

Tankoplastni polimerni kapacitivni senzor relativne vlažnosti

Thin-film polymer capacitive type relative humidity sensor

K. Požun, B. Paradiž, IEVT, Ljubljana

Predstavljamo zgradbo in osnove delovanja tankoplastnega kapacitivnega senzorja relativne vlažnosti, ki ima za dielektrik polimeren film. Obravnavamo problem depozicije vrhnje elektrode, ki mora biti ob primerni električni prevodnosti dovolj porozna, da ima senzor hiter odziv na spremembe relativne vlažnosti v okolju. Določili smo vpliv kota med izvorom in senzorsko strukturo pri naparevanju vrhnje elektrode na odzivni čas senzorja.

Ključne besede: relativna vlažnost, kapacitivni senzor, odzivni čas, nanašanje tankih plasti

Operation principles and structure of a thin-film polymer capacitive type relative humidity sensor are presented. Deposition of the upper electrode, which must have good electrical conductivity and be porous enough was investigated. Influence of the angle between source and sensor at evaporation of the upper electrode on the response time was determined.

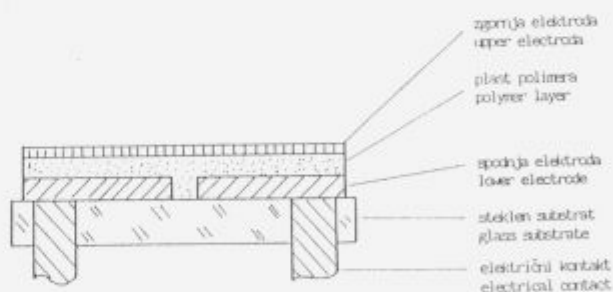
Key words: relative humidity, capacitive sensors, response time, thin-film deposition

1 Uvod

Vlažnost zraka je eden najpomembnejših parametrov, ki vplivajo na zanesljivost in trajnost preciznih izdelkov, zlasti v elektroniki. Pospešene raziskave na področju avtomatskega merjenja in krmiljenja zračne vlage so vodile do zamenjave mehanskih detektorjev s senzorji, ki v odvisnosti od vlažnosti okolnega zraka spreminjajo svoje električne karakteristike in so zato primernejši za vgradnjo v elektronske merilnike. V grobem ločimo upornovne in kapacitivne senzorje. Kot material za izdelavo senzorjev uporabljajo različne soli, v zadnjem času pa predvsem keramične materiale in polimere¹.

Pri tankoplastnem kapacitivnem polimerem senzorju relativne vlažnosti (slika 1) se njegova električna kapaciteta spreminja v odvisnosti od količine vode, absorbirane v plasti polimera. Vrhna elektroda senzorske strukture mora biti porozna tako, da se po določenem času lahko vzpostavi ravnovesje med absorbirano količino vode v polimeru in relativno vlažnostjo okolnega zraka. Odzivni čas senzorja je odvisen predvsem od debeline polimerne plasti in prepustnosti vrhnje elektrode za vodno paro. Minimalna debelina polimerne plasti je določena z zahtevo po primerni prebojni napetosti senzorske strukture, zato lahko čim krajši odzivni čas dosežemo predvsem z ustrezno pripravo vrhnje elektrode.

Rast naparjene kovinske plasti je odvisna od kota med izvorom in substratom pri depoziciji^{2,3}. Z naparevanjem zgornje elektrode pri različnih kotih smo skušali doseči njeno čimvečjo poroznost in tako skrajšati odzivni čas senzorja.



Slika 1. Zgradba tankoplastnega polimerne kapacitivnega senzorja relativne vlažnosti.

Figure 1. Structure of the thin-film polymer capacitive sensor of relative humidity.

2 Eksperimentalni del

Kot osnovo za pripravo senzorske strukture smo uporabili brušen in poliran steklen substrat z vtaženimi električnimi prevodi. Na substrat smo skozi maske v visokem vakuumu narisali spodnjo elektrodo. Nato smo na substrat z uporabo centrifuge nanесли približno 1 μm debelo plast polimera (derivat celuloze)^{4/}. Pred depozicijo vrhnje elektrode smo polimeren film aktivirali v rahlo oksidativni plazmi in tako dosegli boljšo adhezijo. Kot material za vrhno elektrodo smo uporabili zlitino NiCr 20-80. Naparili smo jo termično iz W upornovne ladjice in oblikovali s pomočjo

maske. Hitrost nanašanja plasti smo spremljali s kvarčno tehniko. Vrhne elektrode smo naparovali pri različnih kotih θ , ki smo jih definirali za kote mednormalo na substrat in uporovno ladjico. Debelino vrhnje elektrode smo merili z mehanskim merilcem višine stopnice TENCOR Alfa Step 100 na poliranem steklenem substratu, ki smo ga naparovali hkrati in pod enakimi pogoji kot vrhne elektrode. Kapacitivnost senzorskih struktur smo merili z RCL merilnikom Promax MZ-705 pri frekvenci 10 kHz. Časovni odziv smo merili z napravo za zelo hitro mešanje suhega in vlažnega zraka pri stopničastih spremembah.

