

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΛΙΚΩΝ ΜΕ LASER

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Υπεύθυνη : κα Μακροπούλου
Παρουσίαση : Ζαφειράτου Ηγυσώ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- ✘ Τι είναι το Laser και λίγη ιστορία.
- ✘ Πλεονεκτήματα της χρήσης των Laser.
- ✘ Εφαρμογές των Laser στα υλικά.
- ✘ Συγκόλληση και κοπή μετάλλων.
- ✘ Ταχεία πρωτοτυποποίηση.
- ✘ Μηχανική κραματοποίηση.
- ✘ Φωτολιθογραφία.

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ LASER

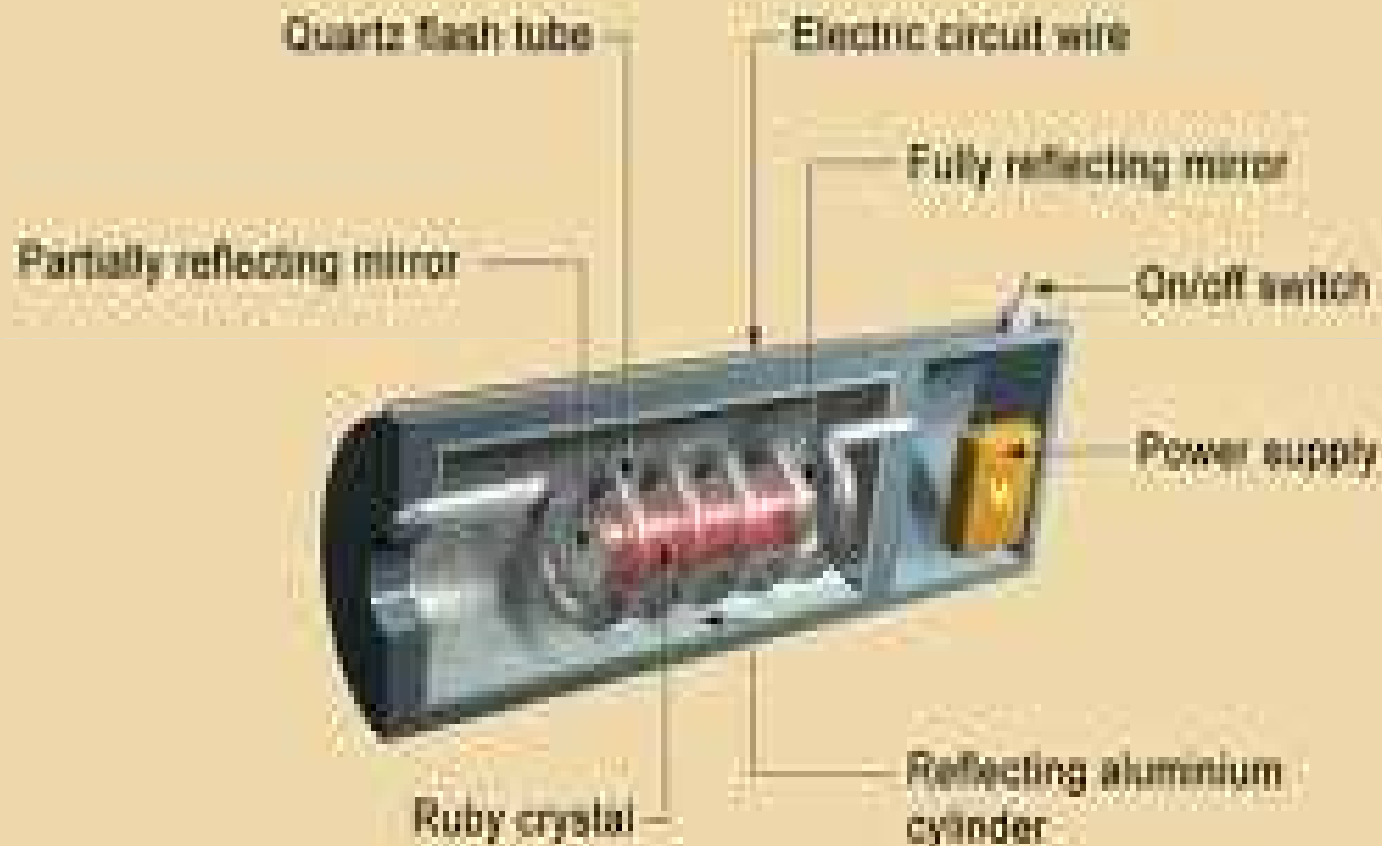
Η εφεύρεση των λέιζερ(Laser)στηρίχθηκε στην κατασκευή των μείζερ (Maser).

Ο όρος λέιζερ προέρχεται από το αγγλικό ακρωνύμιο Laser “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” που αποδίδεται στα ελληνικά ως **ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας.**

ΛΙΓΗ ΙΣΤΟΡΙΑ...

