

(19)



Οργανισμός
Βιομηχανικής
Ιδιοκτησίας (OBI)



(21) Αριθμός αίτησης:

GR 20150100494

(12)

ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΥΡΕΣΙΤΕΧΝΙΑΣ (B)

(47) Ημ/νία Δημοσίευσής: **24.04.2017**

(51) Διεθνής Ταξινόμηση (Int. Cl.):

(11) Αριθμός Χορήγησης: **1009017**

H01L 41/18 ^(2015.01)

(22) Ημ/νία Κατάθεσης: **16.11.2015**

(45) Ημ/νία Δημοσίευσης της Χορήγησης:
03.07.2017 ΕΔΒΙ 4/2017

(73) Δικαιούχος (οι):

ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ ΞΕΝΟΦΩΝΤΑ; Σιδηροκάστρου 5,
13676 ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ (ΑΤΤΙΚΗΣ) - GR.

(71) Αρχικός (οί) Καταθέτης (ες):

ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ ΞΕΝΟΦΩΝΤΑ; Σιδηροκάστρου 5,
13676 ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ (ΑΤΤΙΚΗΣ) - GR.

(72) Εφευρέτης (ες):

ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ ΞΕΝΟΦΩΝΤΑ; , GR.

(54) Τίτλος (Ελληνικά)

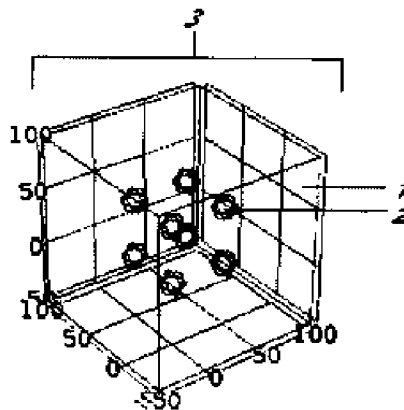
ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

(54) Τίτλος (Αγγλικά)

PROCESS FOR THE IMPROVEMENT OF THE PIEZOELECTRIC COEFFICIENTS IN COMPOSITE PIEZOELECTRIC MATERIALS

(57) Περίληψη

Παρέχεται μέθοδος για την βελτίωση των πιεζοηλεκτρικών ιδιοτήτων διάφορων πιεζοηλεκτρικών υλικών (1) με την εισαγωγή ηλεκτρικά αγώγιμων νανοσωματιδίων (2) με αποτέλεσμα την σύνθεση σύνθετων πιεζοηλεκτρικών υλικών (3). Το πλεονέκτημα αυτής της εφεύρεσης είναι ότι μπορεί να αντικαταστήσει τα ήδη υπάρχοντα πιεζοηλεκτρικά υλικά με σύνθετα με βελτιωμένη πιεζοηλεκτρική συμπεριφορά και αναβαθμισμένη απόδοση σε κάθε εφαρμογή.



GR 20150100494 GR 1009017

Διεργασία Βελτίωσης των Πιεζοηλεκτρικών Συντελεστών σε Σύνθετα Πιεζοηλεκτρικά Υλικά

5 Η παρούσα εφεύρεση αφορά την αναβάθμιση των
 10 **πιεζοηλεκτρικών ιδιοτήτων κεραμικών ή πολυμερικών
 15 **πιεζοηλεκτρικών υλικών με την εισαγωγή ηλεκτρικά
 αγωγίμων μικρο/νάνο- εγκλεισμάτων.****

Τα **πιεζοηλεκτρικά υλικά** θεωρούνται διηλεκτρικά
 υλικά ειδικής συμπεριφοράς. Το φαινόμενο του
 10 **πιεζοηλεκτρισμού εκδηλώνεται με την εμφάνιση
 15 **ηλεκτρικών φορτίων στις επιφάνειες ενός
 μονοκρυστάλλου που υπόκειται σε μηχανική
 παραμόρφωση, ενώ ισχύει και το αντίστροφο. Το
 φαινόμενο παρατηρείται σε κρυστάλλους που δεν
 20 **παρουσιάζουν συμμετρία στην κατανομή των φορτίων.****
 Ο **πιεζοηλεκτρικός συντελεστής d** ορίζεται ως η
 παράμετρος που συνδέει την πόλωση με την μηχανική
 τάση και την παραμόρφωση με το ηλεκτρικό πεδίο.**

Όπου:
$$d = \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_E = \left(\frac{\partial S}{\partial E} \right)_T ,$$

