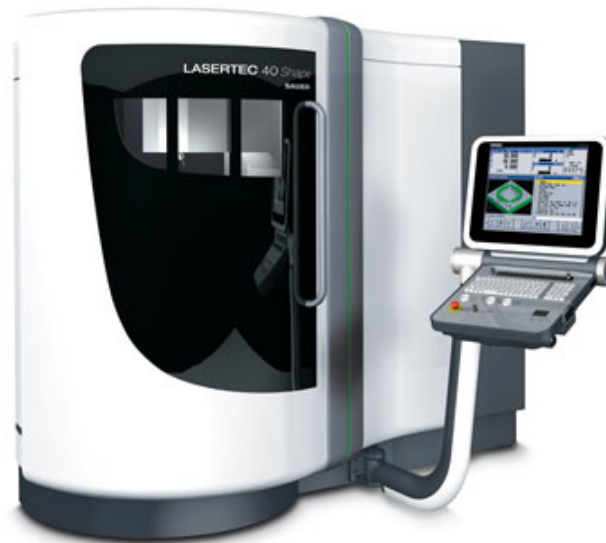


## ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



- ◆ Βασικές αρχές λειτουργίας και τύποι laser
- ◆ Εφαρμογές σε μικρο-κατεργασίες στη βιομηχανία
- ◆ Χάραξη με laser (Laser Engraving)
- ◆ Τεχνικά χαρακτηριστικά της μηχανής που χρησιμοποιήθηκε και προγράμματα καθοδήγησης
- ◆ Πειραματική διαδικασία και αποτελέσματα
- ◆ Συμπεράσματα
- ◆ Χάραξη



## Βασικά τμήματα ενός laser

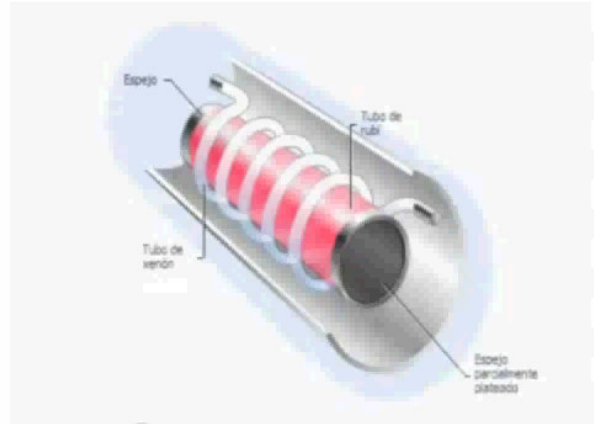
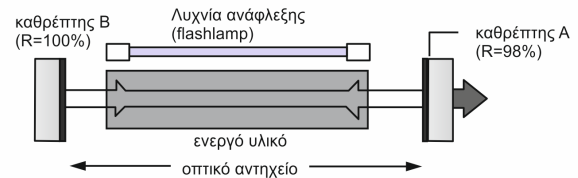
- ◆ Λυχνία ανάφλεξης
- ◆ Ενεργό υλικό
- ◆ Καθρέφτες αντανάκλασης

## Μηχανισμοί λειτουργίας

- ◆ Αντιστροφή πληθυσμού
- ◆ Εξαναγκασμένη εκπομπή
- ◆ Ενίσχυση

## Τύποι βιομηχανικών laser

- ◆ Laser στερεής κατάστασης
- ◆ Laser αερίου
- ◆ Laser ημιαγωγών
- ◆ Laser χρωστικών ουσιών



2011

ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



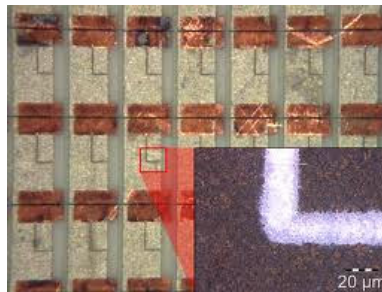
## Βασικές αρχές λειτουργίας laser

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

- ◆ Διάτρηση οπών σε PCB (Microvia drilling)
- ◆ Δημιουργία οπών σε εγχυτές καυσίμου (Fuel injector drilling)
- ◆ Αφαίρεση μόνωσης καλωδίων (Laser insulation)
- ◆ Εφαρμογές στη βιοιατρική
- ◆ Ρύθμιση τιμής ηλεκτρικών αντιστάτων (Resistor trimming)
- ◆ Χάραξη με laser (Laser Engraving)



2011

ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



## Εφαρμογές σε μικρο-κατεργασίες

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

Το **Laser Engraving** αποτελεί μια διαδικασία χάραξης της αναπαράστασης μιας ψηφιακής εικόνας, μιας φωτογραφίας ή ενός κειμένου πάνω σε ένα υλικό. Με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή και υψηλής ενέργειας laser, πραγματοποιείται εξαέρωση μικρού πάχους στρώματος από το αντικείμενο. Η ακτίνα ύστερα από έναν αριθμό περασμάτων, δημιουργεί το επιθυμητό σχέδιο.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι με τις οποίες πραγματοποιείται η χάραξη με laser :

- ◆ Raster Engraving
- ◆ Vector Engraving



2011



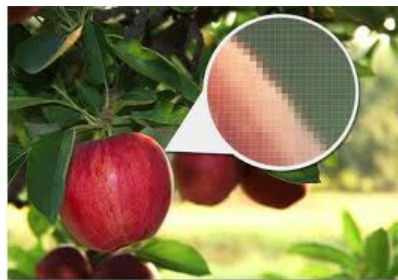
## Laser Engraving

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

- ◆ Τα raster αρχεία δημιουργούνται από μικρά τετράγωνα, γνωστά ως **pixels**. Η ποιότητα των αρχείων αυτών μετριέται σε **DPI** (dots per inch) και όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο αριθμός τόσο καλύτερης ποιότητας είναι η εικόνα. Το σύστημα του laser χρησιμοποιεί τις αποχρώσεις του γκρι, ώστε να προσδιορίσει το πόση ενέργεια θα χρησιμοποιήσει για κάθε pixel και να καθορίσει την ποσότητα του υλικού που θα αφαιρέσει για κάθε ένα από αυτά κατά τη διαδικασία της χάραξης
- ◆ Μία εικόνα σε raster μορφή αντιμετωπίζει δύο σημαντικά μειονεκτήματα:
  - ⊕ σε εικόνες με αρκετά υψηλή ανάλυση επειδή τα pixels είναι υπερβολικά πολλά, υπάρχει ένας μεγάλος όγκος πληροφορίας με αποτέλεσμα να αυξάνεται δραματικά ο χρόνος χάραξης της από τη μηχανή και
  - ⊕ σε οποιαδήποτε προσπάθεια αλλαγής μεγέθους της εικόνας υπάρχει αλλοίωση της ποιότητάς της και ως εκ τούτου επηρεάζεται και το αποτέλεσμα της χάραξης.



