

Οργανισμός
Βιομηχανικής
Ιδιοκτησίας (ΟΒΙ)



(21) Αριθμός αίτησης:

GR 20160100220

(12)

ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΥΡΕΣΙΤΕΧΝΙΑΣ (B)

(41) Ημ/νία Δημοσίωσης: **27.10.2017**

(51) Διεθνής Ταξινόμηση (Int. Cl.):

(11) Αριθμός Χορήγησης: **1009426**

H01J 37/32 (2017.01)

(22) Ημ/νία Κατάθεσης: **27.04.2016**

(43) Ημ/νία Δημοσίευσης της Αίτησης:
19.01.2018 ΕΔΒΙ 10/2017

(45) Ημ/νία Δημοσίευσης της Χορήγησης:
04.04.2019 ΕΔΒΙ 1/2019

(71) Αρχικός (οί) Καταθέτης (ες):
**ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
"ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ"**; Πατριάρχου Γρηγορίου Ε' & Νεαπόλεως 27,
15310 ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ - GR. **ΓΟΓΓΟΛΙΔΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ
ΜΙΧΑΗΛ**; Πατριάρχου Γρηγορίου Ε' & Νεαπόλεως 27, 15341
ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ (ΑΤΤΙΚΗΣ) - GR.

(72) Εφευρέτης (ες):
ΓΟΓΓΟΛΙΔΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΜΙΧΑΗΛ; , GR. **ZENIOY
ΑΓΓΕΛΟΣ ZENIOY**; , GR.

(73) Δικαιούχος (οί):

**ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
"ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ"**; Πατριάρχου Γρηγορίου Ε' & Νεαπόλεως 27,
15310 ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ - GR. **ΓΟΓΓΟΛΙΔΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ
ΜΙΧΑΗΛ**; Πατριάρχου Γρηγορίου Ε' & Νεαπόλεως 27, 15341
ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ (ΑΤΤΙΚΗΣ) - GR.

(54) Τίτλος (Ελληνικά)

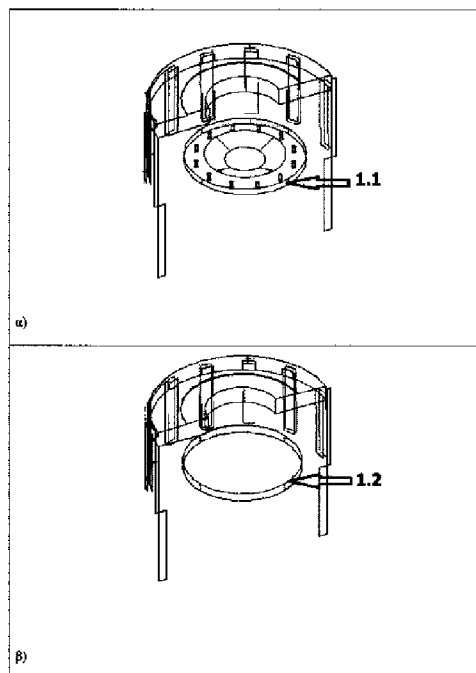
**ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ ΚΛΩΒΟΣ FARADAY ΣΕ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΑΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ, ΤΟΝ ΔΑΚΤΥΛΙΟ
ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ, Ή ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ Ή ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΤΟΥΣ**

(54) Τίτλος (Αγγλικά)

**A VARIABLE FARADAY CAGE IN A PLASMA REACTOR FOR THE BASE OF THE SUBSTRATE, THE RETENTION RING OR THE
ELECTRODE OR COMBINATION THEREOF**

(57) Περίληψη

Προτείνεται σχεδιασμός μεταβλητής ηλεκτροστατικής θωράκισης (μεταβλητός κλωβός Faraday), για την βάση του υποστρώματος, τον δακτύλιο συγκράτησης δείγματος, το ηλεκτρόδιο ή συνδυασμό των παραπάνω ο οποίος αποτελεί μέρος ενός μηχανήματος εγχάραξης πλάσματος με ενεργά ιόντα (RIE) ή ενός μηχανήματος εγχάραξης επαγωγικής σύζευξης (ICP) ή άλλου μηχανήματος εγχάραξης που λειτουργεί σε χαμηλή πίεση. Το πλεονέκτημα μιας θωράκισης αυτού του τύπου είναι ο έλεγχος της χωρητικής σύζευξης, και μέσω αυτής, της διάβρωσης της βάσης του υποστρώματος, εξαιτίας της ιονβολής από τα ιόντα που υπάρχουν στο πλάσμα. Η θωράκιση, και μέσω αυτής η ιονβολή της βάσης, μπορεί να ρυθμιστεί ελεύθερα ούτως ώστε να γίνεται ελεγχόμενη εναπόθεση μικρο-μασκών τοπικής παρεμπόδισης της εγχάραξης στην εγχαρασόμενη επιφάνεια, δίνοντας με αυτόν τον τρόπο την επιλογή πλήρους ελέγχου της τραχύτητας που δημιουργείται στο υπόστρωμα κατά την εγχάραξή του με πλάσμα.



Μεταβλητός κλωβός Faraday σε αντιδραστήρα πλάσματος για την βάση του υποστρώματος, τον δακτύλιο συγκράτησης, ή το ηλεκτρόδιο ή συνδυασμό τους

Περιοχή της ευρεσιτεχνίας

5

Η παρούσα εφεύρεση σχετίζεται γενικά με το πεδίο ηλεκτρικής θωράκισης και πιο συγκεκριμένα με τον κλωβό Faraday, ο οποίος χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με συστήματα εγχάραξης με πλάσμα όπως είναι τα RIE (ενεργής εγχάραξης ιόντων), ICP (πλάσμα επαγωγικής σύζευξης) ή άλλα τέτοιου τύπου συστήματα εγχάραξης
 10 στο κενό. Η επεξεργασία με πλάσμα, χρησιμοποιώντας την παραπάνω διάταξη, έχει ως αποτέλεσμα τον έλεγχο της τραχύτητας που δημιουργείται στο υπόστρωμα.

Αιχμή - στάθμη της τεχνολογία και υπόβαθρο της ευρεσιτεχνίας

15 Για αυτούς που δουλεύουν στο πεδίο επεξεργασίας υλικών με πλάσμα, είναι ευρέως γνωστό ότι η χωρητική σύζευξη που δημιουργείται λόγω των ραδιοσυχνοτήτων (RF) μπορεί να περιοριστεί με την χρήση του κλωβού Faraday, γνωστού και ως ηλεκτροστατική θωράκιση. Στην συνέχεια του κειμένου θα αναφέρεται απλά ως θωράκιση. Οι θωρακίσεις χρησιμοποιούνται ευρέως από αντιδραστήρες εγχάραξης
 20 με πλάσμα για την εξάλειψη ή την μείωση της διάβρωσης από ιόντα των επιφανειών του αντιδραστήρα, όπως είναι τα τοιχώματα του θαλάμου και τα ηλεκτρόδια. Η διάβρωση από ιόντα δημιουργείται λόγω της επιτάχυνσης των ιόντων στο πλάσμα, μέσω των ηλεκτρικών πεδίων που δημιουργούνται από την χωρητική σύζευξη των επιφανειών του αντιδραστήρα με το πλάσμα. Στα συστήματα RIE και ICP η