3 Rezultati in diskusija

Vrhne elektrode senzorskih struktur smo neparili pri kotih 0° , 30° , 45° , 60° in 75° . Prevodnost vrhnje elektrode je bila zadovoljiva, saj je tg delta v vseh primerih znašal manj kot 0,01. Vsem senzorskim strukturam smo ob predpostavki, da je koeficient kondenzacije neodvisen od kota, s pomočjo meritev s kvarčno tehniko in ob upoštevanjem korekcijskega faktorja $\cos \theta$ neparili vrhne elektrode z enako ploskovno gostoto mase. Izračunana debelina plasti ob upoštevanju kosovne gostote uporabljene NiCr zlitine je bila 100 nm. Meritve debeline naparjene plasti na steklenih substratih pa so pri različnih kotih naparovanja pokazale različne vrednosti (tabela 1). Razlike pripisujemo različni gostoti in s tem različni porznosti plasti.

Tabela 1. Debeline NiCr plasti z enako maso na ploskovno enoto naparjenih pri različnih kotih.

Table 1. NiCr layer thicknesses with same mass on the surface unit thermally evaporated at different angles.

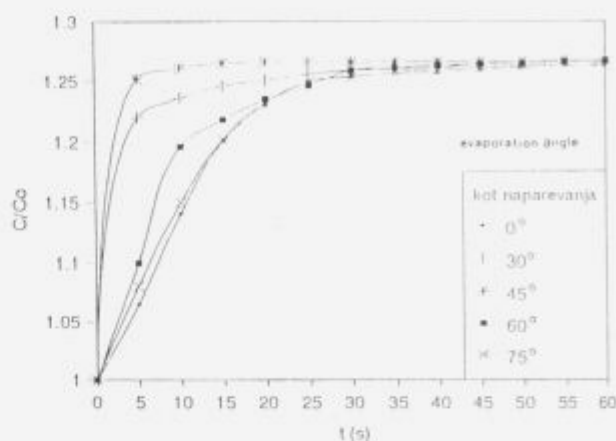
$\theta (^{\circ})$	d(nm)
0	95
30	110
45	125
60	120
75	125

Odzivni čas senzorjev smo merili pri trenutni spremembi od 0% do 100% in od 100% do 0% relativne vlažnosti pri konstantni temperaturi 230° in hitrosti zračnega toka $0,5 \text{ ms}^{-1}$. Rezultati meritev so prikazani na sliki 2 in 3.

Časovni odziv senzorjev pri prehodu iz suhega v vlažen zrak se bistveno ne razlikuje od obratnega prehoda. V obeh primerih smo najhitrejši odziv dosegli pri senzorjih z zgornjimi elektrodami naparjenimi pod kotom 45° . Pri večjih kotih se hitrost odziva zmanjša kljub temu, da se po podatkih iz tabele 1 porznost razlikuje le znotraj napake meritve. To kaže, da je poleg porznosti potrebna tudi primerna mikrostruktura zgornje elektrode.

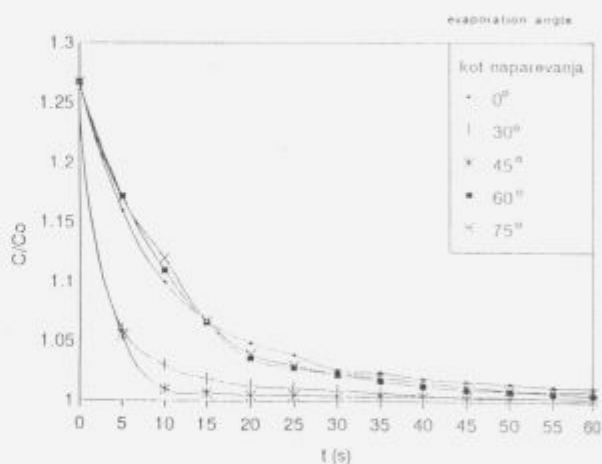
4 Sklep

Z naparovanjem zgornje elektrode pod ustreznim kotom je mogoče skrajšati odzivni čas tankoplastnega polimernega kapacitivnega senzorja relativne vlažnosti zraka.



Slika 2. Časovni odziv kapacitete senzorjev vlage z vrhnjimi elektrodami naparjenimi pod različnimi koti pri spremembi relativne vlažnosti od 0% do 100%.

Figure 2. Capacitance response of the humidity sensors with upper electrode evaporated at different angles. Relative humidity was changed from 0% to 100%.



Slika 3. Časovni odziv kapacitete senzorjev vlage z vrhnjimi elektrodami naparjenimi pod različnimi koti pri spremembi relativne vlažnosti od 100% do 0%.

Figure 3. Capacitance response of the humidity sensors with upper electrode evaporated at different angles. Relative humidity was changed from 100% to 0%.

5 Literatura

- 1 M.Sato, JEE, February 1993, 60
- 2 S.Takeda, Vacuum **41** (1990), 1769
- 3 P. Meakins, Phys. Rev. **A38**, (1988), 994
- 4 A. Banovec, M. Kern, Zbornik referatov SD-89, Nova Gorica, 1989, 185