10, waarbij:

de diëlektrische inkt omfattende weekmakers of kunststoffen gedispergeerd in een eerste

5 oplosmiddel en aangepast om thermisch te worden uitgehard, een polyimide isolerend  
polymeer omvat en waarbij

de inkjet-drukparameters voor het polyimide isolerende polymeer omvatten:

	T <sub>sub</sub> (°C)	30
	T <sub>kop</sub> (°C)	35 tot 40
10	h <sub>cart</sub> (mm)	0,3
	Meniscusvacuüm (inch)	3,5
	Startspanning (volt)	20
	Algemene pulsduur (µs)	10.78
	sproeifrequentie (kHz)	5
15	druppelafstand (µm)	25

12. De werkwijze volgens conclusie 10, waarbij:

de diëlektrische inkt omfattende het isolerende materiaal in een tweede oplosmiddel en  
ingericht om UV-uitgehard te worden, hexamethyleen fenyl diacrylaat / bis (2,4,6,-

20 trimethylbenzoyl) fosfineoxide omvat en

de inkjet-drukparameters voor hexamethyleen fenyl diacrylaat / bis (2,4,6,-trimethylbenzoyl)  
fosfineoxide omvatten:

	T <sub>sub</sub> (°C)	22 (kamertemperatuur)
	T <sub>kop</sub> (°C)	50
25	h <sub>cart</sub> (mm)	0,5
	Meniscusvacuüm (inch)	4,5
	Startspanning (volt)	22
	Algemene pulsduur (µs)	13.45
	sproeifrequentie (kHz)	1.5
30	druppelafstand (µm)	15

13. De werkwijze volgens conclusie 10, waarbij:

de diëlektrische inkt omfattende een op silicium-houdend mengsel ingericht om thermisch  
uitgehard te worden, tetramethoxysilaan of triethoxysilaan in een zuur isopropanol-water

35 mengsel en acetylacetaat omvat, en

de inkjet-drukparameters voor tetramethoxysilaan of triethoxysilaan in een zuur isopropanol-  
water mengsel en acetylacetaat omvatten:

	T <sub>sub</sub> (°C)	20-25
--	-----------------------	-------

	Tkop (°C)	25
	h <sub>cart</sub> (mm)	0,5
	Meniscusvacuüm (inch)	4,5
	Startspanning (volt)	18-20
5	Algemene pulsduur (µs)	10.69
	sproeifrequentie (kHz)	3
	druppelafstand (µm)	35

- 10 14. De werkwijze volgens conclusie 8, waarbij:  
het vormen van de geleidende metaalstrook door inkjet-drukken het gebruiken van een metallische inkt omvattende een colloïdale dispersie van zilveren nanodeeltjes omvat en de inkjet-drukparameters voor de colloïdale dispersie van zilveren nanodeeltjes omvatten:

	Tsub (°C)	30
15	Tkop (°C)	28
	h <sub>cart</sub> (mm)	0,250
	Meniscusvacuüm (inch)	4-5
	Startspanning (volt)	24
	Algemene pulsduur (µs)	11.76
20	sproeifrequentie (kHz)	5
	druppelafstand (µm)	30-35

15. De werkwijze volgens conclusie 1, waarbij:  
de eerste en tweede geleidende oppervlakken fluorine-gedoteerd tinoxide omvatten;
- 25 de eerste negatieve geleidende strook titaandioxide omvat;  
de eerste positieve geleidende strook platina of een geleidend polymeer omvat;  
de kleurstof een van een ruthenium organometaalcomplex kleurstof, een merocyanine kleurstof of een hemicyanine kleurstof omvat en  
het elektrolyt een van een redoxkoppel omvattende jood (I<sub>2</sub>), kaliumjodide (KI) en 1-methyl-3-
- 30 propylimidazool jodide, 1-methylbenzimidazol, 2-amino-1-methylbenzimidazol,  
guanidinetiocyanaat en 4-tertiair butylpyridine omvat.

16. De werkwijze volgens conclusie 15, waarbij:  
het vormen van de eerste negatieve geleidende strook door inkjet-drukken het gebruiken van
- 35 een negatieve inkt omvattende nanodeeltjes van titaniumdioxide omvat en  
het vormen van de eerste positieve geleidende strook door inkjet-drukken het gebruiken van een positieve inkt omvattende nanodeeltjes van platina omvat.

17. De werkwijze volgens conclusie 16, waarbij:

de eerste inkjet-drukparameters voor de negatieve inkt omvattende nanodeeltjes van titaniumdioxide omvatten:

	Tsub (°C)	40
5	Tkop (°C)	25
	h <sub>cart</sub> (mm)	0,5
	Meniscusvacuüm (inch)	4.3
	Startspanning (volt)	20-21
	Algemene pulsduur (µs)	11.520
10	sproeifrequentie (kHz)	5
	druppelafstand (µm)	30

en

de tweede inkjet-drukparameters voor de positieve inkt omvattende nanodeeltjes van platina omvatten:

15	Tsub (°C)	45
	Tkop (°C)	22 (kamertemperatuur)
	h <sub>cart</sub> (mm)	0,5
	Meniscusvacuüm (inch)	3,5
	Startspanning (volt)	19-24
20	Algemene pulsduur (µs)	13.23
	sproeifrequentie (kHz)	5
	druppelafstand (µm)	25

25 18. De werkwijze volgens conclusie 1, verder omvattende:

het vormen van een UV-blokkerende laag door inkjet-drukken op het eerste niet-geleidende oppervlak, het tweede niet-geleidende oppervlak, of beide.

19. De werkwijze volgens conclusie 18, waarbij:

30 de UV-blokkerende laag een CeO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> film met een dikte van ongeveer 0,2 tot 1 micron omvat.

20. De werkwijze volgens conclusie 19, waarbij:

35 het vormen van de CeO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> film het gebruiken van een UV-blokkerende inkt omvattende titaanisopropoxide gemengd met ceriumnitraat omvat en de inkjet-drukparameters voor de UV-blokkerende inkt, omvattende titaanisopropoxide gemengd met ceriumnitraat omvatten:

	Tsub (°C)	22 (kamertemperatuur)
--	-----------	-----------------------

Tkop (°C)	25
$h_{\text{cart}}$ (mm)	0,3
Meniscusvacuüm (inch)	4
Startspanning (volt)	22-23
5 Algemene pulsduur ( $\mu\text{s}$ )	15.110
sproeifrequentie (kHz)	1.5
druppelafstand ( $\mu\text{m}$ )	25

21. Een zonnepaneel met een kleurstof gevoelige zonnecel (DSSC), omvattende:

10 een eerste deel omvattende:

een eerste geleidend substraat met een eerste geleidend oppervlak en een eerste niet-geleidend oppervlak tegenover het eerste geleidend oppervlak, waarbij het eerste geleidende substraat in hoofdzaak vlak en gelijkmatig in dikte is en

15 een eerste negatieve geleidende strook gevormd door inkjet-drukken op het eerste geleidende oppervlak, de eerste negatieve geleidende strook is ingericht om als een negatieve elektrode van de zonnecel te functioneren, waarbij de eerste negatieve geleidende strook gekleurd is met een lichtgevoelige kleurstof en

een tweede deel omvattende:

20 een tweede geleidende substraat met een tweede geleidend oppervlak en een tweede niet-geleidend oppervlak tegenover het tweede geleidende oppervlak, waarbij het tweede geleidende substraat in hoofdzaak vlak en uniform van dikte is, waarbij de tweede geleidende substraat en de eerste geleidende substraat nagenoeg gelijk in afmetingen zijn en een eerste positieve geleidende strook gevormd door inkjet-drukken op het tweede geleidende oppervlak, waarbij de eerste positieve geleidende strook is ingericht om als een

25 positieve elektrode van de zonnecel te functioneren; waarbij het eerste deel en het tweede deel op elkaar gestapeld zijn, zodanig dat het eerste geleidende oppervlak tegenover het tweede geleidende oppervlak ligt, waarbij de eerste en tweede niet-geleidende oppervlakken naar buiten wijzen en waarbij een elektrolyt is aangebracht tussen de eerste en tweede geleidende oppervlakken.

30

22. Het zonnepaneel volgens conclusie 21, verder omvattende:

35 een tweede negatieve geleidende strook gevormd door inkjet-drukken op het eerste geleidende oppervlak naast en parallel aan de eerste negatieve geleidende strook, waarbij de eerste en tweede negatieve geleidende stroken gescheiden zijn door een negatieve-strook-scheidingbreedte en

een tweede positieve geleidende strook gevormd door inkjet-drukken op het tweede geleidende oppervlak naast en parallel aan de eerste positieve geleidende strook, waarbij de eerste en tweede positieve geleidende stroken gescheiden zijn door een positieve-strook-

scheidingbreedte;

waarbij de tweede negatieve en tweede positieve geleidende stroken gevormd zijn voor het stapelen van de eerste en tweede geleidende substraten op elkaar.

5 23. Het zonnepaneel volgens conclusie 22, verder omvattende:  
een eerste geleidende metaalstrook gevormd door inkjet-drukken evenwijdig aan en tussen de eerste en tweede negatieve geleidende stroken;  
een eerste goot door het eerste geleidende oppervlak gevormd door laser graveren evenwijdig aan en tussen de eerste en tweede negatieve geleidende stroken;

10 een tweede geleidende metaalstrook gevormd door inkjet-drukken evenwijdig aan en tussen de eerste en tweede positieve geleidende stroken;  
een tweede goot door het tweede geleidende oppervlak gevormd door laser graveren evenwijdig aan en tussen de eerste en tweede positieve geleidende stroken en diëlektrische lagen aangebracht op de geleidende metaalstroken;

15 waarbij de geleidende metaalstroken en de diëlektrische lagen gevormd zijn voordat de eerste en tweede geleidende substraten op elkaar gestapeld zijn en waarbij de geleidende metalen stroken zijn uitgelijnd met de goten zodat de geleidende metaalstroken tegenover de goten liggen en zich uitstrekken in de goten.

20 24. Het zonnepaneel volgens conclusie 23, verder omvattende:  
een eerste gat gevormd door de eerste negatieve geleidende strook bij een eerste alternatief of door de eerste positieve geleidende strook bij een tweede alternatief en een tweede gat gevormd door de tweede negatieve geleidende strook in het eerste alternatief of door de tweede positieve geleidende strook in het tweede alternatief;

25 waarbij de elektrolyt de eerste en tweede gaten doorloopt.