2011



## Raster Engraving

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

Στη μέθοδο **vector engraving**, οι πληροφορίες μιας εικόνας δεν αποθηκεύονται ως ριχέλς, αλλά σαν σειρά γραμμών και καμπυλών. Αυτό σημαίνει ότι το αρχείο δημιουργείται από ένα σύνολο καθορισμένων και με μεγάλη ακρίβεια αντικειμένων, κάθε ένα από τα οποία έχει αρχή και τέλος. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα διαχείρισης και μετατροπής του μεγέθους τέτοιων αρχείων, χωρίς να μεταβάλλεται η ποιότητά της, όπως συμβαίνει με τα raster αρχεία.



## Vector Engraving

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

## Βιομηχανικές εφαρμογές

- ◆ Χάραξη κάτω από επιφάνεια στερεού υλικού
- ◆ Χάραξη πληροφοριών σε τσιπ πυριτίου
- ◆ Δημιουργία καλουπιών

## Εμπορικές εφαρμογές

- ◆ Χάραξη σε μπρελόκ, τρόπαια, βραβεία
- ◆ Χάραξη σε κοσμήματα



## Εφαρμογές χάραξης με laser

<http://www.m3.tuc.gr>



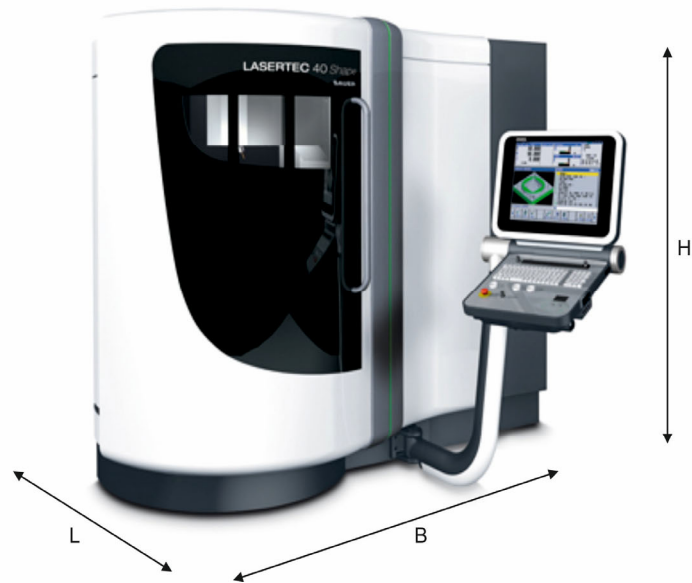
Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

Εταιρία : DMG  
Μοντέλο : LASERTEC 40

### Διαστάσεις

- ◆ Ύψος (H) : 2370mm
- ◆ Μήκος (B) : 2850mm
- ◆ Πλάτος (L) : 2476mm
- ◆ Βάρος (W) : 2200kg



### Τεχνικά χαρακτηριστικά LASERTEC 40

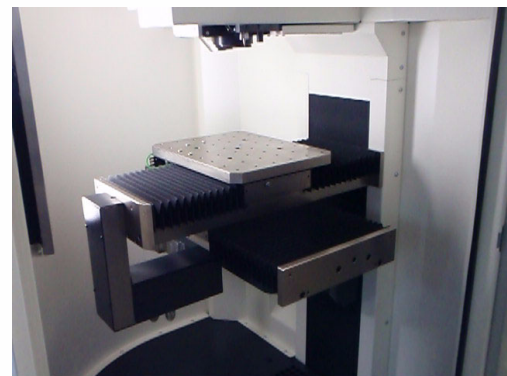
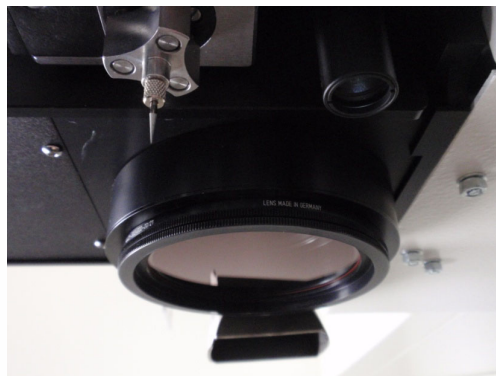
<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

- ◆ Οι διαστάσεις τις τράπεζας είναι 400 x 300 mm και το μέγιστο φορτίο που αντέχει είναι 50 kg
- ◆ Το εύρος κίνησης είναι 400 mm για τον x-άξονα, 300 mm για τον y-άξονα και 500 mm για τον z-άξονα



### Κίνηση τράπεζας

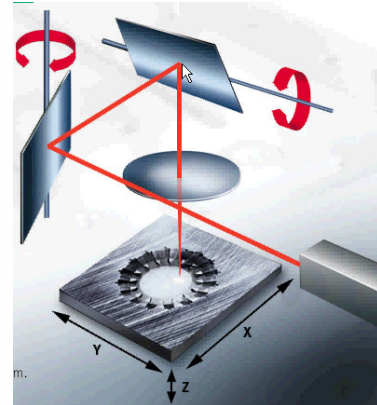
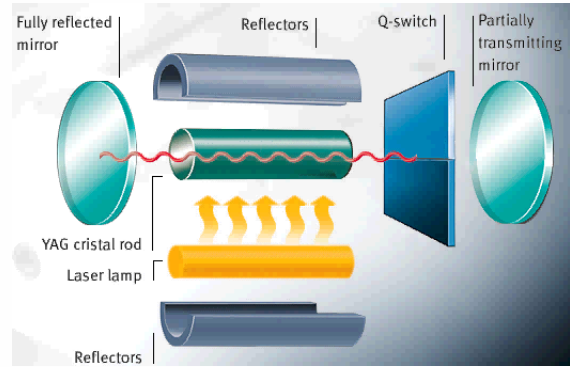
<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

- ◆ **Fiber laser Ytterbium : Yttrium aluminium garnet (Yb:YAG)**
- ◆ Ισχύς 100W
- ◆ Τρόπος λειτουργίας παλμικός Q-switched
- ◆ Η κατεύθυνση της ακτίνας δίνεται από δύο καθρέπτες, ένας για το x-άξονα και ένας για το y-άξονα και εξέρχεται πάντα κάθετα



