

Μικροηλεκτρόδια

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ

Ηλεκτρόδια με μία από τις διαστάσεις τους τόσο μικρή (τυπικά, μικρότερη των **50 μm**) ώστε *κάποιες από τις ιδιότητες τους* (π.χ. μεταφορά μάζας) να *εξαρτώνται από το μέγεθος τους*.

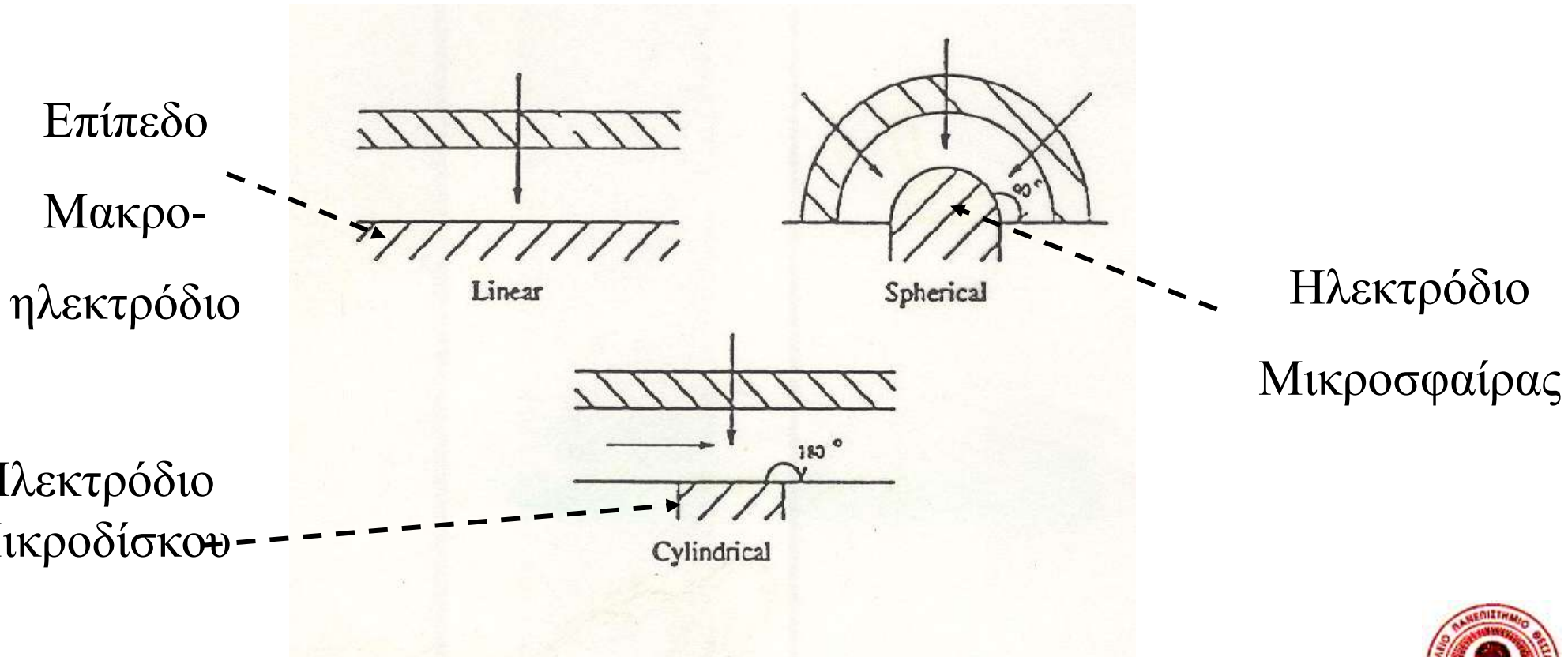
Οι ιδιότητες αυτές συμπεριλαμβάνουν:

- **Έντονες συνθήκες μεταφοράς μάζας** των αντιδρώντων/προϊόντων προς/από το ηλεκτρόδιο, εξαιτίας σημαντικής συνεισφοράς φαινομένων μη γραμμικής διάχυσης στα όρια του ηλεκτροδίου (*edge diffusion effects*).
- **Μικρά χωρητικά ρεύματα** (υποβάθρου/βασικής γραμμής/background) εξαιτίας της μικρής επιφάνειας τους.
- **Μικρές ωμικές απώλειες** (*IR drop*) εξαιτίας μικρών ρευμάτων.