25. Het zonnepaneel volgens conclusie 21, verder omvattende:  
een tweede negatieve geleidende strook gevormd door inkjet-drukken op het tweede geleidende oppervlak naast en parallel aan de eerste positieve geleidende strook, waarbij de  
30 eerste positieve en tweede negatieve geleidende stroken gescheiden zijn door een dubbele elektrode-strook-scheidingbreedte en

een tweede positieve geleidende strook gevormd door inkjet-drukken op het eerste geleidende oppervlak grenzend en parallel aan de eerste negatieve geleidende strook, waarbij de eerste en tweede positieve negatieve geleidende stroken zijn gescheiden door de  
35 dubbele-elektrode-strook-scheidingbreedte;

waarbij de tweede negatieve en tweede positieve geleidende stroken gevormd zijn voor het stapelen van de eerste en tweede geleidende substraten op elkaar.

26. Het zonnepaneel volgens conclusie 25, verder omvattende:

een geleidende metaalstrook gevormd door inkjet-drukken evenwijdig aan en tussen de eerste positieve en tweede negatieve geleidende stroken;

- 5 een goot gevormd door het tweede geleidende oppervlak door laser graveren evenwijdig aan en tussen de positieve eerste en tweede negatieve geleidende stroken en een diëlektrische laag gevormd door inkjet-drukken op de geleidende metaalstrook; waarbij de geleidende metaalstrook en de diëlektrische laag zijn gevormd voor het stapelen van de eerste en tweede geleidende substraten op elkaar, en
- 10 waarbij de geleidende metaalstrook is uitgelijnd met de goot, zodat de geleidende metaalstrook tegenover de goot ligt en zich uitstrekt in de goot.

27. Het zonnepaneel volgens conclusie 26, verder omvattende:

een eerste gat gevormd door de eerste negatieve geleidende strook in een eerste alternatief of de eerste positieve geleidende strook in een tweede alternatieve en

15 een tweede gat gevormd door het tweede negatieve geleidende strook in de eerste alternatieve of het tweede positieve geleidende strook in het tweede alternatief; waarbij de elektrolyt doorloopt de eerste en tweede gaten.

- 20 28. Het zonnepaneel volgens conclusie 21, verder omvattende:

een geleidend metaalstrook gevormd door inkjet-drukken naast en parallel aan de eerste negatieve geleidende strook;

een gat gevormd door het eerste geleidende oppervlak door laser graveren naast en parallel aan de geleidende metaalstrook, en

- 25 een diëlektrische laag aangebracht op de geleidende metaalstrook; waarbij de geleidende metaalstrook en de diëlektrische laag zijn gevormd voor het stapelen van de eerste en tweede geleidende substraten op elkaar, en waarbij de geleidende metaalstrook is uitgelijnd met de goot, zodat de geleidende metaalstrook tegenover de goot ligt en zich uitstrekt in de goot wanneer de eerste en tweede
- 30 delen op elkaar zijn gestapeld.

29. Het zonnepaneel volgens conclusie 28, waarbij:

de geleidende metaalstrook zilver omvat.

- 35 30. Het zonnepaneel volgens conclusie 28, verder omvattende:

een gat gevormd door de eerste negatieve geleidende strook of de eerste positieve geleidende strook;

waarbij de elektrolyt doorheen het gat loopt.

31. Het zonnepaneel volgens conclusie 28, waarbij:

- de diëlektrische laag is gevormd door het gebruiken van een diëlektrische inkt omvattende weekmakers of kunststoffen gedispergeerd in een eerste oplosmiddel en aangepast om thermisch te worden uitgehard, omvattende een isolerend materiaal in een tweede oplosmiddel en ingericht om UV-uitgehard te worden, of omvattende een op silicium-houdend mengsel ingericht om thermisch uitgehard te worden.

32. Het zonnepaneel volgens conclusie 21, waarbij:

- het eerste en tweede geleidende oppervlakken fluorine-gedoteerd tinoxide omvatten; de eerste negatieve geleidende strook titaandioxide omvat; de eerste positieve geleidende strook platina of een geleidend polymeer omvat; de kleurstof een van een ruthenium organometaalcomplex kleurstof, een merocyanine kleurstof of een hemicyanine kleurstof omvat en het elektrolyt een van een redoxkoppel omvattende jood ( $I_2$ ), kaliumjodide (KI) en 1-methyl-3-propylimidazool jodide, 1-methylbenzimidazol, 2-amino-1-methylbenzimidazol, guanidinetiocyanaat en 4-tertiair butylpyridine omvat.

33. Het zonnepaneel volgens conclusie 32, waarbij:

- de eerste negatieve geleidende strook is gevormd met behulp van een negatieve inkt omvattende nanodeeltjes van titaniumdioxide en de eerste positieve geleidende strook is gevormd met behulp van een positieve inkt omvattende nanodeeltjes van platina.

34. Het zonnepaneel volgens conclusie 21, verder omvattende:

een UV-blokkerende laag gevormd door inkjet-drukken op het eerste niet-geleidende oppervlak, het tweede niet-geleidende oppervlak, of beide.

35. Het zonnepaneel volgens conclusie 34, waarbij:

- de UV-blokkerende laag een  $CeO_2$ - $TiO_2$  film met een dikte van ongeveer 0,2 tot 1 micron omvat.

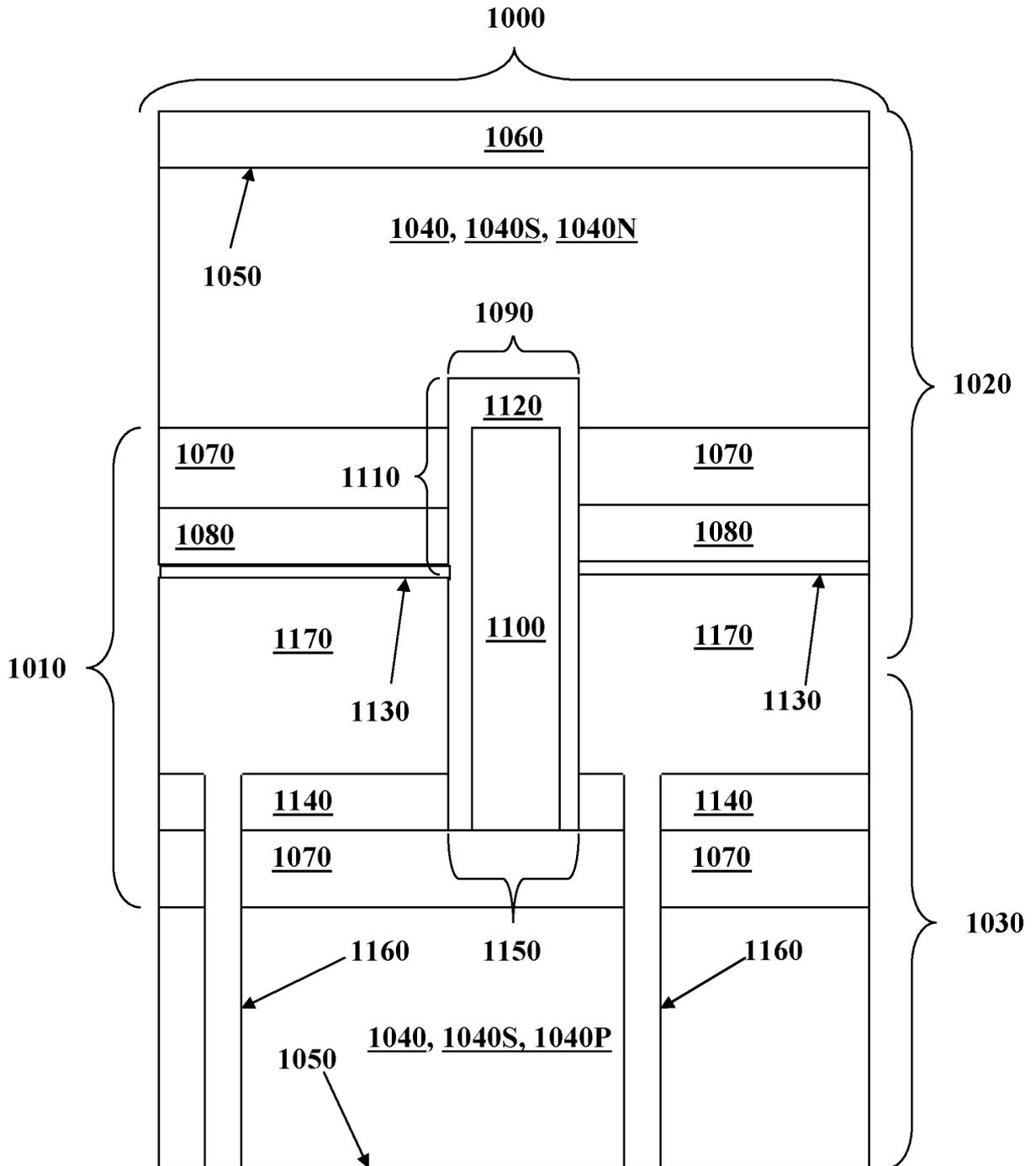
36. Een systeem omvattende een productielijnconfiguratie, het systeem omvattende:

- een substraattransportmiddel ingericht om een substraat dat geschikt is voor gebruik in een fotovoltaïsch paneel te verplaatsen, waarbij het substraat wordt verplaatst door het transportmiddel met een gecontroleerde, programmeerbare snelheid; een drukstation met een aantal inkjetdrukkoppen geplaatst in vaste posities boven het substraattransportmiddel, waarbij het drukstation is ingericht om geleidende inkt te inkjet-