20 με P : πόλωση, E : ηλεκτρικό πεδίο, T : μηχανική τάση
 και S : παραμόρφωση.^[1] Γνωστές εφαρμογές των
**πιεζοηλεκτρικών υλικών είναι οι ηλεκτροακουστικοί
 και οι υπερηχητικοί μετατροπείς, τα επιταχυνσιόμετρα,
 οι αισθητήρες πίεσης και κίνησης καθώς και εφαρμογές**
 25 **πλέον αποτελούν και τα μικροηλεκτρομηχανικά
 συστήματα (MEMS).**^[2-4] Πολυστρωματικά
**πιεζοηλεκτρικά σύνθετα υλικά έχουν αναπτυχθεί και
 στο παρελθόν και αποτελούν ολοκληρωμένους
 αισθητήρες σε μακρο/μίκρο- εφαρμογές.**^[5,6]

Το αντικείμενο της παρούσης εφεύρεσης έχει στόχο να προσδώσει βελτιωμένες ιδιότητες σε ήδη υπάρχοντα πιεζοηλεκτρικά υλικά με την εισαγωγή ηλεκτρικά
 5 αγωγίμων σωματιδίων, συνθέτοντας νέα πιεζοηλεκτρικά σύνθετα υλικά.

Οι διαστάσεις, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, το υλικό και οι αποστάσεις μεταξύ των μικρο/νανο-σωματιδίων καθώς και το υλικό της πιεζοηλεκτρικής μήτρας
 10 εξαρτώνται από τις απαιτήσεις και τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε εφαρμογής.

Ένας θεωρητικός υπολογισμός της μεταβολής των πιεζοηλεκτρικών συντελεστών με την εισαγωγή αγωγίμων νανοσωματιδίων έγινε με χρήση
 15 υπολογιστικού συστήματος finite element analysis. Οι υπολογισμοί έγιναν για δέκα διαφορετικές διαμέτρους των νανοσωματιδίων ώστε να καθοριστούν οι βέλτιστες διαστάσεις των νανοσωματιδίων, από 5 έως 50 nm με βήμα 5 nm. Ως πιεζοηλεκτρική μήτρα
 20 χρησιμοποιήθηκε Θειούχος Ψευδάργυρος (ZnS) ενώ ως ενισχυτική φάση χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικά νανοσωματίδια από Άργυρο (Ag), Χρυσό (Au), Χαλκό (Cu), Νικέλιο (Ni) και Πλατίνα (Pt).

Στα συνημμένα σχέδια, εμφανίζονται ορισμένα
 25 παραδείγματα ώστε να καταλάβουμε καλύτερα τα παραπάνω:

Το σχήμα 1 δείχνει ένα μοντέλο οκτώ σφαιρικών νανοσωματιδίων μέσα σε μία κυβική μήτρα, σύμφωνα με την παρούσα εφεύρεση.

Το σχήμα 2 είναι ένα διάγραμμα του **πιεζοηλεκτρικού** συντελεστή d_{31} ως συνάρτηση της **διαμέτρου** των νανοσωματιδίων.

- 5 Το σχήμα 3 δείχνει την εξάρτηση του **πιεζοηλεκτρικού** συντελεστή d_{33} από την **διάμετρο** των νανοσωματιδίων.

- 10 Το σχήμα 4 δείχνει το άθροισμα των δύο **πιεζοηλεκτρικών** συντελεστών $d_{31}+d_{33}$ ως συνάρτηση της **διαμέτρου** των νανοσωματιδίων.

- 15 Το σχήμα 1 παρουσιάζει ένα πρότυπο, σύμφωνα με το οποίο μία κυβική **πιεζοηλεκτρική** μήτρα (1) πλευράς 150 nm εμπεριέχει οκτώ σφαιρικά αγωγίμα νανοσωματίδια (2) με διάμετρο 20 nm, δημιουργώντας έτσι ένα σύνθετο υλικό (3). Η συγκεκριμένη διάταξη των νανοσωματιδίων μέσα στην μήτρα έχει την παρούσα μορφή ώστε να υπολογιστούν θεωρητικά με την χρήση προσομοιώσεων οι **πιεζοηλεκτρικοί** συντελεστές του σύνθετου υλικού και είναι ενδεικτική.

- 20 Το σχήμα 2 παρουσιάζει τον **πιεζοηλεκτρικό** συντελεστή d_{31} ως συνάρτηση της **διαμέτρου** των νανοσωματιδίων. Η παρουσία των νανοσωματιδίων δείχνει ότι βελτιώνει την **πιεζοηλεκτρική συμπεριφορά** σε σχέση με το σκέτο ZnS ενώ την **καλύτερη** συμπεριφορά εμφανίζεται με την **παρουσία** των νανοσωματιδίων Χρυσού (Au) και **Αργύρου (Ag)** για διάμετρο 45 nm.

