

Ηλιακά κύτταρα από φρούτα (I)

Φτιάξτε τα δικά σας ηλιακά κύτταρα με επίστρωση οργανικής βαφής

Από τους Dr Axel Werner και Jens Nickel

Τα ηλιακά κύτταρα στα οποία η ευαίσθητη επιφάνεια προκύπτει μέσω βαφής, είναι πολύ πιθανό να βρίσκονται στο κατώφλι ενός λαμπρού μέλλοντος (όπου δεν αποκλείεται να καταργήσουν πλήρως τα δαπανηρά κύτταρα πυριτίου). Το εντυπωσιακό είναι ότι με την βοήθεια απλών υλικών, μπορούμε να κατασκευάσουμε οι ίδιοι τέτοιους τύπους κυττάρων.

Όλοι μας γνωρίζουμε ότι στα φυτά υπάρχουν ουσίες οι οποίες είναι σε θέση να μετατρέψουν το ηλιακό φως σε αξιοποιήσιμη ενέργεια, με πρώτο και γνωστότερο παράδειγμα την χλωροφύλλη. Αυτό που οι περισσότεροι όμως δυσκολεύονται να κατανοήσουν είναι ότι οργανικές επιστρώσεις που εφαρμόζονται με φυσικά μέσα είναι δυνατόν να λειτουργήσουν ως δότες ηλεκτρονίων σε ηλιακά κύτταρα (δείτε επόμενη σελίδα). Το βασικό υλικό σε ένα τέτοιο ηλιακό κύτταρο δεν είναι το ημιαγωγό υλικό του πυριτίου, αλλά αντ' αυτού το διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2) το οποίο είναι επίσης ημιαγωγό. Το TiO_2 παρασκευάζεται σε μεγάλη κλίμακα μέσω βιομηχανικών διαδικασιών, και χρησιμοποιείται ως λευκαντικό στο χαρτί, στα χρώματα και την οδοντόπαστα. Το συγκεκριμένο υλικό απορροφά μόνον φωτεινή ακτινοβολία που βρίσκεται στην υπεριώδη περιοχή, η οποία όμως αποτελεί ένα σχετικά μικρό μέρος του ηλιακού φάσματος. Παρ' όλα αυτά, το TiO_2 είναι δυνατόν να "ευαισθητοποιηθεί" με την βοήθεια μίας οργανικής βαφής, έτσι ώστε να μπορεί να απορροφήσει και την ορατή ηλιακή ακτινοβολία.

Τα ευαισθητοποιημένα μέσω βαφής ηλιακά κύτταρα (γνωστά επίσης και ως κύτταρα Gratzel από το όνομα του επιστήμονα που τα ανακάλυψε), αποτελούν αυτή τη στιγμή αντικείμενο εντατικής έρευνας σε παγκόσμιο επίπεδο [1]. Η απόδοση τους είναι περίπου 7 %, η οποία είναι μόλις κάτι παραπάνω από το ένα τρίτο της απόδοσης των ηλιακών κυττάρων πυριτί-

ου. Το σημαντικό τους όμως πλεονέκτημα είναι ότι τα κύτταρα που κατασκευάζονται με την συγκεκριμένη μέθοδο μπορούν να είναι αισθητά φθηνότερα σε σχέση με τα κύτταρα πυριτίου, δεδομένου ότι οι διαδικασίες παραγωγής των συμβατικών κυττάρων είναι σύνθετη και δαπανηρή.

Το κύτταρο του μέλλοντος:

Θα χρειαστούν ίσως αρκετά χρόνια μέχρι τα ευαισθητοποιημένα μέσω βαφής ηλιακά κύτταρα κυκλοφορήσουν στην αγορά. Μέχρι τότε θα πρέπει να λυθούν ορισμένα προβλήματα όπως είναι η μακρόχρονη σταθερότητα, διότι το οξυγόνο καθιστά τα κύτταρα άχρηστα [2]. Παρ' όλα όμως αυτά, μπορούμε πολύ εύκολα να κατασκευάσουμε οι ίδιοι τέτοια κύτταρα, για να αναδείξουμε την αρχή λειτουργίας. Το κατάλληλο υλικό για την επίστρωση μπορούμε μεταξύ άλλων να το πάρουμε από βατόμουρα ή τσάι φρούτου. Στο διαδίκτυο διατίθενται πακέτα στα οποία περιλαμβάνονται όλα τα απαραίτητα υλικά για να κατασκευάσει κανείς ένα τέτοιο κύτταρο [3, 4], αλλά έχει ενδιαφέρον να το κατασκευάσουμε απ' αρχής μόνοι μας παίρνοντας από ένα τζαμαδικο δύο τεμάχια θερμομονωτικού (χαμηλού E) γυαλιού και λίγο διοξείδιο του τιτανίου από ένα μαγαζί με χημικά. Στην συνέχεια ακολουθεί όλη η διαδικασία συνοδευόμενη από εικόνες. Δοκιμάστε το! (060314-I)



