

ΤΙΤΛΟΣ ΜΕΤΑ-ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ: Ανίχνευση παθογόνων μικροοργανισμών και περιβαλλοντικών ρυπαντών, μέσω βιοαισθητήρων & χημικών αισθητήρων προηγμένων υλικών

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ 1/7/2024 ΕΩΣ 1/7/2025

Στο χρονικό διάστημα αναφοράς ο μεταδιδακτορικός ερευνητής Σκοτάδης Ευάγγελος εργάστηκε πάνω στην σχεδιασμό και την ανάπτυξη αισθητήρων προηγμένων υλικών, με στόχο την ανίχνευση περιβαλλοντικών ρυπαντών και παθογόνων μικροοργανισμών. Παράλληλα διεξήχθησαν και πειράματα ανίχνευσης των ακόλουθων περιβαλλοντικών ρυπαντών: ιόντα βαρέων μετάλλων και φυτοπροστατευτικές ουσίες σε υδατικά διαλύματα μέσω ηλεκτροχημικών βιοαισθητήρων καθώς και μυκήτων/μυκοτοξινών στο καλαμπόκι μέσω χημικών-αισθητήρων αερίων. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων αυτών οδήγησαν και σε αντίστοιχες βελτιώσεις στον σχεδιασμό των αισθητήρων όπως θα περιγραφεί στην συνέχεια.

Πιο συγκεκριμένα, αρχικά παρήχθησαν καθώς και χαρακτηρίστηκαν δομές μεταλλικών νανοσωματιδίων με διαφορετικές πυκνότητες, παραγόμενες μέσω μιας διαδικασίας φυσικής εναπόθεσης κενού (ιοντοβολή). Στόχοι πλατίνας βάλονται υπό υψηλό κενό από ιόντα Αργού, αποκολλώντας από τον στόχο άτομα του υλικού τα οποία συσσωματώνονται και εναποτίθενται (σε θερμοκρασία δωματίου) σε επιθυμητά υποστρώματα ως νανοσωματίδια. Τα νανοσωματίδια πλατίνας εναποτέθηκαν επί οξειδωμένων υποστρωμάτων πυριτίου. Ενδοδιαπλεκόμενα ηλεκτρόδια και ηλεκτρικές επαφές για την μέτρηση του αισθητήρα παρήχθησαν μέσω της τεχνικής του e-gun.

Όσον αφορά την ανάπτυξη των ηλεκτροχημικών βιοαισθητήρων, αρχικά επιλέχθηκαν οι κατάλληλες αλληλουχίες βιομορίων/βιοϋλικών για την ανίχνευση των ιόντων βαρέων μετάλλων (DNAzymes για την ανίχνευση Pb^{2+} & Cr^{3+}) αλλά και των φυτοπροστατευτικών ουσιών (απταμερή για την ανίχνευση Tebuconazole & lambda-Cyhalothrin) σύμφωνα με την βιβλιογραφία, ενώ αναπτύχθηκαν και τα απαιτούμενα πρωτόκολλα ακινητοποίησης των βιομορίων επί των υποστρωμάτων πυριτίου/νανοσωματιδίων. Τα βιομόρια τροποποιήθηκαν με ένα μόριο θειόλης στο ένα τους άκρο και μία φθορίζουσα ομάδα στο άλλο. Αποδείχθηκε μετά από πειράματα ηλεκτρονικής μικροσκοπίας, μικροσκοπίας φθορισμού και XPS πως η πορώδης φύση των νανοσωματιδιακών υμενίων επέτρεψε την εύκολη σύζευξη μεταξύ βιομορίων και υποστρώματος.

Σχετικά με την ανάπτυξη αισθητήρων αερίων για την ανίχνευση μυκήτων/μυκοτοξινών σε καρπούς και στην αέρια φάση, υποστρώματα οξειδίου του πυριτίου τροποποιημένα με

Ψηφιακή Βεβαίωση Εγγράφου

Μπορείτε να ελέγξετε την ισχύ του εγγράφου
σκανάροντας το QR code ή εισάγοντας τον κωδικό
στο docs.gov.gr/validate

δυσδιάστατα υμένια νανοσωματιδίων πλατίνας συνδυάστηκαν με 4 διαφορετικά πολυμερικά υμένια (PHEMA, PEMA, PIBMA & PBMA, πάχους 500 Nm) για την κατασκευή συστοιχίων χημικών-αισθητήρων. Οι αισθητήρες με τα 4 διαφορετικά πολυμερικά υμένια ενσωματώθηκαν σε κατάλληλο packaging (Dual in line, DIL packages) μέσω wire-bonding, για την απρόσκοπτη ενσωμάτωση τους στο σύστημα χαρακτηρισμού χημικών-αισθητήρων το οποίο έχει αναπτυχθεί από τον Δρ. Σκοτάδη. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την μεταφορά αερίων στην επιθυμητή συγκέντρωση (έλεγχος της συγκέντρωσης των αερίων με υψηλή ακρίβεια μέσω Mass Flow controllers) μέσω της ροής αδρανούς αερίου (N_2), προς τον θάλαμο χαρακτηρισμού των αισθητήρων.