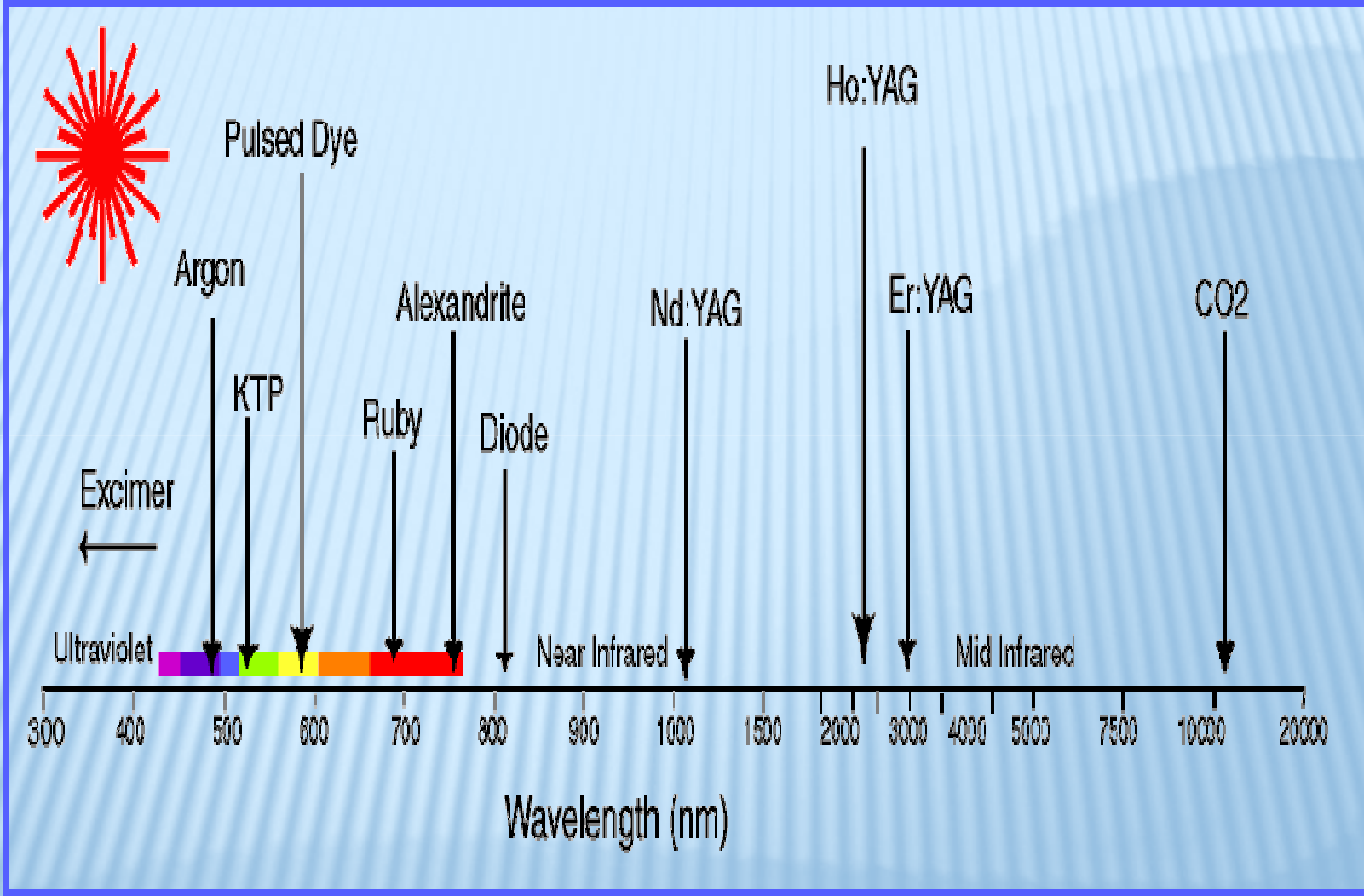
- ✘ Το πρώτο Laser κατασκευάστηκε το 1960 στη Καλιφόρνια και ονομάζεται Ruby Laser.
- ✘ Στηρίχθηκε στη Θεωρία του Einstein το 1917, ο οποίος έδωσε την έννοια της εξαναγκασμένης εκπομπής.
- ✘ Πριν την κατασκευή του Laser είχε ήδη κατασκευαστεί το Maser, παρόμοια κατασκευή, η οποία επεκτεινόταν στη περιοχή μικροκυμάτων του φάσματος συχνοτήτων.

Cut-away View of a Ruby Laser



ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ LASER

- ✘ Μονοχρωματικότητα της ακτινοβολίας.(τα μήκη κύματος των Laser κυμαίνονται από τη περιοχή των υπεριύθρων ως εκείνη των υπεριώδων κυμάτων)
- ✘ Κατευθυντικότητα της δέσμης.(κριτήριο είναι το “άνοιγμα” της δέσμης)
- ✘ Λαμπρότητα της δέσμης και εξαιρετικά μεγάλη ένταση.(χαρακτηριστικό παράδειγμα το Laser He-Ne με λαμπρότητα 100 φορές μεγαλύτερη από αυτή του ήλιου)
- ✘ Σύμφωνη ακτινοβολία.(απόλυτη και σταθερή συσχέτιση μεταξύ μεταβολών του ηλεκτρικού πεδίου σ’ένα σημείο του χώρου με αυτές σε κάθε άλλο σημείο)
- ✘ Πόλωση της δέσμης Laser.(σε σχέση με άλλες πηγές που παράγουν με μη πολωμένο φως ή τυχαία πολωμένο φως)
- ✘ Λεπτότητα φασματικής γραμμής.(1.000.000 φορές μικρότερη)



ΧΑΡΗ ΣΤΙΣ ΜΟΝΑΔΙΚΕΣ ΤΟΥΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΑ LASER ΠΑΡΕΧΟΥΝ...