Μικροηλεκτρόδια

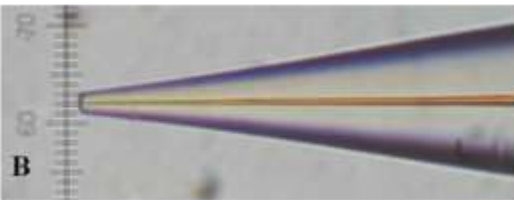
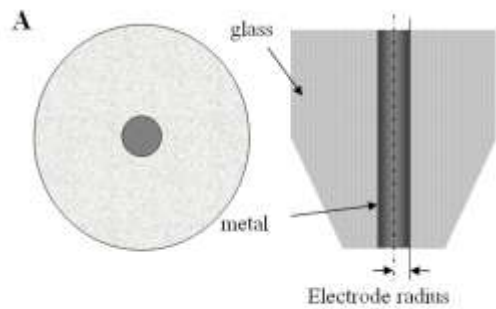
Μη γραμμική διάχυση σε μικροηλεκτρόδια

Πεδία διάχυσης για ορισμένες γεωμετρίες ηλεκτροδίων

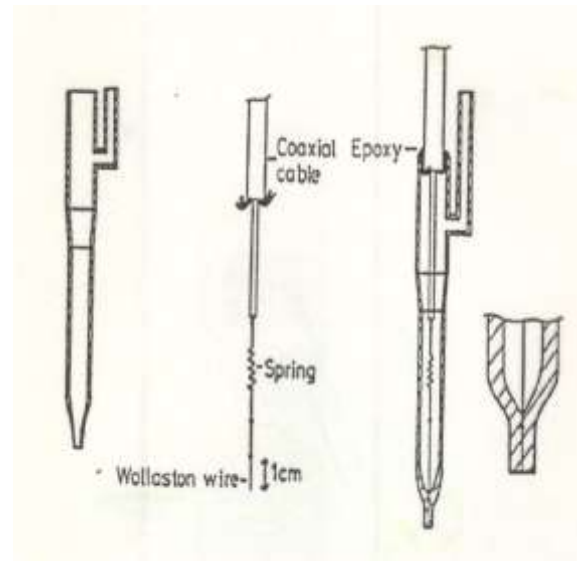


Μικροηλεκτρόδια

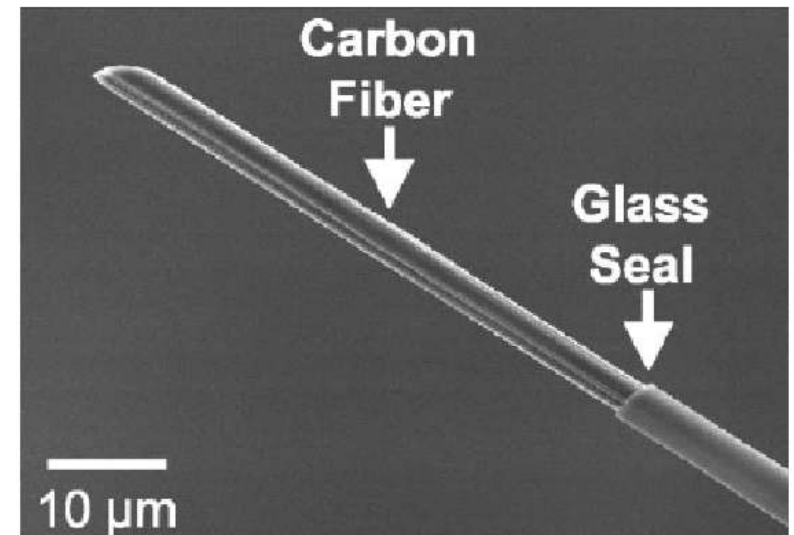
Τύποι μικροηλεκτροδίων και κατασκευή τους Μικροδίσκοι / Μικροϊνες