2011



Τύπος laser και κίνηση δέσμης στην LASERTEC 40

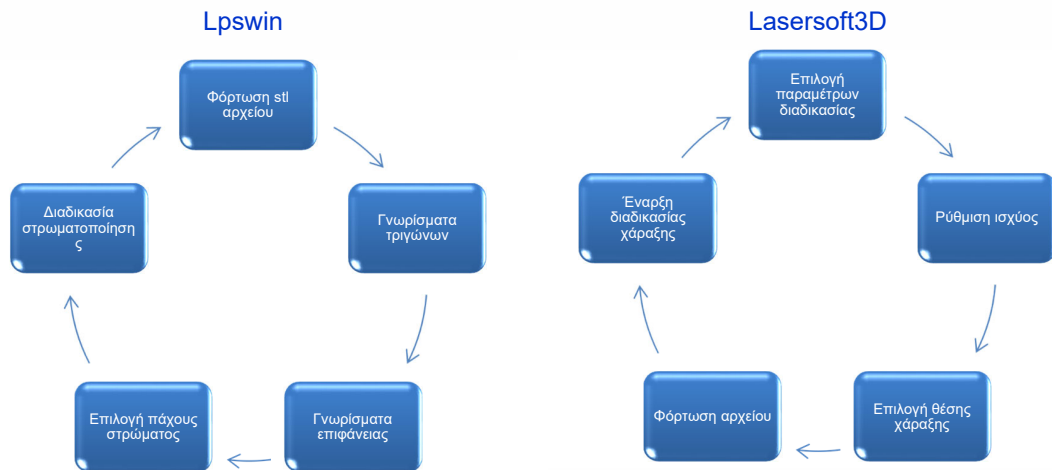
<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

- Υπάρχουν δύο προγράμματα χειρισμού της μηχανής και αυτά είναι το **Lpswin** και το **Lasersoft3D**
- ◆ Σκοπός του Lpswin είναι η στρωματοποίηση του μοντέλου που πρόκειται να δημιουργηθεί
  - ◆ Στο πρόγραμμα Lasersoft3D, φορτώνεται το αρχείο που προέκυψε από το Lpswin, ώστε να πραγματοποιηθεί η χάραξη



2011



Lpswin-Lasersoft3D

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης



Το **Al-7075** αποτελεί κράμα αλουμινίου με βασικό στοιχείο τον ψευδάργυρο. Άλλα στοιχεία που περιέχει είναι το μαγνήσιο, χαλκός, σίδηρος, πυρίτιο, μαγγάνιο, τιτάνιο, χρώμιο και άλλα μέταλλα. Οι υψηλές τιμές αντοχής και πυκνότητας, σε σύγκριση με πολλούς χάλυβες, η υψηλότερη αντίσταση στη φθορά και το γεγονός ότι είναι αρκετά ελαφρύ, αποτελούν πλεονεκτήματα που σε συνδυασμό με τη χαμηλή τιμή του, οδηγούν σε αύξηση της χρήσης του σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας. Σημαντική εφαρμογή βρίσκει στην **κατασκευή καλουτιών**.

### Σκοπός

- ◆ Χάραξη σε Al-7075, μεταβάλλοντας τις παραμέτρους διαδικασίας και συγκεκριμένα:
  - ⊕ τη συχνότητα παλμού του Laser (20,30,40,50 kHz)
  - ⊕ την ταχύτητα χάραξης (200,400,500,600 mm/s)
  - ⊕ το πάχος στρώματος (2,4,6,8 μm)
- ◆ Μέτρηση της τραχύτητας για την εύρεση των βέλτιστων συνθηκών που οδηγούν στην μικρότερη τραχύτητα επιφάνειας

2011



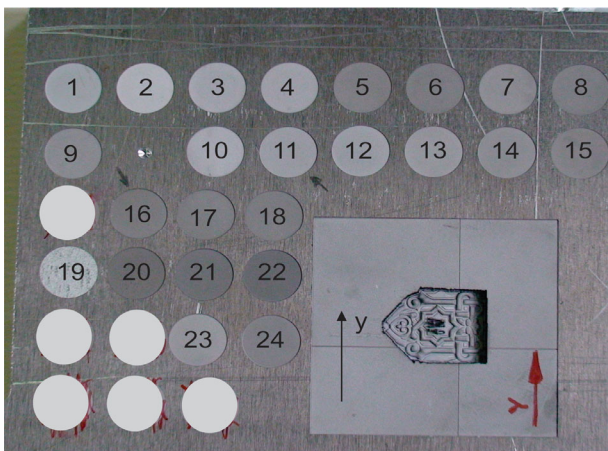
### Σκοπός έρευνας

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

- ◆ Οι διαστάσεις του κομματιού Al-7075 που χρησιμοποιήθηκε είναι  $125 \times 110 \times 20 \text{ mm}^3$
- ◆ Τα δείγματα που χαράχθηκαν στο κομμάτι είναι κυκλικές διατομές διαμέτρου 12 mm και βάθους 0,2 mm



Θέση μέτρησης	Layer thick(μm)	Συχνότητα(kHz)	Ταχύτητα(mm/s)
1	2	20	500
2	4	20	500
3	6	20	500
4	6	30	600
5	6	40	400
6	6	50	400
7	6	40	500
8	6	50	500
9	2	30	500
10	8	20	500
11	2	40	500
12	2	30	400
13	4	30	400
14	6	30	400
15	8	30	400
16	4	30	500
17	6	30	500
18	8	30	500
19	2	30	200
20	4	30	200
21	6	30	200
22	8	30	200
23	4	40	500
24	8	40	500

