

Dwuwarstwowa folia o właściwościach elektretowych

Streszczenie. Metodą polikondensacji formaldehydu i antracenu przeprowadzono syntezę polimeru posiadającego zdolność przenoszenia ładunków elektrycznych. Zbadano jego wpływ na elektryzację folii PET pokrytej warstwą poliuretanu domieszkowanego powyższym polimerem. Otrzymany materiał porównano z typową folią elektretową na bazie cienkiej powłoki teflonu na podłożu PET.

Abstract. By polycondensation of formaldehyde and anthracene there was the synthesis of polymer conductet, which carries electric charge. //its influence on electrization of PET foil concered with the layer of poly(methyleneanthracene) with addition of mentioned polymer. The new material has been compared to a typical electret foil based on thin teflon layer on PET sample. (**Double-layer foil with electret properties**).

Słowa kluczowe: elektrety, poliuretan, PET, antracen.

Keywords: electrets, polyurethane, PET, anthracene.

Wstęp

Materiały polimerowe posiadające zdolność do trwałego gromadzenia ładunku elektrycznego są od dawna obiektem badań [1] z uwagi na duże możliwości ich zastosowania w wielu dziedzinach przemysłu.

Elektrety używane są w przetwornikach elektroakustycznych [2,3], mikromaszynach elektrycznych [4] i jako elementy czujników zastępujące zewnętrzne źródło pola elektrycznego.

Folie elektretowe wykonuje się z najczęściej z polietylenu (PE), polipropylenu (PP) [5], polistyrenu (PS) [6], polimetakrylanu metylu (PMMA) polietylenotereftalanu (PET) [7] i jego pochodnych, oraz w postaci folii złożonych z warstw różnych materiałów [8,9]. Z pośród wielu materiałów o potencjalnie korzystnych właściwościach największą popularność zdobył teflon (PTFE) i jego kopolimery ze względu na bardzo wysoką rezystywność i hydrofobowość, sprzyjające trwałej elektryzacji.

Niestety niska wytrzymałość mechaniczna cienkiej folii teflonowej, a zwłaszcza efekt płynięcia pod naprężeniem powoduje konieczność wykonywania elektretu w postaci cienkiej warstwy teflonu naniesionej na trwałe podłoże, zwykle mające postać folii polietylenotereftalanowej (PET).

Technologia nakładania bardzo cienkiej, idealnie szczelnej i pozbawionej porowatości powłoki teflonowej [10] sprawia nadal duże trudności. Proces wymaga aparatury próżniowej wysokiej klasy a jego przebieg jest trudny do kontrolowania.

Celem niniejszej pracy było zbadanie możliwości zastąpienia teflonu polimerem nanoszonym prostą metodą pokrywania z roztworu w rozpuszczalniku organicznym. Po wstępnych badaniach wpływu kilku domieszek na zdolność gromadzenia ładunku elektrycznego ustalono, że optymalne właściwości technologiczne posiada żywica poliuretanowa domieszkowana związkami polimetylenoantracenu (PMAnt).

Polimetylenoantracene jest polimerem o właściwościach półprzewodnika typu „p”, lecz jego cechy błonotwórcze są słabe z uwagi na niski ciężar cząsteczkowy łańcucha polimerowego.

Opracowano metodę otrzymywania polimeru poprzez kondensację antracenu z formaldehydem [11] i dobrano skład mieszanki polimetylenoantracenu – poliuretan.