ιονοβολή της βάσης του υποστρώματος είναι κάτι σύνηθες. Όταν ξεσπάει το πλάσμα, ιόντα υψηλής ενέργειας (με ενέργειες που κυμαίνονται από μερικά eV μέχρι μερικές εκατοντάδες eV) επιταχύνονται κατά μήκος του ηλεκτρικού πεδίου προς την βάση του υποστρώματος. Αυτά τα υψηλής ενέργειας ιόντα, διαβρώνουν την βάση του υποστρώματος (στην περιοχή η οποία δεν καλύπτεται από το υπόστρωμα), με αποτέλεσμα την ιονοβολή του υλικού του δακτυλίου συγκράτησης ή και της βάσης του υποστρώματος. Η δημιουργία τραχύτητας πάνω στο υπόστρωμα οφείλεται στο υλικό αυτό που εναποτίθεται πάνω στην επιφάνεια του υποστρώματος και ενεργεί σαν μικρο-μάσκα τοπικής παρεμπόδισης εγχάραξης κατά την διάρκεια της εγχάραξης και ταυτόχρονης ιονοβολής της βάσης. Η δημιουργία “γρασιδιού” δηλαδή υψηλής τραχύτητας επιφάνειας εγχαραγμένης με πλάσμα είναι ένα σύνηθες αποτέλεσμα που οφείλεται στην ιονοβολή. Τα υλικά που εναποτίθενται πάνω στο προς εγχάραξη υπόστρωμα, είναι συνήθως υλικά τα οποία δεν εγχαράσσονται, με αποτέλεσμα την δημιουργία τοπικά πάνω στο υπόστρωμα μιας μικρο-μάσκας η οποία εμποδίζει την εγχάραξη του υποστρώματος στο συγκεκριμένο σημείο με αποτέλεσμα την δημιουργία τραχύτητας [E F. Chen, in High Density Plasma Sources, edited by O. A. Popov (Noyes, New York, 1995)]. Τέτοιου είδους μηχανισμοί δημιουργίας τραχύτητας είναι πιο ορατοί, όταν η εγχάραξη γίνεται σε συνθήκες χαμηλού κενού, όταν δηλαδή επικρατούν συνθήκες ανισοτροπικής εγχάραξης (επιλεκτική εγχάραξη με διεύθυνση κάθετη προς το υπόστρωμα).

Στην βιβλιογραφία ο κεντρικός σκοπός είναι η εξάλειψη της τραχύτητας, η οποία είτε προέρχεται από την βάση του υποστρώματος είτε από τον δακτύλιο συγκράτησης ή από τα τοιχώματα του αντιδραστήρα, με κύριο στόχο την επίτευξη ομαλών επιφανειών μετά την εγχάραξή τους με πλάσμα. Παρ’ όλα αυτά, σε

ορισμένες περιπτώσεις η τραχύτητα είναι επιθυμητή εξαιτίας των καινούργιων λειτουργικών χαρακτηριστικών που προσδίδει στην επιφάνεια, όπως είναι οι ιδιότητες διαβροχής, η δέσμευση βιομορίων, η προσκόλληση κυττάρων, η δημιουργία επιφανειών προσρόφησης και αντί-προσρόφησης, η αλλαγή των οπτικών ιδιοτήτων της κ.λπ.

[Evangelos Gogolides, Vassilios Constantoudis, George Kokkoris, Dimitrios Kontziampasis, Katerina Tsougeni, George Boulousis, Marilena Vlachopoulou and Angeliki Tserepi Controlling roughness: from etching to nanotexturing and plasma-directed organization on organic and inorganic materials, Journal of Physics D: Applied Physics 44(17) 2011, 174021].

Συνεπώς, είναι μεγάλης σημασίας ο κατά βούληση έλεγχος της ιονοβολής, και μέσω αυτής, ο έλεγχος της τραχύτητας του υποστρώματος για εφαρμογές και για νέα συστήματα πλάσματος, και στον τομέα αυτόν ακόμα δεν υπάρχει κάποια διαθέσιμη λύση.

Ο Wayne L. Johnson et al. [Wayne L. Johnson, US Patent 5234529 A] σχεδίασε ένα σύστημα δημιουργίας πλάσματος το οποίο περιλαμβάνει μία χωρητικού τύπου θωράκιση, η οποία τοποθετείται ανάμεσα στην κεραία RF και στην περιοχή του πλάσματος, με στόχο την μείωση της χωρητικής σύζευξης που υπάρχει σε έναν αντιδραστήρα ICP. Η θωράκιση που δημιουργήθηκε μπορεί να ενσωματώσει μηχανισμούς για τον έλεγχο του ποσοστού θωράκισης απλά ελέγχοντας το ποσοστό της χωρητικής σύζευξης.

Ο Marwan H. Khater et al. [Marwan Khater, Lawrence Overzet, US Patent 20020023899] κατοχύρωσε μια καλά σχεδιασμένη συνδυαστική πηγή που αποτελείται από τον κλωβό Faraday / διηλεκτρικό / κεραία και χρησιμοποιείται για

την διόρθωση της αγωγιμότητας εισόδου ενός αντιδραστήρα πλάσματος επαγωγικής σύζευξης (ICP) καθιστώντας το μεταβλητό σύστημα προσαρμογής της αγωγιμότητας αχρείαστο και επιτρέποντας παλμική επεξεργασία με πλάσμα με πολύ μικρή ανακλώμενη ισχύ. Έχοντας ανοίξει οπές σε επιλεγμένα σημεία του κλωβού

5 Faraday δημιουργείται ένα ικανοποιητικό ποσοστό χωρητικής σύζευξης μεταξύ του κενού και της κεραίας ICP για την δημιουργία πλάσματος, αποτρέποντας σημαντικό ποσοστό χωρητικής σύζευξης κατά την διάρκεια της επακόλουθης φάσης υψηλής πυκνότητας πλάσματος στον ICP.

- 10 O Pradeep Dixit et al. [Pradeep Dixit and Jianmin Miao,"Effect of Clamping Ring Materials and Chuck Temperature on the Formation of Silicon Nanograss in Deep RIE", Journal of The Electrochemical Society, 153 (8) G771-G777 (2006)] παρουσίασε τα αποτελέσματα της ιονοβολής στον δακτύλιο συγκράτησης σε ένα ICP σύστημα (Alcatel A601E) που χρησιμοποιείται για βαθιές RIE εγχαράξεις στην δημιουργία γρασιδιού από πυρίτιο. Μέσω των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν,
- 15 παρατηρήθηκε ότι το αλουμίνιο, το οποίο είναι ένα κοινό υλικό στους δακτυλίους συγκράτησης, δεν είναι τελικά και η καλύτερη επιλογή. Αντ' αυτού προτάθηκε ένας δακτύλιος από κεραμικό υλικό, για την μείωση της ιονοβολής του δακτυλίου. Με τον αρχικό δακτύλιο από αλουμίνιο δημιουργήθηκε γρασίδι από πυρίτιο ύψους 200 μm και διαμέτρου 600 nm. Η αντικατάστασή του με κεραμικό δακτύλιο συνέβαλε
- 20 στην δραστική μείωση του γρασιδιού, κυρίως λόγω του μονωτικού χαρακτήρα που έχει σε σύγκριση με το μεταλλικό αλουμίνιο.

O Patick Garabedian et al. [Patick Garabedian, Philippe Pagnod-Rossiaux, Puech, MetZ-Tessy, *US Patent 20020179246A1*] σχεδίασε μια γειωμένη θωράκιση η οποία συμβάλλει αποτελεσματικά στην εξάλειψη της ιονοβολής και την ανάπτυξη

υπερβάλλουσας θερμοκρασίας πάνω στον δακτύλιο κατά την διάρκεια πολύωρης εγχάραξης με πλάσμα, ή κατά την διάρκεια εγχάραξης με πλάσμα χλωρίου. Αυτή η λύση κάνει χρήση μίας θωράκισης που τοποθετείται πάνω από την βάση του υποστρώματος και αποτελείται από μία μηχανική φλάντζα, με σκοπό την προστασία

5 από την διάβρωση της βάσης από τα ιόντα. Η θωράκιση είναι γειωμένη και τοποθετείται σε συγκεκριμένη απόσταση πάνω από τον δακτύλιο συγκράτησης, με στόχο την αποφυγή ανάπτυξης υψηλών θερμοκρασιών του δακτυλίου, η οποία οφείλεται στα ιόντα. Ένα μειονέκτημα της συγκεκριμένης θωράκισης είναι η δημιουργία πλάσματος μεταξύ της γειωμένης θωράκισης και του συστήματος

10 συγκράτησης του υποστρώματος, το οποίο οφείλεται στην μεταλλική φύση του δακτυλίου. Ένα δεύτερο μειονέκτημα της προτεινόμενης θωράκισης είναι η απώλεια ελέγχου της ιονοβολής, και ως εκ τούτου της τραχύτητας η οποία είναι επιθυμητή πολλές φορές, ιδιαίτερα όταν το υλικό που κατεργάζεται είναι πολυμερές.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες θωρακίσεις που προτείνονται είναι

15 για συστήματα ICP και δεν εφαρμόζονται σε συστήματα RIE.

