

---

---

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ



**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΛΙΚΩΝ**

**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ  
ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΑΤΜΩΝ ΜΕ LASER (LCVD)  
ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

**Φοιτητής** : Νικόλαος Δημ. Μάρας

**Επιβλέπων** : Δρ. Γρ. Ν. Χαϊδεμενόπουλος  
Αναπλ. Καθηγητής Φυσικής Μεταλλουργίας  
Διευθυντής του Εργαστηρίου Υλικών

---

---

---

---

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ



**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΛΙΚΩΝ**

**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ  
ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΑΤΜΩΝ ΜΕ LASER (LCVD)  
ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

**Φοιτητής** : Νικόλαος Δημ. Μάρας

**Επιβλέπων** : Δρ. Γρ. Ν. Χαϊδεμενόπουλος  
Αναπλ. Καθηγητής Φυσικής Μεταλλουργίας  
Διευθυντής του Εργαστηρίου Υλικών

---

---

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω, αρχικά, τον Δρ Γρ. Ν. Χαϊδεμενόπουλο, Αναπλ. Καθηγητή Φυσικής Μεταλλουργίας και Διευθυντή του Εργαστηρίου Υλικών, που αφιέρωσε τον πολύτιμο χρόνο του στηρίζοντας την προσπάθειά μου. Χωρίς την έμπνευση και την υποστήριξη του Δρ Χαϊδεμενόπουλου η εργασία αυτή δεν θα πραγματοποιούνταν.

Επίσης, επιθυμώ να ευχαριστήσω τους συνεργάτες του Εργαστηρίου Υλικών Δρ Κ. Μωραΐτη και Δρ Ι. Ζεργιώτη για την υποστήριξή και τη βοήθεια που μου παρείχαν.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τους φίλους μου Τ. Λιάπη, Γ. Μακρή, Ι. Πατρικόπουλο και Α. Στουρμ που με βοήθησαν, προκειμένου να πάρει η διπλωματική αυτή εργασία την τελική της μορφή.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την απεριόριστη ηθική υποστήριξή τους, καθώς και για την παροχή όλων των απαιτούμενων μέσων, προκειμένου να ολοκληρώσω τις σπουδές μου με επιτυχία. Ως ελάχιστη ένδειξη ευγνωμοσύνης, επιθυμώ να τους αφιερώσω τη διπλωματική αυτή εργασία.

Οι τεχνικές εναπόθεσης με Laser πλεονεκτούν, έναντι των υπολοίπων μεθόδων εναπόθεσης, στα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- I. ικανότητα τοπικής εφαρμογής σε επιφάνειες μικρών διαστάσεων - LCVD
- II. ικανότητα εφαρμογής σε επιφάνειες μεγάλων διαστάσεων, υπό χαμηλές θερμοκρασίες, χωρίς θερμική επιβάρυνση του υλικού - LPD
- III. ικανότητα γρήγορων συνθηκών εναπόθεσης
- IV. αυξημένη καθαρότητα των εναποθέσεων
- V. αυτοματοποίηση και ρύθμιση της διαδικασίας.

Η διπλωματική αυτή εργασία πραγματεύεται, αποκλειστικά, την τεχνική LCVD. Το περιεχόμενο της διαδικασίας δεν είναι ιδιαίτερα γνωστό και διαδεδομένο μέχρι σήμερα στη χώρα μας, καθώς οι βιομηχανίες και τα ερευνητικά κέντρα που ασχολούνται μ' αυτήν δεν είναι πολλά.

Στη συνέχεια, κατά το πρώτο μέρος της εργασίας, θα περιγραφούν αναλυτικότερα, τόσο η διαδικασία εναπόθεσης TiC όσο και τα συνεργαζόμενα υποσυστήματα (laser, άντληση, αντιδραστήρας, αποσκλήρυνση, οπτική διάταξη, προσαγωγή αερίων και σύστημα ελέγχου). Στο δεύτερο μέρος θα εξετασθούν οι προοπτικές βελτίωσης του συστήματος LCVD, καθώς και τρόποι για την πιθανή εφαρμογή του συστήματος σε βιομηχανικούς χώρους.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### 1. ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ ΑΤΜΩΝ ΜΕ LASER

#### (LCVD)

##### 1.1 - ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Οι ενώσεις του Ti - όπως TiC, TiN, TiB<sub>2</sub> - χρησιμοποιούνται συχνά σαν επικαλύψεις σε απλά ή πολλαπλά στρώματα, πάνω σε χαλύβδινα υποστρώματα. Σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι η βελτίωση ορισμένων ιδιοτήτων του υλικού του υποστρώματος, όπως είναι η αντίσταση στη φθορά, τη διάβρωση, την οξειδωση. Το TiC είναι ένα πυρίμαχο υλικό που συνδυάζει ιδιότητες κεραμικού και μεταλλικές ιδιότητες. Συνεπώς το TiC μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν επικάλυψη προστασίας κατά της χημικής, μηχανικής και θερμικής φθοράς.