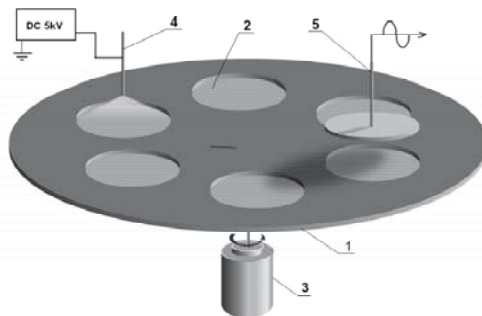
Następnie sporządzono dwuwarstwową folię na podłożu PET, poddano elektryzacji metodą koronową i wykonywano przez 298 dni pomiary potencjału powierzchniowego. Dla celów porównawczych w identyczny sposób zbadano samą folię podłożową PET, folię pokrytą PUR nie zawierającym dodatków oraz typową, produkowaną przemysłowo folię elektretową PET / teflon

Materiał badawczy

We wszystkich preparowanych próbkach zastosowano podłoże w postaci folii PET o grubości 40 μm . Jako podstawowy materiał pokrywający użyto bezbarwnego lakieru poliuretanowego zawierającego 67% PUR rozcieńczonego mieszaniną octanu etylu i toluenu do stężenia umożliwiającego uzyskanie przy pomocy wirówki grubości równej 10 μm z dokładnością 10%. Wykonano materiał w postaci arkuszy pokrytych samym poliuretanem, oraz mieszaniną PUR i polimetylenoantracenu, w której polimetylenoantracenu stanowił 6,94% całkowitej masy. Próbki porównawcze stanowiły arkusze PET bez pokrycia, oraz kwadraty wycięte z komercyjnej folii elektretowej PET/PTFE (0,5 μm teflonu na PET grubości 20 μm).

Metodyka badań

Zarówno do wstępnego elektryzowania próbek jak i do pomiaru ich potencjału powierzchniowego stosowano aparat MRS – 04 produkcji firmy PPHU „Metra” we Wrocławiu, przedstawiony na rysunku 1.



Rys.1. Zasada działania aparatu MRS-04

1 – wirująca tarcza, 2 – próbka, 3 – silnik, 4 – elektroda ostrzowa, 5 – elektroda czujnika kondensatorowego

Próbki wycięte w postaci kwadratów o boku 30 mm umieszczano się między dwiema aluminiowymi tarczami z których górna posiada sześć otworów o średnicy 24 mm. Elektryzację prowadzono metodą 'ostrze płyta', stosując napięcie 5kV (korona ujemna). Naelektryzowane próbki przechowywano w metalowych kasetach zachowujących odległość między powierzchnią próbki a pokrywą kasety równą 6 mm.

Podczas przechowywania próbek zachowano stałą temperaturę i wilgotność powietrza otaczającego, równe odpowiednio 20°C i 60%. Cały cykl badawczy trwał 300 dni.

Pomiary potencjału powierzchniowego wykonano drogą mierzenia wartości napięcia zmiennego indukującego się w elektrodzie pomiarowej 5 (rys. 1) pod wpływem wirujących w jej pobliżu naelektryzowanych próbek folii.

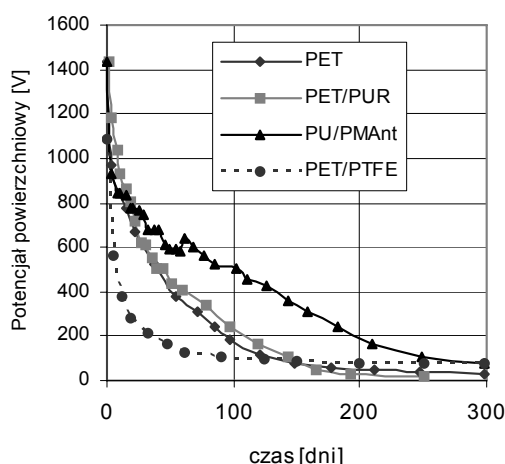
Ponieważ każdorazowo mocowano w aparacie MRS – 04 sześć próbek, otrzymywano serie wyników uśrednionych z sześciu próbek. Przyrząd wyskalowano w

VI Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2010

oparciu o serię pomiarów, w których próbki zastąpiono metalową tarczą podłączoną do regulowanego źródła napięcia stałego.