Η παρούσα εφεύρεση έρχεται να καλύψει το κενό προτείνοντας μια νέα μεταβλητή θωράκιση, η οποία είναι συμβατή και με τους δύο τύπους συστημάτων κενού ICP, RIE και μας επιτρέπει πλήρη έλεγχο της ιονοβολής, από την εξάλειψή της μέχρι την μέγιστη δυνατή ιονοβολή. Αυτό μας επιτρέπει πλήρη έλεγχο της τραχύτητας που

20 δημιουργείται κατά την διάρκεια της εγχάραξης ή εναπόθεσης με πλάσμα.

Περίληψη της ευρεσιτεχνίας

Η παρούσα εφεύρεση αφορά μια μεταβλητή θωράκιση πάνω στην βάση του υποστρώματος ή πάνω σε ηλεκτροδίο ή δακτύλιο συγκράτησης ενός αντιδραστήρα

5 πλάσματος RIE ή ICP που λειτουργεί σε κενό (πίεση μικρότερη από 1 Torr). Η θωράκιση παρέχει πλήρη έλεγχο της ιονοβολής στον χρήστη, από την εξάλειψή της έως και την μέγιστη δυνατή ιονοβολή, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο τον πλήρη έλεγχο της τραχύτητας. Η μεταβολή επιτυγχάνεται αλλάζοντας το ποσοστό της πολωμένης επιφάνειας που εκτίθενται στο πλάσμα της βάσης του υποστρώματος /

10 ηλεκτροδίου / δακτυλίου συγκράτησης ή συνδυασμό αυτών, ενώ το υπόλοιπο μέρος τους είναι καλυμμένο από μια γειωμένη θωράκιση. Επιπρόσθετα, η παρούσα εφεύρεση προτείνει την χρήση ενός διηλεκτρικού στρώματος από Teflon ή άλλου υλικού απομόνωσης μεταξύ της γειωμένης θωράκισης και της βάσης του υποστρώματος/ ηλεκτροδίου/ δακτυλίου συγκράτησης ή συνδυασμό αυτών, με

15 σκοπό τον περιορισμό του πλάσματος μόνο στην περιοχή επεξεργασίας του υποστρώματος. Επομένως στην παρούσα εφεύρεση προτείνεται μία μεταβλητή θωράκιση κάνοντας χρήση ενός διηλεκτρικού στρώματος από Teflon ή άλλου υλικού απομόνωσης που τοποθετείται μεταξύ της γειωμένης θωράκισης και της βάσης του υποστρώματος/ ηλεκτροδίου/ δακτυλίου συγκράτησης ή συνδυασμού

20 αυτών, επιτρέποντας την διέλευση μόνο μέρους της ροής των βομβαρδιζόντων ιόντων προς την βάση του υποστρώματος/ ηλεκτροδίου/ δακτυλίου συγκράτησης ή συνδυασμό αυτών, ώστε να έχουμε ιονοβολή μόνο σε επιλεγμένη περιοχή με αποτέλεσμα τον έλεγχο του ποσοστού των σωματιδίων που εναποτίθεται στο υπόστρωμα που κατεργάζεται με πλάσμα και ενεργούν ως τοπική μικρο-μάσκα της

εγγάραξης. Παρουσιάζονται τρία νέα σχέδια μεταβλητής θωράκισης, τα οποία αποτελούνται από ένα διηλεκτρικό υλικό τοποθετημένο ανάμεσα στην μεταβλητή γειωμένη θωράκιση Faraday και στην βάση του υποστρώματος/ ηλεκτροδίου/ δακτυλίου συγκράτησης ή συνδυασμό αυτών.

5

Σύντομη περιγραφή των Σχεδίων

Σχήμα 1. Σχέδια τυπικών αντιδραστήρων πλάσματος (Σχήμα 1α ICP, και Σχήμα 1β RIE). Στο Σχήμα 1α (1.1) παρουσιάζεται ο δακτύλιος συγκράτησης του υποστρώματος. Στο Σχήμα 1β (1.2) παρουσιάζεται η βάση του υποστρώματος ή το ηλεκτρόδιο.

Στα Σχήματα 2α μέχρι 2στ παρουσιάζονται διαφορετικά σχέδια ενός μεταβλητού κλωβού Faraday της βάσης του υποστρώματος/ ηλεκτροδίου/ δακτυλίου συγκράτησης ή συνδυασμού αυτών σύμφωνα με την παρούσα εφεύρεση σε ένα αντιδραστήρα πλάσματος:

Στο Σχήμα 2α παρουσιάζεται το πρώτο προτεινόμενο σχέδιο του μεταβλητού κλωβού Faraday, σχήματος δακτυλίου με πτερύγια, έχοντας όλα τα πτερύγια κλειστά.

Στο Σχήμα 2β παρουσιάζεται το πρώτο προτεινόμενο σχέδιο του μεταβλητού κλωβού Faraday, σχήματος δακτυλίου με πτερύγια, σύμφωνα με το Σχήμα 2α, όταν τα 3 πτερύγια είναι ανοιχτά.

Στο Σχήμα 2γ παρουσιάζεται ένα δεύτερο σχέδιο του μεταβλητού κλωβού Faraday, σχήματος τύπου πίτας, ο οποίος είναι τελείως κλειστός.

- 5 Στο Σχήμα 2δ παρουσιάζεται το προτεινόμενο σχέδιο σύμφωνα με το Σχήμα 2γ, όταν είναι 50% ανοικτός.

Στο Σχήμα 2ε παρουσιάζεται ένα τρίτο σχέδιο του μεταβλητού κλωβού Faraday με μορφολογία μηχανικής ίριδος. Η ίριδα είναι τελείως κλειστή (εκτός από το
10 υπόστρωμα που εγχαράσσεται).

Στο Σχήμα 2στ παρουσιάζεται ο μεταβλητός κλωβός Faraday του Σχήματος 2ε, όταν η ίριδα είναι τελείως ανοιχτή.

- 15 Στο Σχήμα 2ζ παρουσιάζεται μια λεπίδα της ίριδος του προτεινόμενου κλωβού Faraday σύμφωνα με το Σχήμα 2ε, επικαλυμμένη με ένα διηλεκτρικό στρώμα.

Λεπτομερής περιγραφή της εφεύρεσης

- 20 Το Σχήμα 1 παρουσιάζει έναν τυπικό αντιδραστήρα ICP (Σχήμα 1α) και έναν RIE (Σχήμα 1β). Επιπλέον παρουσιάζεται ο δακτύλιος συγκράτησης του υποστρώματος (1.1), και το σύστημα συγκράτησης του υποστρώματος (1.2). Τα συστήματα ICP και RIE δουλεύουν στο κενό, κάτω από πίεση 1 Torr και ενσωματώνουν τέτοιου τύπου επιφάνειες για την συγκράτηση ή φιλοξενία του υποστρώματος