- ✘ Εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια δέσμης
 - ✘ Ταχύτητα και ευκολία
- ✘ Δυνατότητα συγκέντρωσης υψηλής ενέργειας σε μικρή επιφάνεια
 - ✘ Μεγάλη ανάλυση

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ LASER ΣΤΑ ΥΛΙΚΑ

Διαδικασία επεξεργασίας υλικών

Αλλαγή φάσης ή
κατάστασης

Χωρίς αλλαγή φάσης

στερεό-> υδρατμούς

στερεό -> υγρό

στερεό -> στερεό

Συγκόλληση / Χαλκοσυγκόλληση
Επιφανειακή κραματοποίηση (περίβλημα)
Ταχεία πρωτοτυποποίηση
Ανάκτηση

Κατεργασίας(κοπή, διάτρηση, κ.τ.λ.)
Επίστρωση
Laser- φασματοσκοπία
Laser -βοήθεια καθαρισμού

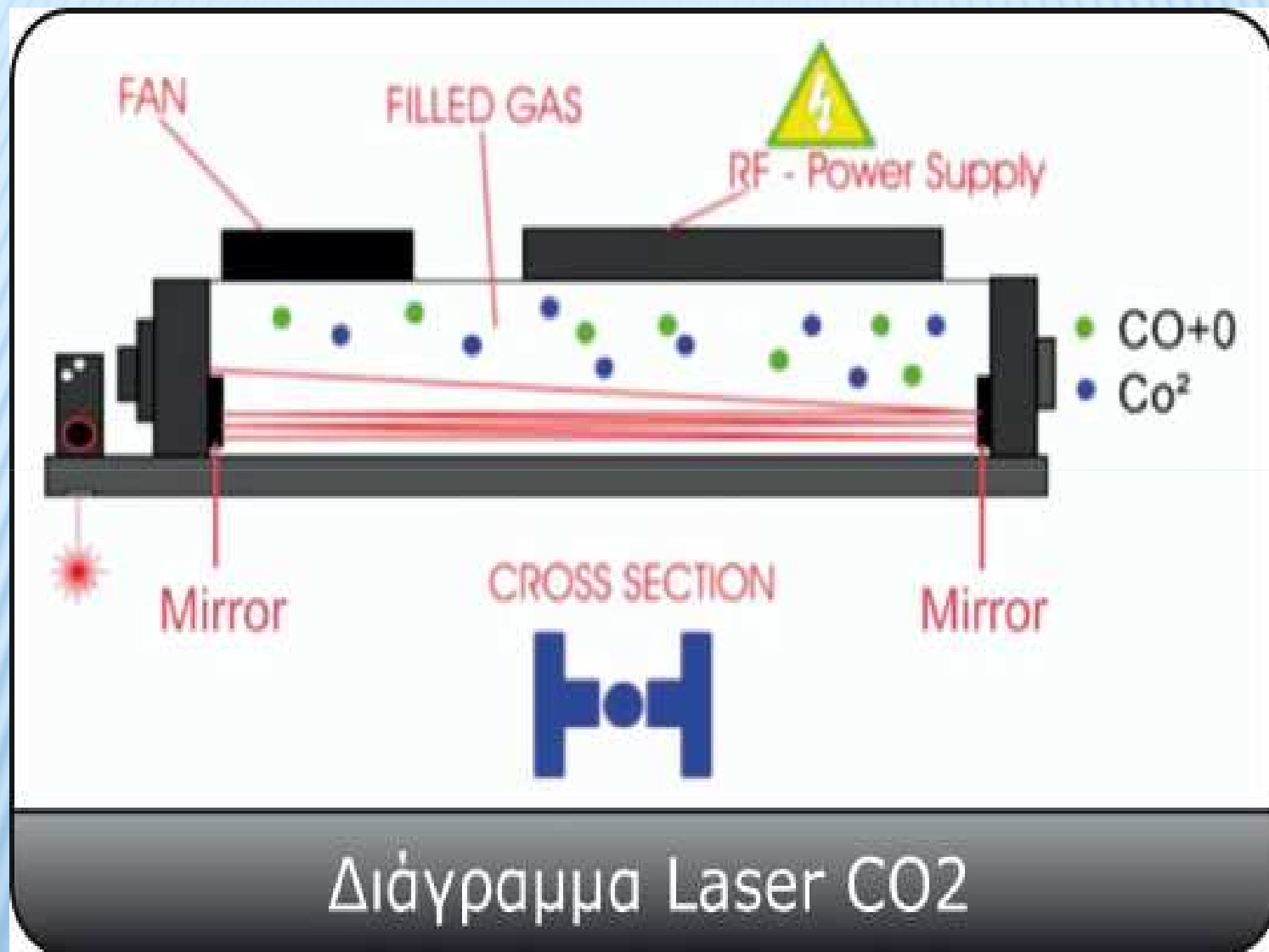
Σκλήρυνση επιφάνειας
Κάμψη ή επεξεργασία
Ανόπτηση
Shot-peening

ΑΙ . ΣΥΓΚΟΛΜΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

- ✘ Επιτυγχάνεται μέσω της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται , όταν μία δέσμη ακτίνων laser προσπίπτει πάνω στα τεμάχια που πρόκειται να συγκολληθούν.
- ✘ Αναπτύσσεται υψηλή θερμοκρασία στα σημεία συγκόλλησης μέχρι του σημείου σύντηξης αυτών.

ΦΥΣΙΚΗ ΣΥΓΚΟΛΗΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

- ✘ Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τη δέσμη που παράγεται από laser CO₂. Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται σε μείγμα με He, N₂ με αναλογίες CO₂ 4.5%, N₂ 13.5%, He 82% περίπου. Τα αέρια αυτά λαμβάνονται συνήθως από φιάλες πεπιεσμένων αερίων και αναμειγνύονται πριν από την είσοδο τους στην κοιλότητα του laser.
- ✘ Η κοιλότητα αυτή λόγω υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο εσωτερικό της, ψύχεται εξωτερικά από κλειστό κύκλωμα απιονισμένου νερού.
- ✘ Η ακτινοβολία εκπέμπεται σε μήκος κύματος 10.6 μm και αποτελεί μία συγκεντρωμένη πηγή ενέργειας υπό τη μορφή παράλληλης δέσμης.
- ✘ Η δέσμη π.χ. διαστάσεων 10mm εάν εστιαθεί με κατάλληλο σύστημα φακών είναι δυνατό να έχουμε συγκέντρωση ενέργειας που ξεπερνά τα 15MW/cm².



