

Οι εικόνες και τα σχήματα των διαφανειών έχουν ληφθεί από τις πηγές που αναφέρονται στην αρχή των σημειώσεων/διαφανειών του μαθήματος ή σε κάθε διαφάνεια χωριστά.

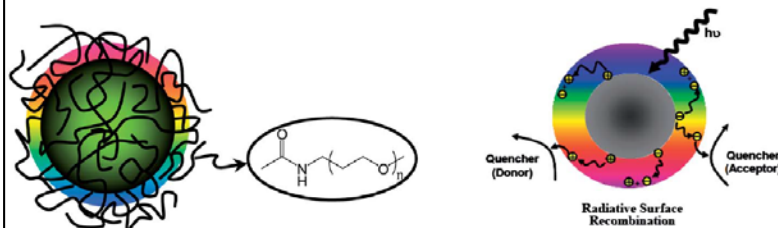
Το υλικό που περιέχεται στις διαφάνειες υπόκειται στους περιορισμούς περί πνευματικών δικαιωμάτων. Απαγορεύεται η αναδημοσίευση ή η αναπαραγωγή των διαφανειών στο σύνολο τους ή τμηματικά με οποιονδήποτε τρόπο, σύμφωνα με τη σχετική Ελληνική και διεθνή νομοθεσία.

Νανοκουκίδες Άνθρακα

Νανοκουκίδες Άνθρακα

- Παρασκευές
- Ιδιότητες
- Εφαρμογές

Νανοκουκίδες Άνθρακα



Οι νανοκουκίδες άνθρακα (carbon nanodots ή carbon dots - CDs - ή carbon nanoparticles) είναι μία από τις νανοδομές άνθρακα που έχουν ανακαλυφθεί πολύ πρόσφατα.

Οι νανοκουκίδες άνθρακα είναι γενικά υδατοδιαλυτές, μη τοξικές (με βάση τα μέχρι σήμερα τεστ τοξικότητας *in vivo*), και παρουσιάζουν έντονο φθορισμό.

Ο φθορισμός των CDs και η εξάρτηση του από το μέγεθος των νανοσωματιδίων οφείλεται στον χωρικό περιορισμό των φορέων φορτίου (οπές + ηλεκτρόνια = εξιτόνια) τα οποία δημιουργούνται κατά την απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (κατά τον επανασυνδυασμό τους οδηγούν σε φθορισμό).

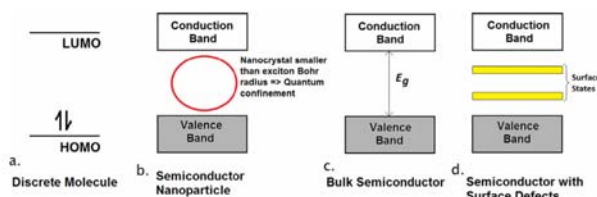


Figure 3. Electronic energy states of a semiconductor when it goes from (a) the single molecule to (c) the bulk material, passing through (b) the nanomaterial stage where quantum confinement is observed. (d) The effect of the existence of surface-defect states in the electronic energy state of the bulk material.

(a) Luo et al. *RSC Advances* 2014, 4, 10791. (b) Esteves da Silva, Goncalves *Trends in Anal. Chem.* 2011, 30, 1327.

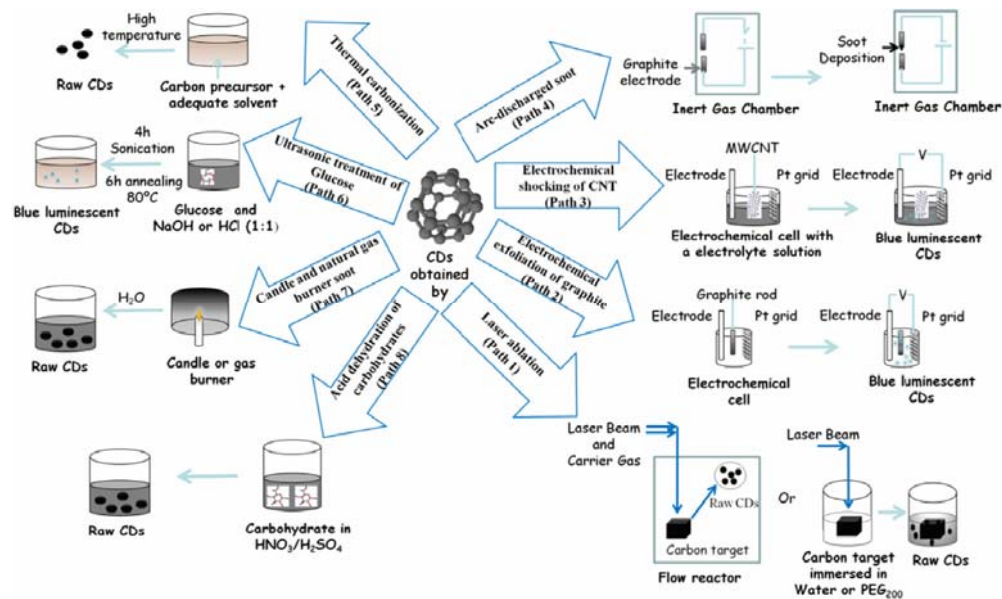
Ο φθορισμός των CDs μπορεί να αποσβεστεί τόσο από δότες όσο και από δέκτες ηλεκτρονίων.