Ηλιακά κύτταρα από φρούτα (II)

Φτιάξτε τα δικά σας ηλιακά κύτταρα με επίστρωση οργανικής βαφής



Δεν είναι απίθανο κάποια στιγμή στο μέλλον τα ηλιακά κύτταρα με βαφή να παραγκωνίσουν τα πανάκριβα κύτταρα πυριτίου, καθιστώντας την ηλιακή ενέργεια φθηνότερη. Τα επαναστατικά αυτά κύτταρα είναι δυνατόν να παρασκευαστούν από απλά υλικά -το μόνο που χρειάζεται είναι λίγα κομμάτια αγωγίμο γυαλί και μερικά χημικά (δείτε στην συνέχεια “Συστατικά και εργαλεία”). Το βασικό συστατικό είναι το διοξείδιο του τιτανίου και μία φυτική βαφή όπως για παράδειγμα τσάι από καρπούς τριανταφυλλιάς. Παρακάτω έχουμε ένα εικονογραφημένο οδηγό για την κατασκευή. Αξίζει τον κόπο!

Το υπόστρωμα ενός ηλιακού κυττάρου είναι ένα συνηθισμένο κομμάτι γυαλιού πάχους περίπου 2 mm, με μία διάφανη και αγωγίμη επίστρωση οξειδίου μετάλλου (όπως για παράδειγμα ZnO). Δυστυχώς, δεν μπορούμε να κατασκευάσουμε την επίστρωση μόνοι μας. Τεμάχια όμως γυαλιού με αγωγίμη επίστρωση διατίθενται στο διαδίκτυο από την Mansolar [3]. Στην φωτογραφία εικονίζονται μερικά από τα γυαλιά που περιλαμβάνονται στο πακέτο. Σε μία έκδοση του πακέτου περιλαμβάνονται τεμάχια γυαλιού με αγωγίμη επίστρωση και ένα έτοιμο ψημένο στρώμα TiO_2 .



Στην αρχή της διαδικασίας του ψησίματος η επίστρωση TiO_2 θα γίνει καφέ (δείτε την φωτογραφία), λόγω καψίματος των οργανικών συστατικών. Στην συνέχεια όμως θα πρέπει να ξαναγίνει άσπρη. Αφήνουμε το γυαλί να κρυώσει αργά, διαφορετικά μπορεί να σπάσει. Δεν το απομακρύνουμε αμέσως από το πλέγμα, αλλά απλώς το μετακινούμε σε μία πιο δροσερή άκρη.

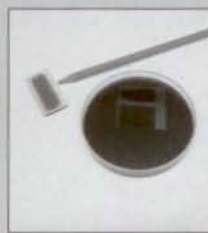
Στην φωτογραφία εικονίζονται τα βασικά μέρη που περιλαμβάνει το πακέτο του διαδικτύου (αριστερά) και μερικές εναλλακτικές λύσεις (δεξιά). Αντί για πλακίδια του πακέτου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε απλά κομμάτια θερμομονωτικού γυαλιού (δείτε τη περιγραφή στα συστατικά). Η σκόνη TiO_2 θα πρέπει να έχει σωματίδια μεγέθους 15-25 nm. Αναμιγνύουμε 1 προς 1 με τον γαλακτοποιητή (γλυκόλη πολυαιθυλαινίου) και αναδεύουμε καλά το μείγμα ώστε να πάρουμε μία παχύρρευστη κρέμα (δείτε την λίστα των συστατικών). Το ηλεκτρολύτη του έτοιμου πακέτου μπορούμε να τον αντικαταστήσουμε με διάλυμα ιωδίου σε αιθανόλη (με κατά τι φτωχότερα αποτελέσματα). Κάντε μία προσπάθεια και αναφέρετε τα αποτελέσματα στο φόρουμ του περιοδικού [5].

Χρησιμοποιώντας την θέση μέτρησης αντιστάσεων σε ένα απλό πολύμετρο, προσδιορίζουμε την αγωγή της πλευράς του κάθε γυαλιού. Με την βοήθεια τριών λωρίδων αυτοκόλλητης ταινίας σταθεροποιούμε το ένα κομμάτι γυαλιού στο τραπέζι, τοποθετώντας την αγωγή της πλευράς προς τα επάνω.