2011



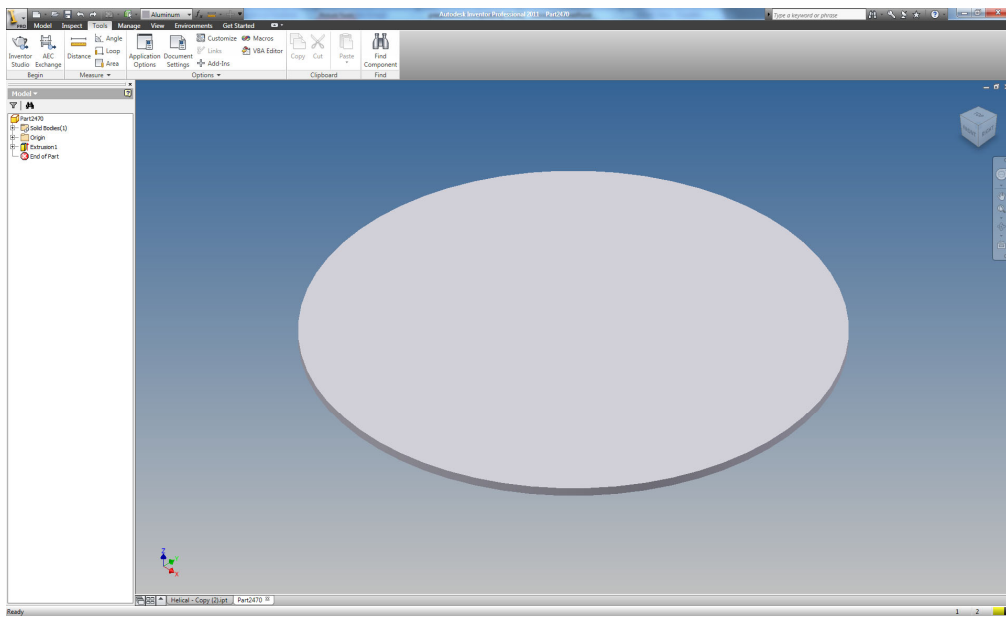
### Πειραματική διαδικασία

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

Αρχικά, δημιουργήθηκε ένα stl αρχείο με τον όγκο του υλικού που επρόκειτο να αφαιρεθεί