Σχηματική
απεικόνιση και
φωτογραφία
μικροδίσκου



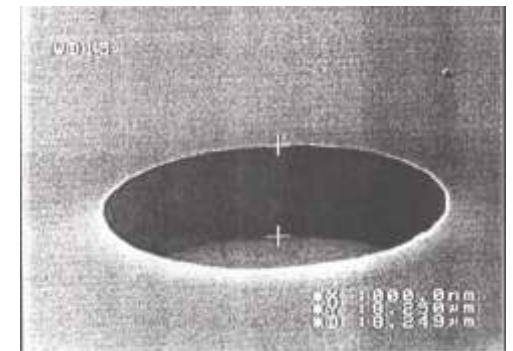
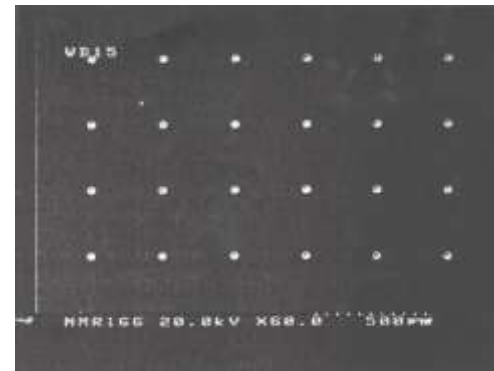
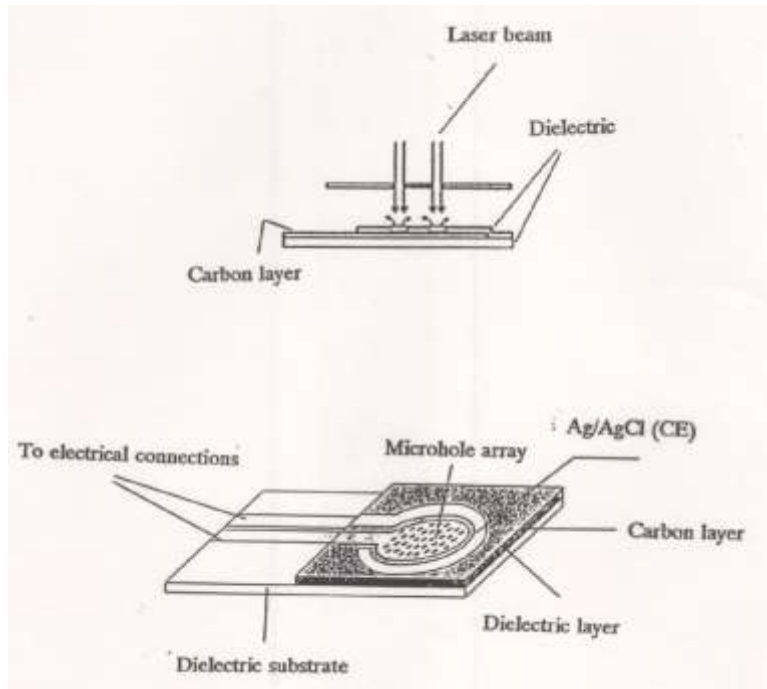
Μικροσύρμα
στεγανοποιημένο
σε τριχοειδή με
τήξη του γυαλιού.



Μικροσύρμα
στεγανοποιημένο
σε τριχοειδή με
εποξειδική κόλλα.