Badanie trwałości elektryzacji

Wyniki pomiarów potencjału powierzchniowego przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wyniki pomiaru czasu zaniku potencjału powierzchniowego

Wszystkie badane typy folii ładowały się do stosunkowo wysokiego potencjału równego 1000 – 1400V co jest wynikiem zastosowanego prostego, dwuelektrodowego układu elektryzatora. W takiej sytuacji na powierzchni dielektryka powstaje pewien „nadmiar” jonów ujemnych słabo związanych z elektretem i ulegających szybkiemu rozproszeniu w ciągu pierwszych dni od momentu elektryzacji.

Powyższe zjawisko utrudnia określenie dosyć istotnego parametru elektretu jakim jest czas połowicznego zaniku ładunku ($\tau_{1/2}$). Nie jest bowiem jasne jaką wysokość potencjału przyjąć za początkową wartość.

Stwierdzono, iż zanik ładunku następuje najszybciej w foliach PET oraz PET/PUR. Napięcie 75 – 80 V osiągną one po upływie 140 – 150 dni, a powyższa wielkość potencjału pojawia się na foliach domieszkowanych PMAnt i folii PET/PTFE dopiero po 298 dniach.

Zaobserwowano praktycznie całkowite rozładowanie elektretów PET i PET/PUR po upływie odpowiednio 298 i 150 dni. Można zatem przyjąć, iż pokrycie folii PET warstwą PU nie istotnego wpływu na poprawę właściwości elektretowych.

W przypadku folii dwuwarstwowej domieszkowanej polimetylenoantracenenem i klasycznego elektretu PET/PTFE sytuacja jest zdecydowanie odmienna, oba typy elektretów nie rozładowują się całkowicie i po upływie 298 dni zachowują potencjał powierzchniowy równy około 80V.

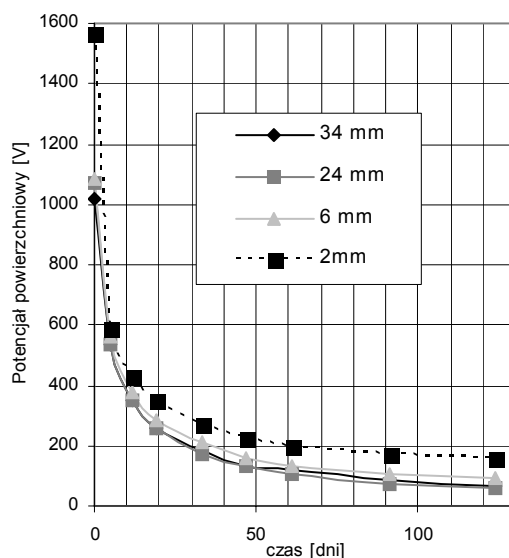
Mimo że końcowe potencjały są prawie identyczne, przebieg zanikania ładunków jest inny w obu przypadkach. Próbki zawierające pochodną antracenu są mniej jednorodne niż przemysłowo produkowana folia PET/PTFE co uwidacznia się w postaci większego rozrzutu punktów pomiarowych, ponadto początkowy spadek potencjału próbek z polimetylenoantracenenem jest wyraźnie wolniejszy i po 100 dniach jest on równy 500 V, gdy w folii z warstwą teflonową spada do 100V.

Wpływ warunków przechowywania na trwałość elektretu

Trwałość elektretów zależy nie tylko od temperatury i wilgotności powietrza [12] podczas przechowywania lecz również od tego czy ich pole elektryczne rozprasza się w otoczeniu, czy też są one zamknięte w metalowym ekranującym pojemniku.

Sprawdzono zatem czy grubość szczeliny powietrznej między elektretem a pokrywą metalowej kasetki ma istotny wpływ na szybkość zaniku potencjału powierzchniowego.

W tym celu naładowane folie PET/PTFE przechowywano w metalowych kasetach o wysokościach równych 34, 24, 6, i 2 mm (rys.3).