2011

ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



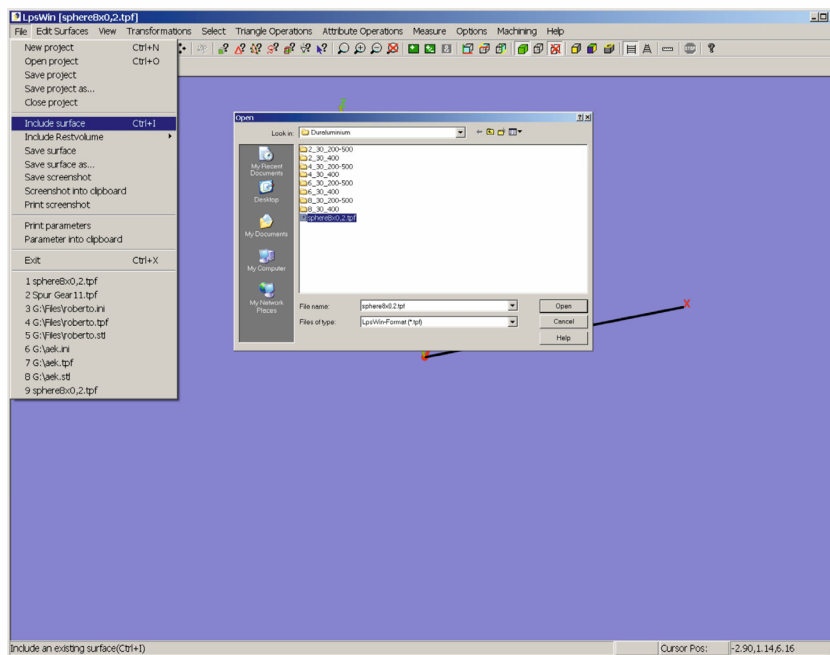
Autodesk Inventor

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

Εισαγωγή αρχείου στο πρόγραμμα Lpsswin



2011

ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



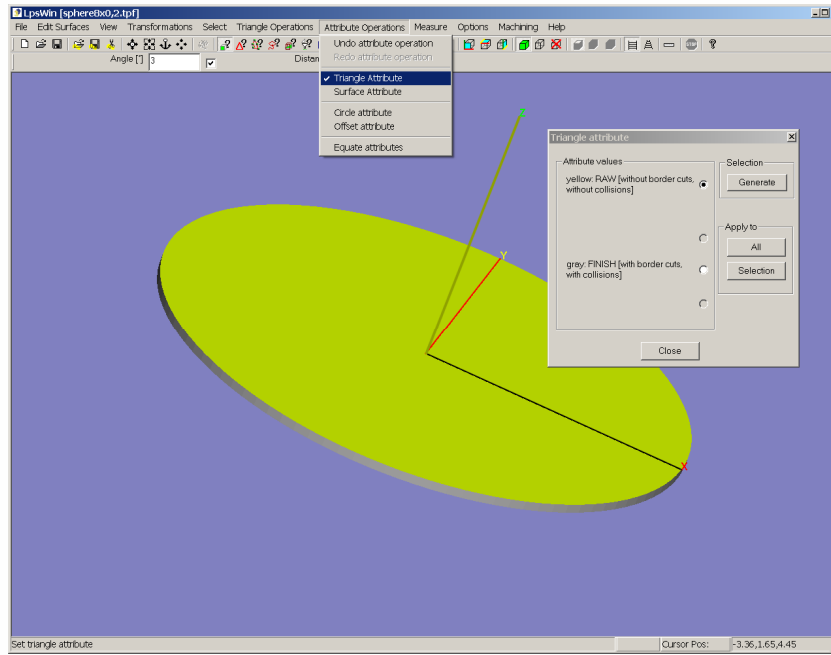
Lpsswin

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

## Επιλογή γνωρισμάτων των τριγώνων



2011

ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



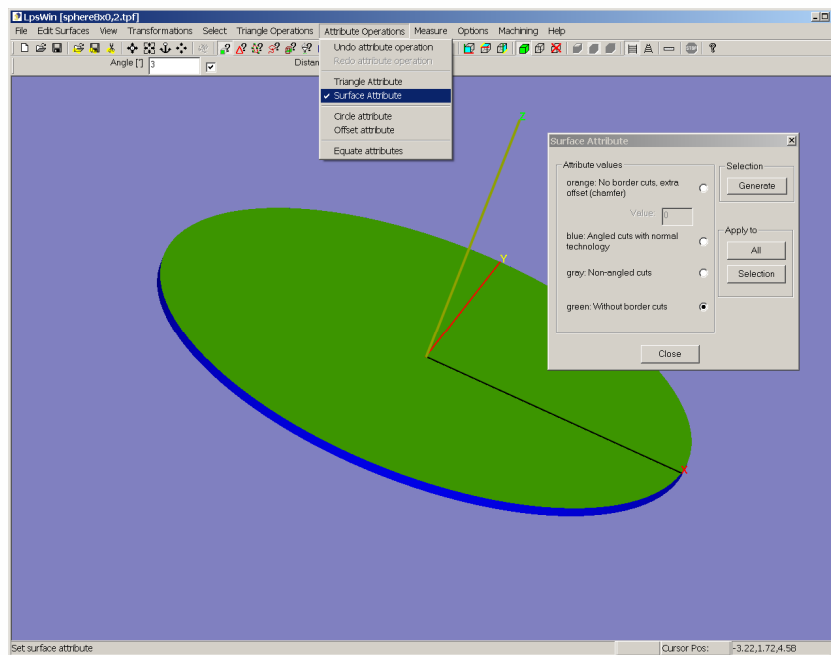
Lpswin

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

## Επιλογή γνωρισμάτων της επιφάνειας



2011

ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



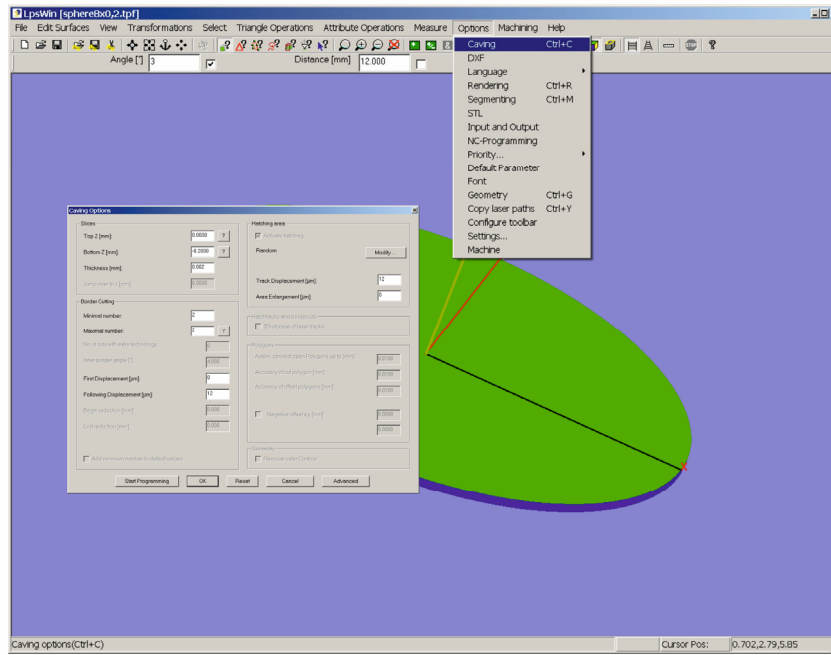
Lpswin

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

## Επιλογή πάχους στρώματος



2011

ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