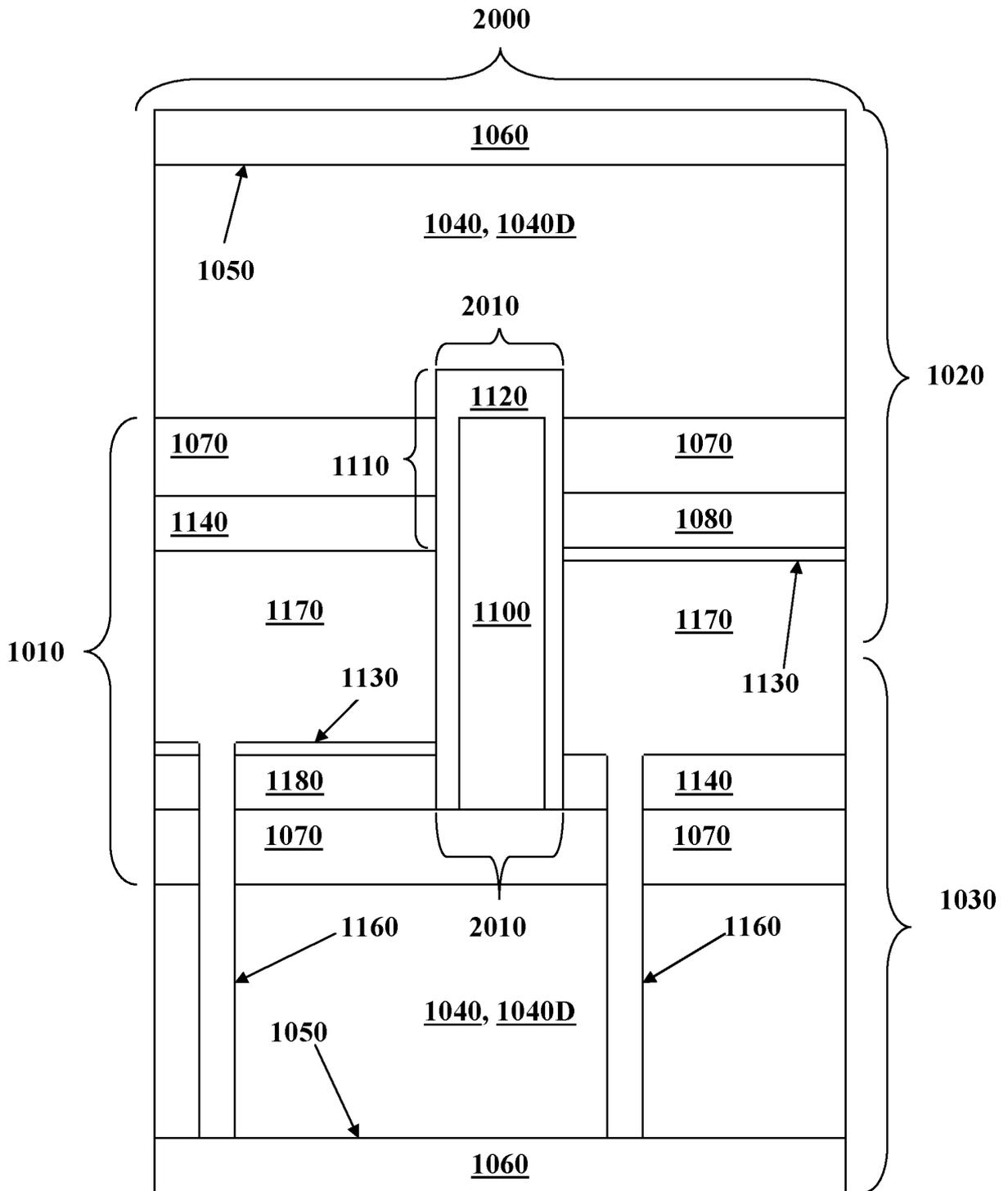
drukken op de substraten die bewegen onder de printkoppen, waarbij materiaaldepositie digitaal wordt bestuurd door het programmeren van een inktdruppelen van de inkjetdrukkoppen, en

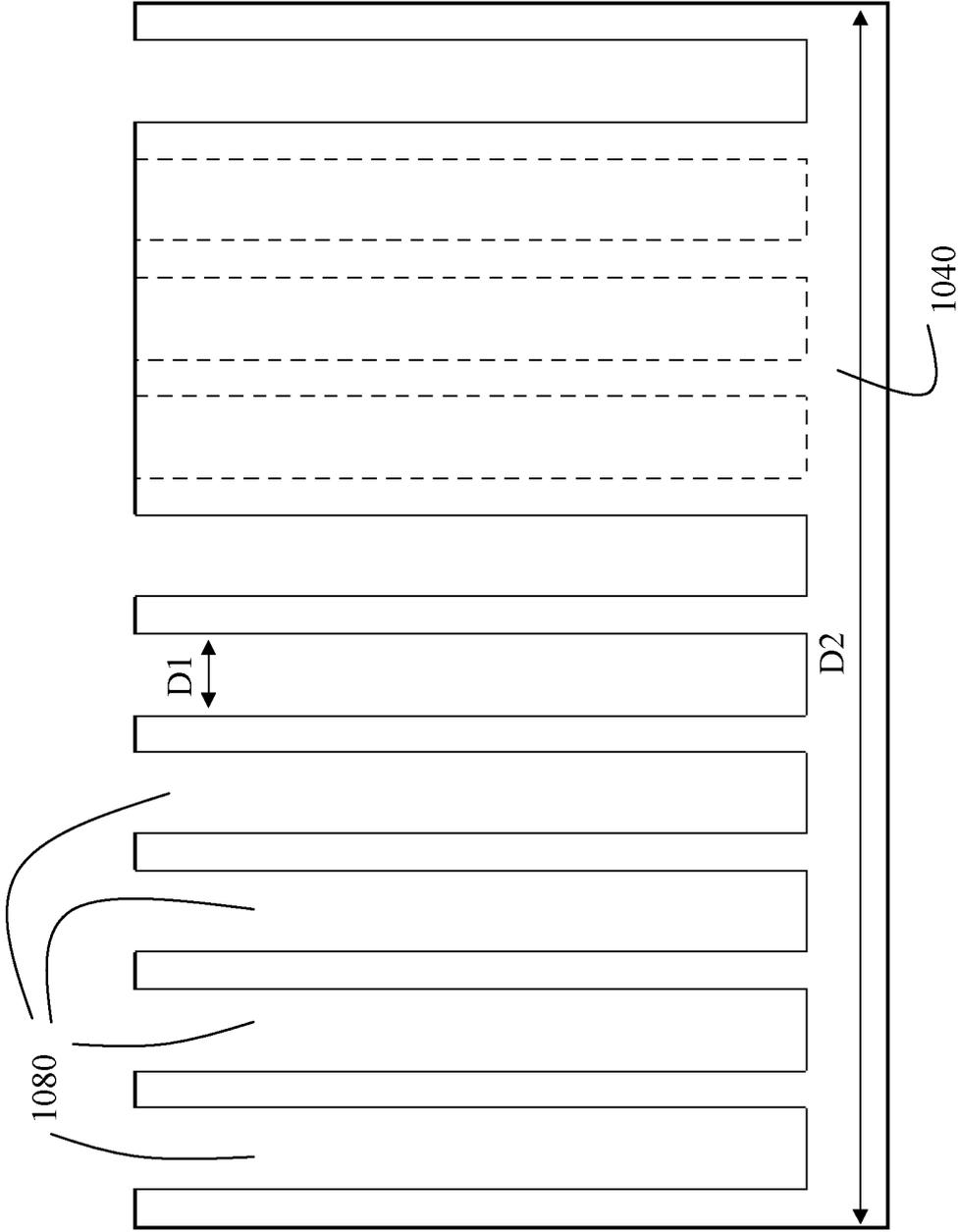
- 5 een uithardstation opgesteld in lijn met het substraattransportmiddel en ingericht om het geleidende inktmateriaal voorzien op het substraat uit te harden, en waarbij het systeem verder is ingericht om de werkwijze volgens een van de conclusies 1 tot 20 uit te voeren.