- Η ιδέα που προτείνεται για τον μεταβλητό κλωβό Faraday στηρίζεται στον έλεγχο του ποσοστού της επιφάνειας που περιβάλλει το υπόστρωμα, και είναι εκτεθειμένη στο πλάσμα, και τον βομβαρδισμό από ιόντα με αποτέλεσμα την διάβρωσή της. Η συγκεκριμένη επιφάνεια μπορεί να είναι ένας δακτύλιος συγκράτησης, ηλεκτρόδιο,
- 5 η βάση του υποστρώματος ή συνδυασμός αυτών. Το υλικό του δακτυλίου συγκράτησης, ηλεκτρόδιου, βάσης του υποστρώματος ή συνδυασμού αυτών μπορεί να είναι μεταλλικό, όπως αλουμίνιο ή ανοξείδωτος χάλυβας ή άλλο. Μπορεί επίσης να είναι διηλεκτρικής φύσης υλικό, όπως χαλαζίας ή αλουμίνα ή άλλο κεραμικό υλικό. Μπορεί επίσης να είναι μεταλλικό με το πάνω μέρος του να έχει μετατραπεί
- 10 σε διηλεκτρικό, όπως είναι το ανοδιωμένο αλουμίνιο (οξείδιο του αλουμινίου). Με αυτόν τον τρόπο έχουμε ελεγχόμενη δημιουργία τοπικών μικρο-μασκών της εγχάραξης πάνω στο υπόστρωμα κατά την διάρκεια της κατεργασίας, εξαιτίας της ελεγχόμενης ιονοβολής του υλικού από την βάση του υποστρώματος, ή το ηλεκτρόδιο, ή το ηλεκτρόδιο καλυμμένο με διηλεκτρικό, ή από τον δακτύλιο
- 15 συγκράτησης. Τα υλικά προς επεξεργασία μπορεί να είναι οργανικά, όπως PMMA, PS, πολυϊμίδιο, PET, PVC, COP, COC, και άλλα, ή ανόργανα υλικά από πολυμερές όπως το PDMS ή οργανοπυρίτια και οργανομέταλλα, ή ανόργανα υλικά π.χ. μέταλλα ή ημιαγωγοί όπως Si, Al, W, ή διηλεκτρικά όπως διοξείδιο του πυριτίου, quartz, Pyrex, γυαλί και άλλα.
- 20 Σχηματικές παρουσιάσεις των προτεινόμενων κλωβών Faraday φαίνονται στα Σχήματα 2α, 2β, 2γ, 2δ, 2ε, 2στ.
- Μια σχηματική απεικόνιση του πρώτου προτεινόμενου κλωβού Faraday παρουσιάζεται στα Σχήματα 2α, 2β. Η συγκεκριμένη θωράκιση αποτελείται από δύο επίπεδα, ένα μεταλλικό πρώτο στρώμα 2.1.1 και ένα δεύτερο διηλεκτρικό 2.1.2 και

βρίσκεται από την πλευρά της βάσης του υποστρώματος. Αυτά τα δύο επίπεδα είναι κομμένα στην μορφή ενός εξωτερικού δακτυλίου που ενσωματώνει περύγια που προεξέχουν εσωτερικά. Το μεταλλικό στρώμα έχει πάχος 1-3 χιλιοστά, ενώ το διηλεκτρικό στρώμα έχει πάχος 1-20 χιλιοστά. Στο παρόν σχέδιο η μεταβλητή

5 θωράκιση εκθέτει τμήματα της επιφάνειας της βάσης του υποστρώματος/ ηλεκτροδίου/ δακτυλίου συγκράτησης στο πλάσμα απλά σηκώνοντας τα περύγια από μέταλλο και διηλεκτρικό. Το Σχήμα 2α παρουσιάζει την θωράκιση κλειστή, και το Σχήμα 2β την παρουσιάζει μερικώς ανοικτή.

Ο δεύτερος προτεινόμενος κλωβός Faraday παρουσιάζεται στα Σχήματα 2γ, 2δ. Η

10 συγκεκριμένη θωράκιση αποτελείται από δύο επίπεδα, ένα πρώτο μεταλλικό στρώμα 2.3.1 και ένα δεύτερο διηλεκτρικό 2.3.2 που κοιτάει προς την βάση του υποστρώματος. Αυτά τα δύο στρώματα είναι μορφολογικά κομμένα σαν κομμάτια πίτας. Το μεταλλικό στρώμα έχει πάχος 1-3 χιλιοστά, ενώ το διηλεκτρικό στρώμα έχει πάχος 1-20 χιλιοστά. Στο παρόν σχέδιο η μεταβλητή θωράκιση εκθέτει τμήματα

15 της επιφάνειας της βάσης του υποστρώματος / ηλεκτροδίου / δακτυλίου συγκράτησης στο πλάσμα με το να απομακρύνει τα κομμάτια από μέταλλο και διηλεκτρικό από το κέντρο της πίτας και προς τα τοιχώματα του αντιδραστήρα. Το Σχήμα 2γ παρουσιάζει την θωράκιση κλειστή, και το Σχήμα 2δ παρουσιάζει την θωράκιση μερικώς ανοικτή.

20 Το τρίτο προτεινόμενο σχέδιο του μεταβλητού κλωβού Faraday, σχεδιασμένο σαν μηχανική ίριδα, παρουσιάζεται στα Σχήματα 2ε, 2στ και 2ζ. Η προτεινόμενη θωράκιση παρουσιάζεται κλειστή στο Σχήμα 2ε και ανοικτή στο Σχήμα 2στ. Αυτή η θωράκιση αποτελείται από δύο επίπεδα: Ένα μεταλλικό στρώμα 2.5.1, ενδιάμεσες μεταλλικές λεπίδες 2.5.2, προαιρετικά επικαλυμμένες με διηλεκτρικό στην κάτω

πλευρά της λεπίδας 2.5.3, πάχους από 50 έως 1000 μικρόμετρα. Το πρώτο μεταλλικό στρώμα έχει πάχος 1-3 χιλιοστά και οι μεταλλικές λεπίδες έχουν πάχος από μερικές εκατοντάδες μικρόμετρα έως μερικά χιλιοστά. Στο παρόν σχέδιο η μεταβλητή θωράκιση εκθέτει τμήματα της επιφάνειας της βάσης του υποστρώματος/ ηλεκτροδίου/ δακτυλίου συγκράτησης στο πλάσμα ανοίγοντας το κλείστρο της μηχανικής ίριδας.

Στα τρία σχέδια που παρουσιάστηκαν ο έλεγχος της ιονοβολής επιτυγχάνεται μόνο εμφανίζοντας στο πλάσμα περιοχές της επιφάνειας της βάσης συγκράτησης/ ηλεκτροδίου/ δακτυλίου συγκράτησης ή συνδυασμού αυτών. Τυπικά υλικά διηλεκτρικών υλικών, αλλά δεν περιοριζόμαστε μόνο σε αυτά, είναι το Teflon, αλουμίνα και γενικότερα διαφόρων τύπων κεραμικά υλικά, τα οποία είναι ταυτόχρονα ηλεκτρικοί και θερμικοί μονωτές.

Παραδείγματα

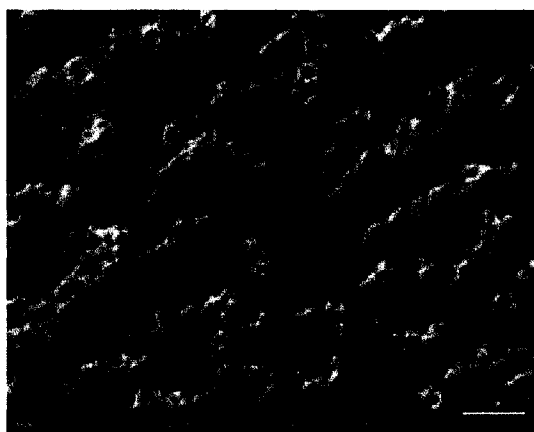
15

Παράδειγμα 1: Έλεγχος της τραχύτητας σε πλακίδια PMMA κατά την διάρκεια επεξεργασίας με πλάσμα, κάνοντας χρήση της μεταβλητής θωράκισης.

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στον αντιδραστήρα ICP MET Alcatel χρησιμοποιώντας έναν ανοδιωμένο δακτύλιο συγκράτησης και την μεταβλητή θωράκιση που παρουσιάζεται στα Σχήματα 2α και 2β. Εγχάραχτηκαν πλακίδια PMMA, όλα για τον ίδιο χρόνο, χρησιμοποιώντας τις ίδιες συνθήκες: η εγχάραξη πραγματοποιήθηκε σε πλάσμα Οξυγόνου, με πίεση 10 mTorr, ροή αερίου 100 sccm Οξυγόνου, ισχύ 1800W στην πηγή, και ισχύ 250W στο ηλεκτρόδιο. Ο χρόνος εγχάραξης για όλα τα πλακίδια είναι 5 λεπτά. Στην εικόνα 1α, 1β, 1γ, 1δ, 1ε

παρουσιάζουμε την διαφοροποίηση της τραχύτητας σε σχέση με το ποσοστό κάλυψης από την θωράκιση. Είναι εμφανές ότι η μείωση της τραχύτητας σχετίζεται με το ποσοστό μείωσης της επιφάνειας που εκτίθεται στο πλάσμα και στον βομβαρδισμό από ιόντα λόγω της θωράκισης.

