

## Ηλεκτρικές ιδιότητες χημικά τροποποιημένων νανοδομών άνθρακα – Εφαρμογές στην τεχνολογία εκτυπωτικών αγώγιμων μελανιών

A. Κουτσιούκης<sup>1\*</sup>, Β. Μπέλεση<sup>2,3</sup>, Β. Γεωργακίλας<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Τμήμα Επιστήμης Υλικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Ρίο 26200, Ελλάδα

<sup>2</sup>Τμήμα Γραφιστικής και Οπτικής Επικοινωνίας, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Αιγάλεω 12243 Αθήνα, Ελλάδα

<sup>3</sup>Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. "ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ", Πατρ. Γρηγορίου Ε' & Νεαπόλεως 27, Τ.Κ. 153 10, Αγία Παρασκευή, Ελλάδα

(\*[up1057091@upatras.gr](mailto:up1057091@upatras.gr))

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εξέλιξη της νανοτεχνολογίας έχει δώσει αναμφισβήτητα νέες δυνατότητες στον τομέα της Επιστήμης των Υλικών, για τη δημιουργία καινοτόμων υλικών και την ανάπτυξη νέων προϊόντων με καλύτερες προδιαγραφές και ιδιότητες. Ένας τομέας που έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον την τελευταία δεκαετία είναι αυτός των τυπωμένων ηλεκτρονικών (printed electronics) που συμπαρασύρει την ταυτόχρονη ανάπτυξη αγώγιμων μελανιών και αντιστρώφως.

Για αυτό το λόγο είναι απόλυτα αναγκαία η δημιουργία κατάλληλων τύπων μελανιών που έχουν ως βασική τους ιδιότητα την ηλεκτρική αγωγιμότητα, και τη χρήση τους σε μια σειρά βιομηχανικών εκτυπωτικών μεθόδων, όπως η βαθυτυπία και η φλεξογραφία, αφού το μελάνι παρέχει τη δυνατότητα όχι μόνο της εκτύπωσης σε διαφορετικά υποστρώματα (χαρτί, ύφασμα, γυαλί, πολυμερές) αλλά ταυτόχρονα και τη μεταφορά των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του αρχικού υλικού στο προϊόν της εκτύπωσης.

Ένα αγώγιμο μελάνι στη βασική του δομή περιέχει τον αγώγιμο φορέα, τη ρητίνη που αποτελεί μέσο διασποράς και σύνδεσης του αγώγιμου φορέα και του υποστρώματος και άλλα πρόσθετα (υπεύθυνα για τη ρύθμιση του pH, του ιξώδους κ.α) για τη βέλτιστη απόδοση της εκτυπωτικής διαδικασίας

Μέχρι στιγμής τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα μελάνια ως αγώγιμοι φορείς προέρχονται από αγώγιμα πολυμερή, μεταλλικά νανοσωματίδια (Ag, Cu), άμορφο άνθρακα (carbon black), γραφίτη ή και μίγματά τους σε κατάλληλες ρητίνες. Τα μετεκτυπωτικά στάδια που απαιτούνται όμως (θέρμανση κ.α) για τη χρήση τους σε συνδυασμό με το απαγορευτικό τους κόστος καθιστούν αναγκαία τη χρήση χαμηλότερου κόστους υλικά. Ως εναλλακτική επιλογή για υλικό ενίσχυσης έχουν προταθεί τα νανοδομημένα υλικά του άνθρακα (γραφένιο, νανοσωλήνες άνθρακα, νανογραφένια, νανολωρίδες) λόγω των ιδιοτήτων που παρουσιάζουν (ηλεκτρική αγωγιμότητα του γραφένιου  $10^4$ - $10^5$  S/m, χημική και θερμική σταθερότητα). Η διασπορά αυτών των νανοϋλικών του άνθρακα είναι κρίσιμης σημασίας για την χρήση τους σε εκτυπωτικά μελάνια<sup>(1-2)</sup>.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των νανοϋλικών του άνθρακα συνδέεται με τον αρωματικό τους χαρακτήρα και κυρίως με τους μηχανισμούς αλληλεπίδρασης των ηλεκτρονίων εξαιτίας αυτού (διασπορά/συγκέντρωση φορέων, πολικότητα, μηχανισμοί μεταφοράς και υβριδισμός μεταξύ των ενεργειακών ζωνών). Ωστόσο, ο εμπλουτισμός της γραφενικής επιφάνειας με οργανικές ομάδες για τη βελτίωση της διασποράς όπως φαίνεται επηρεάζει σημαντικά τις ιδιότητες των υλικών αυτών, ιδιαίτερα όταν η χημική τροποποίηση καταστρέφει ένα μεγάλο μέρος του αρωματικού χαρακτήρα τους.

Στη συγκεκριμένη εργασία θα παρουσιάσουμε χημικά τροποποιημένα, αλλά και μη τροποποιημένα νανοϋλικά του άνθρακα, εστιάζοντας στην επίδραση της χημικής τροποποίησης πάνω στην ηλεκτρική τους αγωγιμότητα πριν και μετά το πέρας της εκτύπωσης.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Georgakilas, V., Perman, J. A., Tucek, J., & Zboril, R. (2015). Chemical reviews, 115(11), 4744-4822.

[2] Koutsoukis, A., Georgakilas, V., Belessi, V., & Zboril, R. (2017). Chemistry—A European Journal, 23(34), 8268-8274.

«Η εργασία υλοποιήθηκε 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-02093)».



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης