

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00117

(22) Data de depozit: 11/03/2022

(41) Data publicării cererii:
29/09/2023 BOPI nr. 9/2023

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI, STR. PROF. DR. DOC.
DIMITRIE MANGERON NR. 67, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:
• BURLICĂ RADU, STR. TURCU, NR. 3A,
ET. 1, AP. 2, IAȘI, IS, RO;
• ASTANEI DRAGOȘ GEORGE,
STR. TRANDAFIRILOR, NR. 15, SAT LUNCA
CETĂȚUII, COMUNA CIUREA, IS, RO;

• OLARIU MARIUS ANDREI, STR. GĂRII
NR. 18, BL. L 25, SC. A, ET. 3, AP. 6, IAȘI,
IS, RO;
• BENIUGĂ OANA CRISTINA,
STR. PROF. EMIL HONORIU, NR. 10A,
PARTER, AP. 3, IAȘI, IS, RO;
• CREȚU DANIEL-EUSEBIU,
STR. 1 DECEMBRIE, NR. 69A,
SAT VALEA LUPULUI, COMUNA VALEA
LUPULUI, IS, RO

(54) DISPOZITIV CU PLASMĂ NON-TERMICĂ DBD
PENTRU TRATAMENTUL SUBSTRATURILOR POLIMERICE
DESTINATE IMPRIMĂRII CIRCUITELOR ELECTRONICE
FLEXIBILE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv cu plasmă non-termică destinată a fi utilizată la tratamentul substraturilor polimerice pentru imprimarea circuitelor electronice. Dispozitivul, conform invenției, cuprinde un ansamblu mobil format dintr-un electrod (2) și un tub de cuarț (1) în interiorul căruia este poziționat electrodul (2), ansamblul fiind deplasabil liniar deasupra unui electrod (4) de tip placă metalică, conectat la masă și având pe suprafața sa o placă de sticlă de cuarț, pe care este amplasată folia polimerică (6) ce urmează a fi tratată, o sursă (8) pentru producerea plasmei non-termice de tip Descărcare Barieră Dielectrică, DBD, generând o descărcare electrică între cei doi electrozi, pentru efectuarea tratamentului foliei polimerice (6).

Revendicări: 5
Figuri: 3

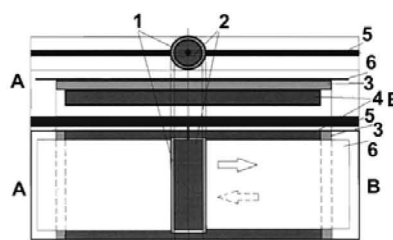


Fig. 1

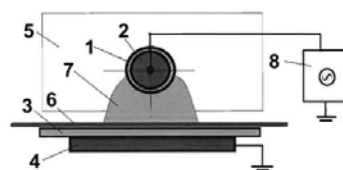


Fig. 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





Dispozitiv cu plasmă non-termica DBD pentru tratamentul substraturilor polimerice destinate imprimării circuitelor electronice flexibile

Invenția se referă la construcția unui dispozitiv cu plasmă non-termică generată de o descărcare electrică de tip „Dielectric Barrier Discharge” (Descărcare barieră dielectrică), DBD, pentru tratamentul substraturilor polimerice destinate imprimării circuitelor electronice flexibile prin tehnologia de serigrafie tehnică de precizie.

Spre deosebire de dispozitivele electronice clasice, componentele active ale unui dispozitiv electronic flexibil nu sunt montate pe un substrat rigid, ci sunt imprimate direct pe un substrat polimeric flexibil folosindu-se cerneluri conductive speciale. Toate tehnologiile de imprimare utilizate presupun transferul de cerneală lichidă, care se solidifică la nivelul suprafeței substratului.

În dezvoltarea tehnologiilor substraturilor polimerice destinate imprimării circuitelor electronice, umectabilitatea, unghiul de contact și adeziunea reprezintă parametri tehnologici esențiali pentru îmbunătățirea interacțiunii dintre lichidul de umectare (cerneală) și solid (substrat). Adeziunea redusă a cernelii la suprafața polimerului este unul dintre principalele dezavantaje tehnologice în tehnologiile de imprimare. Astfel, substraturile polimerice fac obiectul unor tratamente pentru îmbunătățirea calității substratului înainte de a fi utilizate în procesul de imprimare.