**FIG. 1A**

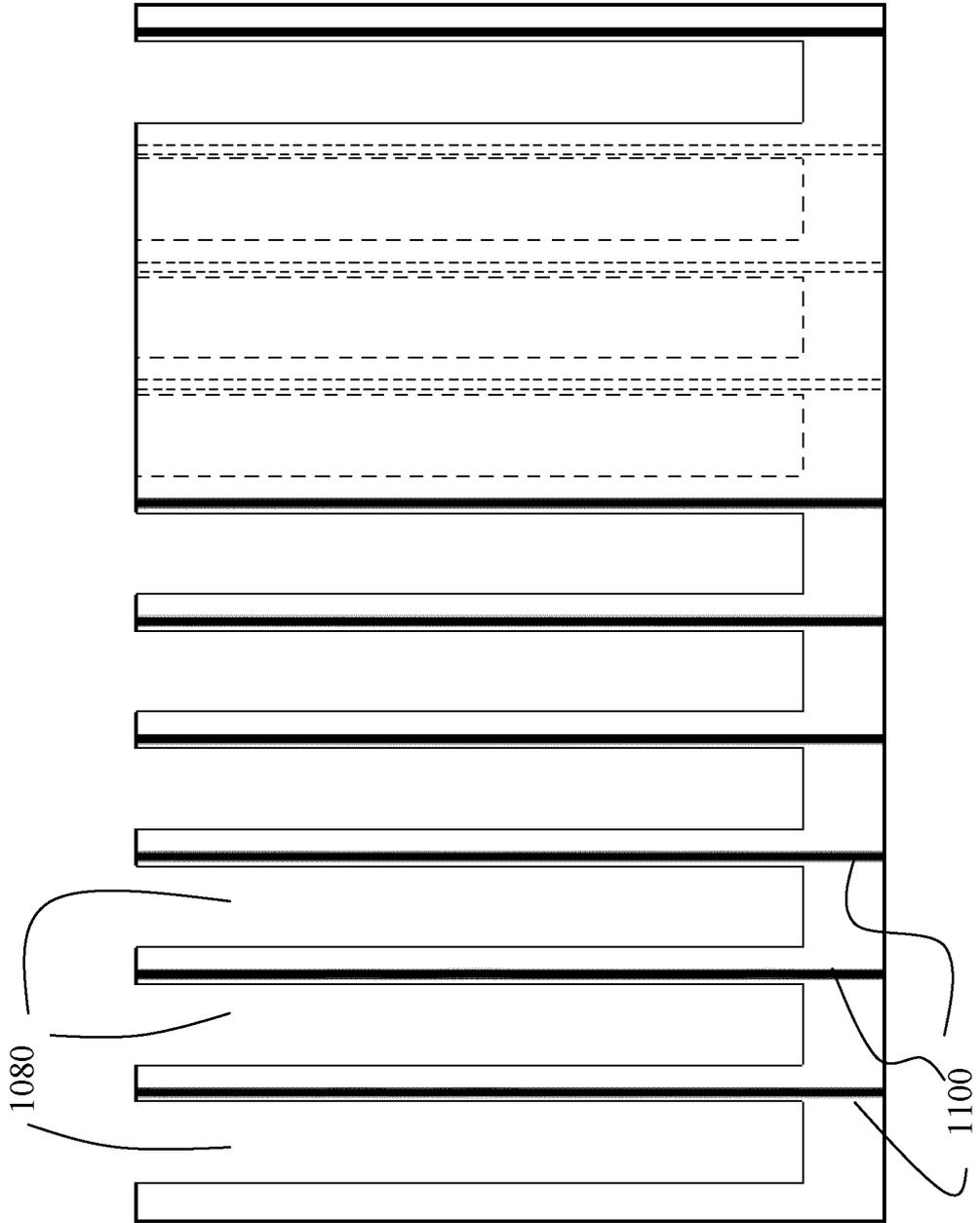


**FIG. 1B**

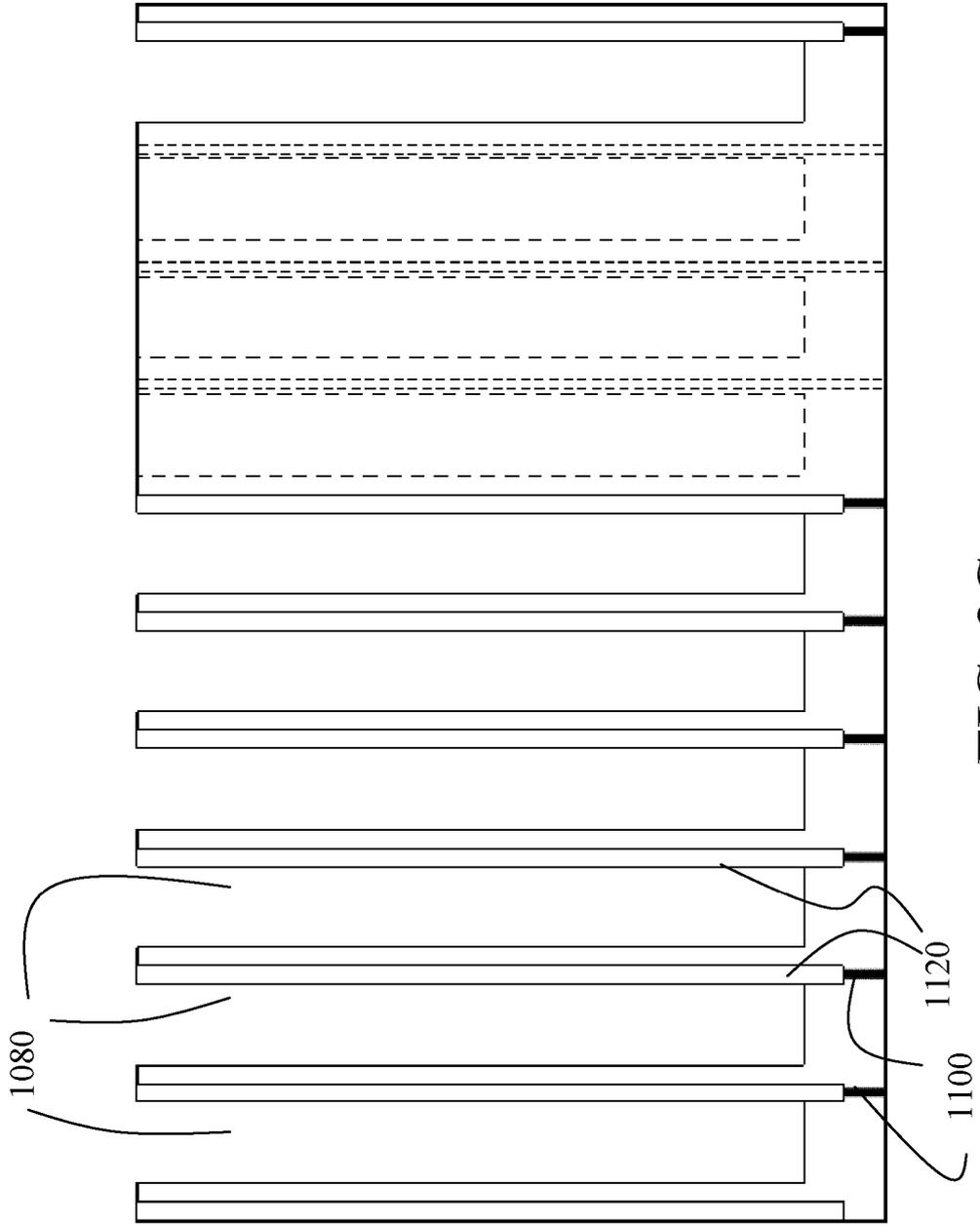




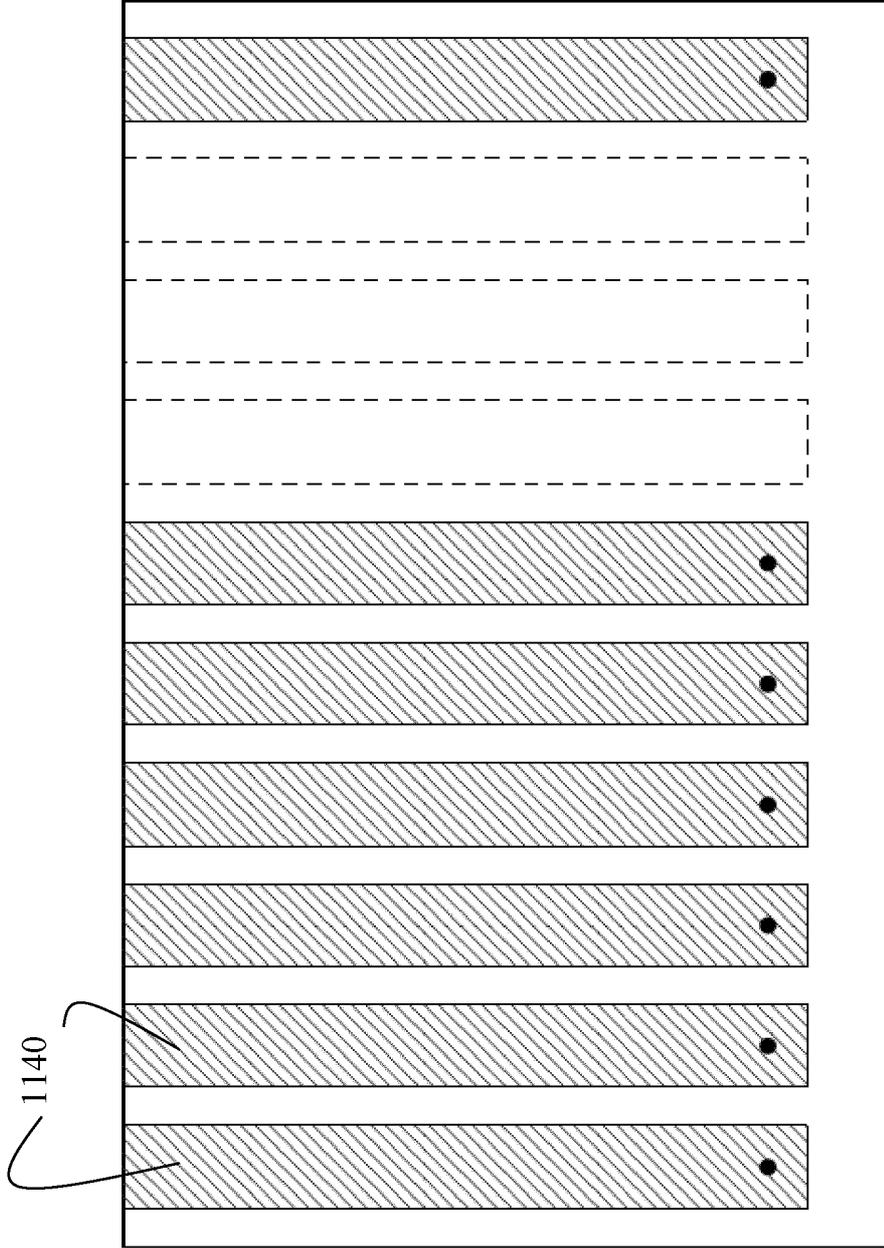
**FIG. 2A**



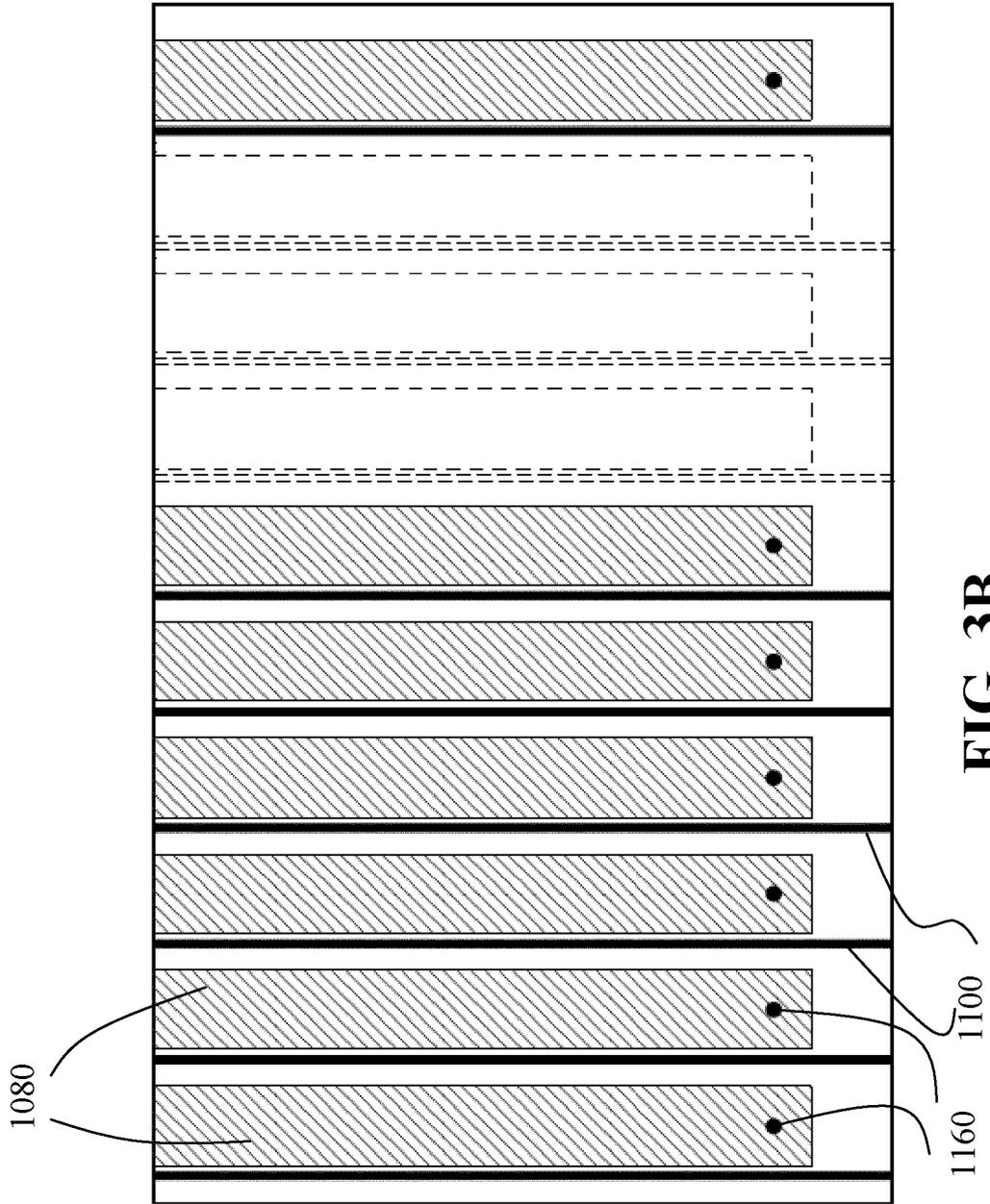