- 30 Το σχήμα 3 παρουσιάζει τον **πιεζοηλεκτρικό** συντελεστή d_{33} ως συνάρτηση της **διαμέτρου** των νανοσωματιδίων. Εδώ η παρουσία των νανοσωματιδίων

είναι κυρίως αρνητική, με μόνη εξαίρεση τον Χρυσό (Au) στα 45 nm.

5 Το σχήμα 4 παρουσιάζει το άθροισμα των δύο
 10 πιεζοηλεκτρικών συντελεστών ώστε να καθοριστεί αν
 συνολικά η παρουσία των μεταλλικών νανοσωματιδίων
 έχει θετικό ή αρνητικό πρόσημο. Και εδώ, όπως και στα
 σχήματα 2 και 3, φαίνεται ότι η παρουσία των
 νανοσωματιδίων Χρυσού (Au) και Αργύρου (Ag) είναι
 ευεργετική, ενώ η παρουσία των άλλων μεταλλικών
 νανοσωματιδίων είναι αμυδρά ευεργετική μόνο για
 μικρές διαμέτρους, έως 15 nm.

15 [1] “Ευφυή Υλικά”, Γεώργιος Χ. Ψαρράς, Τμήμα
 Επιστήμης των Υλικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2008

[2] “Porous PTFE space-charge electrets for
 piezoelectric applications”, R. Gerhard-Multhaupt, W.
 Künstler, T. Görne, A. Pucher, T. Weinhold, M. Seiß,
 20 IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical
 Insulation, Vol. 7(4), 2000, 480-488

[3] “Nanoscale Characterization of Polycrystalline
 Ferroelectric Materials for Piezoelectric Applications”,
 A. L. Kholkin, I. K. Bdikin, D. A. Kiselev, V. V.
 Shvartsman, S.-H. Kim, Journal of Electroceramics,
 25 Vol.19 (1), 2007, 81-94

[4] “Rectifier-Free Piezoelectric Energy Harvester and
 Battery Charger”, D. Kwon, G. A. Rincon-Mora, US
 8,368,290 B2, Feb. 5, 2013

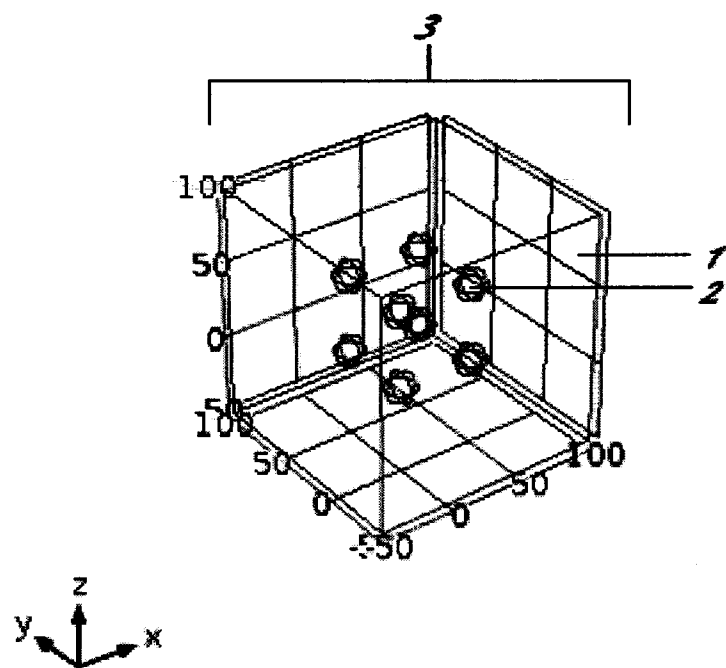
[5] "Transducer Comprising Composite Electrical Materials", J. Zola, US 4,572,981, Feb. 25, 1986

[6] "Composite Ceramic/Polymer Piezoelectric
5 Material", H. Takeuchi, C. Nakaya, S. Umemura, K.
Katakura, US 4,628,223, Dec. 9, 1986