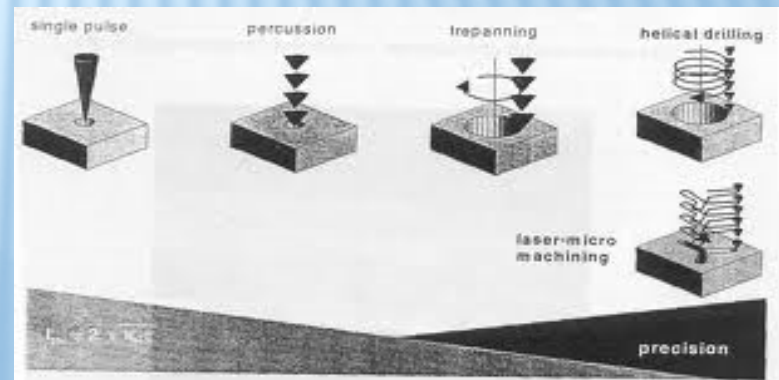
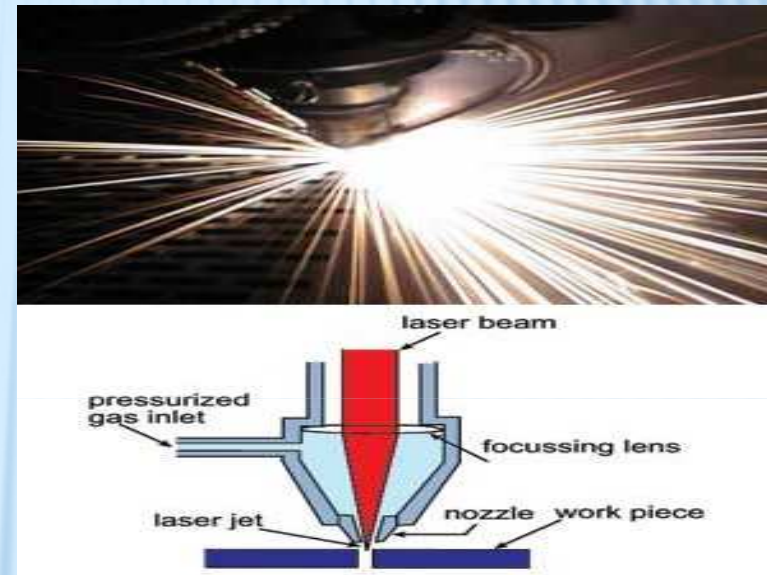
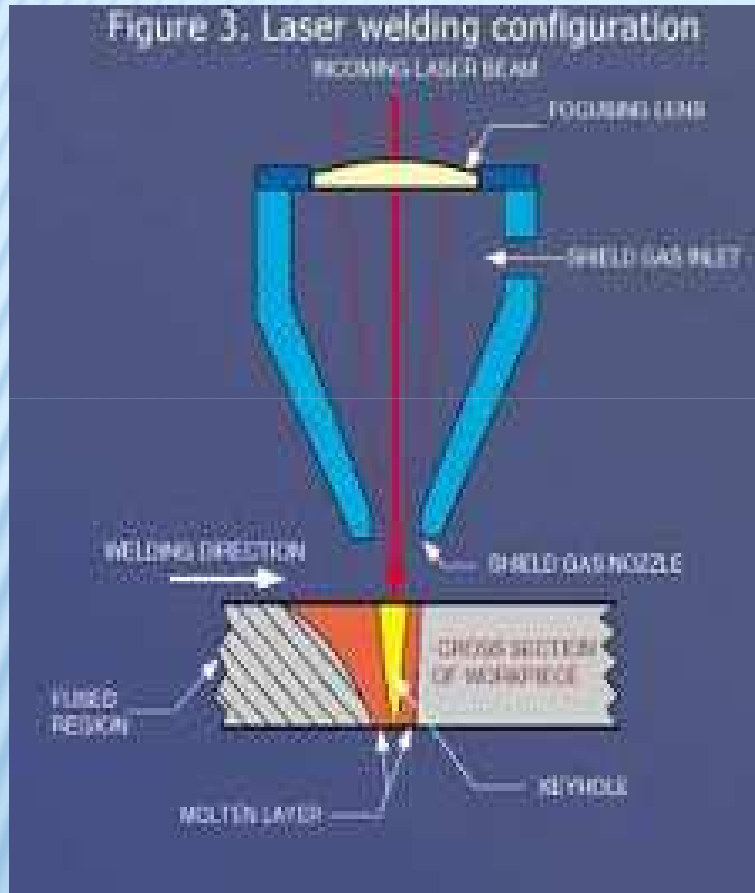
Στο σημείο που θερμαίνονται τα υλικά από τη δέσμη ακτινών laser ξεκινά μία διαδικασία θέρμανσης και ,στη συνέχεια, αρχίζει η διαδικασία της εξάτμισης. Τότε , πραγματοποιείται το φαινόμενο της διάχυσης κατά το οποίο ,μετά από ταυτόχρονη μετατόπιση των μορίων των δύο υλικών και προς τις δύο κατευθύνσεις ,τα μόρια του κάθε υλικού διασπείρονται από τις περιοχές υψηλότερης συγκέντρωσης σε περιοχές μικρότερης συγκέντρωσης ,μέχρις ότου οι συγκεντρώσεις να εξισώνονται και η μεταφορά των μορίων συνεχίζει με σταθερό ρυθμό.