Μικροηλεκτρόδια

Τύποι μικροηλεκτροδίων και κατασκευή τους Σειρά Μικροδίσκων (*Microdisc Array*)



Σειρά μικροδίσκων χρυσού κατασκευασθέντων με λιθογραφία φωτοανθεκτικής στιβάδας (*photoresist lithography*)

(S.Papadimitriou, D.P.Casey, J.F.Rohan and S.Sotiropoulos, *ISE 55th Annual Meeting*, 2004)

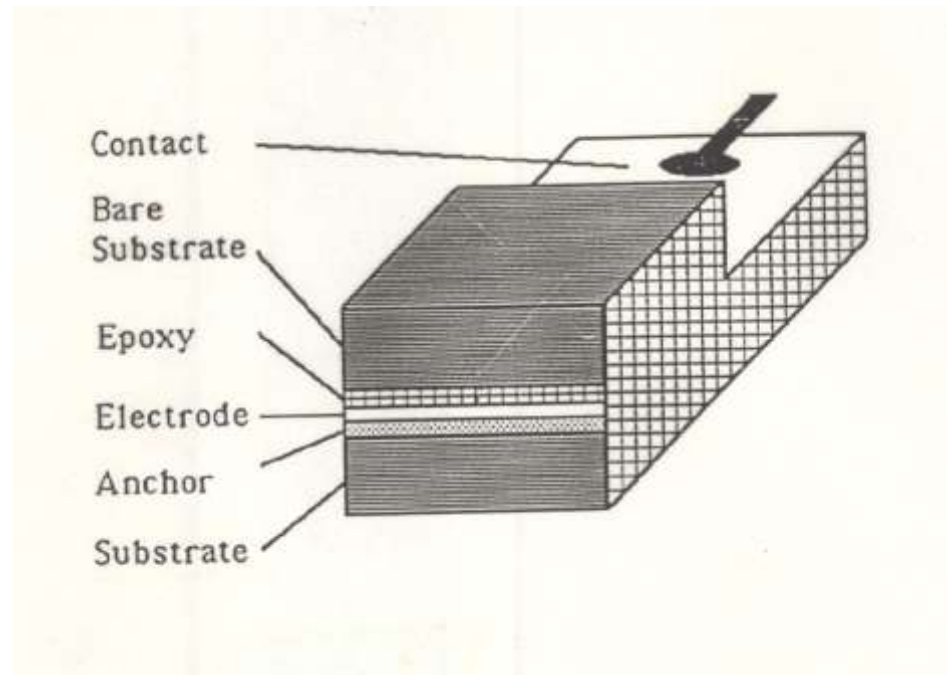
Σειρά μικροδίσκων άνθρακα κατασκευασθέντων με λιθογραφία ακτινοβολίας λέιζερ (*laser lithography, Ecosse Sensor Ltd*)

Ηλεκτροχημικές Μέθοδοι - Σωτήρης Σωτηρόπουλος



Μικροηλεκτρόδια

Τύποι μικροηλεκτροδίων και κατασκευή τους Ηλεκτρόδιο μικρολωρίδας (*microband electrode*)



Ηλεκτρόδιο μικρολωρίδας χρυσού με τεχνολογία υμενίου (*film technology*)

(D. Williams *et al*, *Harwell Laboratory*, 1986)

Ηλεκτροχημικές Μέθοδοι - Σωτήρης Σωτηρόπουλος

Μικροηλεκτρόδια

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-1 ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ

ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

- Έντονες συνθήκες μεταφοράς μάζας (σταθερής κατάστασης):

$$k_m = \frac{4D}{\pi r} \quad \text{όπου } r \text{ η ακτίνα του μικροδίσκου}$$

→ Υψηλές ορικές πυκνότητες ρεύματος: $i_L = nFk_m C$

★ Υπερκεράζεται η ελάττωση A και I.

★ Υψηλή ευαισθησία (i / C) μικροηλεκτροδιακών αναλυτών.