Filmele polimerice au fost utilizate frecvent în multe aplicații industriale moderne datorită performanței lor ridicate. În domeniul electronicii imprimate, materiale polimerice, cum ar fi policarbonatul (PC), polietilen tereftalat (PET) și alte filme sunt utilizate ca material substrat pentru fabricarea de diode organice emițătoare de lumină, aplicații de senzori și celule

solare organice [1] [2] datorită flexibilității remarcabile, transparenței, rezistenței la pliere, rezistenței la tracțiune și rezistenței chimice și la coroziune, greutatea redusă și costuri mai mici [3].

Fabricarea de electronice flexibile imprimate necesită adesea tratarea suprafeței polimerului pentru a îmbunătăți aderența sau creșterea gradului de umectare [4,5]. În acest sens, deși poate fi utilizată plasmă de joasă presiune, s-a constatat că tratarea cu plasmă atmosferică este mai convenabilă, relativ simplă și mai economică din punct de vedere tehnologic, fără sisteme de vid adecvate acestei sarcini [6–8]. Prin utilizarea unui reactor de presiune atmosferică, structurile microscopice ar putea fi formate mai ușor pe substraturile de film prin procesare în tehnologiile de serigrafie tehnica de precizie, [9].

Un reactor DBD are mai multe avantaje, cum ar fi flexibilitatea designului și a parametrilor utilizați, configurarea simplă, costurile reduse și siguranța în exploatare [10]. Reactorul DBD și-a dovedit capacitatea de a modifica diferite substraturi, cum ar fi materiale metalice [11,12], lemn sau plăci MDF [13–15], diverse materiale polimerice utilizate în industria textilă, alimentară sau electronică [16–19]. Multe studii efectuate în ultimii ani au arătat că tratarea prin reactor de aer DBD la presiune atmosferică îmbunătățește proprietățile de hidrofilicitate, crește tensiunea superficială a polimerilor, modifică și rugozitatea substraturilor acestora și are avantajul tratării uniforme și rapide pe întreaga suprafață [20–23].

Dispozitivul experimental utilizează o descărcare electrică în condiții atmosferice de tip barieră dielectrică (DBD) care generează plasmă non-termică.

Se dă în continuare un exemplu de realizare practică a dispozitivului propus spre brevetare conform figurilor: Fig1. - Schița dispozitivului pentru tratamentul foliilor polimerice Fig. 2. - Schema electrică, Fig. 3. - Forme de undă ale tensiunii și curentului descărcării DBD.

Sursa de înaltă tensiune ($U=8\text{kV}$) și medie frecvență (20kHz) utilizată produce o descărcare electrică între electrodul 2, mobil poziționat într-un tub de cuarț 1, de diametru 20 mm, cu grosimea de 2 mm, și electrodul 4 de tip placă metalică conectat la masă (electric), Fig.1. Pe suprafața electrodului 4 este poziționată o placă de sticlă de cuarț, 3 de grosime 3 mm. Ansamblul mobil format din electrodul 2 și tubul de cuarț 1 este plasat la 7 mm de la placa de sticlă de cuarț, 3. Descărcarea DBD se formează între tubul și placa de sticlă de cuarț. Folia polimerică ce urmează a fi tratată, 6 cu plasmă este poziționată pe suprafața plăcii de sticlă de cuarț de pe electrodul 4.

Sistemul format din electrodul 2 și tubul de cuarț 1 se poate deplasa liniar efectuând o mișcare “du-te-vino” între punctele A și B.

Astfel descărcarea DBD, respectiv plasma non-termică, baleiază întreaga suprafața a foliei polimerice.

În funcție de tipul substratului polimeric tratat, care poate cere timpi diferiți de tratament în contact cu plasma non-termică, electrodul mobil 2 poate efectua una sau mai multe curse complete A-B și B-A, în funcție de timpul de tratament impus.

În Fig. 2 este prezentată schema electrică de conectare a dispozitivului de tratament cu plasma DBD. Sursa pentru producerea plasmei non-termice de tip DBD, 8, furnizează o tensiune sinusoidală de amplitudine 8kV la o frecvență de 20 kHz.

În Fig. 3 sunt prezentate formele de undă ale tensiunii și curentului descărcării DBD.

Dispozitivul propus spre brevetare permite tratamentul suprafeței tuturor substraturilor polimerice utilizate în tehnologia de imprimare prin serigrafie tehnică de precizie. Timpul de tratament cu plasma non-termică a suprafețelor polimerice poate fi reglat prin viteza de deplasare a ansamblului electrodului mobil sau, când timpii de tratament impuși sunt mari, prin numărul de treceri ale electrodului mobil peste suprafața foliei polimerice.