Οι νανοκουκίδες άνθρακα ανακαλύφθηκαν τυχαία κατά τον καθαρισμό SWNTs μέσω ηλεκτροφόρησης. Τρία διαφορετικά κλάσματα νανοκουκίδων διαχωρίστηκαν. Αυτά τα τρία κλάσματα διέφεραν στο μέγεθος και στο φθορισμό που επεδείκνυαν. Οι CDs με μέγεθος 18.0 ± 0.4 nm επεδείκνυαν πορτοκαλί φθορισμό, ενώ η αύξηση του μεγέθους των σωματιδίων είχε ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση του φθορισμού σε μεγαλύτερα μήκη κύματος.

Μηχανισμός/εξήγηση του εξαρτώμενου από το μέγεθος του νανοσωματιδίου φθορισμού στις CDs: Οι ηλεκτρονικές καταστάσεις στις CDs είναι μεταξύ αυτών σε ένα οργανικό μόριο (a) και ένα ημιαγωγό (c). Η ενέργεια χάσματος (band-gap energy - E_g) σε έναν ημιαγωγό (c) εξαρτάται από τη σύστασή του. Όταν ένα ηλεκτρόνιο απορροφήσει ένα φωτόνιο και διεγερθεί από τη ζώνη σθένους στη ζώνη αγωγιμότητας δημιουργείται ένα εξιτόνιο (συγκεκριμένου μεγέθους της τάξης των nm που ορίζεται από την διάμετρο του εξιτονίου κατά Bohr - α_B) το οποίο (εξιτόνιο) αποτελείται από το ζεύγος της οπής (που «απέμεινε» στη ζώνη σθένους) και του ηλεκτρονίου (που μετέβηκε στη ζώνη αγωγιμότητας). Όταν το ηλεκτρόνιο επανενώνεται με την οπή, έχουμε εκπομπή ακτινοβολίας. Σε ημιαγωγό νανοσωματίδια που έχουν μέγεθος μικρότερο του μεγέθους του εξιτονίου προκαλείται αύξηση της ενέργειας του εξιτονίου (λόγω του χωρικού αυτού περιορισμού) η οποία (ενέργεια του εξιτονίου) εξαρτάται από το μέγεθος του νανοσωματιδίου. Εκτός από την επίδραση του μεγέθους των CDs στην ενέργεια των εξιτονίων (και κατά συνέπεια στο μήκος κύματος του παρατηρούμενου φθορισμού) παρατηρούνται και επιφανειακά φαινόμενα (εξάρτηση της ενέργειας των εξιτονίων από τους υποκαταστάτες και τις λειτουργικές ομάδες που βρίσκονται στην περιφέρεια των CDs). Η περιφέρεια των CDs (ονομάζεται και κορώνα) είναι ο χώρος στον οποίο δημιουργείται ο διαχωρισμός του φορτίου (εξιτόνια) και, συνεπώς, ευθύνεται για την εκπομπή ακτινοβολίας από τις CDs (φθορισμός). Όσο μικρότερες είναι οι CDs τόσο ισχυρότερη είναι η επίδραση των επιφανειακών φαινομένων στο μήκος κύματος του παρατηρούμενου φθορισμού, καθώς τότε στους υποκαταστάτες της κορώνας μπορεί να οφείλεται το 1/3 μέχρι και το 1/2 του συνολικού μεγέθους της CD.

Νανοκουκίδες Άνθρακα: Μέθοδοι Παρασκευής

Οι CDs παράγονται με πολλές διαφορετικές μεθόδους. Ανάλογα με τη μέθοδο παρασκευής τους μπορεί να είναι φθορίζουσες ή όχι. Οι CDs που δεν είναι φθορίζουσες μπορούν να παραγωγοποιηθούν και να γίνουν ισχυρά φθορίζουσες.



Esteves da Silva, Goncalves *Trends in Anal. Chem.* 2011, 30, 1327.

Νανοκουκίδες Άνθρακα: Επιλεγμένες Εφαρμογές

Οι νανοκουκίδες άνθρακα έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε διάφορες βιολογικές εφαρμογές όπως για παράδειγμα στη φωτοδυναμική θεραπεία, σε βιοαισθητήρες, στη μεταφορά φαρμακευτικών ουσιών, σε τεχνολογίες οπτικής και φωτοακουστικής απεικόνισης, κλπ.