→ Απόκριση (σταθερής κατάστασης) ανεξάρτητη φυσικής ανάδευσης

ή μέτριων ταχυτήτων ροής διαλύματος. $(k_m)_{\text{μικρο-διαχ.}} > (k_m)_{\text{ροής}}$

→ Μελέτη σχετικά γρήγορων αντιδράσεων μεταφοράς φορτίου.

$$(k_m)_{\text{μικρο-διαχ.}} > k_s$$

Μικροηλεκτρόδια

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-2 ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ

ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

- Συνθήκες μή γραμμικής διάχυσης π.χ. σφαιρικής :

$$i_{L(d)} = nFDC_R^b \left(\frac{1}{\sqrt{\pi Dt}} + \frac{1}{r} \right) = nFDC_R^b \frac{1}{\sqrt{\pi Dt}} + nFC_R^b \frac{D}{r}$$

→ Μικρός χρόνος αποκατάστασης σταθερής κατάστασης (ss) / απόκρισης (σε μεταβολές συγκέντρωσης ή δυναμικού)

$$t_{ss} \propto \frac{r^2}{D}$$

- Μικρές ωμικές απώλειες (*IR losses*) : μικρά **I**, μικρές **R = 1 / (4πκr)**

→ Δυνατότητα λειτουργίας σε σύστημα δύο ηλεκτροδίων.

→ Ηλεκτροχημεία σε μέσα μικρής συγκέντρωσης ηλεκτρολύτη.

→ Δυνατότητα μελέτης φαινομένων υψηλών ρευμάτων.

★ Υψηλές C (βιομηχανικές δράσεις)

★ Διάβρωση

★ Μικροί χρόνοι / μεγάλες ταχύτητες σάρωσης (μελέτη ταχύτατων δράσεων)

Μικροηλεκτρόδια

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-3 ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

- Μικρή επιφάνεια

→ Χαμηλός ηλεκτρονικός θόρυβος: $N(\text{oise}) \propto A$

→ Χαμηλά χωρητικά ρεύματα, ταχεία εκφόρτιση:

$$C \propto A \propto r^2$$

$$RC \propto \frac{1}{r} r^2 = r$$

★ Μικροί χρόνοι / μεγάλες ταχύτητες σάρωσης (μελέτη ταχύτατων δράσεων)

- Μικρό μέγεθος

→ Σμίκρυνση ηλεκτροχημικών αναλυτών.

→ Μικροί όγκοι δείγματος είναι αρκετοί.

→ Διείσδυση σε ιστούς με ελαχιστοποίηση καταστροφής τους.

Μικροηλεκτρόδια

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ

A. Βασική έρευνα

- Μελέτη ταχύτατων ηλεκτροδιακών δράσεων.
- Μελέτη ηλεκτροχημικών δράσεων με ομογενή χημικά στάδια.
- Μελέτη ηλεκτροδιακών δράσεων απουσία ηλεκτρολύτη.
- Μελέτη ηλεκτροδιακών δράσεων ουσιών υψηλής συγκέντρωσης.
- Μελέτη φαινομένων ανοδικής και μεταπαθητικής διάλυσης.

Μικροηλεκτρόδια

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ

B. Ηλεκτροανάλυση.

- Σε ηλεκτροχημικούς ανιχνευτές συστημάτων ανάλυσης / διαχωρισμού FIA, HPLC και CE (σμίκρυνση ανιχνευτή, χαμηλός θόρυβος).
- Σε περιβαλλοντικές αναλύσεις πεδίου και ελέγχου των φυσικών νερών και της ατμόσφαιρας (χαμηλό κόστος, ταχεία απόκριση, λειτουργία κάτω από τυχαίες συνθήκες μεταφοράς μάζας και επιπέδων ηλεκτρολύτη).
- Στον έλεγχο γραμμών παραγωγής τροφίμων και φαρμάκων (χαμηλό κόστος, ταχεία απόκριση, λειτουργία κάτω από συνθήκες παραγωγής).
- Στην έρευνα βιολογικών συστημάτων για ενδοκυτταρική και εξωκυτταρική ανάλυση, τόσο *in vitro* και *in vivo* (χαμηλό κόστος, ταχεία απόκριση, λειτουργία κάτω από φυσιολογικές συνθήκες).