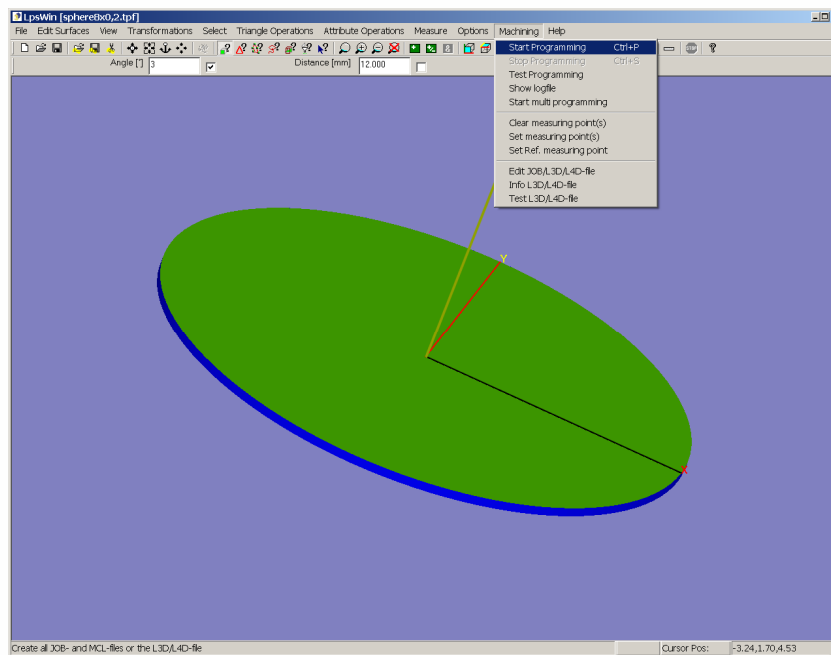
Lpswin

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

## Εκκίνηση διαδικασίας στρωματοποίησης



2011

ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



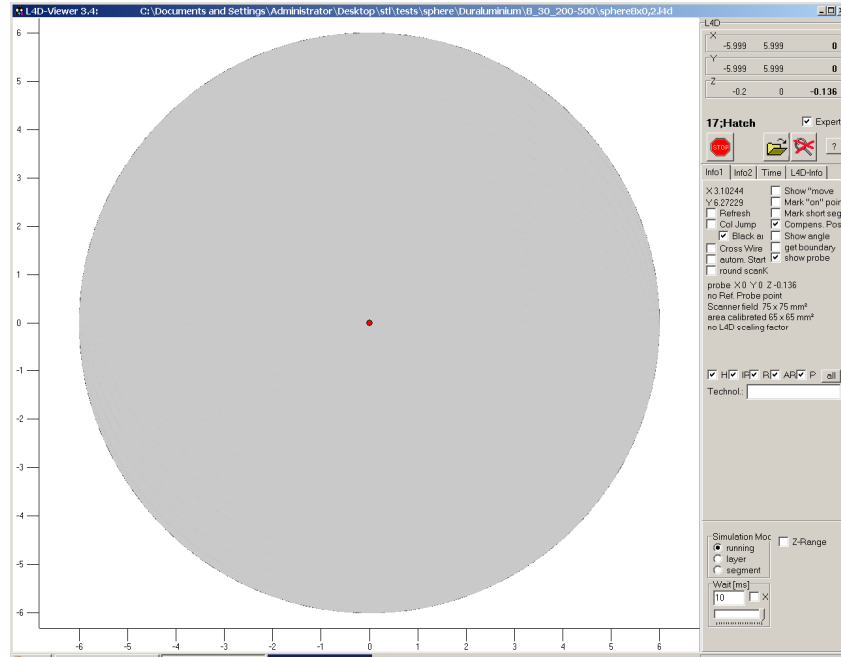
Lpswin

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

Προσομοίωση διαδικασίας



L4D viewer

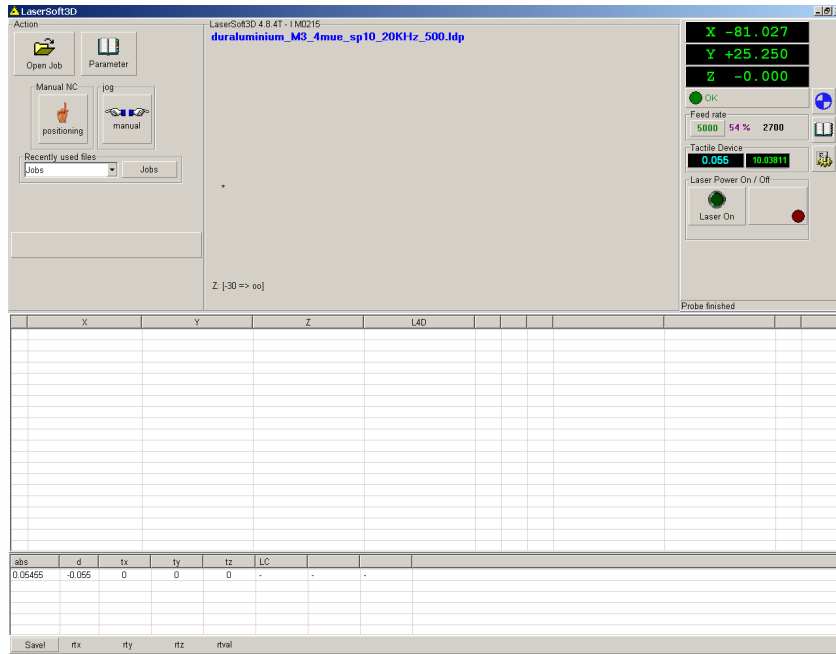
<http://www.m3.tuc.gr>



**M3** Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

Αρχική οθόνη



Lasersoft3D

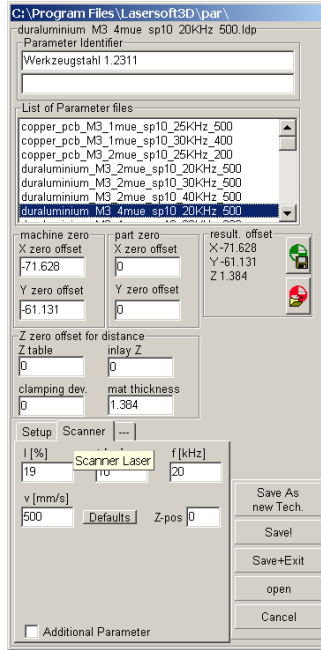
<http://www.m3.tuc.gr>



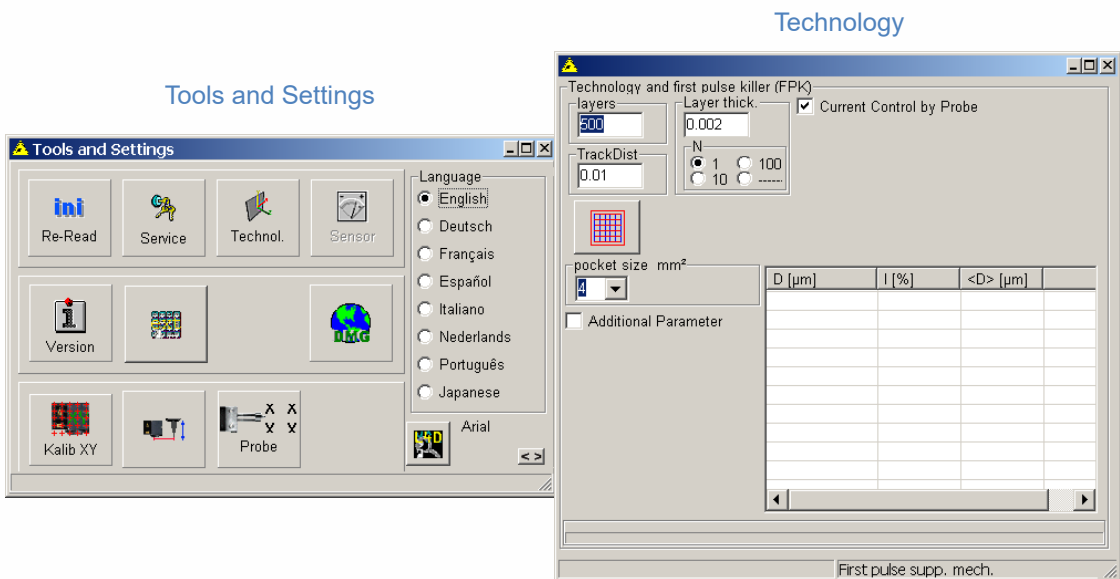
**M3** Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

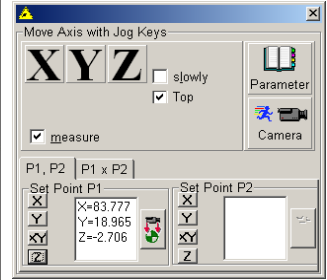
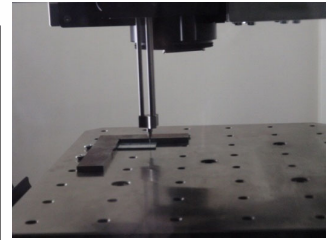
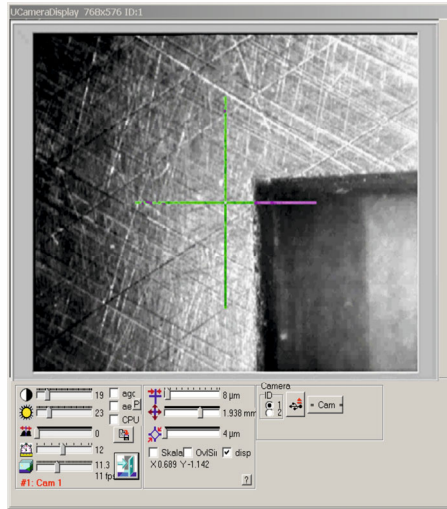
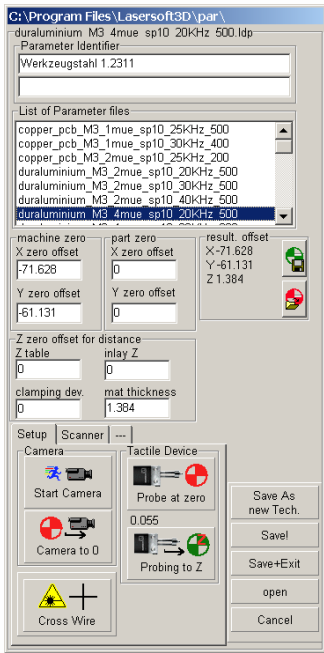
Επιλογή ταχύτητας χάραξης και συχνότητας



