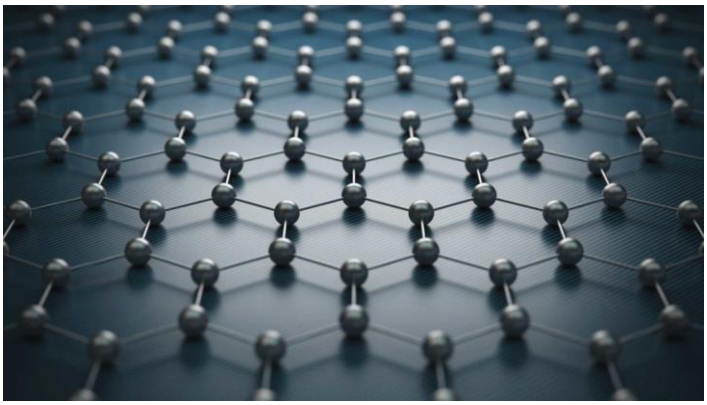
Δισδιάστατα υλικά (Two-dimensional materials)

Αστρακιανάκης Εμμανουήλ
astrakianakis@gmail.com

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών
Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο 71003, Ελλάδα

Τα δισδιάστα υλικά (2D υλικά) είναι γνωστά εδώ και δεκαετίες, όμως μεγάλη ώθηση στο πεδίο αυτό δόθηκε από τη συστηματική μελέτη του γραφένιου που ξεκίνησε το 2004 από το πανεπιστήμιο του Manchester. Πιο συγκεκριμένα οι καθηγητές Κονσταντίν Νοβοσέλοφ και Αντρέ Γκέιμ, κατάφεραν να «αποσπάσουν» νιφάδες από γραφίτη που είχαν πάχος μόλις ένα μόριο (Πηγή: Manchester University, Discovery of Graphene) στους οποίους απονεμήθηκε Νόμπελ Φυσικής το 2010, ως αναγνώριση για τα «επαναστατικά τους πειράματα» σχετικά με το γρεφένιο.
Το γραφένιο, και όλα τα δισδιάστατα υλικά, είναι κρυσταλλικές δομές επίπεδων λεπτών στρωμάτων με πάχος όσο το μέγεθος ενός ατόμου. Τα άτομα μεταξύ τους έχουν ισχυρούς χημικούς δεσμούς στα επίπεδα στρώματα, αλλά ασθενούς τύπου van der waals στη σύζευξη μεταξύ των στρωμάτων (Πηγή: Pramoda Kumar Nayak, Two-dimensional Materials, 2016).



Εικόνα 2: Δομή γραφένιου

Το γραφένιο μπορεί να θεωρηθεί ως το αρχέτυπο των δισδιάστατων ή διαστρωματωμένων (layered) υλικών. Το έντονο ενδιαφέρον για το γραφένιο, καθώς και η φθηνή πρώτη ύλη για να παρασκευαστεί, ώθησε την επιστημονική κοινότητα να αναπτύσσει τεχνικές και μεθοδολογίες για τη σύνθεσή του με πιο αξιόπιστο τρόπο έχοντας πάντα ως οδηγό την παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα.
Μια από τις μεγαλύτερες τεχνολογικές προκλήσεις αποτελεί η σύνθεση των 2D υλικών σε μεγάλες ποσότητες και η ανάπτυξή τους σε μεγάλες επιφάνειες με συγκεκριμένη ποιότητα στοχευμένη στην επιθυμητή εφαρμογή. Όμως υπάρχουν θέματα προς επίλυση για να μπορέσουν τα δισδιάστατα υλικά να χρησιμοποιηθούν πιο αποδοτικά. Το κύριο πρόβλημα που σχετίζεται με τα διδιάστατα υλικά είναι η σύνθεσή τους και κυρίως η ανάπτυξή τους σε μεγάλη κλίμακα με φθηνές και περιβαλλοντικά φιλικές μεθόδους.