$$l_{ch} = \sqrt{Dt}$$

ΑΙΙ.ΚΟΠΗ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

- ✘ Αξιοποιεί τη μεγάλη πυκνότητα ενέργειας που έχει μία δέσμη Laser.
- ✘ Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας μιας δέσμης laser κοπής ελασμάτων μετατρέπεται σε θερμότητα με συνέπεια να προκαλεί τοπική τήξη.
- ✘ Η δέσμη διοξειδίου άνθρακα είναι αυτή που χρησιμοποιείται κατεξοχήν στις μηχανές κοπής με laser .
- ✘ Οι μηχανές κοπής με laser διαθέτουν μια διάταξη προσαγωγής αερίου στο σημείο εστίασης της δέσμης. Το αέριο αυτό βοηθάει στην απομάκρυνση του τηγμένου μετάλλου και προστατεύει τους φακούς εστίασης από τους παραγόμενους ατμούς.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ..

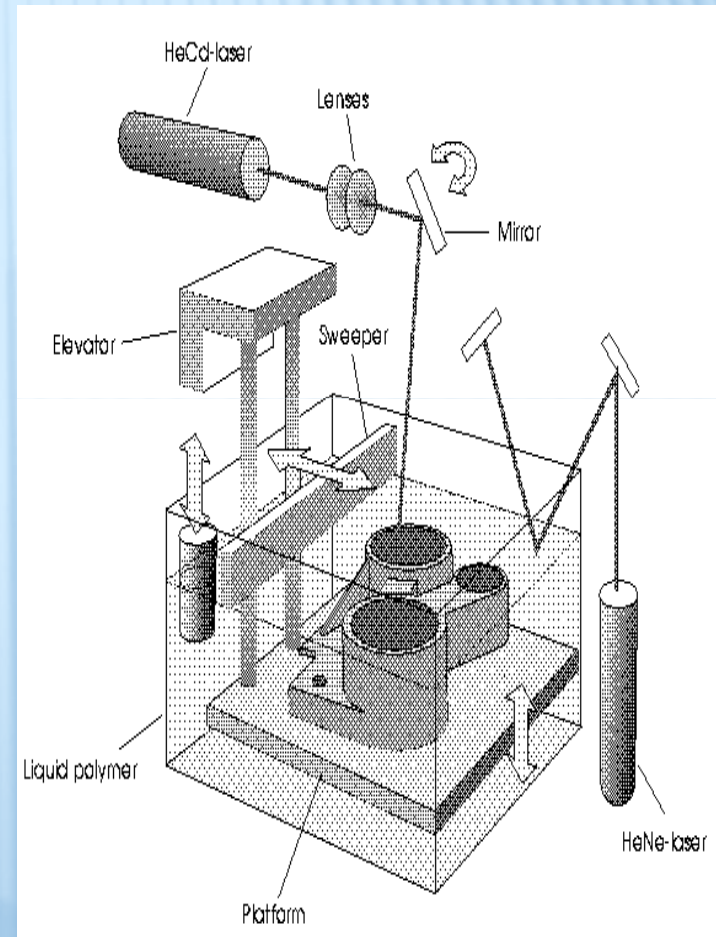


B. ΤΑΧΕΙΑ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

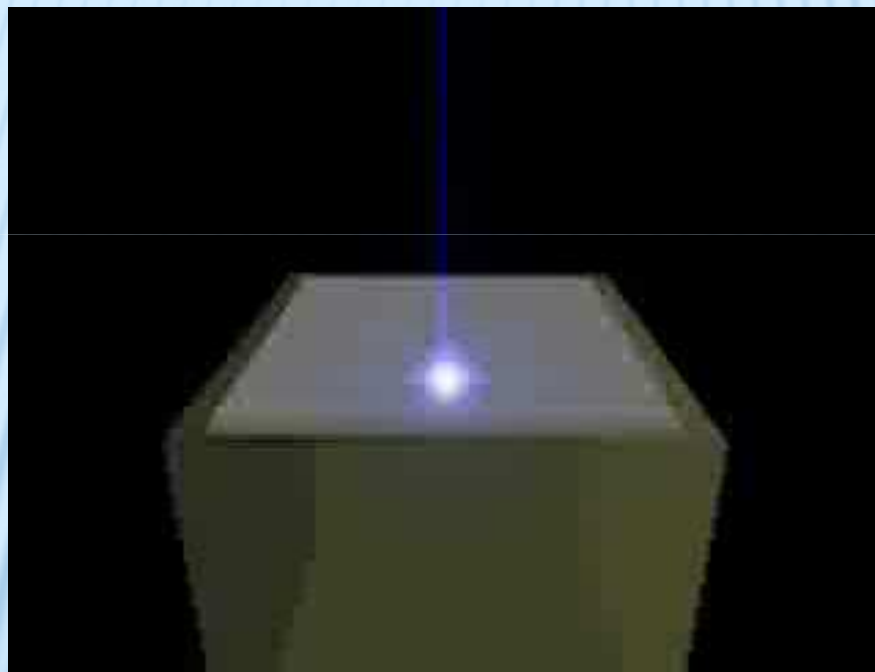
- ✘ Νέα τεχνολογία κατασκευής μοντέλων στρώμα-στρώμα (layer by layer) που μείωσε το χρόνο κατασκευής μοντέλων κάθε πολυπλοκότητας.
- ✘ Από το σύστημα στερεάς μοντελοποίησης παίρνουμε ένα αρχείο τύπου STL(αρχείο εικόνας). Αυτό τροφοδοτείται στο σύστημα ταχείας πρωτοτυποποίησης που κόβει λεπτές οριζόντιες διατομές διαμέσου του αρχείου STL, στο επιθυμητό πάχος (πχ. 0.2mm). Το εξάρτημα δημιουργείται σε στρώματα. Το σύστημα χειρίζεται τη στοίβα των ψηφιακών διατομών για να παράγει το κάθε επίπεδο υλικού, το ένα πάνω από το άλλο.

ΒΙ. ΣΤΕΡΕΟΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ

- ✘ Ο ανελκυστήρας βρίσκεται σε μια απόσταση από την επιφάνεια του ρευστού ίση με το πάχος του πρώτου στρώματος. Η ακτίνα laser σαρώνει την επιφάνεια.
- ✘ Το ρευστό είναι φωτο-πολυμερές και με τις υπεριώδης ακτίνες laser στερεοποιείται.
- ✘ Ο ανελκυστήρας μετακινείται προς τα κάτω και με την ίδια διαδικασία παράγεται το επόμενο επίπεδο.
- ✘ Το μοντέλο αφαιρείται από το διάλυμα και το παγιδευμένο στο εσωτερικό του μοντέλου ρευστό, αφαιρείται σε ειδικό φούρνο.
- ✘ Μια δεύτερη ακτίνα laser χρησιμοποιείται για να επιβεβαιώνει ότι η επιφάνεια του ρευστού βρίσκεται στη σωστή θέση.
- ✘ Ο σαρωτής σπάει τις επιφανειακές εντάσεις και επιβεβαιώνει ότι πετυχαίνουμε επίπεδη επιφάνεια και ελαχιστοποιώντας το χρόνο διαδικασίας για κάθε layer.
- ✘ Ο χρόνος σάρωσης εξαρτάται από την γεωμετρία των περιγραμμάτων και την ταχύτητα του laser.
- ✘ Το πάχος των επιπέδων μπορεί να είναι 0.1 mm, ενώ κατασκευάζει μοντέλα βάρους μέχρι και 68 kg, και έχει βάρος σχεδόν 1700 kg.

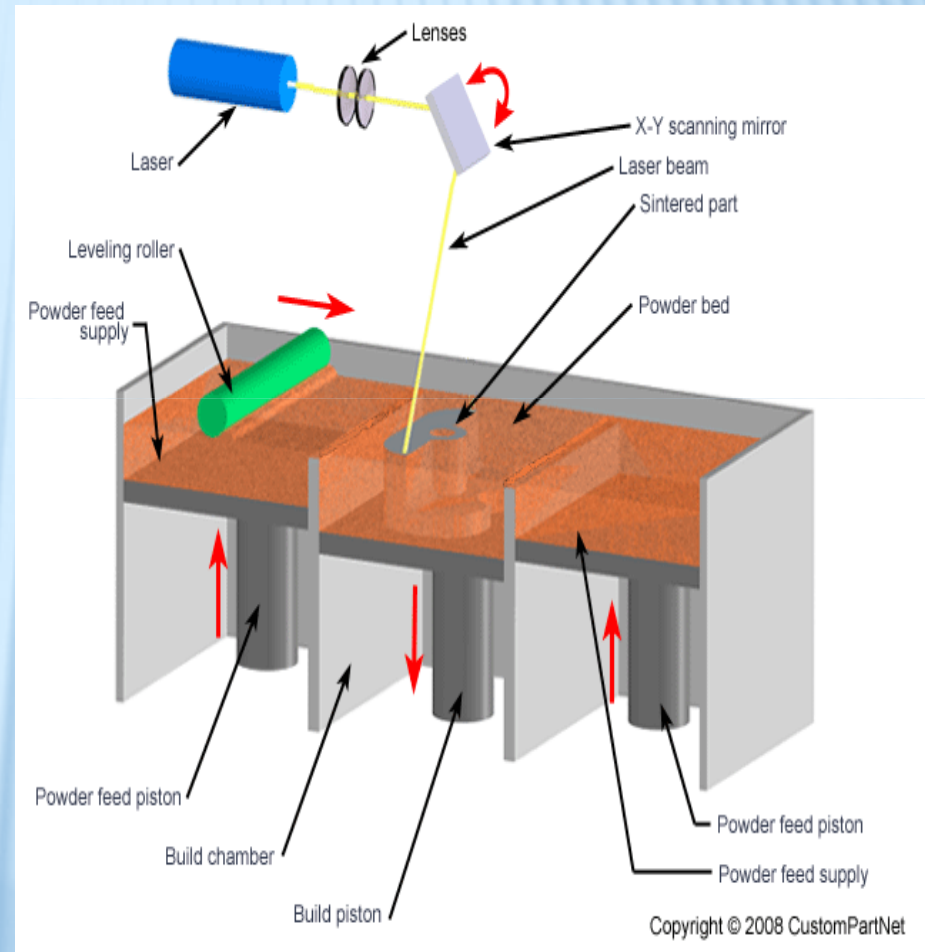


ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΤΕΡΕΟΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑΣ



ΒΙΙ. SELECTIVE LASER SINTERING

- ✘ Στη θέση του ρευστού πολυμερούς, σκόνης από διάφορα υλικά απλώνονται σε μια πλατφόρμα από έναν κύλινδρο.
- ✘ Ένα laser συμπυκνώνει επιλεγμένες περιοχές, αναγκάζοντας τα σωματίδια να λιώσουν και να στερεοποιηθούν.
- ✘ Στην διαδικασία αυτή υπάρχουν δύο μεταβατικές φάσεις: από στερεό σε ρευστό και πίσω πάλι σε στερεό.
- ✘ Τα υλικά που χρησιμοποιούνται και διερευνούνται είναι: πλαστικό, κερί, μέταλλο και επικαλυμμένα κεραμικά.