Επιλογή πάχους στρώματος-εκκίνηση διαδικασίας εύρεσης ισχύος



Εύρεση και αποθήκευση συντεταγμένων χάραξης κυκλικής διατομής στο υλικό



2011



Lasersoft3D

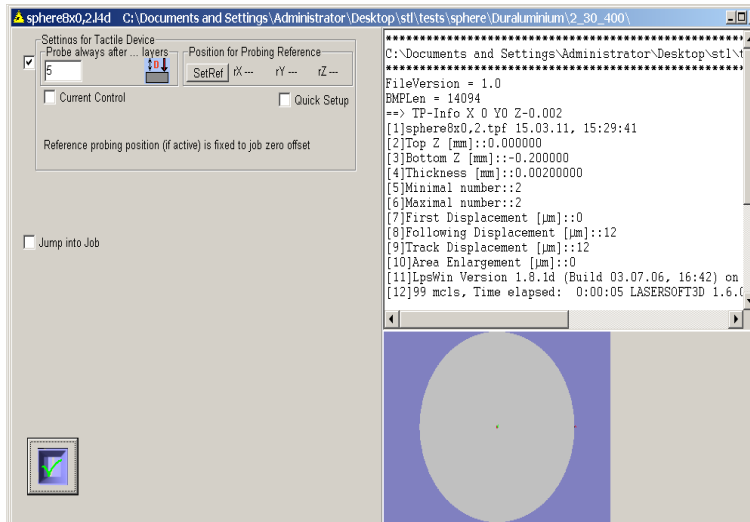
<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

Φόρτωση αρχείου



2011



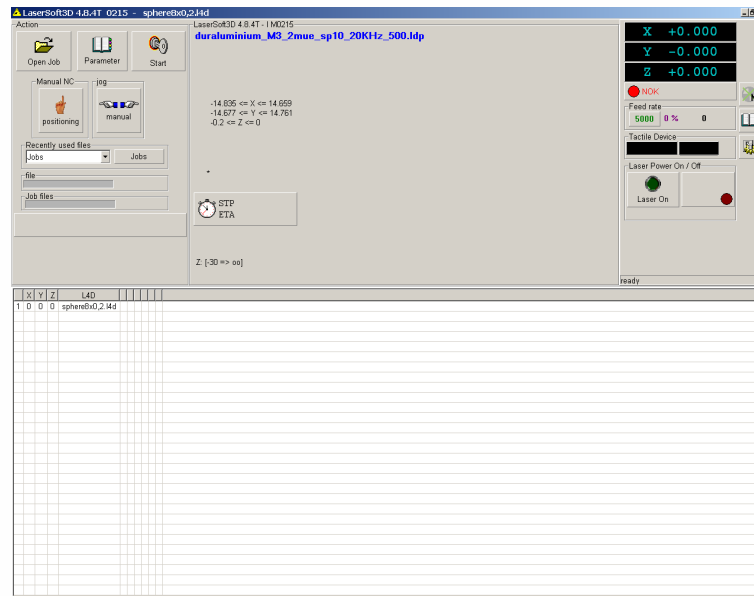
<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

## Εκκίνηση διαδικασίας χάραξης



2011

ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



Lasersoft3D

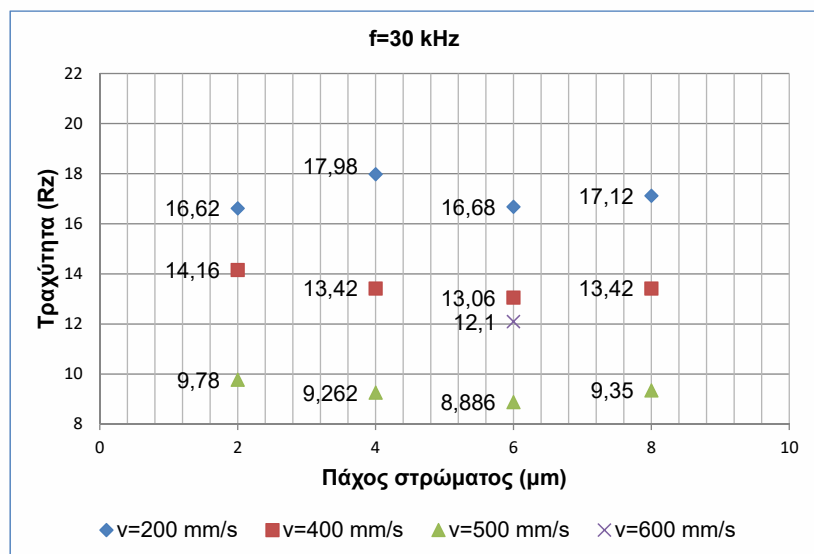
<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

Στα πειράματα που εκπονήθηκαν επιλέχθηκε η συχνότητα να διατηρηθεί σταθερή στα 30 kHz και να μεταβάλλεται η ταχύτητα και το πάχος στρώματος.

Ταχύτητα (mm/s)	Συχνότητα (kHz)	Πάχος στρώματος (μm)	Τραχύτητα
200	30	2	16.62
200	30	4	17.98
200	30	6	16.68
200	30	8	17.12
400	30	2	14.16
400	30	4	13.42
400	30	6	13.06
400	30	8	13.42
500	30	2	9.78
500	30	4	9.262
500	30	6	8.886
500	30	8	9.35
600	30	6	12.1



2011

ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



Αποτελέσματα

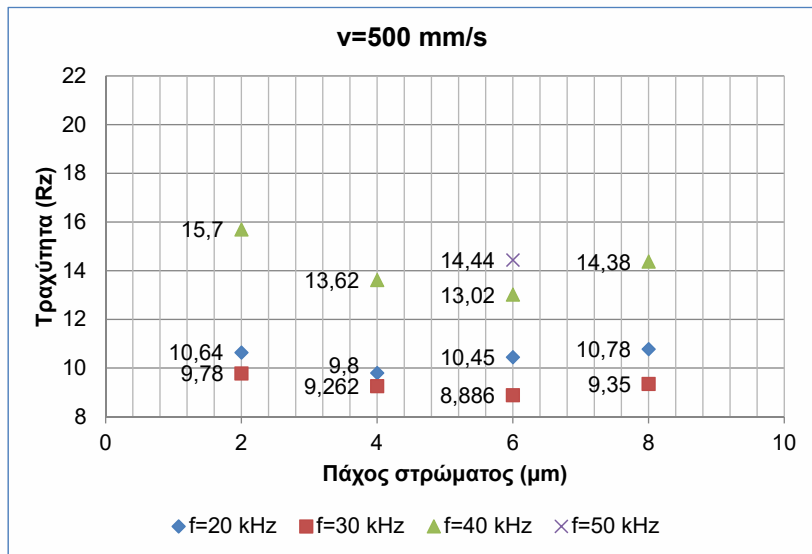
<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