Παίρνουμε λίγο διάλυμα διοξειδίου του τιτανίου στο σταγονόμετρο, και αφήνουμε λίγες σταγόνες επάνω στην επιφάνεια του γυαλιού ...

... με μία πλαστική κάρτα το στρώνουμε επάνω στο γυαλί. Εάν την ώρα που σέρνουμε την κάρτα για να στρώσουμε το υλικό πατάμε στα άκρα επάνω στις ταινίες, μπορούμε τελικά να επιτύχουμε ένα αρκετά ομοιόμορφο στρώμα. Δίπλα έχουμε για σύγκριση ένα έτοιμο γυάλινο πλακίδιο με επίστρωση. Εννοείται ότι δεν μπορούμε να έχουμε την ίδια επιτυχία με την ίδιο-κατασκευή...

Η επίστρωση θα πρέπει να ψηθεί είτε σε ένα φούρνο ή με απ' ευθείας έκθεση σε κάποια ανοικτή φλόγα (όπως για παράδειγμα ένα γκαζάκι) στους 450 °C περίπου. Στην περίπτωση μας προτιμήσαμε την δεύτερη εκδοχή. Στερεώνουμε το πλέγμα στήριξης μερικά εκατοστά επάνω από την αναμμένη φλόγα και πάνω σε αυτό τοποθετούμε το γυαλί με την επίστρωση TiO_2 .



Στην συνέχεια ετοιμάζουμε την βαφή με τσάι φρούτου και βραστό νερό (χρησιμοποιούμε αρκετά φακελάκια τσαγιού και λίγο νερό) την οποία χύνουμε σε ένα λεκανάκι. Εναλλακτικές πρώτες ύλες βαφής μπορούν να είναι χυμός από παντζάρι, βατόμουρο, ή κόκκινο μελάνι. Αφού κρυώσει το γυάλινο πλακίδιο, το εμβαπτίζουμε στην λεκάνη

και το αφήνουμε να ποτίσει για πέντε περίπου λεπτά. Όσο αυτό μουλιάζει στην βαφή, καλύπτουμε το αγωγικό μέρος του δεύτερου γυάλινου πλακιδίου με ένα στρώμα γραφίτη (με την βοήθεια ενός μολυβιού). Το στρώμα αυτό θα λειτουργήσει σαν καταλύτης για την μεταφορά των ηλεκτρονίων από το ηλεκτρόδιο στον ηλεκτρολύτη.

Απομακρύνουμε το γυάλινο πλακίδιο από το μπάνιο τσαγιού. Η επίστρωση TiO_2 θα έχει πάρει το χρώμα του τσαγιού (δείτε στη μέση της φωτογραφίας). Ξεπλένουμε το πλακίδιο με καθαρό νερό και το στεγνώνουμε με ένα σεσουάρ μαλλιών, ή κάτι παρόμοιο. Οτιδήποτε χρειαζόμαστε για την τελική συναρμολόγηση του κυττάρου φαίνεται στην φωτογραφία.

Τοποθετούμε τα δύο κομμάτια γυαλιού μαζί έτσι ώστε οι αγωγικές πλευρές να στεκόουν αντικριστά και να υπάρχει μία μετατόπιση των άκρων. Εδώ χρειάζεται προσοχή ώστε να μη γλιστρήσει το ένα πάνω στο άλλο, διότι μπορεί να γδαρθεί η επίστρωση TiO_2 . Για να δέσουμε τα δύο πλακίδια μεταξύ τους μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε

είτε αυτοσχέδια κλιπ από συνδετήρες χαρτιού ή λίγη ταινία με την οποία τα τυλίγουμε.

Εισάγουμε μεταξύ των δύο πλακιδίων λίγο ηλεκτρολύτη. Για τον σκοπό αυτό τοποθετούμε μερικές σταγόνες ηλεκτρολύτη στο ένα πλακίδιο, οι οποίες λόγω των τριχοειδών φαινομένων θα εισχωρήσουν μεταξύ των δύο πλακιδίων.

Τώρα μπορούμε να πάρουμε ένα βολτόμετρο με το οποίο θα μετρήσουμε την διαφορά δυναμικού (περίπου 0,3 V) και ένα αμπερόμετρο για να μετρήσουμε το ρεύμα (μέχρι περίπου 1 mA, παρ' ότι με το τεχνητό φως είναι σαφώς μικρότερο). Εάν θέλουμε υψηλότερες τάσεις μπορούμε να συνδέσουμε μερικά κύτταρα σε σειρά, χρησιμοποιώντας τα γνωστά κροκοδειλάκια.