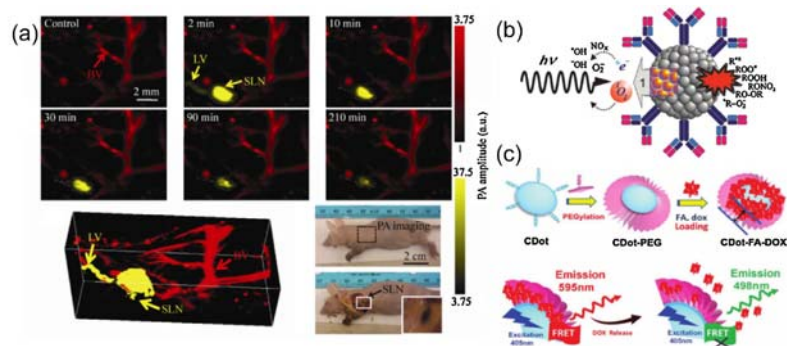


Figure 8 Advanced theranostic applications of CDs: (a) photoacoustic imaging of the sentinel lymph nodes (SLN) and the vessels (LV); (b) ROS generation by CDs after light irradiation; (c) drug delivery system based on CDs and doxorubicin (DOX) for real-time FRET monitoring of drug release. Reprinted with permissions from [66,91,93]. © 2013 Springer; © 2011 American Scientific Publishers; © 2013 John Wiley and Sons.

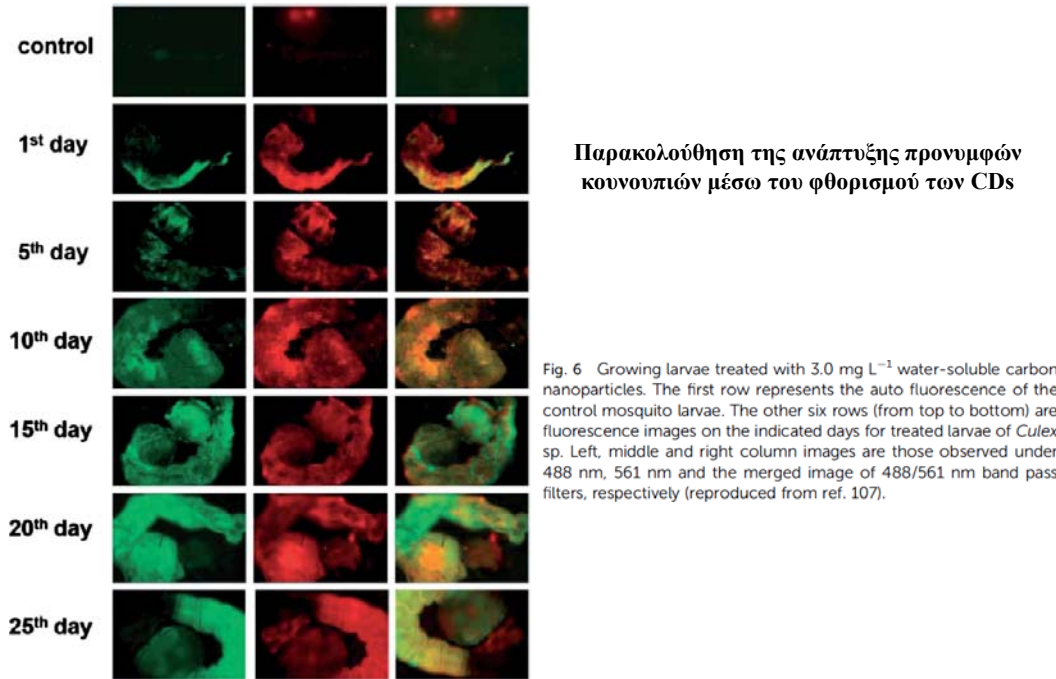
b: οι CDs μπορούν να δημιουργήσουν ενεργές μορφές οξυγόνου (ROS) για φωτοδυναμική θεραπεία.

c: οι CDs χρησιμοποιούνται ως νανομεταφορείς δοξορουβικίνης (αντικαρκινικός παράγοντας) για την μεταφορά της και τη χρονική παρακολούθηση της απελευθέρωσης της. FRET (fluorescence resonance energy transfer): μεταφορά ενέργειας μεταξύ δύο φωτοενεργών μορίων.

SLN: λεμφαδένας
φρουρός / LV:
λεμφαγγεία

a: οι CDs
δημιουργούν
ακουστικά κύματα
μετά από
ακτινοβολήση,
δημιουργώντας πολύ
λεπτομερή
απεικόνιση του
λεμφικού
συστήματος.

Νανοκουκίδες Άνθρακα: Επιλεγμένες Εφαρμογές



Luo et al. *RSC Advances* 2014, 4, 10791.

Νανοκουκίδες Άνθρακα

- Παρασκευές
- Ιδιότητες
- Εφαρμογές