ΑΞΙΩΣΕΙΣ

1. Πιεζοηλεκτρικό σύνθετο υλικό (3) χαρακτηρίζεται από την ενίσχυσή του με ηλεκτρικά αγωγίμα μεταλλικά
5 νάνο-εγκλείσματα (2) σφαιρικού σχήματος και ορισμένης απόστασης αυτών μέσα στην πιεζοηλεκτρική μήτρα (1).
2. Πιεζοηλεκτρικό σύνθετο υλικό (3) όπως αναφέρεται στην αξίωση 1 χαρακτηρίζεται από νάνο-εγκλείσματα
10 των οποίων η διάμετρος κυμαίνεται από 5 έως 50 nm και οι αποστάσεις μεταξύ τους παραμένουν σταθερές.
3. Πιεζοηλεκτρικό σύνθετο υλικό (3) κατά την αξίωση 1 χαρακτηρίζεται από πιεζοηλεκτρική μήτρα (1) από Θειούχο Ψευδάργυρο (ZnS).
- 15 4. Σύμφωνα με τις αξιώσεις 1 και 2, πιεζοηλεκτρικό σύνθετο υλικό χαρακτηρίζεται από αγωγίμα νάνο-εγκλείσματα (2) τα οποία μπορούν να είναι από Άργυρο (Ag).
5. Κατά τις αξιώσεις 1 και 2, πιεζοηλεκτρικό σύνθετο υλικό χαρακτηρίζεται από αγωγίμα νάνο-εγκλείσματα
20 (2) τα οποία μπορούν να είναι από Χρυσό (Au).
6. Σύμφωνα με τις αξιώσεις 1 και 2, πιεζοηλεκτρικό σύνθετο υλικό χαρακτηρίζεται από αγωγίμα νάνο-εγκλείσματα (2) τα οποία μπορούν να είναι από Χαλκό
25 (Cu).
7. Σύμφωνα με τις αξιώσεις 1 και 2, πιεζοηλεκτρικό σύνθετο υλικό χαρακτηρίζεται από αγωγίμα νάνο-εγκλείσματα (2) τα οποία μπορούν να είναι από Νικέλιο (Ni).

8. Κατά τις αξιώσεις 1 και 2, πιεζοηλεκτρικό σύνθετο υλικό χαρακτηρίζεται από αγωγήμα νάνο-εγκλείσματα (2) τα οποία μπορούν να είναι από Πλατίνα (Pt).