**FIG. 2B**



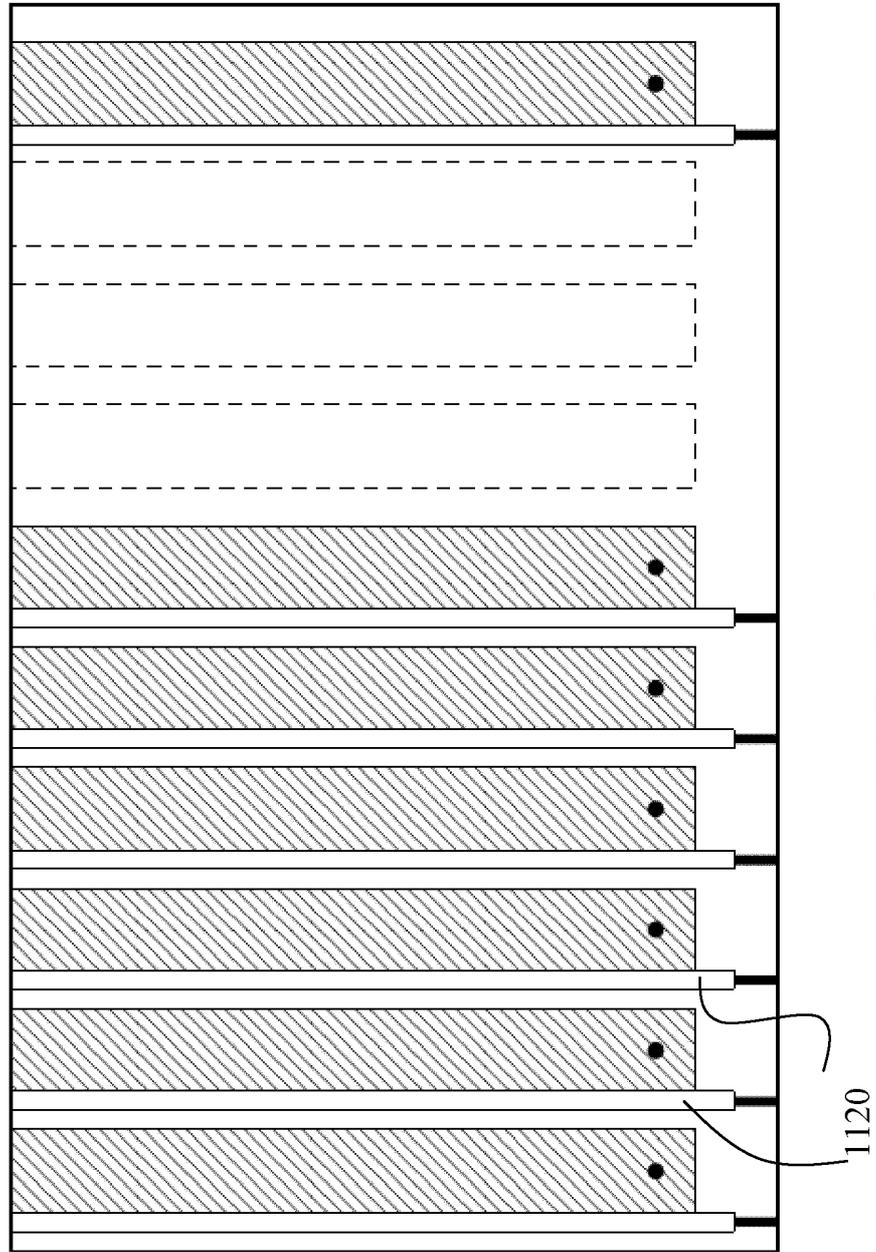
**FIG. 2C**



**FIG. 3A**



**FIG. 3B**



**FIG. 3C**

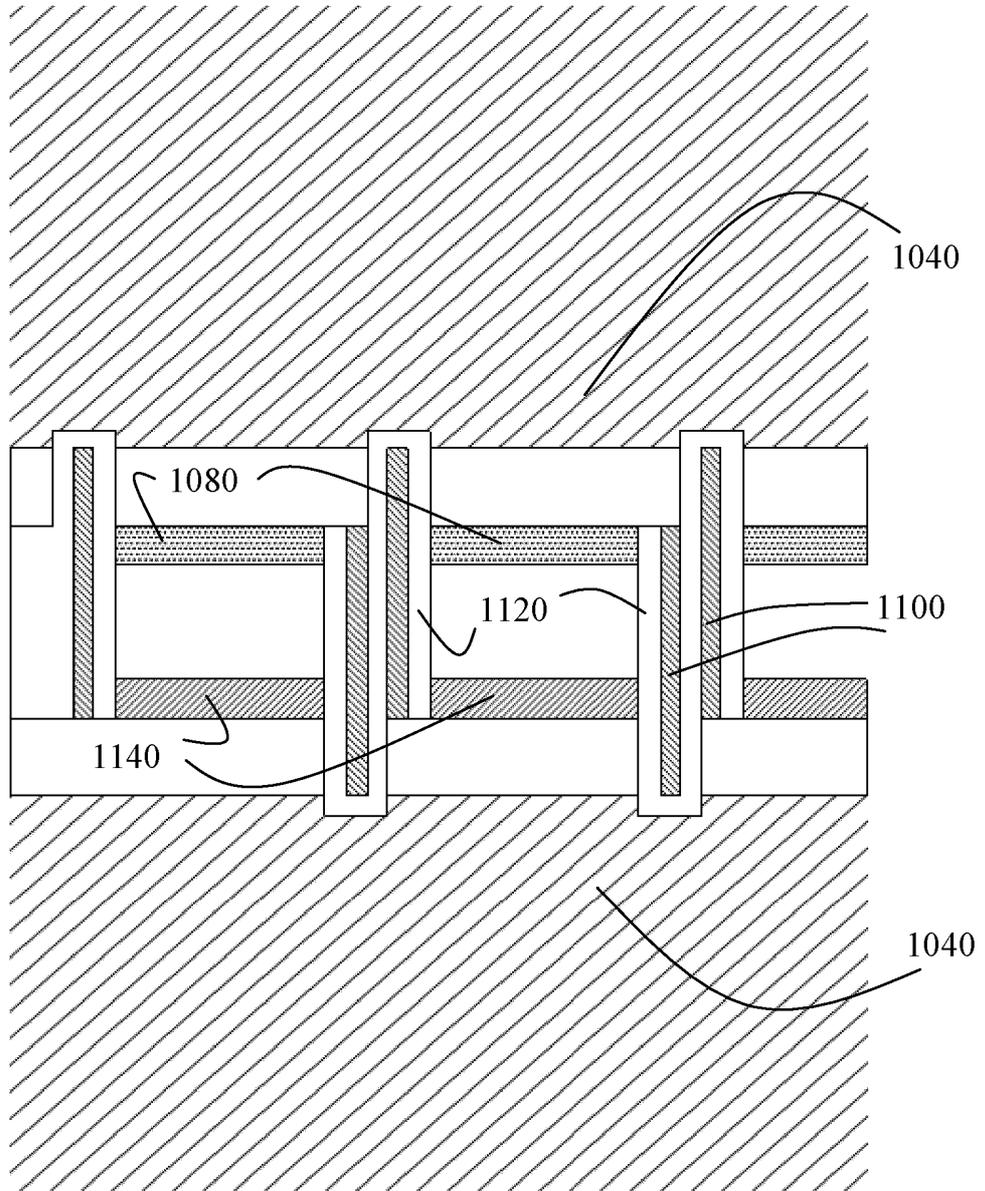


FIG. 4A