Bibliografie

1. Van Dongen, M.H.A.; Verkuijlen, R.O.F.; Aben, R.; Bernards, J.P.C. Wettability and Aging of Polymer Substrates after Atmospheric Dielectrical Barrier Discharge Plasma on Demand Treatment. *Journal of Imaging Science and Technology*, **2013**, *57*, 1–5.
2. Guragain, R.P.; Gautam, S.; Subedi, D.P.; Shrestha, R. Effect of Plasma Treatment on the Surface of Polyethylene Terephthalate with 50Hz Dielectric Barrier Discharge at Near-Atmospheric Pressure. *International Journal of Recent Research and Review*, **2016**, *9*, 34–37.
3. Klein, A.J. Polymers in Electronics. *Advanced Materials and Processes*, **1986**, *2*, 30–35.
4. Li, C.Y.; Liao, Y.C. Adhesive Stretchable Printed Conductive Thin Film Patterns on PDMS Surface with an Atmospheric Plasma Treatment. *ACS Applied Materials and Interfaces*, **2016**, *8*, 11868–11874.
5. Nemani, S.K.; Annavarapu, R.K.; Mohammadian, B.; Raiyan, A.; Heil, J.; Haque, M.A.; Abdelaal, A.; Sojoudi, H. Surface Modification of Polymers: Methods and Applications. *Advanced Materials Interfaces*, **2018**, *5*, 1–26.
6. Kostov, K.G.; Hamia, Y.A.A.; Mota, R.P.; Dos Santos, A.L.R.; Nascente, P.A.P. Treatment of Polycarbonate by Dielectric Barrier Discharge (DBD) at Atmospheric Pressure. *Journal of Physics: Conference Series*, **2014**, *511*, 0–6.
7. Alemán, C.; Fabregat, G.; Armelin, E.; Buendía, J.J.; Llorca, J. Plasma Surface Modification of Polymers for Sensor Applications. *Journal of Materials Chemistry B*, **2018**, *6*, 6515–6533.
8. Homola, T.; Krumpolec, R.; Zemánek, M.; Kelar, J.; Synek, P.; Hoder, T.; Černák, M. An Array of Micro-Hollow Surface Dielectric Barrier Discharges for Large-Area Atmospheric-Pressure Surface Treatments. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, **2017**, *37*, 1149–1163.
9. Wang, C.; He, X. Polypropylene Surface Modification Model in Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharge. *Surface and Coatings Technology*, **2006**, *201*, 3377–3384.
10. Štěpánová, V.; Šrámková, P.; Sihelník, S.; Stupavská, M.; Jurmanová, J.; Kováčik, D. The Effect of Ambient Air Plasma Generated by Coplanar and Volume Dielectric Barrier Discharge on the Surface Characteristics of Polyamide Foils. *Vacuum*, **2021**, *183*.
11. Udachin, V.; Wegewitz, L.; Dahle, S.; Maus-Friedrichs, W. Reduction of Copper Surface Oxide Using a Sub-Atmospheric Dielectric Barrier Discharge Plasma. *Applied Surface Science*, **2022**, *573*, 151568.
12. Knust, S.; Kuhlmann, A.; Arcos, T. de los; Grundmeier, G. Surface Modification of ZnMgAl-Coated Steel by Dielectric-Barrier Discharge Plasma. *RSC Advances*, **2019**, *9*, 35077–35088.
13. Liu, Y.; Tao, Y.; Lv, X.; Zhang, Y.; Di, M. Study on the Surface Properties of Wood/Polyethylene Composites Treated under Plasma. *Applied Surface Science*, **2010**, *257*, 1112–1118.
14. Perisse, F.; Menecier, S.; Duffour, E.; Vacher, D.; Monier, G.; Destrebecq, J.F.; Czarniak, P.; Górski, J.; Wilkowski, J. MDF Treatment with a Dielectric Barrier Discharge (DBD) Torch. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, **2017**, *79*, 18–22.
15. Žigon, J.; Pavlič, M.; Petrič, M.; Dahle, S. Surface Properties of Coated MDF Pre-Treated with Atmospheric Plasma and the Influence of Artificial Weathering. *Materials Chemistry and Physics*, **2021**, *263*, 124358.
16. Azimi, H.; Tavakoli, M.; Sharifian, M. Effect of Dielectric Barrier Discharge (DBD) Plasma Treatment on the Polypropylene Film in Presence of Air and Nitrogen at Atmospheric Pressure. *Advances in Applied NanoBio-Technologies*, **2021**, *2*, 41–48.
17. Cretu, D.E.; Burlica, R.; Beniuga, O.; Astanei, D.; Rusu, C.; Tesoi, D. Surface Treatment of Polyethylene Terephthalate Film Using a DBD Non-Thermal Plasma Reactor. *2021 International Conference on Optimization of Electrical and Electronic*

Equipment (OPTIM) & 2021 Intl Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics (ACEMP), 2021.