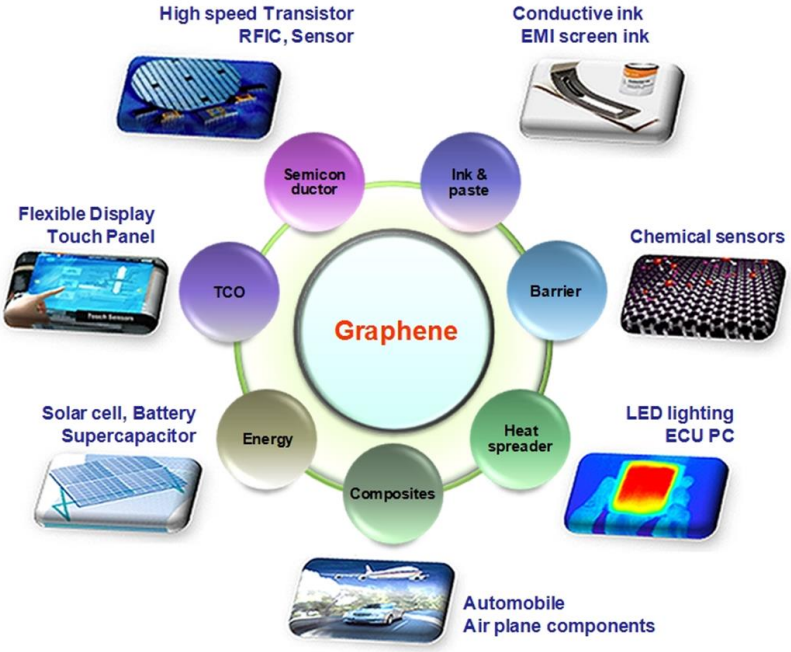
Παράλληλα με τη θεαματική ανάπτυξη της έρευνας γύρω από το γραφένιο, τεράστια πρόοδος έχει γίνει μέσα σε λίγα χρόνια στο πεδίο άλλων 2D υλικών, τόσο ως προς την απομόνωση μονοστρωμάτων όσο και ως προς την ενσωμάτωσή τους σε διάφορες συσκευές (devices). Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων δισδιάστατων υλικών είναι το νιτρίδιο του βορίου (h-BN) το οποίο είναι όπως το γραφένιο ατομικά λεπτό, τα ΔΜΜ (Διχαλκογενίδια Μετάλλων Μετάπτωση) της μορφής MX2, όπου M: Mo, W, Ta κτλ και X: S, Se, Te, τα οποία θεωρούνται ότι χαρακτηρίζονται από μοναδικές ιδιότητες ανοίγοντας χώρο για νέα φαινόμενα στη Φυσική αλλά και υποσχέσεις για εφαρμογές σε διαφορετικούς επιστημονικούς τομείς.

Υπάρχουν αρκετές ομάδες 2D υλικών ανάμεσα στις οποίες οι πιο γνωστές είναι οι:

- X-enes (υλικά που αποτελούνται από μόνο ένα στοιχείο όπως γραφένιο, φωσφορένιο κλπ)
- TMDs (Διχαλκογενίδια μετάλλων μετάπτωσης) της μορφής MX_2
- SMCs (Ημιμεταλλικά χαλκογενίδια) της μορφής M_2X_2
- MX-enes (εξαγωνικό πλέγμα) της μορφής $M_{n+1}AX_n$

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι τα επόμενα χρόνια τα 2D υλικά θα κυριαρχήσουν και θα οδηγήσουν στην ανακάλυψη περισσοτέρων καινοτόμων και θεμελιωδών φαινομένων. Με τις προσδοκίες αυτές, το πεδίο έρευνας και ανάπτυξης των δισδιάστατων υλικών θα παραμείνει ιδιαίτερα ενεργό για την επιστημονική κοινότητα.

Ήδη χρησιμοποιούνται ευρέως σε υλικά που χρησιμοποιούμε καθημερινά, καθώς και σε πιο εξειδικευμένα (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Εφαρμογές γραφένιου (Πηγή: Ferrari et al. Nanoscale, 2015)