Κανονικά, τα βιομηχανικά ευαισθητοποιημένα μέσω βαφής ηλιακά κύτταρα είναι σφραγισμένα, αλλά εδώ μπορούμε να παρακάμψουμε αυτό το βήμα. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε εάν θέλουμε να ξαναχρησιμοποιήσουμε τα πλακίδια. Σε μία τέτοια περίπτωση διαχωρίζουμε τα πλακίδια μετά το πείραμα, και τα καθαρίζουμε την επίστρωση με νερό, τρίβοντας ταυτόχρονα ελαφρά. Η επίστρωση του γραφίτη είναι πιθανόν να μην φεύγει πλήρως, οπότε καλό είναι στα επόμενα πειράματα το συγκεκριμένο πλακίδιο να το χρησιμοποιήσουμε στην ίδια θέση

Συστατικά και εργαλεία

- Δύο τεμάχια γυαλιού με ηλεκτρικά αγώγιμη επιστρώση στην μία πλευρά. Περιλαμβάνονται σε πακέτα που μπορεί κανείς να παραγγείλει στο διαδίκτυο, αλλά μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε δύο τεμάχια θερμομονωτικού γυαλιού. Τα γυαλιά αυτά μπορούμε να τα προμηθευτούμε από ένα κατάστημα με τζάμια, δεδομένου ότι χρησιμοποιούνται για την κατασκευή θερμομονωτικών παραθύρων. Θα χρειαστούμε τουλάχιστον δύο τεμάχια διαστάσεων περίπου 5 cm επί 2 cm, το κόστος των οποίων δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 3-4 ευρώ. Εάν είναι περισεύματα μπορεί να σας δοθούν και δωρεάν.

- TiO_2 και γλυκόλη πολυαιθυλενίου. Η γλυκόλη πολυαιθυλενίου αποτελεί βασικό συστατικό για πολλούς τύπους αλοιφών και κρεμών. Στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιείται για την αιώρηση του διοξειδίου του τιτανίου. Και τα δύο υλικά, μπορούμε εύκολα να τα βρούμε σε κάποιο κατάστημα με χημικά. Η γλυκόλη πολυαιθυλενίου θα πρέπει να έχει μοριακό βάρος γύρω στο 300 ώστε να είναι αρκετά ρευστή (κυκλοφορεί επίσης και σε στερεά μορφή). Στα έτοιμα πακέτα που κυκλοφορούν στο διαδίκτυο περιλαμβάνεται συνήθως ένα έτοιμο αιώρημα, το οποίο είναι πιο βολικό. Όταν το αιώρημα είναι προπαρασκευασμένο, μπορούμε επίσης να είμαστε σίγουροι ότι το μέγεθος σωματιδίων του διοξειδίου του τιτανίου είναι το σωστό (περίπου 20 nm) και είναι ομοιόμορφα διασκορπισμένα, κάτι το οποίο δεν είναι εύκολο στην περίπτωση ιδιο-παρασκευής του αιωρήματος. Οποίος πάντως θέλει να πειραματιστεί, μπορεί να χρησιμοποιήσει λευκή οδοντόπαστα, Tapp-Ex, λευκό χρώμα τοίχου, ή οποιοδήποτε προϊόν περιλαμβάνει διοξείδιο του τιτανίου σαν λευκαντικό.

- Ηλεκτρολύτης. Και αυτός περιλαμβάνεται στα έτοιμα πακέτα του διαδικτύου. Για τα δικά μας πειράματα χρησιμοποιήσαμε ένα διάλυμα ιωδίου σε 65 % αιθανόλη (τα προμηθευτήκαμε στα χημικά). Λειτουργεί μια χαρά, με μόνη διαφορά ότι παράγει το ένα τρίτο του ρεύματος που δίνει ο τυπικός ηλεκτρολύτης.

- Σαί φρούτου (π.χ. καρπό τριανταφυλλιάς ή βιάκο). Περιλαμβάνεται στο πακέτο αλλά μπορούμε εύκολα να το βρούμε σε πολλά μέρη.

- Γκαζάκι και αναπτήρα

- Μια εργαστηριακή βάση με ταιμπίδα, δακτύλιο και πλέγμα (για την στήριξη των γυαλίων κατά το ψήσιμο).

- Ένα σταγονόμετρο (αλλά μπορείτε επίσης να χρησιμοποιήσετε κουταλάκι για να σταξέτε το αιώρημα διοξειδίου του τιτανίου στο γυαλί).