18. Subedi, R.P.G.S.G.R.S.D.P. Surface Modification of Polycarbonate by Treatment with 50Hz Dielectric Barrier Discharge at Near Atmospheric Pressure. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, **2016**, 5, 1468–1470.
19. Akishev, Y.; Grushin, M.; Dyatko, N.; Kochetov, I.; Napartovich, A.; Trushkin, N.; Minh Duc, T.; Descours, S. Studies on Cold Plasma-Polymer Surface Interaction by Example of PP- and PET-Films. *Journal of Physics D: Applied Physics*, **2008**, 41.
20. Leroux, F.; Campagne, C.; Perwuelz, A.; Gengembre, L. Polypropylene Film Chemical and Physical Modifications by Dielectric Barrier Discharge Plasma Treatment at Atmospheric Pressure. *Journal of Colloid and Interface Science*, **2008**, 328, 412–420.
21. Kostov, K.G.; dos Santos, A.L.R.; Honda, R.Y.; Nascente, P.A.P.; Kayama, M.E.; Algatti, M.A.; Mota, R.P. Treatment of PET and PU Polymers by Atmospheric Pressure Plasma Generated in Dielectric Barrier Discharge in Air. *Surface and Coatings Technology*, **2010**, 204, 3064–3068.
22. Hergelová, B.; Zahoranová, A.; Kováčik, D.; Stupavská, M.; Černák, M. Polylactic Acid Surface Activation by Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharge Plasma. *Open Chemistry*, **2015**, 13, 564–569.
23. Cretu, D.-E.; Rusu, C.-C.; Burlica, R.; Beniuga, O.; Astanei, D.; Tesoi, D. DBD Non-Thermal Plasma Used on Surface Treatment of Polymeric Film for Food Packaging. **2021**, 454–457.

Revendicări

1. Invenția se referă la construcția a unui dispozitiv cu plasmă non-termică **caracterizat prin aceea că** plasma non-termică este generată de o descărcare electrică de tip Descărcare Barieră Dielectrică (DBD), cu 2 straturi dielectrice tub-placă de cuarț, pentru tratamentul substraturilor polimerice destinate imprimării circuitelor electronice flexibile prin tehnologia de serigrafie tehnică de precizie.

2. Dispozitivul **caracterizat prin aceea că este realizat** dintr-un electrod cilindric mobil 2, poziționat într-un tub de cuarț 1, de diametru 20 mm, cu grosimea de 2 mm, la o distanță de 7 mm de electrodul fix 4 de tip placă metalică conectat la masă (electric), Fig.1. Pe suprafața electrodului 4 este poziționată o placă de sticlă de cuarț, 3 de grosime 3 mm. Ansamblul mobil format din electrodul 2 și tubul de cuarț 1 este plasat la 7 mm de la placa de sticlă de cuarț, 3. Folia polimerică ce urmează a fi tratată, 6 cu plasmă este poziționată pe suprafața plăcii de sticlă de cuarț de pe electrodul 4.

3. Dispozitivul **caracterizat prin aceea că este realizat** dintr-un electrod cilindric mobil 2, poziționat într-un tub de cuarț 1, de diametru 20 mm, cu grosimea de 2 mm, care tratează suprafața foliei polimerice prin deplasări succesive stânga-dreapta din poziția A în B și respectiv din poziția B în A.

4. Dispozitivul **caracterizat prin aceea că** timpul de tratament se poate stabili prin viteza de deplasare a ansamblului mobil deasupra foliei polimerice care este supusă tratamentului cu plasmă.

5. Dispozitivul **caracterizat prin aceea că** timpul de tratament se poate stabili prin numărul de treceri ale ansamblului mobil deasupra foliei polimerice care este supusă tratamentului cu plasma.