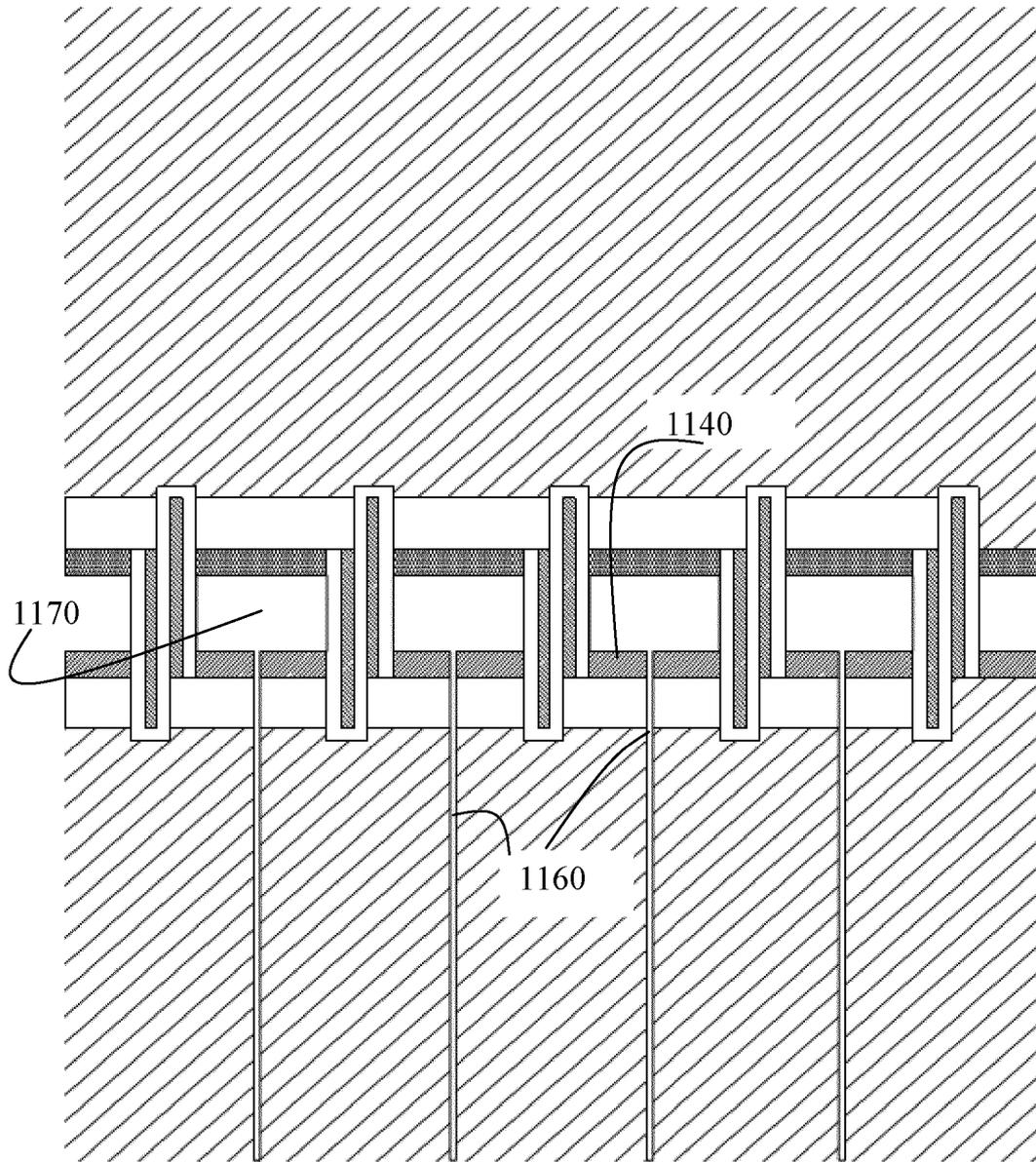
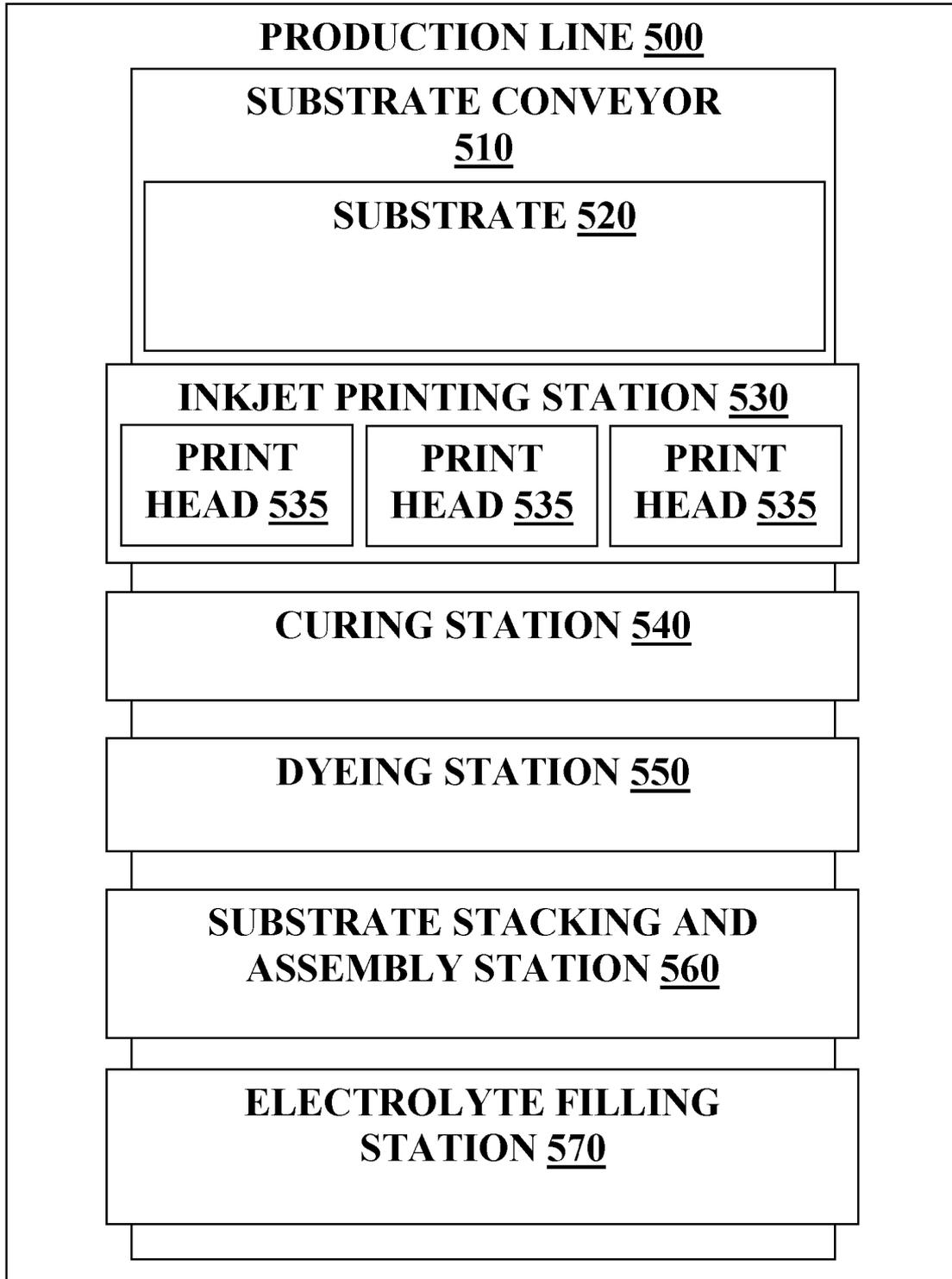


FIG. 4B

**FIG. 5**



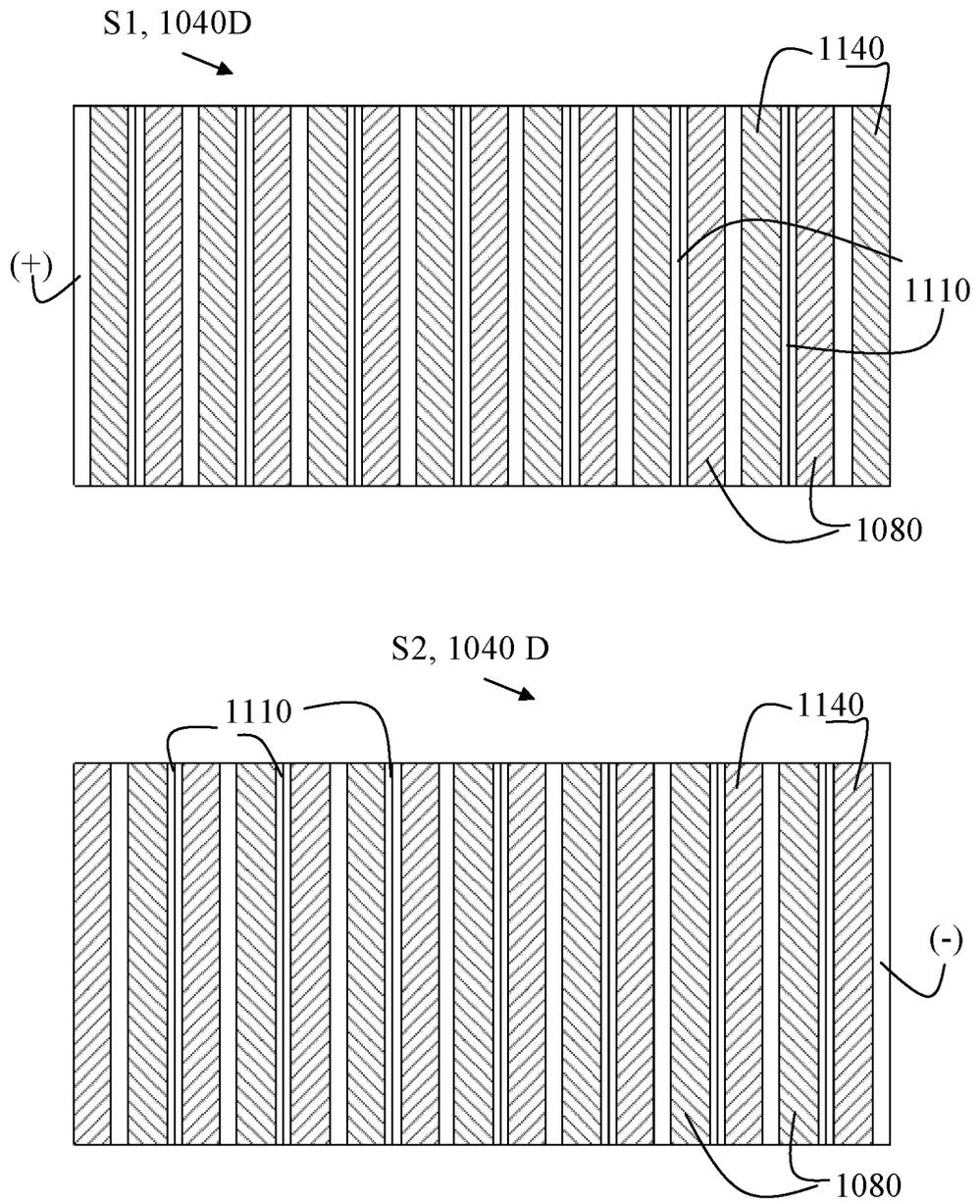
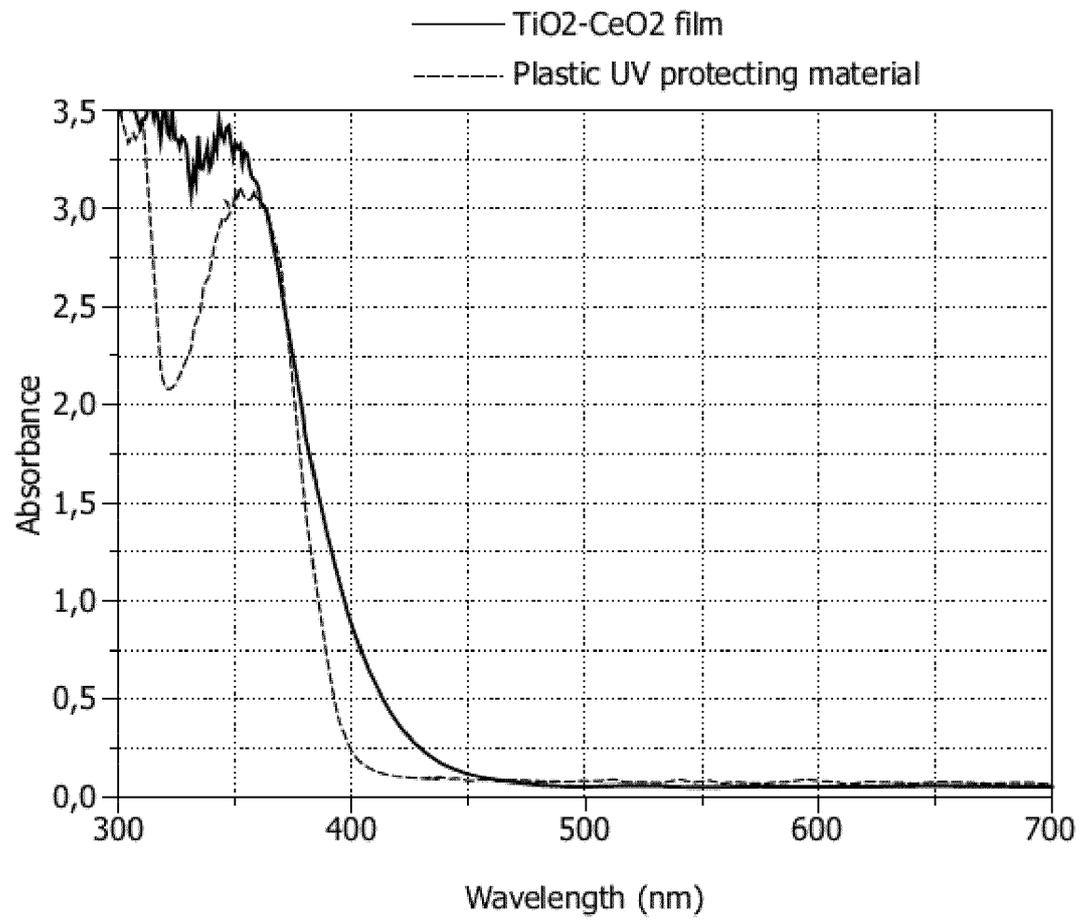