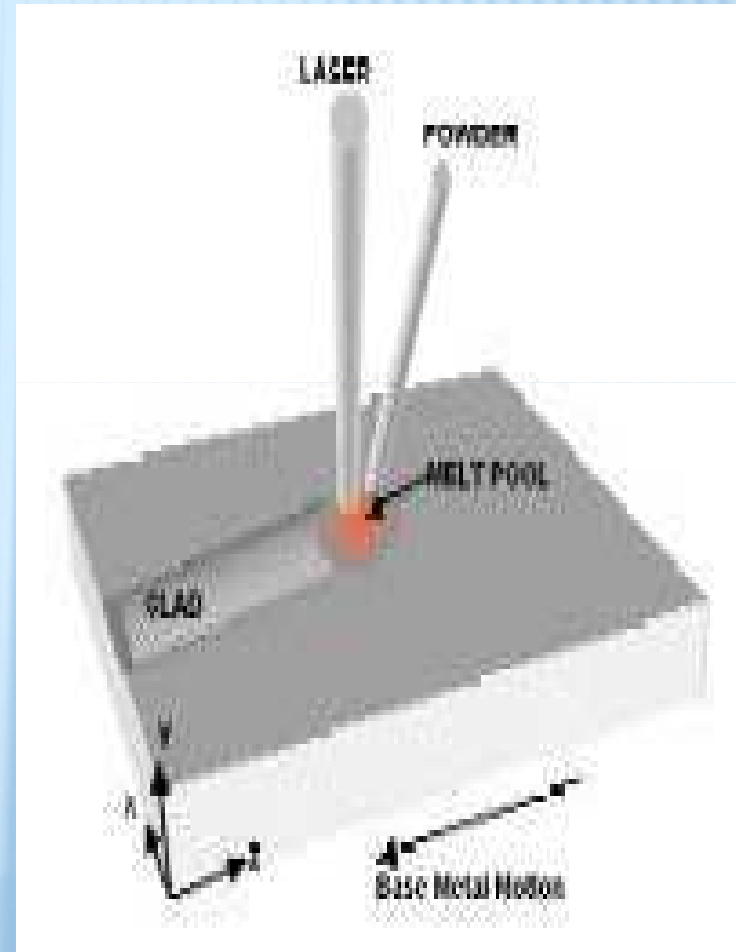




SLS Process

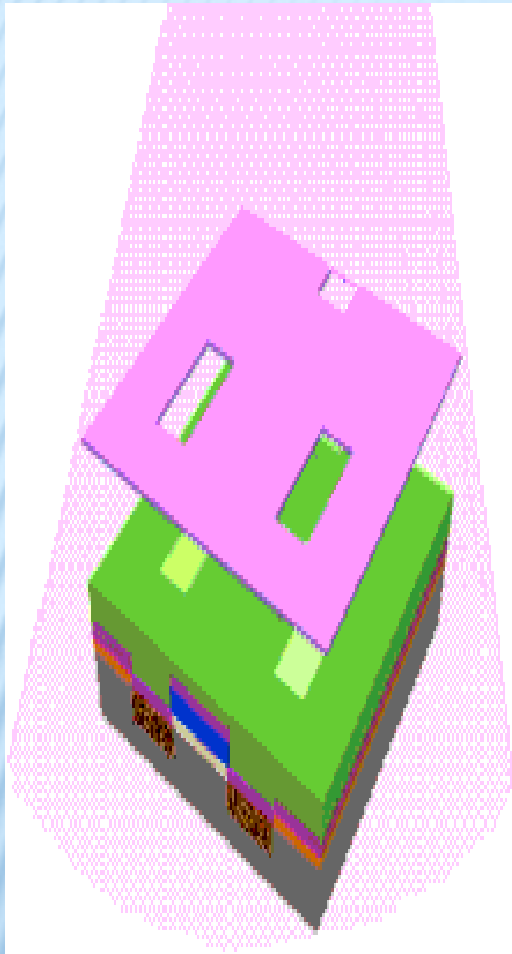
Γ. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΡΑΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ

- ✘ Είναι η διαδικασία πρόσδωσης υψηλής ενέργειας σε ένα μίγμα από μεταλλικές σκόνες , κατά τη διάρκεια της οποίας αλέθονται από ένα σύστημα μεταλλικών σφαιρών ελγχομένης σύστασης και διαμέτρου που έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία κόνων.
- ✘ Η διαδικασία λαμβάνει μέρος σε αδρανή ατμόσφαιρα ή σε κενό για την αποφυγή οξειδώσεων.
- ✘ Η μηχανική κραματοποίηση είναι μια διεργασία που λαμβάνει χώρα στη στερεά κατάσταση και αδυνατεί να συνθέσει όλα τα κράματα καθώς υπάρχει άμεση εξάρτηση από το σύστημα των υλικών.