Rys. 3. Zależność spadku potencjału od wielkości szczeliny powietrznej

Pomiary wykonywano przez 124 dni. Nie stwierdzono istotnej różnicy przy szczelinie powietrznej równej od 34 do 6 mm, natomiast przy jej wielkości wynoszącej 2mm końcowy potencjał elektretów był dwukrotnie wyższy, oznacza to, że przyjęty uprzednio sposób przechowywania elektretów w kasetach o grubości 6 mm zapewniał utrzymanie się w obszarze w którym wpływ wielkości odstępu między próbką a pokrywą kasety nie ma istotnego znaczenia.

Wnioski

- Układ dwuwarstwowy PET/PUR bez zastosowania domieszek nie wykazuje poprawy trwałości ładunku elektrycznego w porównaniu do jednolitej folii PET.
- Pokrycie folii PET warstwą PUR zawierającą domieszkę 6,94% wag. polimetylenoantracenu pozwala na uzyskanie elektretu o podobnych właściwościach jakie posiada przemysłowo produkowana folia PET/PTFE.
- Zastosowana metoda pomiarowa pozwala na porównywanie właściwości użytkowych folii elektretowych jednak wymaga bardzo długiego czasu, zwłaszcza w przypadku materiałów o szczególnie korzystnych właściwościach.
- Wskazane byłoby zastosowanie elektryzatora w postaci trójelektrodowej, z siatką umieszczoną blisko powierzchni folii, podłączoną do napięcia niższego niż potencjał elektrody koronującej. W takim układzie można uniknąć formowania się dodatkowego, słabo związanego ładunku wpływającego na początkowy obraz krzywych zaniku potencjału.

VI Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2010

LITERATURA

- [1] Sessler G. M., Electrets: recent developments, *Journal of electrostatics*, 51-52 (2001), 137-145
- [2] Sessler G. M., *Proceedings of the Integrated Congress on Acoustics*, (1995), 253-260
- [3] Thielemann C., Hess G., *Sens Actuators*, A61 (1997), 352-355
- [4] Amjadi H., Electret membranes and backelectrodes for application in micromechanical transducers, *Journal of Electrostatics*, 48 (2000), 179-191
- [5] Łowkis B., Motyl E., Electret properties of polypropylene fabrics, *Journal of Electrostatics*, 51-52 (2001), 232-238
- [6] Galikhanov M.F., Ereemeev D.A., Debardeev R.Ya., Electret effect in Compounds of Polystyrene with Aerosil, *Russian Journal of Applied Chemistry*, 76 (2003), n.10, 1665-1654
- [7] Drachev A.I., Generation of Polymer Electrets in a Low-Temperature Glow-Discharge Plasma, *High Energy Chemistry*, 37 (2003), n. 5, 297-302
- [8] Kacprzyk R., Motyl E., Gajewski J.B., Pasternak A., Piezoelectric properties of nonuniform electrets, *Journal of Electrostatics*, 35 (1995), 161-166
- [9] Kacprzyk R., Dobrucki A., Gajewski J.B., Double-layer electric transducer, *Journal of Electrostatics*, 39 (1997), 33-40
- [10] Xia Z., Ma S., Qiu X., Wu Y., Wang F., Influence of porosity on the stability of charge and piezoelectricity for porous polytetrafluoroethylene film electrets, *Journal of Electrostatics*, 59 (2003), 57-69
- [11] Pomianowski J., Półprzewodnik organiczny na bazie polimetylenoantracenu, *Inżynieria wysokich napięć, IW-2002: 6 Ogólnopolskie Sympozjum*, , Poznań - Kiekrz, 20 - 22 maja 2002, 249-251
- [12] Xiu X., Xia Z. Wang F., The storage and its stability of space charge in poly (ethylene naphthalene-2,6-dicarboxylate), *Science in China, Series E: Technological Sciences*, 49 (2006), n. 5, 621-628

Autor: dr inż. Jerzy Pomianowski, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Katedra Elektrotechnologii i Diagnostyki, 70-313 Szczecin, ul Sikorskiego 37, E-mail jpomianowski@zut.edu.pl

