



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Μηχανικής και
Τεχνολογίας

Πτυχιακή εργασία

**Μελέτη ανόργανων δυαδικών συστημάτων για το
σηματισμό υλικών Si-O**

Κωνσταντίνος Σωκράτους

Λεμεσός, Μάιος 2025

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΜΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΩΝ

Πτυχιακή εργασία

Μελέτη ανόργανων δυαδικών συστημάτων για το
σηματισμό υλικών Si-O

του

Κωνσταντίνου Σωκράτους

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Δρ. Μελίτα Μενελάου

Λεμεσός, Μάιος 2025

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Κωνσταντίνος Σωκράτους, 2025

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Επιστήμης και Μηχανικής Υλικών του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θερμές ευχαριστίες για την αποπεράτωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, Δρ. Μελίτα Μενελάου, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το παρόν θέμα, καθώς και για την πολύτιμη καθοδήγηση και υποστήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ Κωνσταντίνο Καπνίση του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου για τον χρόνο του κατά τις μετρήσεις με την τεχνική SEM, την Dr Martina Vrankic από το Ruđer Bošković Institute στην Κροατία για τις μετρήσεις στο XRD, την διδακτορική φοιτήτρια του τμήματος Χημικών Μηχανικών Ειρήνη Κωνσταντίνου για την βοήθεια στην υλοποίηση της υδροθερμικής διαδικασίας και τον συμφοιτητή μου Αντρέα Στυλιανού για την συνεργασία και την αλληλοβοήθεια στον χώρο του Εργαστηρίου Ανόργανων Υλικών του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών. Επίσης ευχαριστώ το μεγαλύτερο μέρος των καθηγητών του τμήματος των Μηχανολόγων μηχανικών οι οποίοι με την ανθρωπιά τους έδειξαν κατανόηση όσο αφορά την εργασία μου αφού αρκετές φορές προσάρμοσαν το ακαδημαϊκό πρόγραμμα με την δική μου διαθεσιμότητα. Πάνω από όλα ευχαριστώ όλους αυτούς που μπορώ υπερήφανα να αποκαλώ οικογένεια μου για την υπομονή που έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια αλλά και για την ακλόνητη τους πίστη προς εμένα σε κάθε στάδιο της ζωής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά τη μελέτη και την ανάπτυξη νέων υλικών που βασίζονται στο δυαδικό σύστημα πυριτίου-οξυγόνου (Si-O) και κύριος στόχος της εργασίας είναι η παραγωγή υλικών με βελτιωμένες δομικές και μορφολογικές ιδιότητες, χρησιμοποιώντας τεχνικές υγρής χημείας. Για τη σύνθεση αυτών των υλικών χρησιμοποιήθηκαν πρόδρομες ενώσεις όπως το τετρααιθοξυσιλάνιο (TEOS) ως φορέας πυριτίου, καθώς και το εξαδεκυλοτριμεθυλαμμώνιο βρωμίδιο (CTAB), το θειϊκό δωδεκύλιο νάτριο (SDS), και η πολυαιθυλενογλυκόλη 4000 (PEG-4000) τα οποία έδρασαν ως επιφανειοδραστικά. Επιπλέον, προστέθηκαν και διαλύματα NaOH και NH₄OH 25% για τη ρύθμιση της τιμής του pH και την ενίσχυση των διεργασιών υδρόλυσης και συμπύκνωσης. Η σημασία της έρευνας έγκειται στη δυνατότητα παραγωγής νανοδομημένων υλικών με ελεγχόμενα χαρακτηριστικά, όπως πορώδη δομή και κρυσταλλικότητα. Μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού των συνθηκών σύνθεσης, επιτεύχθηκε ο έλεγχος της δομής και της μορφολογίας των παραγόμενων υλικών στη νανοκλίμακα. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση των μηχανισμών που συμβάλουν για τον σχηματισμό τέτοιων υλικών, καθώς ανοίγει νέους δρόμους για την ανάπτυξη καινοτόμων υλικών με βελτιωμένες φυσικοχημικές ιδιότητες. Για τον χαρακτηρισμό των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές, όπως η φασματοσκοπία υπέρυθρου με μετασχηματισμό Fourier (FTIR), η περίθλαση ακτίνων X (XRD) και η ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM). Αυτές οι τεχνικές επιβεβαίωσαν τον σχηματισμό δεσμών Si-O, ανέδειξαν την κρυσταλλική ή άμορφη φύση των υλικών και παρείχαν λεπτομέρειες για τη μορφολογία τους. Τα παραγόμενα υλικά Si-O, λόγω της πορώδους δομής και της χημικής σταθερότητάς τους, έχουν πολλαπλές εφαρμογές, από αισθητήρες αερίων, σε υλικά αποθήκευσης ενέργειας, μέχρι και στον βιοϊατρικό τομέα όπως η ελεγχόμενη χορήγηση φαρμάκων. Η παρούσα εργασία συνεισφέρει στην εμπάθυνση της γνώσης γύρω από τη σύνθεση και τις ιδιότητες των υλικών αυτών, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για μελλοντικές ερευνητικές και βιομηχανικές εφαρμογές. Συνοπτικά, η πτυχιακή αυτή εργασία επικεντρώνεται στη δημιουργία και μελέτη υλικών Si-O με ελεγχόμενες ιδιότητες, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια πληθώρα τεχνολογικών και επιστημονικών εφαρμογών, συμβάλλοντας στην πρόοδο της επιστήμης των υλικών.

Λέξεις κλειδιά: SiO₂, TEOS, CTAB, SDS, PEG-4000, XRD, FTIR, SEM

ABSTRACT

This thesis focuses on the study and development of new materials based on the binary silicon-oxygen (Si-O) system. The main objective is the production of materials with improved structural and morphological properties, using wet chemistry techniques. For the synthesis of these materials, precursor compounds such as tetraethyl orthosilicate (TEOS) were used as the silicon source, cetyltrimethylammonium bromide (CTAB), sodium dodecyl sulfate (SDS) and polyethylene glycol 4000 (PEG4000) for morphology control. In addition, solutions of NaOH and 25% NH₄OH were used to adjust the pH and enhance the hydrolysis and condensation processes. The significance of this research lies in the ability to produce nanostructured materials with controlled characteristics, such as porous structure and crystallinity. Through the appropriate design of synthesis conditions, control over the structure and morphology of the produced materials at the nanoscale was achieved. This is crucial for understanding the mechanisms governing the formation of such materials, as it paves the way for the development of innovative materials with enhanced physicochemical properties. Advanced techniques were used for the characterization of the samples, including Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), X-ray Diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscopy (SEM). These techniques confirmed the formation of Si-O bonds, revealed the crystalline or amorphous nature of the materials, and provided details on their morphology at the micro- and nanoscale. The produced Si-O materials, due to their porous structure and chemical stability, have multiple applications. They can be used as catalytic supports, in gas sensors, in energy storage materials (such as batteries and supercapacitors), in filtration membranes, as well as in the biomedical field for applications such as controlled drug release. This thesis contributes to the deepening of knowledge regarding the synthesis and properties of these materials, creating the conditions for future research and industrial applications. In simple terms, this thesis focuses on the creation and study of silicon-oxygen materials with controlled properties, which can be used in a wide range of technological and scientific applications, contributing to the advancement of materials science.

Keywords: SiO₂, TEOS, CTAB, SDS, PEG-4000, XRD, FTIR, SEM