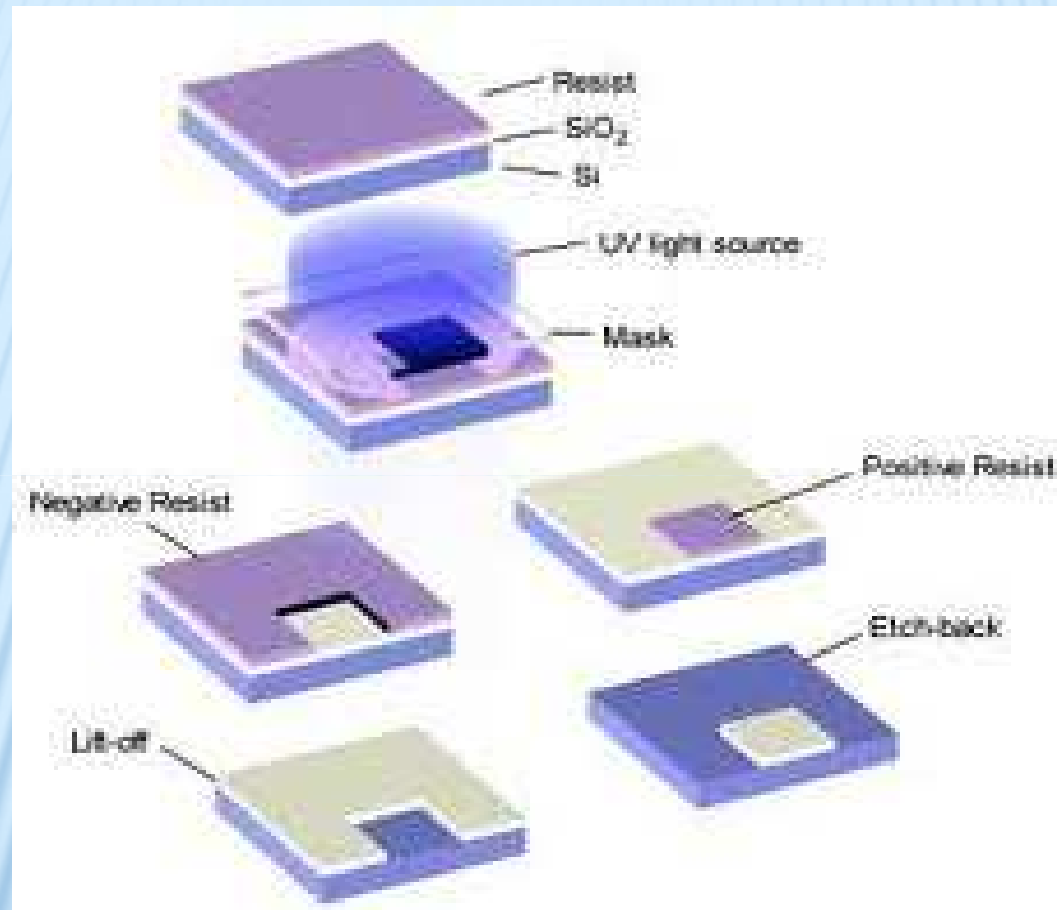


Δ. ΦΩΤΟΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ : Η ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ CHIP

- ✘ Χρησιμοποιώντας τη φωτολιθογραφία μπορούμε να διαμορφώσουμε με λεπτομέρεια μία επιφάνεια ειδικών υλικών όταν πέσει πάνω της φως Laser.
- ✘ Σύμφωνα με τη τεχνική της φωτολιθογραφίας μία δέσμη υπεριώδους ακτινοβολίας διαπερνά κατάλληλη μάσκα και προσπίπτει σε λεπτή φέτα πυριτίου καλυμμένη με οξείδιο και πάνω από το οξείδιο με φωτοευαίσθητο υμένιο.



- ✘ Η μάσκα σκιαγραφεί τα διάφορα μέρη του chip και το υπεριώδες φως θα προσπέσει μόνο στις περιοχές εκείνες που τις αφήνει εκτεθειμένες η μάσκα.
- ✘ Το φωτοευαίσθητο υλικό πολυμερίζεται όταν εκτεθεί στο υπεριώδες φως .
- ✘ Κατά τη διαδικασία εμφάνισης του φιλμ οι περιοχές του υμενίου στις οποίες δεν έπεσε το φως απομακρύνονται καθώς διαλύονται σε κατάλληλο χημικό(π.χ.τριχλωροαιθυλένιο).Ενώ αυτές που πολυμερίστηκαν παραμένουν.
- ✘ Οι επιφάνειες που δε προστατεύονται από το υμένιο υποβάλλονται σε χημική χάραξη(με HCl) για απομάκρυνση του οξειδίου του πυριτίου από αυτές.
- ✘ Οι πολυμερισμένες περιοχές του οξειδίου απομακρύνονται και αυτές με χρήση χημικού διαλυτικού(H_2SO_4) σε συνδυασμό με μηχανική χάραξη.
- ✘ Προστίθεται νέο στρώμα υλικού και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Industrial applications , IP Mercer, Imperial College of Science, Technology and Medicine, London, UK.
2. Multilevel diffractive optical element manufacture by excimer laser ablation and halftone masks, F. Quentel, J. Fieret, A.S. Holmes, S. Paineau.
3. Laser processing of materials ,J. Dutta Majumbar, I. Manna , Metallurgical and Materials Engineering Department, Indian Institute of Technology, Kharagpur , India , June/August 2003, pp. 495–562.
4. Bertolotti, Mario (1999, trans. 2004). *The History of the Laser*, Institute of Physics.
5. Wohlers Report 2009, State of the Industry Annual Worldwide Progress Report on Additive Manufacturing, Wohlers Associates, 2009.
6. D. T. Pham, S. S. Dimov, Rapid manufacturing, Springer-Verlag, 2001.
7. <http://www.photopolymer.com/stereolithography.htm>
8. <http://www.protocam.com/html/sls.html>
9. <http://www.materials.uoc.gr/el/undergrad/courses/ETY482/notes/manufacturing.pdf>

Σας ευχαριστώ πολύ!