Ο σχηματισμός του TiC βασίζεται σε αντιδράσεις, υπό τις απαραίτητες συνθήκες (θερμοκρασία και πίεση). Στο πεδίο των 850<sup>0</sup> - 1250<sup>0</sup>C χρησιμοποιούνται μίγματα αερίων, όπως TiCl<sub>4</sub> / CCl<sub>4</sub> / H<sub>2</sub>, TiCl<sub>4</sub> / C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> / H<sub>2</sub> και TiCl<sub>4</sub> / CH<sub>4</sub>. Στις θερμοκρασίες αυτές, όμως, ενδεχομένως να αλλοιωθούν ορισμένες ιδιότητες των υποστρωμάτων ή να υποστούν ζημιές, όπως η διαστατική παραμόρφωση. Δημιουργήθηκε λοιπόν η ανάγκη για εύρεση διεργασιών σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Η ανάγκη αυτή για χαμηλότερη θερμοκρασία εναπόθεσης σε συνδυασμό με την ανάγκη για τοπική εναπόθεση, οδήγησε στην ανάπτυξη του LCVD.

Οι τεχνικές LCVD μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στην πρώτη - το φωτολυτικό LCVD (Εικόνα 1.1) - η ακτίνα του laser αλληλεπιδρά με τα αντιδρώντα αέρια, ενώ στην άλλη - το πυρολυτικό (Εικόνα 1.2) - η ακτίνα αλληλεπιδρά με το υλικό του υποστρώματος. Στη φωτολυτική διαδικασία, η ακτίνα απορροφάται από τα αντιδρώντα αέρια τα οποία αποσυντίθενται. Στην πυρολυτική μέθοδο το υπόστρωμα θερμαίνεται τοπικά από την ακτίνα και η χημική αντίδραση ενεργοποιείται θερμικά.

Για την εναπόθεση χρησιμοποιείται laser CO<sub>2</sub> ισχύος 100 W με μήκος κύματος 10.6 μm που θερμαίνει τοπικά το υπόστρωμα. Το μίγμα των αερίων που διοχετεύεται είναι TiCl<sub>4</sub> / CH<sub>4</sub> / H<sub>2</sub> / Ar. Πριν διοχετευθούν τα αντιδρώντα αέρια, σε μεταλλικό αντιδραστήρα δημιουργούμε υψηλό κενό (περίπου 10<sup>-5</sup> mbar). Το κενό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια δύο αντλιών : μιας μηχανικής και μιας στροβιλομοριακής. Το σύστημα καθοδηγείται και ελέγχεται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Το υπόστρωμα πριν την εναπόθεση λειαίνεται και υφίσταται μια θερμική διαδικασία ( προθέρμανση, ωστενιτοποίηση, βαφή σε λάδι και ανόπτηση). Η σκληρότητά του πριν την εναπόθεση μπορεί να είναι μικρότερη από 60 RC, ενώ μετά την εναπόθεση φθάνει γύρω στους 500 HV και η μικροσκληρότητά του, τους 2000 - 2500 HK. Η μεταλλογραφία του υποστρώματος δείχνει ότι το χαρακτηρίζει μια δομική ομοιομορφία. Υπάρχουν φιλμ αποτελούμενα από στοιχειομετρικό TiC με μορφολογία FCC, με αρκετά καλή συνοχή, καλή πυκνή κατασκευή με κρυσταλλικό μέγεθος της τάξης των νανοκρυστάλλων και ένα πάχος επικάλυψης της τάξης των 1-3 μm. Παρουσιάζεται μια αξιοσημείωτη παρουσία Ti σε όλο το φιλμ και δεν υπάρχει καθόλου χλώριο.

