

# Quantum dot solar cells

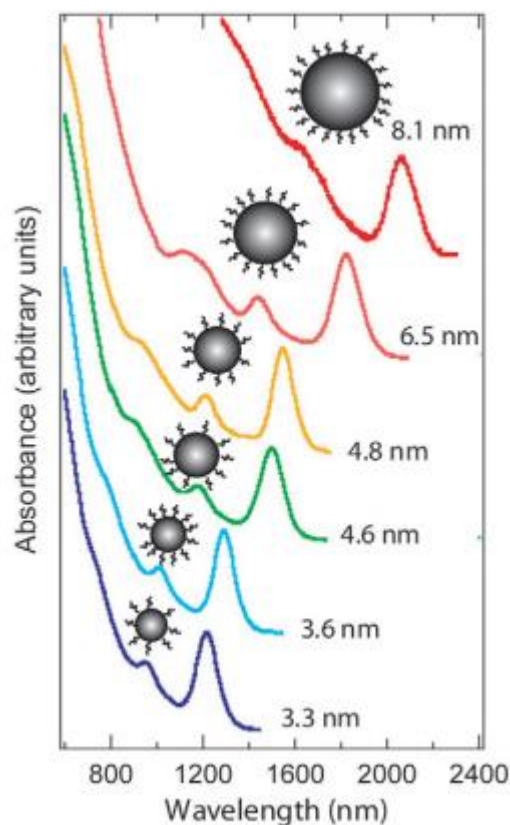
Παλιεράκη Ελπίδα (rh4709)

Διδάσκων: Ρεμεδιάκης Ιωάννης

## Περίληψη εργασίας

### Κβαντικές τελείες (QDs):

Οι κβαντικές τελείες είναι νανοσωματίδια από ημιαγωγικό υλικό μεγέθους της τάξης μερικών έως και εκατοντάδων νανομέτρων οι οποίες παρασκευάζονται από ανόργανα υλικά. Περιορίζουν τα ηλεκτρόνια, τις οπές ή τα εξιτόνια (ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών) σε μηδενικές διαστάσεις γεγονός που μετατρέπει το συνεχές ενεργειακό φάσμα του υλικού σε γραμμικό. Συνήθως έχουν σφαιρικό σχήμα και επομένως είναι πιο εύκολη η μελέτη τους μέσω της εξίσωσης Schrodinger καθώς μοιάζουν με πραγματικά άτομα. Οι QDs που παράγονται είναι συνήθως μονοκρύσταλλοι αιωρούμενοι σε διαλύματα και έχουν ιδιότητες μεταξύ ημιαγωγών και διακεκριμένων μορίων ή ατόμων. Οι οπτοηλεκτρονικές τους ιδιότητες μεταβάλλονται συναρτήσει του μεγέθους και του σχήματός τους, όπως και το ενεργειακό τους χάρμα (QDs μεγαλύτερης διαμέτρου εκπέμπουν μεγαλύτερα μήκη κύματος) και επομένως μπορούν να ελεγχθούν και να καθοριστούν ανάλογα με τις ανάγκες μας.



Εικόνα 1: Τα φάσματα απορρόφησης των PbSe QDs που κυμαίνονται από 3,3 nm έως 8,1 nm δείχνουν ισχυρή μετατόπιση της πρώτης διέγερσης εξιτονίου. Αρκετές διακριτές μεταβάσεις είναι παρατηρήσιμες και αντιπροσωπεύουν διακριτές εξιτονικές μεταβάσεις

Μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές των QDs είναι σε φωτοβολταϊκά συστήματα (PVs) ως ευαισθητοποιητές προσροφημένους στην επιφάνεια ημιαγωγών (φωτοηλεκτροχημικές κυψελίδες) για τη δημιουργία 3<sup>ης</sup> γενιάς ηλιακών κυψελίδων με χαμηλότερο κόστος, μεγαλύτερη απορρόφηση και κατ'επέκταση μεγαλύτερη απόδοση ως προς την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.

## Πλεονεκτήματα QDs για τη χρήση τους σε PVs:

- Η εξάρτηση του φάσματος απορρόφησής τους από το μέγεθος των νανοσωματιδίων εξαιτίας του φαινομένου του κβαντικού περιορισμού (quantum confinement effect).
- Η υψηλή διπολική ροπή που διευκολύνει την έκχυση των ηλεκτρονίων
- Ο μεγάλος συντελεστής απορρόφησης (extinction coefficient)
- Οι εύκολες μέθοδοι παρασκευής σε συνήθεις εργαστηριακές συνθήκες
- Η καλή τους προσαρμογή στο ημιαγωγίμο νανοδομημένο υπόστρωμα του οποίου τα σωματίδια είναι περίπου μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερα, και
- Ο ευνοϊκός συνδυασμός των ενεργειακών τους σταθμών με νανοδομημένα οξειδία μετάλλων όπως το  $\text{TiO}_2$

## Υλικά σύνθεσης:

Για την δημιουργία των QDs χρησιμοποιούνται συνήθως χαλκογονίδια μολύβδου PbS, PbSe και PbTe καθώς η μεγάλη τους ακτίνα (σε σύγκριση με ημιαγωγούς όπως GaAs) επιτρέπει τον ισχυρό κβαντικό περιορισμό και την αποτελεσματική μετατροπή του περιορισμού αυτού για την παραγωγή ενεργειακού χάσματος στο κοντινό υπέρυθρο (0.7-1.0 eV) όπου βρίσκεται μεγάλο μέρος του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι : CdS, CdSe, CdTe,  $\text{Cu}_2\text{S}$ , InP, InAs,  $\text{Ag}_2\text{S}$ ,  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  ,τα οποία έχουν εναποτεθεί πάνω σε ημιαγωγούς ευρέως χάσματος.

## Βιβλιογραφία:

- Διδακτορική διατριβή «Νέα υλικά για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό» /Μπαλής Νίκος/επιβλέπων καθηγητής: Παναγιώτης Λιανός (2013)
- Πτυχιακή εργασία «Οπτικές ιδιότητες κβαντικών τελειών» /Φίλιππος Κωνσταντή/επιβλέπων καθηγητής: Πολάτογλου Χαρίτων (2012)
- Semonin, O. E., Luther, J. M., & Beard, M. C. (2012). *Quantum dots for next-generation photovoltaics*. *Materials Today*, 15(11), 508–515. doi:10.1016/s1369-7021(12)70220-1
- Goodwin, H., Jellicoe, T. C., Davis, N. J. L. K., & Böhm, M. L. (2018). *Multiple exciton generation in quantum dot-based solar cells*. *Nanophotonics*, 7(1), 111–126. doi:10.1515/nanoph-2017-0034