- Ταιμπίδα

- Μεταλλικό δοχείο

- Κανάτα

- Σεσουάρ μαλλιών

- Αυτοκόλλητη ταινία

- Ένα φύλλο αλουμινίου

- Μικροβιολογικό δίσκο ή ένα μικρό επίπεδο λεκανάκι

- Μολύβι γραφίτου

- Μία γυάλινη ή πλαστική κάρτα για το άπλωμα του TiO_2

- Πολύμετρο.

Σύνδεσμοι στο διαδίκτυο

[1] www.farbstoffsolarzelle.de

[2] http://en.wikipedia.org/wiki/Dye-sensitized_solar_cells

[3] www.mansolar.com

[4] www.solideas.com/solrcell/iceorder.html

[5] www.elektor.gr

Πώς λειτουργούν τα ευαισθητοποιημένα, μέσω βαφής, ηλιακά κύτταρα

Ένα ευαισθητοποιημένο μέσω βαφής ηλιακό κύτταρο αποτελείται από δύο επίπεδα κομμάτια γυαλιού με ηλεκτρικά αγώγιμες επιφάνειες. Η αγώγιμη επιστρώση κατασκευάζεται συνήθως από κάποιο οξειδίο μετάλλου. Μεταξύ των δύο γυάλινων πλακιδίων τοποθετείται μια λεπτή στρώση (περίπου 10 nm) κρυστάλλων διοξειδίου του τιτανίου διαστάσεων περίπου 20 nm, οι οποίοι έχουν ψηθεί για να σχηματίσουν μία πορώδη επιφάνεια.

Επάνω σε αυτό το πορώδες στρώμα επικάθεται η βαφή. Η βαφή που χρησιμοποιείται στα βιομηχανικά ευαισθητοποιημένα ηλιακά κύτταρα περιέχει το ευγενές μέταλλο ρουθέτιο, αλλά για πειραματικούς σκοπούς μπορούμε φυσικά να χρησιμοποιήσουμε και μία απλή μονωτική βαφή. Χάρη στις μικρές διαστάσεις των κρυστάλλων του TiO_2 και του χώρου μεταξύ αυτών, η πορώδης δομή παρουσιάζει πολύ μεγάλη ενεργή επιφάνεια και η στρώση της βαφής είναι πολύ λεπτή. Αυτό είναι σημαντικό για σωστή λειτουργία, δεδομένου ότι η βαφή είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού.

Όταν το φως πέσει επάνω σε ένα μόριο βαφής, εισάγει ένα ηλεκτρόνιο στο διοξείδιο του τιτανίου. Τα ηλεκτρόνια συσσωρεύονται στο αγώγιμο επίπεδο (ενεργό ηλεκτρόδιο) που βρίσκεται μεταξύ του διοξειδίου του τιτανίου και του γυάλινου πλακιδίου. Σαν δεύτερο ηλεκτρόδιο θα πρέπει να έχουμε άλλο ένα αγώγιμο στρώμα στην απέναντι πλευρά, και ο χώρος μεταξύ των ηλεκτροδίων γεμίζει με ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη. Για τους σκοπούς του πειράματος μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα απλό διάλυμα αλάτων ιωδίου, δεδομένου ότι ο ηλεκτρολύτης ακετονιτριλίου που χρησιμοποιείται στα βιομηχανικά κύτταρα είναι πολύ ισχυρός και τοξικός. Όταν στο ηλεκτρόδιο εφαρμόζεται ένας καταλύτης, τα τρι-ιωδιούχα μόρια στο διάλυμα του ηλεκτρολύτη "τινούν" να αντιδράσουν με το απέναντι ηλεκτρόδιο για να σχηματίσουν ιωδιούχα μόρια (στα βιομηχανικά κύτταρα σαν καταλύτης χρησιμοποιείται πλατίνα, αλλά για πειραματικούς σκοπούς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε γραφίτη). Η συγκεκριμένη όμως αντίδραση απαιτεί ηλεκτρόνια. Το πλεονασμα ηλεκτρονίων στο άλλο ηλεκτρόδιο δημιουργεί ένα ηλεκτρικό δυναμικό το οποίο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε. Τα ιωδιούχα μόρια του διαλύματος παραδίδουν ηλεκτρόνια προς την βαφή και μέσα από την διαδικασία μετασχηματίζονται σε τρι-ιωδιούχα μόρια, οπότε κλείνει το ηλεκτρικό κύκλωμα.