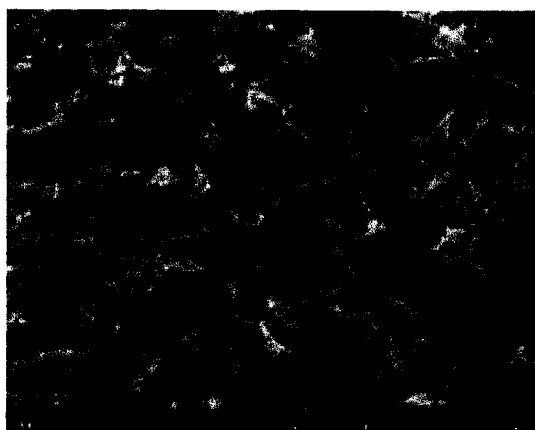
- 5 Πιο αναλυτικά, όταν δεν υπάρχει θωράκιση το μέγιστο ύψος της τραχύτητας είναι περίπου $1.2 - 1.4 \mu\text{m}$ όπως φαίνεται και στην εικόνα 1α. Όταν γίνεται επεξεργασία χρησιμοποιώντας την θωράκιση που καλύπτει το 50% του δακτυλίου συγκράτησης, η τραχύτητα που δημιουργείται έχει ύψος της τάξης των $0.8 - 1 \mu\text{m}$ όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 1β. Όταν η κάλυψη από την θωράκιση είναι 63%, η
- 10 τραχύτητα μετά την εγχάραξη έχει ύψος $0.6 - 0.7 \mu\text{m}$ όπως φαίνεται και στην εικόνα 1γ. Όταν γίνεται επεξεργασία έχοντας την θωράκιση 75% κλειστή, εμφανίζεται περαιτέρω μείωση της τραχύτητας που έχει ύψος $0.4 - 0.5 \mu\text{m}$ και παρουσιάζεται στην εικόνα 1δ. Τέλος, όταν η θωράκιση είναι τελείως κλειστή η τραχύτητα ελαχιστοποιείται έχοντας ύψος μικρότερο από $0.05 \mu\text{m}$ όπως φαίνεται στην εικόνα
- 15 1ε.



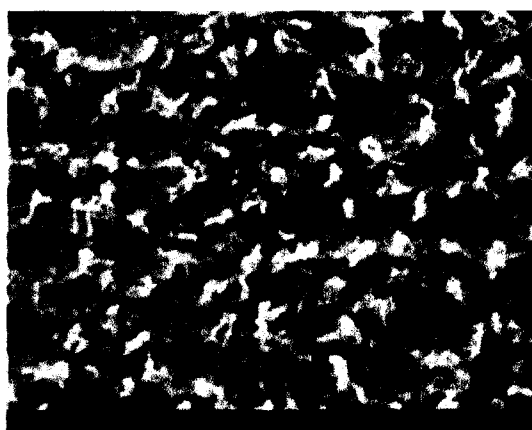
1α)



1β)



1γ)



1δ)



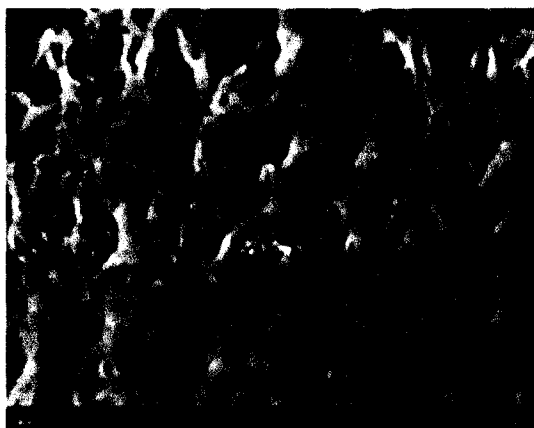
1ε)

Παράδειγμα 2: Έλεγχος της τραχύτητας σε επιστρωμένο PMMA πάνω σε πυρίτιο κατά την διάρκεια εγχάραξης με πλάσμα.

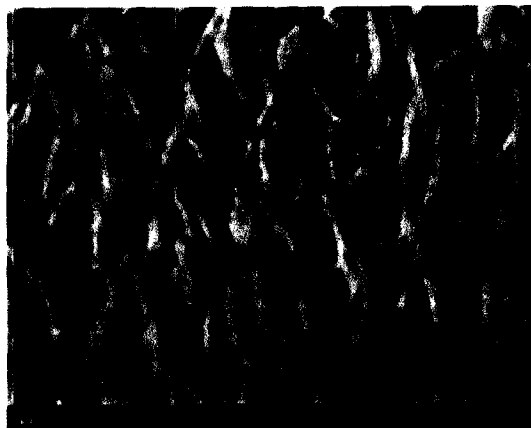
Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στον αντιδραστήρα ICP MET Alcatel κάνοντας
 5 χρήση της μεταβλητής θωράκισης της διάταξης που παρουσιάζεται στα Σχήματα 2α και 2β καθώς και ενός ανοδιωμένου δακτυλίου εγχάραξης. Οι επιστρώσεις PMMA
 εγχαράχτηκαν στις ίδιες συνθήκες όπως αυτές περιγράφονται στο Παράδειγμα 1, με
 μόνη διαφοροποίηση τον χρόνο εγχάραξης, ο οποίος ρυθμίστηκε στο 1 λεπτό. Στην
 εικόνα 2α, 2β και 2γ παρουσιάζουμε την αλλαγή της τραχύτητας ως συνάρτηση του
 10 ποσοστού κάλυψης του δακτυλίου συγκράτησης. Είναι εμφανές ότι η μείωση της

τραχύτητας σχετίζεται με το ποσοστό μείωσης της επιφάνειας που εκτίθεται στο πλάσμα και δεν καλύπτεται από την θωράκιση.

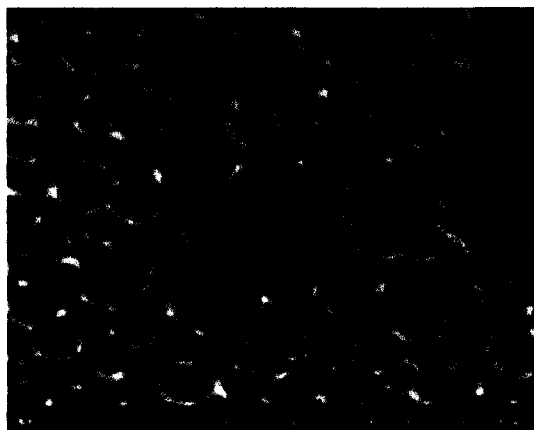
- Πιο αναλυτικά, εγχάρασσοντας με πλάσμα οξυγόνου για 1 λεπτό, όταν η θωράκιση δεν καλύπτει τον δακτύλιο συγκράτησης, το μέγιστο ύψος της τραχύτητας είναι της τάξης των 200-250 nm, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 2α. Όταν έχουμε 63% κάλυψη του δακτυλίου συγκράτησης από την θωράκιση βλέπουμε ένα μέγιστο ύψος τραχύτητας της τάξης των 150 – 200 nm όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα 2β. Τέλος, όταν η θωράκιση καλύπτει πλήρως τον δακτύλιο συγκράτησης, δημιουργείται τραχύτητα κάτω από 20 nm, όπως φαίνεται και στην εικόνα 2γ.



