

## ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΟΝΟΔΙΑΠΑΡΤΩΝ ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΣΕ ΧΑΜΗΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ ΩΣ ΥΜΕΝΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΟΠΩΝ ΣΕ ΗΛΙΑΚΕΣ ΚΥΨΕΛΕΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΠΕΡΟΒΣΚΙΤΗ

I. Παπαδάς<sup>1\*</sup>, Α. Ιωακειμίδης<sup>1</sup>, Γ. Αρματάς<sup>2</sup>, Σ. Χούλης<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Μηχανικής Υλικών, Μονάδα Μοριακής Ηλεκτρονικής και Φωτονικής, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λεμεσός, Κύπρος

<sup>2</sup>Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών, Εργαστήριο Προηγμένων Υλικών, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο, Ελλάδα

([\\*ioannis.papadas@cut.ac.cy](mailto:ioannis.papadas@cut.ac.cy), [\\*stelios.choulis@cut.ac.cy](mailto:stelios.choulis@cut.ac.cy))

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χρήση υβριδικού περοβσκίτη σε ηλιακές κυψέλες αποτελεί έναν τομέα αυξανόμενου τεχνολογικού ενδιαφέροντος. Τα υμένια αυτά παρουσιάζουν εξαιρετικές ιδιότητες απορρόφησης του φωτός και είναι σημαντικά φθηνότερα στην παραγωγή τους από αυτά του πυριτίου που χρησιμοποιούνται στις συνηθισμένες ηλιακές κυψέλες. Τα τελευταία 7 χρόνια, τα ηλιακά κύτταρα περοβσκίτη έχουν επιδείξει εκπληκτικά υψηλές αποδόσεις μετατροπής του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια, διπλασιάζοντας το ποσοστό της ενεργειακής τους απόδοσης από 10% το 2009 σε 20% το 2018. Ωστόσο, η τεχνολογία περοβσκίτη αντιμετωπίζει αρκετά προβλήματα τα οποία δεν την καθιστούν ακόμη εμπορικά βιώσιμη. Ορισμένα από αυτά τα προβλήματα που επιβάλλεται να επιλυθούν, αποτελούν η ανάγκη για την επίτευξη σταθερότερων συσκευών ως προς την απόδοση σε βάθος χρόνου, καθώς και η ανάπτυξη ηλεκτροδίων χαμηλού κόστους, ώστε να κατασκευαστούν φωτοβολταϊκά πλαίσια υψηλής επίδοσης και αναπαραγωγικότητας <sup>[1, 2]</sup>.

Το σπινέλιο NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, ανήκει στην οικογένεια των υψηλής διαπερατότητας αγώγιμων οξειδίων (TCO) και παρουσιάζει τουλάχιστον δύο τάξεις μεγέθους υψηλότερη αγωγιμότητα συγκριτικά με τα αντίστοιχα οξείδια NiO και Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, η οποία αποτελεί ελκυστική ιδιότητα για στρώματα συλλογής οπών (HTLs). Οι υπάρχουσες συνθετικές μέθοδοι μεταλλικών οξειδίων συνήθως χρησιμοποιούν υψηλές θερμοκρασίες κρυστάλλωσης έχοντας ως αποτέλεσμα το σχηματισμό σωματιδίων με μεγάλα μεγέθη και συσσωματωμάτων, καθιστώντας εξαιρετικά δύσκολο τον σχηματισμό συμπαγών και χαμηλής τραχύτητας υμενίων, που αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη αναπαραγωγίμων και αξιόπιστων λειτουργικών φωτοβολταϊκών συσκευών <sup>[3]</sup>.

Στην παρούσα εργασία για πρώτη φορά περιγράφεται η σύνθεση νανοσωματιδίων NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> με μέσο μέγεθος ~5 nm και στενή κατανομή μεγέθους σωματιδίων με τη μέθοδο της ανάφλεξης (combustion method) σε χαμηλή σχετικά θερμοκρασία κρυστάλλωσης (250-300 °C), χρησιμοποιώντας υγρές τεχνικές επικάλυψης των υποστρωμάτων. Η χρήση ταρταρικού οξέος για πρώτη φορά ως καυσίμου και των νιτρικών ως οξειδωτικού, επέτρεψε το σχηματισμό υψηλής καθαρότητας μονοδιάσπαρτων νανοσωματιδίων NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Η διαδικασία ανάφλεξης διεξήχθη στους 250-300 °C για 4 ώρες, καθιστώντας την οικονομικά αποδοτική μέθοδο σύνθεσης, με εξαιρετικά ελεγχόμενα αποτελέσματα. Τα συμπαγή αυτά φιλμ αποτελούμενα από νανοσωματίδια NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά ως υμένια συλλογής οπών (HTLs) σε ηλιακές κυψέλες υβριδικού περοβσκίτη (PVSCs). Τα οπτο-ηλεκτρονικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών αυτών διατάξεων εμφανίζουν μεγάλους συντελεστές πλήρωσης (FF= 80%), υψηλές αποδόσεις (PCE=15.5%) και αξιόπιστη επαναληψιμότητα <sup>[4]</sup>.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Xing G, Mathews N, Sun S, Lim SS, Lam YM, Grätzel M, Mhaisalkar S, Sum TC. (2013). *Science*, 342: 344.
- [2] Jeon NJ, Noh JH, Yang WS, Kim YC, Ryu S, Seo J, Seok SI. (2015). *Nature*, 517: 476.
- [3] Wu Z, Zhu Y, Ji X. (2014). *J. Mater. Chem. A*, 2: 14759.
- [4] Papadas IT, Ioakeimidis A, Armatas GS, Choulis SA. (2018). *Adv. Sci.*, 5: 1701029.

### ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Έρευνας (ERC), στο πλαίσιο του προγράμματος Έρευνας και Καινοτομίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης 'Horizon 2020 (GRANT AGREEMENT No. 647311)' για τη χρηματοδότηση.