Με σταθερή ταχύτητα (500 mm/s), μεταβολή συχνότητας και πάχους στρώματος

Ταχύτητα (mm/s)	Συχνότητα (kHz)	Πάχος στρώματος (μm)	Τραχύτητα
500	20	2	10.64
500	20	4	9.8
500	20	6	10.45
500	20	8	10.78
500	30	2	9.78
500	30	4	9.262
500	30	6	8.886
500	30	8	9.35
500	40	2	15.7
500	40	4	13.62
500	40	6	13.02
500	40	8	14.38
500	50	6	14.44



2011

ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



## Αποτελέσματα

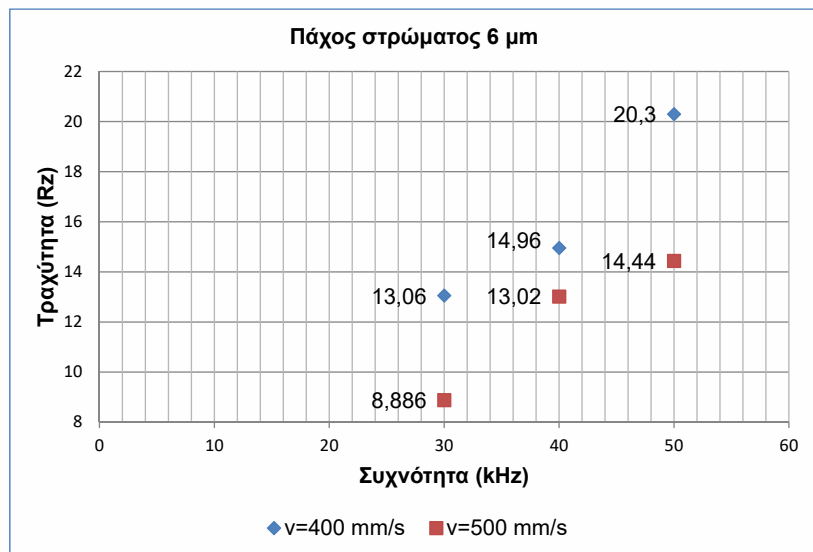
<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

Μεταβολή συχνότητας παλμού (30-40-50 kHz) και ταχύτητας χάραξης (400-500 mm/s)

Ταχύτητα (mm/s)	Συχνότητα (kHz)	Πάχος στρώματος (μm)	Τραχύτητα
400	30	6	13.06
400	40	6	14.96
400	50	6	20.3
500	30	6	8.886
500	40	6	13.02
500	50	6	14.44



2011

ΧΑΡΑΞΗ ΜΙΚΡΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΜΕ LASER



## Αποτελέσματα

<http://www.m3.tuc.gr>


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

- ♦ Για συχνότητα 30 kHz, αυξάνοντας την τιμή της ταχύτητας χάραξης προέκυψε μείωση της τραχύτητας της επιφάνειας για όλα τα πάχη στρώματος σε σχέση με την προηγούμενη τιμή της ταχύτητας. Βέλτιστη ποιότητα επιφάνειας, σε αυτή την τιμή της συχνότητας, βρέθηκε για  $v=500$  mm/s και πάχος στρώματος 6  $\mu$ m
- ♦ Διατηρώντας σταθερή την ταχύτητα όπου βρέθηκε η μικρότερη τιμή τραχύτητας στην επιφάνεια και μεταβάλλοντας τη συχνότητα, βρέθηκε πως με αύξηση της συχνότητας πάνω από τα 30 kHz, η τραχύτητα αυξάνεται σημαντικά, ενώ με μείωση αυξάνεται πάλι αλλά σε μικρότερο βαθμό.
- ♦ Για  $v=500$  mm/s,  $f=30$  kHz και πάχος στρώματος 6  $\mu$ m, η τραχύτητα της επιφάνειας βρέθηκε να έχει τη μικρότερη τιμή, με αποτέλεσμα ο συνδυασμός αυτών των παραμέτρων να αποτελεί τη βέλτιστη επιλογή



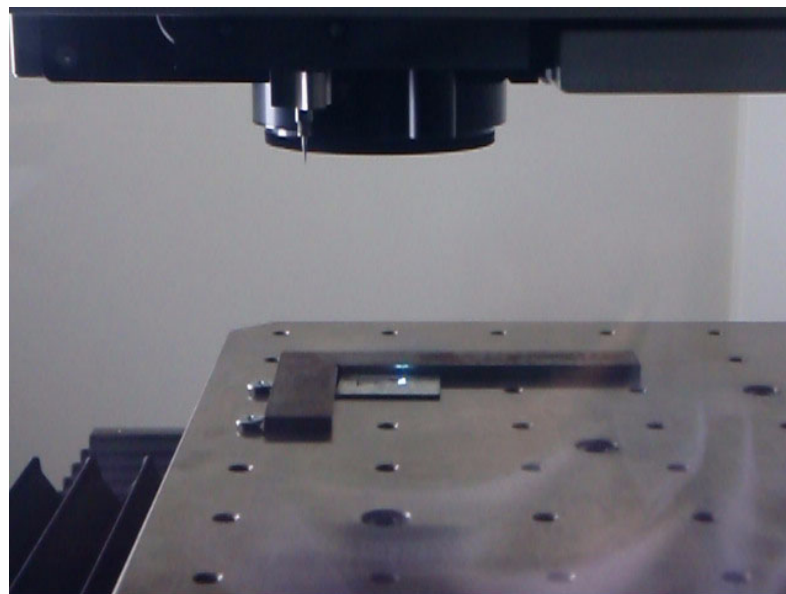
## Συμπεράσματα

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης



## Παράδειγμα χάραξης αντικειμένου με τη Lasertec 40

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αγαλιανός Φώτης

# Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας!