2α)



2β)

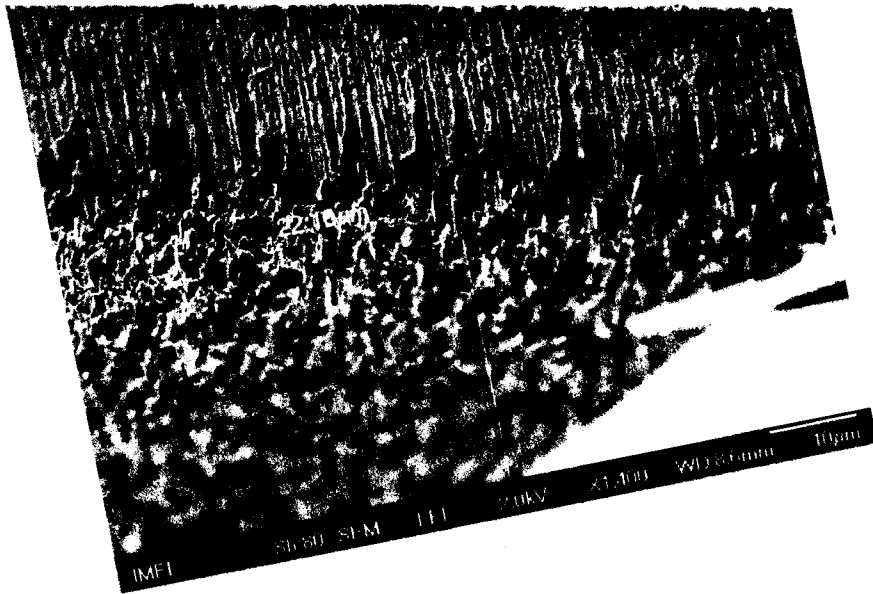


2γ)

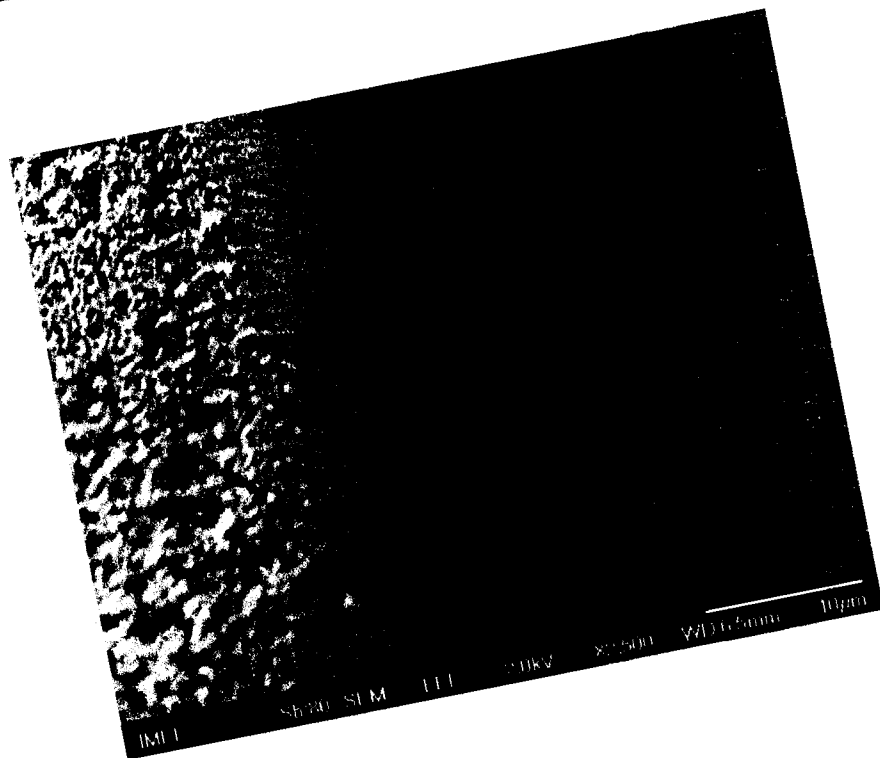
Παράδειγμα 3: Εξάλειψη της τραχύτητας σε μικρο-κανάλια PMMA κατά την διάρκεια εγχάραξης με πλάσμα.

Το σχέδιο μεταβλητής θωράκισης της διάταξης που παρουσιάζεται στα Σχήματα 2α και 2β χρησιμοποιήθηκε για την εγχάραξη μικρο-καναλιών σε πλακίδια PMMA.

- 5 Πρώτο βήμα ήταν η δημιουργία μιας λιθογραφίας για την οριοθέτηση της περιοχής του μικρο-καναλιού, η οποία θα εγχαραχτεί με το πλάσμα. Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα εγχάραξης στον αντιδραστήρα ICP MET Alcatel χρησιμοποιώντας έναν ανοδιωμένο δακτύλιο συγκράτησης. Πραγματοποιήθηκαν δύο πειράματα: ένα χωρίς και ένα με την μεταβλητή θωράκιση τελείως κλειστή. Οι
- 10 συνθήκες που χρησιμοποιήθηκαν για την εγχάραξη είναι ίδιες με αυτές στο Παράδειγμα 1, έχοντας χρόνο εγχάραξης σταθερό και στα τα δύο πειράματα και ίσο με 10 λεπτά. Η εικόνα 3α (μια φωτογραφία SEM) μας εμφανίζει ένα πολύ τραχύ μικρο-κανάλι το οποίο έχει εκτεθεί σε βομβαρδισμό από ιόντα (η περίπτωση χωρίς την θωράκιση), ενώ στην εικόνα 3β (SEM) παρουσιάζεται η εξάλειψη της
- 15 τραχύτητας μέσα στο μικρο-κανάλι όταν η θωράκιση καλύπτει πλήρως τον δακτύλιο συγκράτησης. Η τραχύτητα μειώνεται από 10μm στην περίπτωση χωρίς την θωράκιση, σε κάτω από 0.05μm στην περίπτωση με την θωράκιση τελείως κλειστή.



3α)



3β)

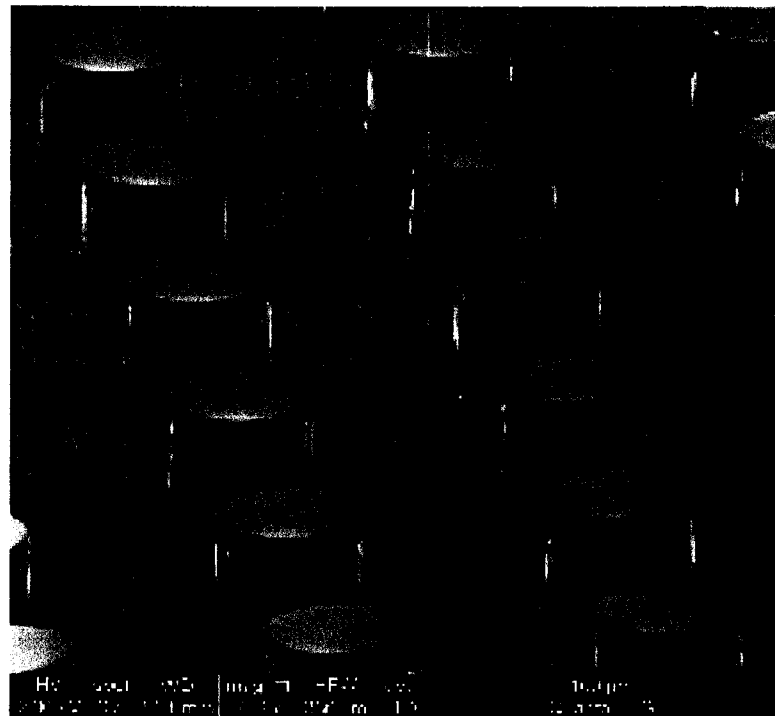
Παράδειγμα 4: Εξάλειψη της τραχύτητας στο πυρίτιο χρησιμοποιώντας παλμική εναλλαγή αερίων για εγχάραξη με πλάσμα.