FIG. 6

**FIG. 7**



**ONDERZOEKSRAPPORT**

BETREFFENDE HET RESULTAAT VAN HET ONDERZOEK NAAR DE STAND VAN DE TECHNIEK

RELEVANTE LITERATUUR			
Categorie <sup>1</sup>	Literatuur met, voor zover nodig, aanduiding van speciaal van belang zijnde tekstgedeelten of figuren.	Van belang voor conclusie(s) nr:	Classificatie (IPC)
X	EENHEID VAN UITVINDING ONTBREEKT zie aanvullingsblad B ----- US 2012/111409 A1 (KIM WON JUNG [KR] ET AL) 10 mei 2012 (2012-05-10) * alinea's [0022] - [0107]; conclusie 16; figuren 2-5 * * alinea's [0110] - [0012] * * alinea's [0108] - [0122]; voorbeelden 1-3 *	1-35	INV. H01G9/20 H01L51/00
X	US 2008/202585 A1 (YAMANAKA RYOHSUKE [JP] ET AL) 28 augustus 2008 (2008-08-28) * alinea's [0095] - [0106]; figuren 1,2,6-8; voorbeeld 1 *	1-28, 30-35	
X	US 2011/203644 A1 (LIANOS PANAGIOTIS [GR] ET AL) 25 augustus 2011 (2011-08-25)	1-4, 7-24, 27-35	
A	* alinea's [0048] - [0052], [0061]; conclusies 1-10,15-24,29-34; voorbeelden 22-28 * * alinea's [0010] - [0015] * * alinea's [0029] - [0042] *	5,6,25, 26	Onderzochte gebieden van de techniek  H01L H01G
Indien gewijzigde conclusies zijn ingediend, heeft dit rapport betrekking op de conclusies ingediend op:			
Plaats van onderzoek:  's-Gravenhage		Datum waarop het onderzoek werd voltooid:  20 augustus 2014	Bevoegd ambtenaar:  Konrádsson, Ásgeir
<sup>1</sup> CATEGORIE VAN DE VERMELDE LITERATUUR  X: de conclusie wordt als niet nieuw of niet inventief beschouwd ten opzichte van deze literatuur Y: de conclusie wordt als niet inventief beschouwd ten opzichte van de combinatie van deze literatuur met andere geciteerde literatuur van dezelfde categorie, waarbij de combinatie voor de vakman voor de hand liggend wordt geacht A: niet tot de categorie X of Y behorende literatuur die de stand van de techniek beschrijft O: niet-schriftelijke stand van de techniek P: tussen de voorrangsdatum en de indieningsdatum gepubliceerde literatuur  T: na de indieningsdatum of de voorrangsdatum gepubliceerde literatuur die niet bezwend is voor de octrooiaanvraag, maar wordt vermeld ter verheldering van de theorie of het principe dat ten grondslag ligt aan de uitvinding E: eerdere octrooi(aanvraag), gepubliceerd op of na de indieningsdatum, waarin dezelfde uitvinding wordt beschreven D: in de octrooiaanvraag vermeld L: om andere redenen vermelde literatuur &: lid van dezelfde octrooifamilie of overeenkomstige octrooipublicatie			

**GEBREK AAN EENHEID VAN UITVINDING**

Octrooiaanvraag Nr.:

NO 138618

NL 2010468

**AANVULLINGSBLAD B**

De Instantie belast met het uitvoeren van het onderzoek naar de stand van de techniek heeft vastgesteld dat deze aanvraag meerdere uitvindingen bevat, te weten:

1. conclusies: 1-35

Dye sensitized solar cells and method of manufacturing said cells

---

2. conclusie: 36

A manufacturing system comprising conveyors, printers and curing stations.

---

Het vooronderzoek werd tot het eerste onderwerp beperkt.

**AANHANGSEL BEHORENDE BIJ HET RAPPORT BETREFFENDE  
HET ONDERZOEK NAAR DE STAND VAN DE TECHNIEK,  
UITGEVOERD IN DE OCTROOIAANVRAGE NR.**

NO 138618  
NL 2010468

Het aanhangsel bevat een opgave van elders gepubliceerde octrooiaanvragen of octrooien (zogenaamde leden van dezelfde octroofamilie), die overeenkomen met octrooischriften genoemd in het rapport.

De opgave is samengesteld aan de hand van gegevens uit het computerbestand van het Europees Octrooibureau per

De juistheid en volledigheid van deze opgave wordt noch door het Europees Octrooibureau, noch door het Bureau voor de Industriële eigendom gegarandeerd; de gegevens worden verstrekt voor informatiedoeleinden.

20-08-2014

In het rapport genoemd octrooigeschrift	Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)	Datum van publicatie
US 2012111409 A1	10-05-2012	CN 102464913 A	23-05-2012
		DE 102011005392 A1	10-05-2012
		JP 2012102308 A	31-05-2012
		KR 20120048436 A	15-05-2012
		US 2012111409 A1	10-05-2012
US 2008202585 A1	28-08-2008	JP 3717506 B2	16-11-2005
		JP 2005235725 A	02-09-2005
		US 2008202585 A1	28-08-2008
		WO 2005069424 A1	28-07-2005
US 2011203644 A1	25-08-2011	US 2011203644 A1	25-08-2011
		WO 2011102966 A2	25-08-2011

## SCHRIFTELIJKE OPINIE

DOSSIER NUMMER NO138618	INDIENINGSDATUM 18.03.2013	VOORRANGSDATUM 23.01.2013	AANVRAAGNUMMER NL2010468
CLASSIFICATIE INV. H01G9/20 H01L51/00			
AANVRAGER Brite Hellas AE			

Deze schriftelijke opinie bevat een toelichting op de volgende onderdelen:

- Onderdeel I Basis van de schriftelijke opinie
- Onderdeel II Voorrang
- Onderdeel III Vaststelling nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid niet mogelijk
- Onderdeel IV De aanvraag heeft betrekking op meer dan één uitvinding
- Onderdeel V Gemotiveerde verklaring ten aanzien van nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid
- Onderdeel VI Andere geciteerde documenten
- Onderdeel VII Overige gebreken
- Onderdeel VIII Overige opmerkingen

	DE BEVOEGDE AMBTENAAR Konrádsson, Ásgeir
--	---

---

**Onderdeel I Basis van de Schriftelijke Opinie**

---

1. Deze schriftelijke opinie is opgesteld op basis van de meest recente conclusies ingediend voor aanvang van het onderzoek.
2. Met betrekking tot **nucleotide en/of aminozuur sequenties** die genoemd worden in de aanvraag en relevant zijn voor de uitvinding zoals beschreven in de conclusies, is dit onderzoek gedaan op basis van:
  - a. type materiaal:
    - sequentie opsomming
    - tabel met betrekking tot de sequentie lijst
  - b. vorm van het materiaal:
    - op papier
    - in elektronische vorm
  - c. moment van indiening/aanlevering:
    - opgenomen in de aanvraag zoals ingediend
    - samen met de aanvraag elektronisch ingediend
    - later aangeleverd voor het onderzoek
3.  In geval er meer dan één versie of kopie van een sequentie opsomming of tabel met betrekking op een sequentie is ingediend of aangeleverd, zijn de benodigde verklaringen ingediend dat de informatie in de latere of additionele kopieën identiek is aan de aanvraag zoals ingediend of niet meer informatie bevatten dan de aanvraag zoals oorspronkelijk werd ingediend.
4. Overige opmerkingen:

---

**Onderdeel III Vaststelling nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid niet mogelijk**

---

De vraag of de uitvinding in de aanvraag nieuw, inventief en industrieel toepasbaar is, wordt niet behandeld in deze schriftelijke opinie met betrekking tot:

- de gehele aanvraag
- conclusies 36

omdat:

- deze aanvraag of deze conclusies , betrekking hebben op materie waarvoor het niet zinvol is een schriftelijke opinie op te stellen.
- de beschrijving, figuren of deze conclusies , , zo onduidelijk zijn dat het niet zinvol is een schriftelijke opinie op te stellen.
- deze conclusies , onvoldoende steun vinden in de beschrijving waardoor het niet zinvol is een schriftelijke opinie op te stellen.
- geen onderzoek naar de stand van de techniek is uitgevoerd voor deze conclusies 36.
- een zinvolle schriftelijke opinie niet opgesteld kon worden omdat de sequentie opsomming niet beschikbaar was in het juiste formaat, of in het geheel niet beschikbaar was (WIPO ST25).
- een zinvolle schriftelijke opinie niet opgesteld kon worden zonder de tabellen met betrekking tot de sequentie opsommingen; of deze tabellen waren niet beschikbaar in elektronische vorm.
- Zie aparte bladzijde

---

**Onderdeel IV De aanvraag heeft betrekking op meer dan één uitvinding**

---

1. Vastgesteld is dat de octrooiaanvraag betrekking heeft op meer dan één uitvinding.

**Zie aparte bladzijde**

2. Het onderzoek naar de stand van de techniek is beperkt tot de eerstgenoemde uitvinding in de conclusies en betreft:
  - alle conclusies
  - conclusies: (zie nieuwheidsrapport)

## SCHRIFTELIJKE OPINIE

Aanvraag nr.:  
NL2010468

---

### Onderdeel V Gemotiveerde verklaring ten aanzien van nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid

---

#### 1. Verklaring

Nieuwheid	Ja: Conclusies 2-15, 17-20, 23, 24, 27, 28, 30, 31, 34, 35 Nee: Conclusies 1, 16, 21, 22, 25, 26, 29, 32, 33
Inventiviteit	Ja: Conclusies Nee: Conclusies 1-35
Industriële toepasbaarheid	Ja: Conclusies 1-35 Nee: Conclusies

#### 2. Citaties en toelichting:

**Zie aparte bladzijde**

---

### Onderdeel VIII Overige opmerkingen

---

De volgende opmerkingen met betrekking tot de duidelijkheid van de conclusies, beschrijving, en figuren, of met betrekking tot de vraag of de conclusies nawerkbaar zijn, worden gemaakt:

**Zie aparte bladzijde**

**ITEM IV**

**1 Unity of invention**

1.1 It is considered that there are 2 inventions covered by the claims indicated as follows:

Invention 1: Claims **1-35** relate to a dye sensitized solar cell panel and method of manufacturing said panel.

Invention 2: Claim **36**, relates to a manufacturing system comprising conveyors, printers and curing stations.

The reasons for which the inventions are not so linked as to form a single general inventive concept, are as follows:

Examining the possible correspondence by technical effect, one finds that the technical effect of the first invention is that dye sensitized solar cell panels are manufactured

and that the technical effect of the second invention is a manufacturing process of organic electronics is automated.

This appears to show lack of corresponding technical effect as well. Consequently, neither the objective problem underlying the subjects of the claimed inventions, nor their solutions defined by the special technical features allow for a relationship to be established between the said inventions, which involves a single general inventive concept.

**2 ITEM V**

Reference is made to the following documents:

- D1 US 2012/111409 A1 (KIM WON JUNG [KR] ET AL) 10 mei 2012 (2012-05-10)
- D2 US 2008/202585 A1 (YAMANAKA RYOHSUKE [JP] ET AL) 28 augustus 2008 (2008-08-28)
- D3 US 2011/203644 A1 (LIANOS PANAGIOTIS [GR] ET AL) 25 augustus 2011 (2011-08-25)

**Novelty and inventive step**

**Independent claim 1**

- 2.1 D1 discloses (the references in parentheses referring to this document): A method of forming a solar panel comprising a dye sensitized solar cell (Fig. 2 and paragraphs 81-107), said method comprising:
- providing a conductive substrates (paragraph 85 and implicit in step S10, Fig. 2);
  - forming a first negative strip by inkjet printing (paragraph 85 and step S11, Fig. 2);
  - adding dye (paragraph 93 and step S14, Fig. 2);
  - forming a first positive strip (paragraph 85 and step S11, Fig. 2);
  - adding electrolyte (paragraph 105 and step S16, Fig. 2).

The subject matter of claim 1 is therefore not novel over this disclosed in D1.

- 2.2 Notwithstanding the disclosure of D1, D2 can be seen as the closest prior art to the subject matter of claim 1 and discloses a method of manufacturing a dye sensitized solar cell (example 1, paragraphs 95-106 and Fig. 1 and 2), said method comprising providing conductive substrates (paragraph 96), depositing  $\text{TiO}_2$  and Pt (paragraphs 96 and 97), stacking the substrates (paragraph 100) and an electrolyte inserted (paragraph 102).

The subject matter of claim 1 differs from this known from D2 in that D2 does not specify the use of inkjet printing to deposit the  $\text{TiO}_2$  and Pt. In the absence of an unexpected effect, this difference amounts to a choice amongst routinely known methods and can therefore not be seen as involving an inventive step.

- 2.3 Similarly, the subject matter of claim 1 is not inventive over this disclosed in D3 which discloses a method of manufacturing a dye sensitized solar cell (examples 22-28, paragraphs 61 and 48-52), comprising printing  $\text{TiO}_2$  on a conductive substrate (paragraph 61), dying  $\text{TiO}_2$  (paragraph 50), forming positive electrode (paragraph 48), combining substrates (paragraph 52) and adding electrolyte (paragraph 51. Note that claim 1 is silent on the order of the steps in the method).

The subject matter of claim 1 differs fro this known from D3 in that the Pt electrode is not printed. This difference amounts to a choice amongst known methods (see e.g. D3, paragraph 37) and can therefore not be seen as involving an inventive step.

### **Independent claim 21**

2.4 D1 discloses the manufacture of a solar cell according to claim **1** (see item 2.1 above) and thereby also a solar cell according to claim **21** (see paragraphs 51-107 and Fig. 3). The subject matter of independent claim **21** is therefore not novel over this disclosed in D1.

2.5 D2 discloses a dye sensitized solar cell (see Fig. 1 and paragraphs 95-103) comprising two conductive substrates (X and Y, Fig. 1 and paragraph 96), positive and negative electrodes (TiO<sub>2</sub> and Pt, layers 2 and 4, Fig. 1 and paragraphs 96-97) and an electrolyte (3, Fig. 1 and paragraphs 101-103). The subject matter of claim **21** is therefore not novel over this disclosed in D2.

2.6 D3 discloses a solar cell according to claim **21** (Fig. 1 and examples 22-28, paragraphs 61 and 48-52).

**Dependent claims 2-19 and 22-35**

2.7 D1 discloses the subject matter of dependent claims **15** and **32** (FTO, Pt, paragraph 85. Ru dye, paragraph 93.); **16** and **33** (nanoparticles, e.g. paragraphs 60 and 86).

2.8 D2 discloses the subject matter of dependent claims **22**, **25** and **26** (Fig. 1 and 2); **32** (paragraphs 96-103); **33** (see item 4.1 below).

2.9 D3 discloses the subject matter of dependent claims **32** (paragraphs 48-52); **33** (see item 4.1 below)

2.10 Setting the distance between the first and second lines amounts to a design feature and the subject matter of claims **2** and **22** can therefore not be seen as involving an inventive step.

2.11 The subject matter of claims **3** and **23** and **8** and **28** can not be seen as involving an inventive step for the following reasons: Current collection grids are known in the art (see e.g. D1, Ag grid 14 and 24, Fig. 3 and paragraphs 12 and 104) and are frequently protected by an insulating layer (see D1, layers 15 and 25, Fig. 3). It is also known to use the collector grid as a spacer, and/or to incorporate the collector grid in a spacer.

- 2.12 The subject matter of claims **4, 7, 9, 24, 27, 28** and **30** (through holes for electrolyte introduction and their locations) is known in the art and, in the absence of an unexpected effect, can not be seen as involving an inventive step.
- 2.13 Specifying the use of plasticisers in the insulating layer (claim **10**) amounts to a routine choice in the art and can therefore not be seen as amounting to an inventive step.
- 2.14 Inkjet printing is well known in the art and the skilled person would adjust the parameters used for printing based on the printer being used, the ink and desired results with regards to line-width, dispersion of ink, surface being printed on and others. In the absence of an unexpected effect, and in light of the fact that the printer is never specified the subject matter of dependent claims **11-14, 17** and **20** can not be seen as involving an inventive step.
- 2.15 The use of  $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$  as UV blocking layers is known in the art and the subject matter of claims **18, 19, 34** and **35** can therefore not be seen as involving an inventive step.

### **3 Conclusion**

- 3.1 It is not, at present, evident what could serve as a basis for a new allowable claim.

### **4 ITEM VIII**

#### **Clarity**

- 4.1 In claims **22, 23, 25, 26, 28, 33** and **34** contain "product by process" features. In the aforementioned claims "is gevormd door inkjet-drukken" does not contribute any technical device features since the skilled person would not be able to recognize in the final product whether the respective layers were formed by inkjet printing or any other method. For the sake of assessing novelty and inventive step, the "is gevormd door inkjet-drukken" will be ignored.

- 4.2 Similarly, claim **31** contains "product by process" steps. Although the skilled person might be able to detect the plasticisers in the final product (depends on the curing method and general composition of the ink, amongst other things), the skilled person would not be able to recognize in the final product whether the dielectric layer had been hardened by thermal means, by UV-irradiation or other means. Also, the skilled person would have no way of detecting how many solvents the ink had contained prior to curing since those are evaporated, regardless of the curing method. Claim **31** therefore contains no technical device features beyond claim **28** on which it depends.