

ΛΕΠΤΑ ΥΜΕΝΙΑ ΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΓΡΑΦΕΝΙΟΥ: ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ, ΑΝΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τ. Γιαννακοπούλου^{1*}, Α. Ερωτοκριτάκη², Ν. Τοντόροβα¹, Α. Τσετσέκου², Χ. Τράπαλης¹

¹Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος», Αθήνα, Ελλάδα

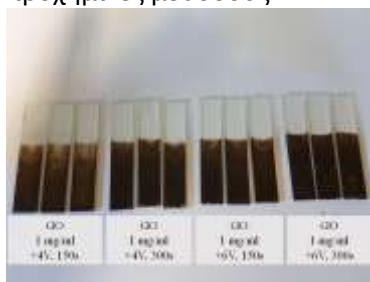
²Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων -Μεταλλουργών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

(*t.giannakopoulou@inn.demokritos.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Διαθέτοντας υψηλή αγωγιμότητα και μεγάλη ειδική επιφάνεια, το γραφένιο προσελκύει έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον βρίσκοντας εφαρμογές σε τομείς όπως η αποθήκευση ενέργειας σε υπερπυκνωτές. Η απαίτηση για ελαφρές φορητές συσκευές μικρότερων διαστάσεων κάνει την σχετική έρευνα ιδιαίτερα επίκαιρη. Από την άποψη αυτή, η ηλεκτροχημική εναπόθεση αποτελεί εξαιρετικά ελκυστική τεχνική για την ανάπτυξη λεπτών ηλεκτροδίων υπερπυκνωτών.

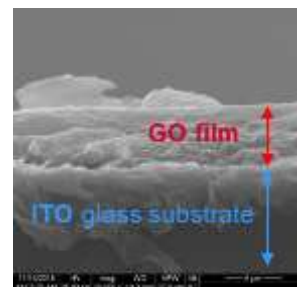
Στην παρούσα εργασία, παρασκευάστηκαν λεπτά υμένια οξειδίου του γραφενίου σε αγώγιμα υποστρώματα ITO με ηλεκτροχημική εναπόθεση για διαφορετικές τιμές τάσης και χρόνου εναπόθεσης (Σχήμα 1), και έγινε περαιτέρω ηλεκτροχημική αναγωγή τους με κυκλική βολταμετρία (CV). Τα ανηγμένα υμένια GO (rGO) χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή υπερπυκνωτών με στερεό ηλεκτρολύτη, με βάση την υδρογέλη PVA-Na₂SO₄ (Σχήμα 2). Τα υμένια GO και rGO εξετάστηκαν με τις τεχνικές SEM (Σχήμα 3), XRD, RAMAN και XPS για συγκριτική ανάλυσή τους, καθώς και για επαλήθευση της ηλεκτροχημικής αναγωγής των τελευταίων. Η ειδική χωρητικότητα των ηλεκτροδίων και των πυκνωτών εκτιμήθηκε με ηλεκτροχημικές μεθόδους.



Σχήμα 1. Υμένια GO πάνω σε ITO.



Σχήμα 2. Υπερπυκνωτής με στερεό ηλεκτρολύτη.



Σχήμα 3. Εικόνα SEM (εγκάρσια τομή, 1000x) του υμενίου GO (4V, 150s).

Από τις αναλύσεις XRD προέκυψε ότι, κατά τους πολλαπλούς κύκλους CV, τα φύλλα του οξειδίου του γραφενίου απομακρύνονται μεταξύ τους, λόγω της εισχώρησης και υποσύλωσης τους με ηλεκτρολυτικούς παράγοντες όπως τα ιόντα νατρίου του ηλεκτρολύτη. Τα φάσματα Raman έδειξαν ότι ο δείκτης I_D/I_G, που συνδέεται με τις ατέλειες του πλέγματος του γραφενίου, παρέμεινε αρκετά σταθερός ακόμα και μετά από αρκετούς CV κύκλους που σημαίνει ότι δεν προστίθενται καινούριες ατέλειες αλλά και δεν γίνεται αποκατάσταση των sp² υβριδικών δεσμών του πλέγματος. Η XPS ανάλυση ήταν αυτή που επιβεβαίωσε την αναγωγή των υμενίων GO σε rGO καθώς και την παρουσία του νατρίου στα υμένια rGO. Συνοψίζοντας, η ηλεκτροχημική αναγωγή των ηλεκτροδίων GO μέσω κυκλικής βολταμετρίας οδήγησε σε πενταπλάσια αύξηση της ειδικής χωρητικότητάς τους, φτάνοντας τιμές ~ 10 mF/cm² και είχε ως επιπλέον θετικό αποτέλεσμα την εισχώρηση ιόντων νατρίου στο πλέγμα του οξειδίου του γραφενίου, προστατεύοντάς το από την επαναοξείδωση. Αποδείχτηκε ότι ποσοστό 20 % Na₂SO₄ στον ηλεκτρολύτη είναι ικανοποιητικό, ώστε οι τιμές της ειδικής χωρητικότητας του ηλεκτροδίου του υπερπυκνωτή από ανηγμένο GO να πλησιάζουν τις τιμές χωρητικότητας του υμενίου που μετρήθηκε σε υδατικό ηλεκτρολύτη Na₂SO₄.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία αυτή υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της Πράξης MIS 5002567, που εντάσσεται στη «Δράση Στρατηγικής Ανάπτυξης Ερευνητικών και Τεχνολογικών Φορέων» και χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία» (ΕΣΠΑ 2014-2020), με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης) και στο πλαίσιο της Δράσης ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ και συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και εθνικούς πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ) (κωδικός έργου:Τ1ΕΔΚ-05545).