Η μεταβλητή θωράκιση της διάταξης που παρουσιάζεται στα Σχήματα 2α και 2β χρησιμοποιήθηκε για την εγχάραξη με πλάσμα μικρο-κίωνων πυριτίου. Αρχικά ένα πρώτο βήμα λιθογραφίας πραγματοποιήθηκε σε ένα δισκίο πυριτίου με σκοπό την δημιουργία της διαμέτρου και διάκενου των μικρο-κίωνων της μάσκας πριν την

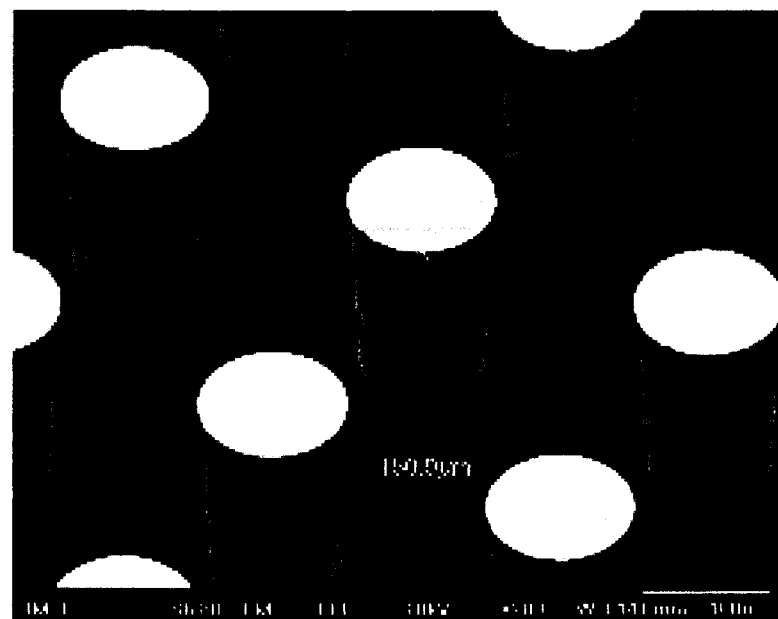
5 μετέπειτα εγχάραξη του πυριτίου με πλάσμα. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στον αντιδραστήρα ICP MET Alcatel χρησιμοποιώντας έναν ανοδιωμένο δακτύλιο συγκράτησης. Οι συνθήκες που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι ακόλουθες: η εγχάραξη έγινε σε πλάσμα με εναλλασσόμενη τροφοδοσία $\text{SF}_6/\text{C}_4\text{F}_8$, με πίεση 37 mTorr, ροή αερίων 175/110 sccm αντίστοιχα, διάρκεια του κύκλου των αερίων 7s/3s, ισχύ

10 1800W στην πηγή, και ισχύ 50W στο ηλεκτρόδιο, έχοντας σαν χρόνους εγχάραξης 20 και 50 λεπτά. Δύο πειράματα διεξήχθησαν: ένα χωρίς και ένα με την μεταβλητή θωράκιση που προτείνεται στην διάταξη που φαίνεται στα Σχήματα 2α και 2β. Στο πείραμα που η μεταβλητή θωράκιση καλύπτει πλήρως τον δακτύλιο συγκράτησης έγινε εγχάραξη στο πυρίτιο για 50 λεπτά για την δημιουργία των μικρο-κίωνων. Η

15 φωτογραφία του SEM εικόνα 4β μας δείχνει την εξάλειψη της τραχύτητας σε σύγκριση με αυτήν χωρίς τον δακτύλιο που παρουσιάζεται στην εικόνα 4α, όπου εμφανίζεται μεγάλη τραχύτητα ακόμα και όταν ο χρόνος εγχάραξης είναι πολύ μικρότερος, της τάξης των 20 λεπτών.



4a)



4β)

Αξιώσεις

1. Έναν μεταβλητό κλωβό Faraday για την βάση του υποστρώματος, τον δακτύλιο συγκράτησης ή το ηλεκτρόδιο ή συνδυασμού αυτών σε έναν αντιδραστήρα πλάσματος, ο οποίος κλωβός αποτελείται από ένα γειωμένο μεταλλικό στρώμα, στο οποίο η μεταβολή της θωράκισης επιτυγχάνεται μέσω της μεταβολής της επιφάνειας της βάσης του υποστρώματος ή του ηλεκτροδίου ή του δακτυλίου συγκράτησης ή συνδυασμού αυτών, που εκτίθεται στο πλάσμα χρησιμοποιώντας κινούμενα μέρη της θωράκισης.

5
2. Έναν μεταβλητό κλωβό Faraday για την βάση του υποστρώματος, τον δακτύλιο συγκράτησης ή το ηλεκτρόδιο ή συνδυασμού αυτών σε έναν αντιδραστήρα πλάσματος όπως παρουσιάζεται στην αξίωση 1, περιγράφοντας τα κινούμενα μέρη της θωράκισης ως πτερύγια τα οποία μπορούν να ανοίξουν.

10
3. Έναν μεταβλητό κλωβό Faraday για την βάση του υποστρώματος, τον δακτύλιο συγκράτησης ή το ηλεκτρόδιο ή συνδυασμού αυτών σε έναν αντιδραστήρα πλάσματος όπως παρουσιάζεται στην αξίωση 1, περιγράφοντας τα κινούμενα μέρη της θωράκισης ως κομμάτια πίτας τα οποία μπορούν να μετακινηθούν ακτινικά προς τα μέσα ή προς τα έξω.

15

20
4. Έναν μεταβλητό κλωβό Faraday για την βάση του υποστρώματος, τον δακτύλιο συγκράτησης ή το ηλεκτρόδιο ή συνδυασμού αυτών σε έναν αντιδραστήρα πλάσματος όπως παρουσιάζεται στην αξίωση 1, περιγράφοντας τα κινούμενα

μέρη της θωράκισης να αποτελούν έναν μηχανισμό ίριδας ο οποίος μπορεί να περιστραφεί ούτως ώστε να ανοίξει ή να κλείσει.

5. Έναν μεταβλητό κλωβό Faraday για την βάση του υποστρώματος, τον δακτύλιο συγκράτησης ή το ηλεκτρόδιο ή συνδυασμού αυτών σε έναν αντιδραστήρα πλάσματος όπως παρουσιάζεται στην αξίωση 1 ή 2 ή 3 ή 4, και αποτελείται από ένα διηλεκτρικό στρώμα πάνω στο μεταλλικό στρώμα, με το διηλεκτρικό στρώμα να κοιτάει προς την βάση του υποστρώματος ή του ηλεκτροδίου ή του δακτυλίου συγκράτησης ή συνδυασμού αυτών.

10

6. Έναν μεταβλητό κλωβό Faraday για την βάση του υποστρώματος, τον δακτύλιο συγκράτησης ή το ηλεκτρόδιο ή συνδυασμού αυτών σε έναν αντιδραστήρα πλάσματος σύμφωνα με την αξίωση 5, με το υλικό του διηλεκτρικού στρώματος να είναι Teflon, αλουμίνη ή κάποια κεραμική επίστρωση ή φύλλο.

15

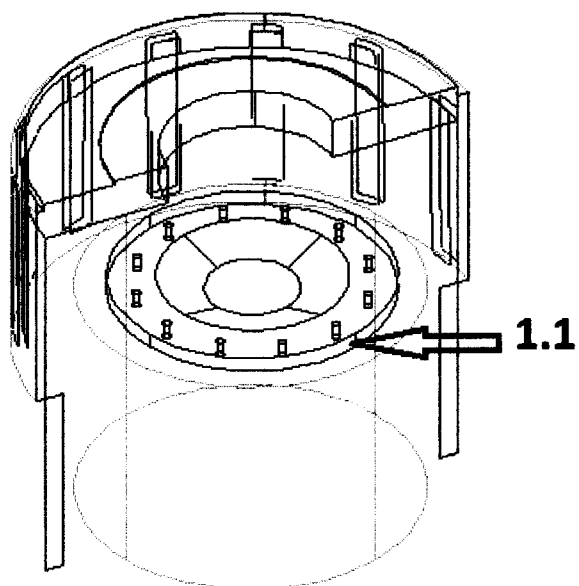
7. Έναν μεταβλητό κλωβό Faraday για την βάση του υποστρώματος, τον δακτύλιο συγκράτησης ή το ηλεκτρόδιο ή συνδυασμού αυτών σε έναν αντιδραστήρα πλάσματος σύμφωνα με τις αξιώσεις 1 έως 6, που χαρακτηρίζεται από πάχος του μεταλλικού στρώματος στο εύρος των 1-3 χιλιοστών και πάχος του διηλεκτρικού στρώματος στο εύρος των 10-20000 μικρομέτρων.