Την κατασκευή των αισθητήρων ακολούθησε ο χαρακτηρισμός τους. Για την διεξαγωγή των πειραμάτων χαρακτηρισμού των ηλεκτροχημικών βιοαισθητήρων για την ανίχνευση ιόντων βαρέων μετάλλων αναπτύχθηκε ένα ηλεκτροχημικό κελί μετρήσεων, όπου υγρά διαλύματα ποσότητας περίπου 80 μ L μπορούν να εναποτίθενται μόνο πάνω από την ενεργό επιφάνεια των αισθητήρων (η περιοχή των ενδοδιαπλεκόμενων ηλεκτροδίων). Η επιτυχής απομόνωση της ενεργού επιφάνειας του αισθητήρα από τις πίστες των ηλεκτρικών επαφών διασφαλίζεται μέσω μίας φλάντζας από PDMS. Στην περίπτωση των βιοαισθητήρων για την ανίχνευση φυτοπροστατευτικών ουσιών χρησιμοποιήθηκε το παραπάνω ηλεκτροχημικό κελί καθώς και ένα μικρορροϊκό σύστημα από PDMS το οποίο οδήγησε στην βελτίωση της απόδοσης των βιοαισθητήρων. Σε κάθε περίπτωση, για την ανίχνευση τόσο των φυτοπροστατευτικών ουσιών όσο και των βαρέων μετάλλων, κατάλληλα ρυθμιστικά διαλύματα εναποτέθηκαν μέσω drop-casting εντός του ηλεκτροχημικού κελιού (ή οδηγήθηκαν εντός του μικρορροϊκού συστήματος μέσω μιας περισταλτικής αντλίας) ενώ στην συνέχεια ακολούθησαν τα διαλύματα των στόχων, στις επιθυμητές συγκεντρώσεις. Μέσω των ηλεκτρικών επαφών παρακολουθήθηκαν τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων (Ηλεκτροχημική Φασματοσκοπία Εμπέδησης) μια και η αιχμαλώτιση των στόχων από τα αντίστοιχα βιομόρια παρεμπόδιζε την διέλευση του ηλεκτρικού φορτίου διαμέσου του υμενίου των νανοσωματιδίων.

Στην περίπτωση των συστοιχίων χημικών-αισθητήρων για την ανίχνευση μυκήτων/μυκοτοξινών από την αέρια φάση, αυτές χαρακτηρίστηκαν αρχικά ως προς την ικανότητα τους να διακριβώσουν την επιμόλυνση ξηρού καλαμποκιού από διαφορετικούς μύκητες (*Aspergillus carbonarius*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium expansum* & *Rhizopus nigricans*). Στην συνέχεια μελετήθηκε η επίδραση διαφορετικών παραγόντων όπως το υπόβαθρο σχετικής υγρασίας (relative humidity) και η θερμοκρασία της μέτρησης, η αρχική συγκέντρωση των μυκήτων καθώς και πειραματικές παράμετροι όπως η τιμή της ροής του αερίου μεταφοράς (N_2), στην απόδοση των αισθητήρων. Η ικανότητα των χημικών-αισθητήρων να διακρίνουν ανάμεσα σε καλαμπόκι επιμολυσμένο με κάποιο τύπο μύκητα και το καλαμπόκι αναφοράς (fungus-free) διερευνήθηκε μέσω της στατιστικής επεξεργασίας της απόκρισης των συστοιχίων, με χρήση της τεχνικής Ανάλυσης κυρίων συνιστωσών (PCA).

Τα τελικά αποτελέσματα των παραπάνω πειραμάτων χαρακτηρισμού οδήγησαν και στην συγγραφή ενός επιστημονικού άρθρου σε περιοδικό:

Ψηφιακή Βεβαίωση Εγγράφου

Μπορείτε να ελέγξετε την ισχύ του εγγράφου
σκανάροντας το QR code ή εισάγοντας τον κωδικό
στο docs.gov.gr/validate



1. C. Panagopoulou, E. Skotadis, E. Aslanidis, G. Tzourmana, A. Rapesi, C. Tsioustas, M. Kainourgiaki, G. Kleitsiotis, G. Tsekenis, D. Tsoukalas, *Non-Faradaic Impedimetric Detection of Heavy Metal Ions via a Hybrid Nanoparticle-DNAzyme Biosensor*, Biosensors 2024 14(7) 321. **Impact factor: 5.6**

Ενός άρθρου σε διεθνές επιστημονικό συνέδριο:

2. E. Karadimas, E. Skotadis, D. Tsoukalas, M. Kallergi, *Nanoparticle-based gas sensors with potential for biomedical applications* (2nd PanHellenic Congress of Medical Physics, Athens, 2024)

Καθώς και σε ένα άρθρο το οποίο έχει υποβληθεί και είναι υπο κρίση: E. Skotadis, M. Tsigkourakos, E. Anthoulakis, M.K. Filippidou, S. Ntouskas, M. Kainourgiaki, C. Tsioustas, C. Panagopoulou, S.D. Sakellariou, N. Kalatzis, E.A. Petrakis, N. Alexis, G. Tsekenis, A. Tserepi, S. Chatzandroulis, D. Tsoukalas, *Development of advanced nanobiosensors and a portable monitoring system for pesticide detection at the point of need.*, Computers and electronics in Agriculture, **Impact factor: 8.9.**

Ο Μεταδιδάκτορας Ερευνητής,
Σκοτάδης Ευάγγελος.

Ο επιβλέπων καθηγητής,
Ιωάννης Καλατζής.

Ψηφιακή Βεβαίωση Εγγράφου

Μπορείτε να ελέγξετε την ισχύ του εγγράφου
σκανάροντας το QR code ή εισάγοντας τον κωδικό
στο docs.gov.gr/validate



Κωδικός εγγράφου: Vx104q0IOAMUW8vvFzk47Q

Σελίδα: 3/3

Υπογραφή:
ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΣΚΟΤΑΔΗΣ
Πατρώνυμο: ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΑΦΜ: 112893977
Ημ. Υπογραφής: 03/07/2025 19:22:19