

Όνοματεπώνυμο:
Χρήστος Πανδής

Τίτλος διατριβής:
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΛΥΜΕΡΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΣΕ ΧΗΜΙΚΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διδακτορικής διατριβής αποτελεί η μελέτη υλικών βασισμένων σε πολυμερή για τη χρήση τους σε χημικούς αισθητήρες αερίων. Έμφαση δίνεται στο χαρακτηρισμό των ιδιοτήτων των υλικών αυτών και στη μελέτη των διαδικασιών που ευθύνονται άμεσα ή έμμεσα για την εμφάνιση ευαισθησίας απέναντι σε διάφορα αέρια. Τα πολυμερή με ενδογενή αγωγιμότητα και τα σύνθετα πολυμερών με αγωγή εγκλείσματα αποτελούν τις δυο κατηγορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ευαίσθητα υλικά σε χημικούς αισθητήρες αερίων τύπου αγωγιμότητας με βάση τα πολυμερή. Η αρχή λειτουργίας των παραπάνω αισθητήρων βασίζεται στο γεγονός ότι η αλληλεπίδραση των πολυμερικών υλικών με διάφορα αέρια οδηγεί σε μεταβολή της αντίστασης τους.

Καθώς η ευαισθησία των παραπάνω υλικών βασίζεται στην τροποποίηση των ηλεκτρικών τους ιδιοτήτων, πραγματοποιείται συστηματική μελέτη των παραμέτρων που τις καθορίζουν. Στα νανοσύνθετα πολυμερών, η αγωγιμότητα οφείλεται στην προσθήκη αγωγίμης φάσης σε ικανή περιεκτικότητα, για τη δημιουργία αγωγίμων δρόμων δια μέσου της μονωτικής πολυμερικής μήτρας. Την αγωγή συνιστώσα μπορεί να αποτελούν ενδογενώς αγωγή πολυμερή ή αγωγή νανοσωματίδια. Η κρίσιμη περιεκτικότητα για τη μετάβαση από τη μονωτική στην αγωγή φάση εξαρτάται από το είδος του εγκλείσματος και τη μορφολογία του αγωγίμου δικτύου. Έτσι, κεντρικό ρόλο στη μελέτη αποτελεί η εξέταση φαινομένων διαφυγής.

Η ανάπτυξη των υλικών πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας εξοπλισμό που διαθέτει το Εργαστήριο Διηλεκτρικής Φασματοσκοπίας του Τομέα Φυσικής, καθώς και άλλα συνεργαζόμενα εργαστήρια του εξωτερικού. Το ίδιο ισχύει και για τις τεχνικές και διατάξεις που χρησιμοποιήθηκαν για το χαρακτηρισμό τους. Για τη μελέτη της μορφολογίας έγινε χρήση ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης (SEM), ηλεκτρονικής μικροσκοπίας διέλευσης (TEM) και μικροσκοπίας ατομικής δύναμης (AFM). Ο θερμομηχανικός χαρακτηρισμός πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια μετρήσεων διαφορικής θερμιδομετρίας σάρωσης (DSC) και δυναμικής μηχανικής ανάλυσης (DMA). Για τη μελέτη των ηλεκτρικών ιδιοτήτων χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές διηλεκτρικής φασματοσκοπίας (DRS) σε ευρεία περιοχή συχνοτήτων και θερμοκρασιών καθώς και μετρήσεις αγωγιμότητας συνεχούς ρεύματος.

Για τις ανάγκες χαρακτηρισμού των πολυμερών ως ευαίσθητων υλικών σε εφαρμογές αίσθησης αερίων, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ειδική διάταξη. Η διάταξη περιλαμβάνει ένα σύστημα δημιουργίας αερίων μιγμάτων καθορισμένης συγκέντρωσης και μια κυψελίδα που επιτρέπει τη λήψη ηλεκτρικών μετρήσεων κατά την έκθεση των ευαίσθητων πολυμερικών υλικών στους διάφορους αναλύτες. Η παραπάνω διάταξη επιτρέπει επίσης τη δημιουργία καθορισμένου επιπέδου σχετικής υγρασίας στο θάλαμο των μετρήσεων, δίνοντας τη