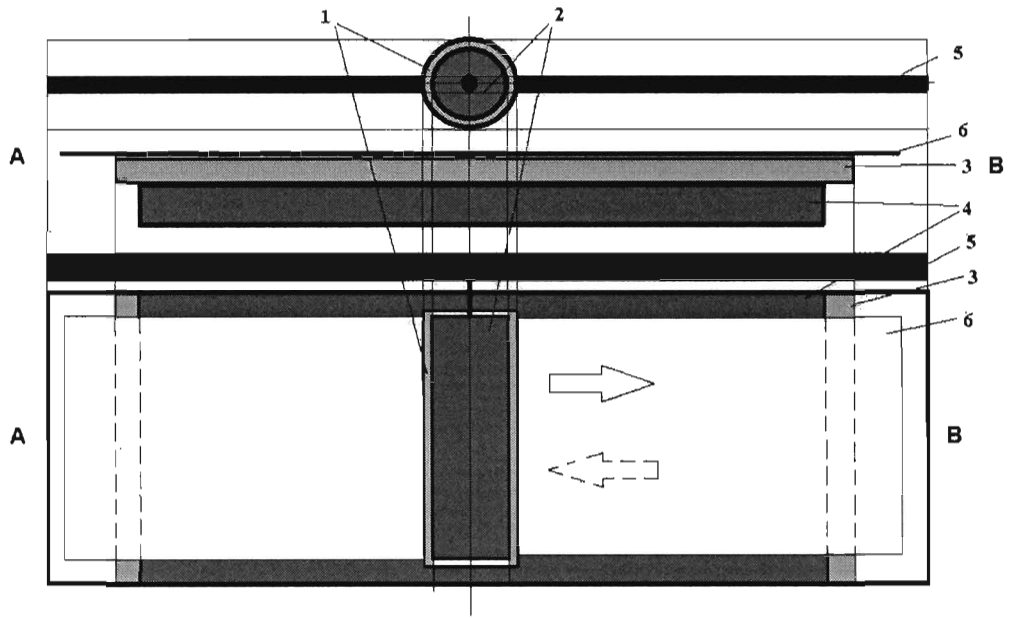


Fig. 1.

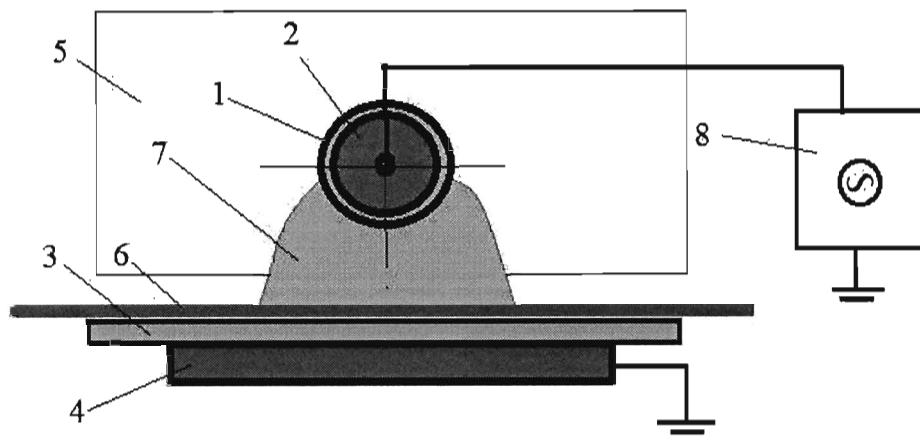


Fig. 2

20

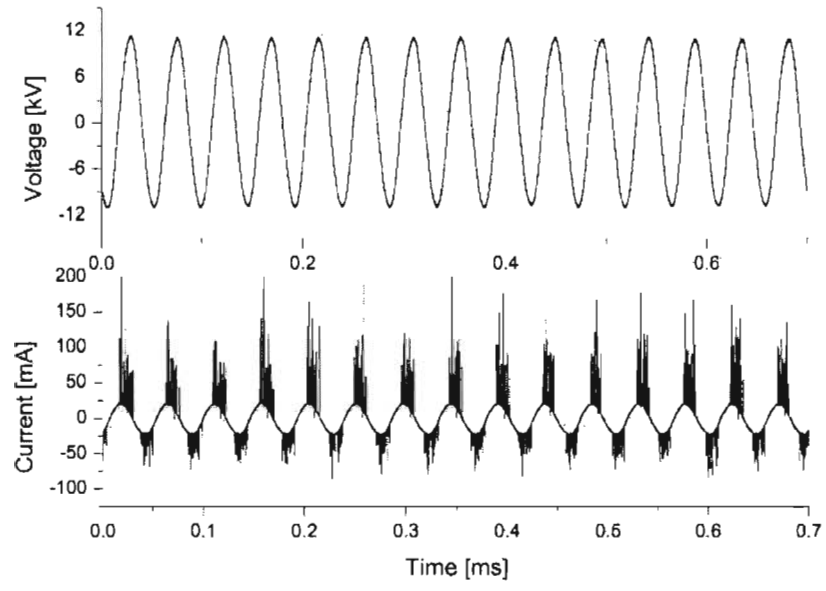


Fig. 3.