20

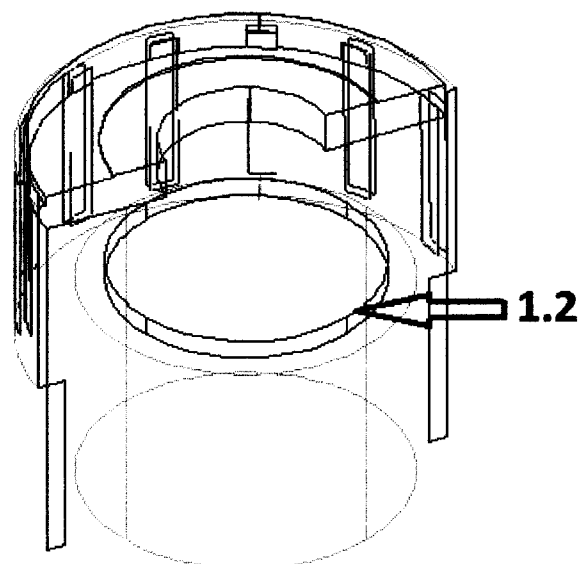
8. Χρήση του μεταβλητού κλωβού Faraday της βάσης του υποστρώματος, του δακτυλίου συγκράτησης ή του ηλεκτροδίου ή συνδυασμού αυτών σε έναν αντιδραστήρα πλάσματος σύμφωνα με μία από τις αναφερόμενες αξιώσεις για

την ελεγχόμενη μείωση της χωρητικής σύζευξης και του βομβαρδισμού της βάσης του υποστρώματος από ιόντα κατά την διάρκεια της επεξεργασίας με πλάσμα.

- 5 9. Χρήση του μεταβλητού κλωβού Faraday της βάσης του υποστρώματος, του δακτυλίου συγκράτησης ή του ηλεκτροδίου ή συνδυασμού αυτών σε έναν αντιδραστήρα πλάσματος σύμφωνα με μία από τις προαναφερόμενες αξιώσεις για τον έλεγχο της τραχύτητας η οποία δημιουργείται πάνω σε κατεργαζόμενα υποστρώματα.

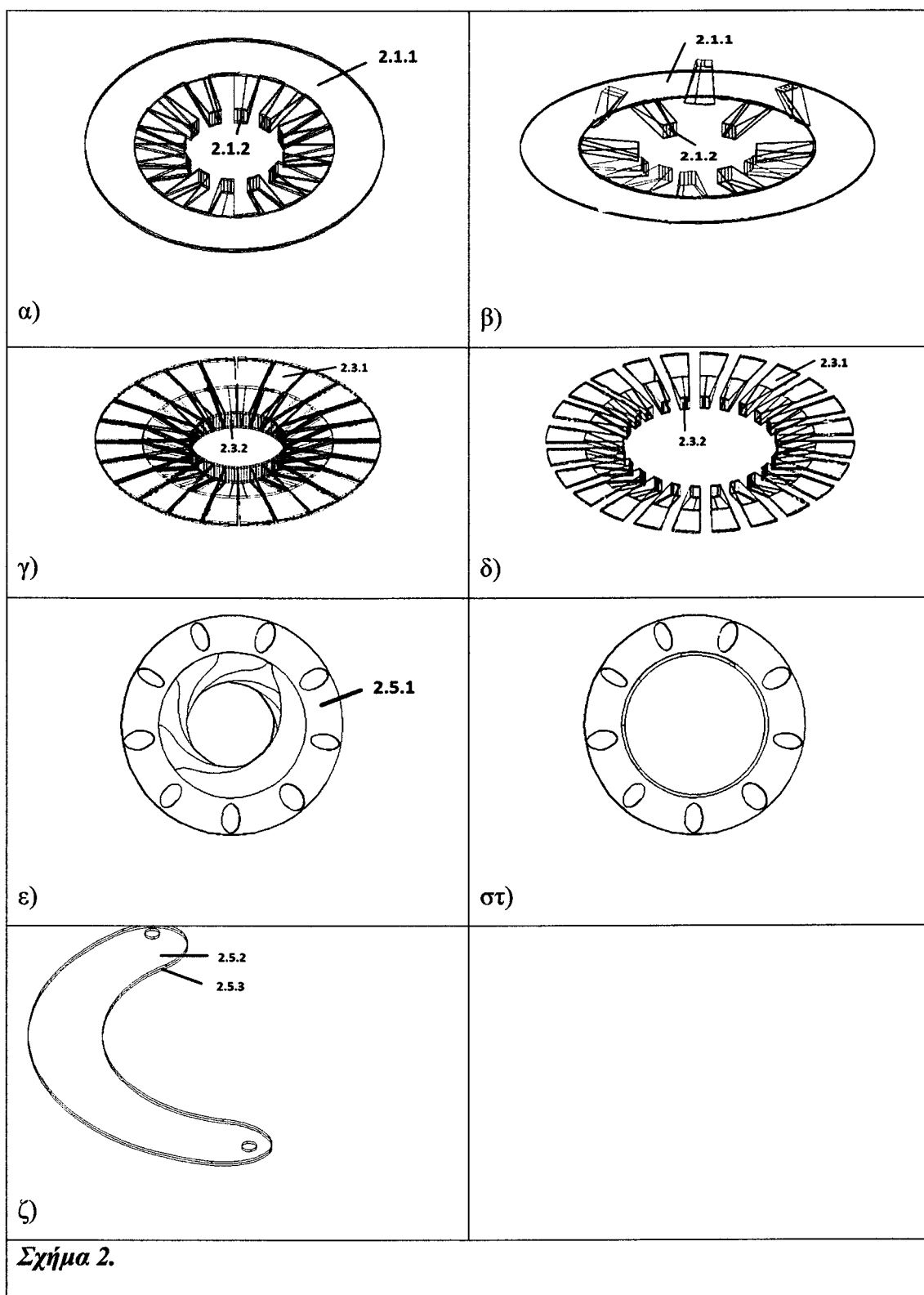


α)



β)

Σχήμα 1.





ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ
(Ο.Β.Ι.)

ΕΚΘΕΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αριθμός αίτησης
20160100220

ΕΓΓΡΑΦΑ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΑ ΩΣ ΣΧΕΤΙΚΑ			
Κατηγορία	Σχετικό έγγραφο με επισήμανση, όπου χρειάζεται, των σχετικών παραγράφων	Σχετικό με αξίωση	Διεθν. Ταξινόμηση Int. Cl. 01/01/2017(AL)
X	US2014/123895A1 / KATO HITOSHI ET AL 8/5/2014 *παράγραφος [0058] - παράγραφος [0070]* *παράγραφος [0105] - παράγραφος [0115]* *σχέδια 5, 9-13, 18, 22, 23, 26*	1-9	H01J 37/32
X	US2008/283500A1 / MOTOKAWA TAKEHARU 20/11/2008 *παράγραφος [0039] - παράγραφος [0048]* *σχέδιο 4*	1,8,9	
A	WO02/0722913A1 / APPLIED MATERILAS INC. 19/9/2002 *παράγραφος [0043] - παράγραφος [0071]* *σχέδια 3-9*	1,8,9	
A	US2014/134829A1 / ENGELHARDT MANFRED 15/5/2014 *παράγραφος [0068] - παράγραφος [0073]* *σχέδια 8,9*	1,3,4	
Η Έκθεση Έρευνας συντάχθηκε με τη συνδρομή του ΕΓΔΕ σύμφωνα με το άρθρο 8, παρ. 9 του Ν. 1733/87			Τεχνικά πεδία που ερευνήθηκαν
			H01J H05H H01L
Ημερομηνία περάτωσης της έρευνας : 21/03/2017			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΗΛΟΥΜΕΝΩΝ ΕΓΓΡΑΦΩΝ			
X: ιδιαίτερα σχετικό αν ληφθεί μεμονωμένα Y: ιδιαίτερα σχετικό αν συνδυαστεί με άλλο έγγραφο της ίδιας κατηγορίας A: τεχνολογικό υπόβαθρο O: μη έγγραφη αποκάλυψη P: ενδιάμεσο έγγραφο T: βασική θεωρία ή αρχή στην οποία βασίζεται η εφεύρεση E: προγενέστερο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, το οποίο δημοσιεύτηκε την ημερομηνία κατάθεσης ή μετά από αυτήν D: έγγραφο αναφερόμενο στην αίτηση L: έγγραφο αναφερόμενο για άλλους λόγους &: μέλος της ίδιας οικογένειας ευρεσιτεχνιών, αντίστοιχο έγγραφο			

Δρ. Στέφανος Μανώλης
Διευθυντής Έρευνας