δυνατότητα μελέτης της επίδρασης του νερού στις ηλεκτρικές ιδιότητες των ευαίσθητων υλικών. Η ρόφηση και η διάχυση του νερού στα πολυμερή που παρουσιάζουν υδροφιλικότητα μελετήθηκε με τη βαρυμετρική μέθοδο. Με τη χρήση αναλυτή ρόφησης μετρήθηκε η ισόθερμη πρόσληψη νερού από τα παραπάνω υλικά τόσο κατά την ισορροπία σε διάφορα επίπεδα σχετικής υγρασίας όσο και συναρτήσει του χρόνου ανάμεσα σε δυο διαδοχικές καταστάσεις ισορροπίας.

Για τη θεμελιώδη κατανόηση της απόκρισης των πολυμερικών υλικών σε διάφορα αέρια, σημαντική είναι και η εξέταση φαινομένων ρόφησης και διάχυσης. Τα παραπάνω θέματα μελετώνται μέσω της υδάτωσης υδρόφιλων συστημάτων στα οποία έχουν προστεθεί νανοσωματίδια πυριτίας για την ενίσχυση των μηχανικών ιδιοτήτων. Η μελέτη της μορφολογίας, ο θερμομηχανικός χαρακτηρισμός και μετρήσεις εμβάπτισης σε νερό παρείχαν ενδείξεις ότι η οργανική συνιστώσα σχηματίζει μια συνεχή φάση για περιεκτικότητες μεγαλύτερες από 15 % κ.β. Το δίκτυο αυτό της πυριτίας επηρεάζει τόσο την ικανότητα ρόφησης νερού της μήτρας όσο και το συντελεστή διάχυσης του νερού σε αυτή.

Μελετήθηκαν αγωγή σύνθετα πολυπόρρολης, διεσπαρμένης σε μονωτική μήτρα πολυπροπολυνίου. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε η επίδραση της περιεκτικότητας της πολυπυρρόλης, του τρόπου παρασκευής και της προσθήκης ενός φυλλόμορφου πηλού στη μορφολογία και τις ηλεκτρικές/διηλεκτρικές ιδιότητες των συνθέτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσθήκη του πηλού συμβάλλει στην ενίσχυση της αγωγιμότητας και τη μείωση του κατωφλίου διαφυγής.

Παρασκευάστηκαν επίσης λεπτά υμένα αγωγίμης πολυπυρρόλης και πολυανιλίνης (PANI) με χημικό πολυμερισμό και εξετάστηκε ευαισθησία τους σε διαφορετικές συγκεντρώσεις αέριας αμμωνίας. Η απόκριση τους ήταν ικανοποιητική ενώ η καλή επαναληψιμότητα υποδεικνύει τη δυνατότητα χρήσης των παραπάνω υλικών ως αισθητήρες αμμωνίας. Παράλληλα, μελετήθηκε η επίδραση της υγρασίας στις ιδιότητες αίσθησης.

Για τη μελέτη αγωγίμων νανοςύνθετων πολυμερών παρασκευάστηκαν υλικά πολυμερούς/νανοσωλήνων άνθρακα (CNT). Η δυνατότητα χρήσης αγωγίμων νανοσωλήνων άνθρακα ως εγκλείσματα σε νανοςύνθετα πολυμερών για την εφαρμογή τους σε χημικούς αισθητήρες παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς πρόκειται για νανοσωματίδια με εξαιρετικές ηλεκτρικές, μηχανικές και θερμικές ιδιότητες. Παρασκευάστηκαν νανοςύνθετα πολυμεθακρυλικού μεθυλεστέρα / νανοσωλήνων άνθρακα και μελετήθηκε η απόκριση τους σε ατμούς νερού και αιθανόλης. Παράλληλα παρασκευάστηκαν νανοσύνθετα στα οποία χρησιμοποιήθηκε μια ποικιλία από πολυμερή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι καλύτερες επιδόσεις παρουσιάζουν τα νανοςύνθετα, των οποίων οι πολυμερικές μήτρες διαθέτουν θερμοκρασία υαλώδους μετάβασης μικρότερης από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος ή είναι υδρόφιλα.