$\Sigma \chi^2$

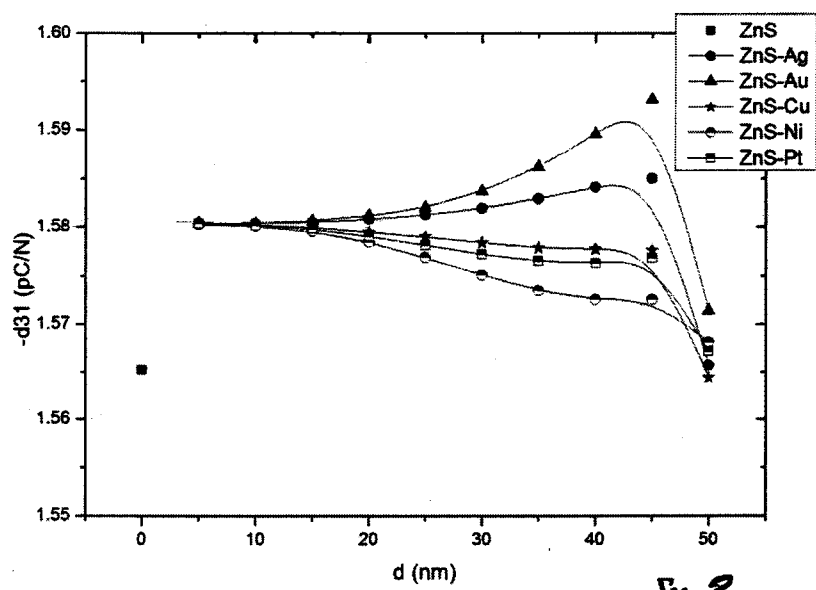


Fig. 2

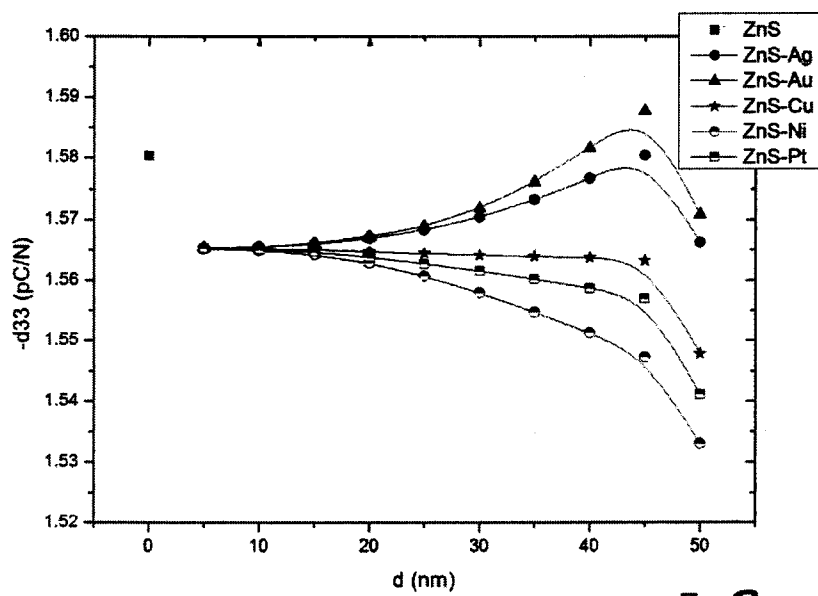
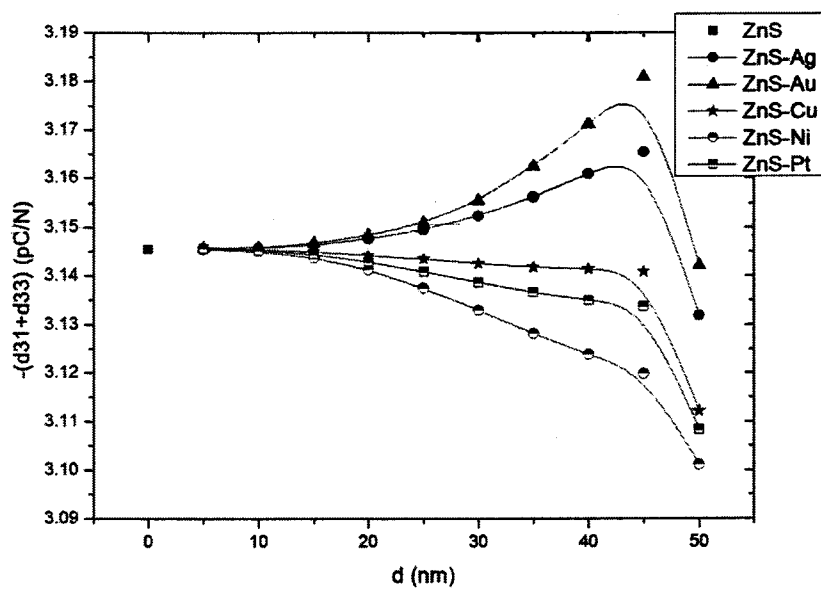


Fig. 3



Ex. 4



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ
(Ο.Β.Ι.)

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αριθμός αίτησης
20150100494

ΕΓΓΡΑΦΑ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΑ ΩΣ ΣΧΕΤΙΚΑ			
Κατηγορία	Σχετικό έγγραφο με επισήμανση, όπου χρειάζεται, των σχετικών παραγράφων	Σχετικό με αξίωση	Διεθν. Ταξινόμηση Int. Cl. 01/01/2015(AL)
X	WO2014144532 A1 / (BRIGHAM YOUNG UNIVERSITY) 18.09.2014	1,2,4-7	
A	*σελ. 1, παράγραφος 3* *σελ. 2, παράγραφος 6* *σελ. 3, παράγραφος 20* *σελ. 9, παράγραφος 36*	3	
X	US2012267563 A1 / (CAPSAL J. et al.) 25.10.2012	1,2,4-7	H01L 41/18
A	*σελ. 1, παράγραφοι 3 - 5* *σελ. 3, παράγραφος 68*	3	
A	GRXP2016143 / (FRANKLIN J.) 13.06.2013 "In situ synthesis of piezoelectric reinforced metal matrix composites" MSc Thesis https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/33618 Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο *σελ. 36, παράγραφος 3.2.2*	3	
A	US2014333184 A1 / (WISCONSIN ALUMNI RESEARCH FOUNDATION) 13.11.2014 *ολόκληρο το έγγραφο*	1-7	
			Τεχνικά πεδία που ερευνήθηκαν
			H01L B82Y

Ημερομηνία περάτωσης της έρευνας : 13/03/2017

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 έγγραφο 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
Δ: μέλος της ίδιας οικογένειας ευρεσιτεχνιών, αντίστοιχο έγγραφο

ΓΛΥΦΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ
ΕΞΕΤΑΣΤΡΙΑ