

MoS₂ –Διθειούχο Μολυβδαίνιο

Τμήμα Επιστήμης Και Τεχνολογίας Υλικών
Αικατερίνη Συντυχάκη

Είναι ανόργανη χημική ένωση με ασημί/μαύρο χρώμα που προέρχεται από το ορυκτό μολυβδαινίτη και είναι σχετικά αδρανής ουσία. Δεν επηρεάζεται από αραιά οξέα και το οξυγόνο. Στην εμφάνιση και την υφή είναι παρόμοιο του γραφενίου. Είναι ευρέως χρησιμοποιούμενο σαν στερεό λιπαντικό λόγω των χαμηλών ιδιοτήτων τριβής και της δύναμής του.



Πηγή εικόνας: http://en.wikipedia.org/wiki/Molybdenum_disulfide

Ο μολυβδαινίτης υποβάλλεται σε επεξεργασία με επίπλευση για να δώσει καθαρό MoS₂. Επίσης μπορεί να προκύψει και από τη θερμική επεξεργασία σχεδόν όλων των ενώσεων μολυβδαινίου με υδρόθειο ή στοιχειακό θείο. Επιπλέον μπορεί να παραχθεί με αντιδράσεις μετάθεσης από μολυβδαίνιο πενταχλωρίδιο.

Συνήθως αποτελείται από ένα μίγμα δύο κύριων ειδών πολυμορφισμού την 2H και 3R. Στο 2H-MoS₂ κάθε κέντρο του καταλαμβάνει μια τριγωνική πρισματική δομή και είναι συνδεδεμένη με έξι σουλφιδικούς δεσμούς. Κάθε θειούχο κέντρο είναι πυραμιδικό και συνδέεται με τρία κέντρα μολύβδου. Έτσι δημιουργείται μια διαστρωματωμένη δομή όπου τα άτομα του μολυβδαινίου «στριμώνονται» μεταξύ των στρωμάτων του θείου. Εξαιτίας των ασθενών αλληλεπιδράσεων van der Waals μεταξύ των στρωμάτων σουλφιδικών ατόμων, το MoS₂ έχει χαμηλό συντελεστή τριβής κι έτσι έχει λιπαντικές ιδιοτητες. Τα νανοσωματίδια MoS₂ σχηματίζουν μικροδομές νανοσωλήνα. Τα στρώματα MoS₂ είναι 2D ημιαγωγοί.

Χρησιμοποιείται ευρέως σαν μία ξηρή λιπαντική ουσία καθώς λίγες εναλλακτικές υπάρχουν που να παρέχουν υψηλή λιπαντικότητα και σταθερότητα σε έως 250⁰C και σε οξειδωτικά περιβάλλοντα. Έχει χαμηλό συντελεστή τριβής (0,03-0,06), ισχυρή συγγένεια μεταλλικές επιφάνειες,

σταθερότητα παρουσία των περισσότερων διαλυτών, λειτουργεί σαν λιπαντική ουσία και στο κενό όπου ο γραφίτης αποτυγχάνει.

Συχνά είναι συστατικό σε μίγματα σύνθετων υλικών που απαιτούν χαμηλή τριβή. Όταν προστίθεται σε πλαστικό, σχηματίζεται ένα σύνθετο υλικό με βελτιωμένη αντοχή και μειωμένη τριβή. Αυτολιπαινόμενες σύνθετες επιστρώσεις σε υψηλή θερμοκρασία αποτελούνται από MoS_2 και νιτρίδιο του τιτανίου. Παραδείγματα εφαρμογών του: κινητήρες μοτοσυκλετών, φρένα ποδηλάτων, αυτοκινητοβιομηχανία, εξοπλισμός σκι.

Επίσης χρησιμοποιείται σαν συν-καταλύτης μαζί με μικρές ποσότητες κοβαλτίου και νικελίου σε ομογενές μίγμα οξειδίου του αργιλίου (alumina) για την αποθείωση στην πετροχημεία.

Νανομηχανικό σχίσμο (nanomechanical cleavage) MoS_2 ατομικών στρωμάτων: χάρη σ' αυτή την τεχνική βρέθηκαν 2D υλικά. Οι διεργασίες σχισίματος και συναφείς μηχανικές συμπεριφορές διερευνώνται από την άμεση μετάδοση ηλεκτρονικής μικροσκοπίας, χρησιμοποιώντας ατομικά λεπτά στρώματα σαν μοντέλο-υλικό. Η ατομική διαδικασία των μικρομηχανικών σχισμάτων δεν είναι ακόμα πλήρως κατανοητή.

Για το νανομηχανικό σχίσμο ενός στρώματος (monolayer) MoS_2 η μονή στρώση που προεξείχε από τον κρύσταλλο ήρθε σ' επαφή με την ακίδα. Μετά η ακίδα μετακινήθηκε σε κεκλιμένη γωνία, προκαλώντας το στρώμα να κολλήσει στην ακίδα και να αποκολληθεί από τον κρύσταλλο. Το στρώμα είναι από την φύση του κυρτό. Μετακινώντας την ακίδα μακριά, το στρώμα μπόρεσε να τεντωθεί και να αποκολληθεί πλήρως. Το στρώμα μπορούσε να διπλωθεί κι αυτό δείχνει τη σημασία των δυνάμεων van der Waals. Μετά την αποκόλληση, το στρώμα μπορεί πάλι να επικολληθεί ξανά στον κρύσταλλο σχεδόν πλήρως, λόγω των δυνάμεων van der Waals. Συνεπώς η διαδικασία είναι αντιστρεπτή.

Όταν επαναλήφθηκε η διαδικασία με 2-3 στρώματα, παρατηρήθηκε πως ήταν εξίσου εύκαμπτα και αυτό αποδεικνύει την υψηλή ευκαμψία του υλικού, ιδιότητα πολύ χρήσιμη για εύκαμπτα ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Μετά η ίδια διαδικασία έγινε και για 5 στρώματα τα οποία ήταν λίγο πιο άκαμπτα εξαιτίας μικρότερων μετατοπίσεων οφειλόμενες σε θερμικές διακυμάνσεις λόγω του τύπου $\langle h^2 \rangle = TL^2/k$ όπου L το μέγεθος δείγματος και k η ακαμψία. Ωστόσο μπόρεσε να επικολληθεί ξανά στον κρύσταλλο. Στα 11 στρώματα παρέμειναν εύκαμπτα και επικολλήθηκαν ξανά στον κρύσταλλο, εκτός από την περιοχή επαφής λόγω συγκέντρωσης τάσεων. Στα 23 στρώματα, ήταν αρκετά παχύ το φύλλο και σχηματίστηκαν διακριτές συστροφές κατά τη διάρκεια της κάμψης αλλά και πάλι η διαδικασία επικόλλησης στον κρύσταλλο ήταν αντιστρεπτή, όμως ένα κομμάτι του φύλλου δεν έκανε δεσμούς.

Βιβλιογραφία

- [1] Dai-Ming Tang, Dmitry G. Kvashnin, Sina Najmaei, *Nanomechanical cleavage of molybdenum disulphide atomic layers* (2014), Nature Communications
- [2] W.O. Winer, *MoS₂ as a lubricant: a review of the fundamental knowledge*, Wear, 10
- [3] <http://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-chemistry-uses/lubricants.php>
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Molybdenum_disulfide