

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μελέτη διερευνά την κατασκευή μικρο-δομών χρησιμοποιώντας λέιζερ φεμτοδευτερολέπτου τελευταίας τεχνολογίας. Οι δομές κατασκευάστηκαν σε δύο διαφορετικά υλικά (πυρίτιο και διοξείδιο του πυριτίου) και η επιλογή των υλικών αυτών έγινε λόγω συγκεκριμένων ιδιοτήτων τους. Οι δομές αυτές είναι σε μικρο-κλίμακα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεταγενέστερα ως εφαρμογές στα μικρο-οπτικά κυκλώματα και κατασκευές όπως στα μικρο-ρευστά συστήματα. Συγκεκριμένα, οι δομές που έχουν κατασκευαστεί είναι μια συσκευή μικρορευστότητας, η οποία μπορεί να βρει εφαρμογή στην συμπεριφορά, στον ακριβή έλεγχο και στο χειρισμό των ρευστών που είναι περιορισμένα σε μια μικρή κλίμακα. Επίσης, έχει γίνει εγγραφή μάσκας φάσης μέσα στον όγκο του διοξειδίου του πυριτίου, η οποία χρησιμοποιείται για εγγραφή φραγμάτων Bragg - οπτικών αισθητήρων.

Η χάραξη και η εγγραφή των δομών αυτών έγινε με τη χρήση ενός High-Q FemtoREGEN λέιζερ φεμτοδευτερολέπτου (4-class), το οποίο στέλνοντας παλμούς υψηλής έντασης αλληλεπιδρούσε με τα υλικά με αποτέλεσμα να αλλάζε τη θεμελιώδη κατάσταση τους, δηλαδή τις φυσικές και οπτικές ιδιότητες τους εκεί που εστιάζονταν οι δέσμες του λέιζερ. Επίσης, η δημιουργία των δομών αυτών έγινε με τη βοήθεια ενός αλγόριθμου (G-Code), ο οποίος καθόριζε την ταχύτητα και τη διαδρομή που θα ακολουθούσε το δείγμα για να χτυπηθεί από τους παλμούς του λέιζερ. Η ένταση του λέιζερ και η ταχύτητα εγγραφής καθόριζαν το βάθος στο οποίο θα κατασκευαστεί η δομή στο υλικό και το πλάτος της δομής αυτής.

Αφού έγινε η δημιουργία των μικρο-δομών λήφθηκαν μετρήσεις για τις διαστάσεις τους. Για τις μετρήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν διάφορα όργανα τελευταίας τεχνολογίας, όπως το οπτικό προφιλόμετρο, το μικροσκόπιο ατομικής δύναμης και το οπτικό μικροσκόπιο, όπου το κάθε όργανο απεικόνιζε τις δομές σε διαφορετική κλίμακα. Ακολούθως, εξήχθησαν συμπεράσματα σχετικά με τις διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά τους.

Μετά από μερικές πειραματικές δοκιμές επιτεύχθηκε ομοιόμορφη εγγραφή δομών με σταθερό πλάτος και βάθος, αλλά και εγγραφή τόσο στον όγκο, όσο και στην επιφάνεια του υλικού. Συγκεκριμένα, στις δοκιμές αυτές εφαρμόστηκαν διάφοροι αλγόριθμοι, οι οποίοι αντιπροσώπευαν καθορισμένες δομές και σε συνδυασμό με την αλλαγή του σημείου εστίασης της δέσμης γινόταν η εγγραφή. Με την χρήση των οργάνων μέτρησης εξακριβωνόταν η δημιουργία των δομών και τα χαρακτηριστικά τους.

Τέλος, έχει αποδειχθεί ότι μέσα από τις δομές που δημιουργήθηκαν με την χρήση του κώδικα G-code δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας πολύπλοκων δομών, όπου ο χρήστης μπορεί να δίνει συγκεκριμένες παραμέτρους και εντολές για τη δημιουργία τους. Αυτό δίνει τη δυνατότητα για μια ευρεία εφαρμογή κάθε δομής ξεχωριστά σε διάφορους τομείς της τεχνολογίας.

Abstract

This study explores the inscription of micro-structures using a femtosecond laser. The structures were inscribed in two different materials (silicon and silica) and the selection of these materials was related to their specific properties. These structures are micro-scale, and can subsequently be used in applications in micro-optical circuits and micro-fluidic systems. Specifically, the structures constructed are a microfluidic device, which can be used to precisely control the handling of fluids on a very small scale. Furthermore, we inscribed phase masks within the bulk volume of silica; these are typically used for recording Bragg gratings and can be used as optical sensors.

The inscription of these structures was achieved using a High-Q FemtoREGEN femtosecond laser (4-class), with the high intensity pulses interacting with the material fundamentally modifying its physical and optical properties at the point where the laser beam is focused. The structures we designed using an algorithm (G-Code), which determined the speed and sample motion relative to the inscribing laser beam. In general, the intensity of the laser and the translation speed determines the depth and width of the structures.

After the creation of micro-structures we measured their dimensions. For these measurements we used equipment of the latest technology, such as an optical profilometer, an atomic force microscope and an optical microscope, where each piece of equipment showed the structures on a different length scale. Subsequently, conclusions were reached about the dimensions and characteristics of these structures.

Following several experimental trials, we recorded uniform structures with constant width and depth, in the volume and on the surface of the material. Specifically, in these tests, various algorithms are applied, representing defined structures in combination with the change of the laser focal point.

Finally, we confirmed that G-code offers the ability to create complex structures, where the user can give specific parameters and commands to create them. This allows for a broad application of each structure separately in various fields of technology.