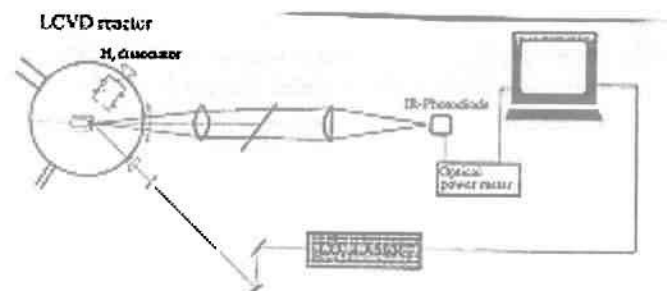
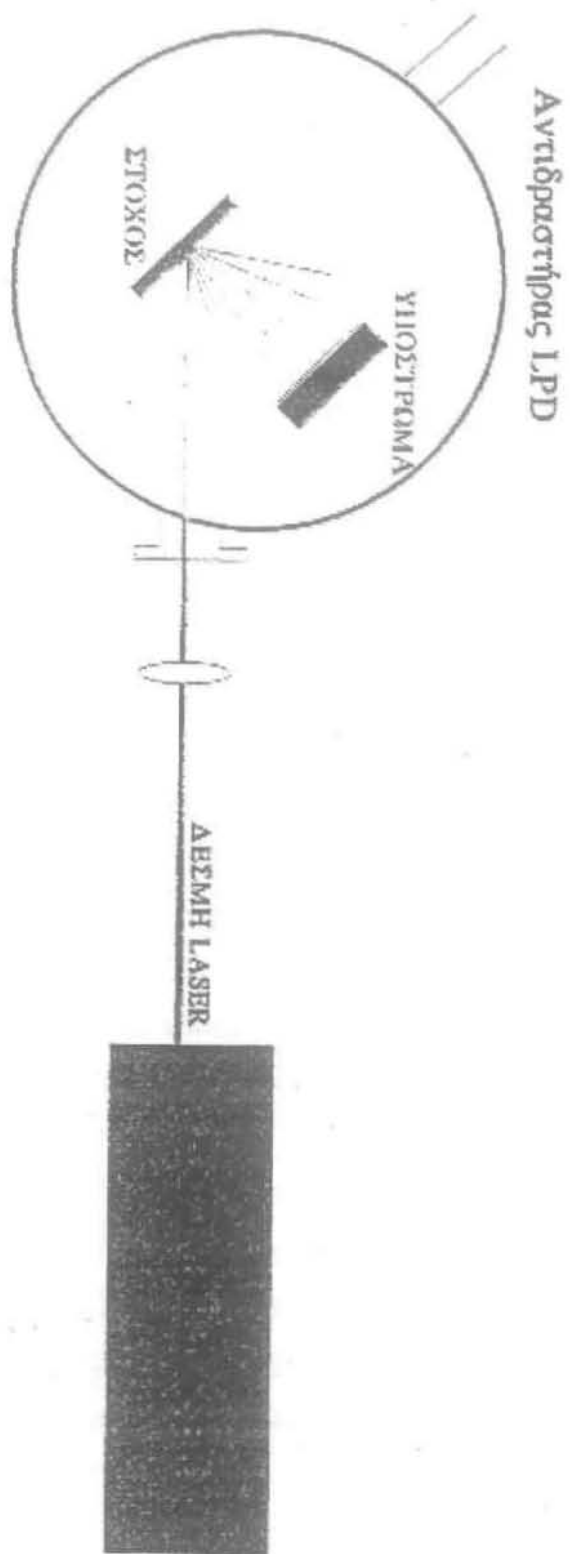


Fig. 2. Experimental set-up for LCVD processing method with the feed back loop system.

### Εικόνα 1.1 - Σύστημα Φωτολυτικού LCVD



Εικόνα 1.2 - Σύστημα Πυρολυτικού LCVD (LPD)

## **1.2- ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΘΕΡΜΙΚΟ CVD**

Η χρήση laser αποτελεί βελτίωση του συμβατικού θερμικού CVD, αφού παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Χάρη στην εναπόθεση με laser επιτυγχάνεται η ελάχιστη δυνατή παραμόρφωση του υποστρώματος, για το οποίο υπάρχει η δυνατότητα να σκληρύνει επιλεκτικά και σημειακά. Μπορεί, εξάλλου, να ελέγχεται ανά πάσα στιγμή το πάχος του στρώματος εναπόθεσης, που μπορεί να είναι ιδιαίτερα λεπτό. Όλα αυτά μπορούν να γίνουν, χωρίς το υπόστρωμα να απαιτεί κάποια περαιτέρω κατεργασία, πριν από την εναπόθεση ή μετά από αυτήν.

Ωστόσο, η διαδικασία αυτή έχει και κάποια μειονεκτήματα, με σημαντικότερο από αυτά το υψηλό κόστος εξοπλισμού. Μειονεκτεί επίσης, όσον αφορά στη λειτουργία του συστήματος: τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για επικάλυψη πρέπει να είναι απαραίτητως απορροφητικά. Η επιφάνεια της επικάλυψης είναι περιορισμένη και δεν μπορεί να γίνει σε πολλαπλά περάσματα, αφού ενδέχεται να προκληθεί τοπική βαφή.

Το πρόβλημα της βαφής, όπως και της θερμικής υποβάθμισης ή της αλλαγής ορισμένων ιδιοτήτων εμφανίζεται και στο CVD. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί, λόγω της υψηλότερης απαιτούμενης θερμοκρασίας του υποστρώματος, η οποία, σημειωτέον, δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένη σε όλη την επιφάνεια του υποστρώματος. Στην επιφάνειά του μπορεί να παρατηρηθεί μετά την διαδικασία, κακή συνοχή των κόκκων των στοιχείων που εναποτίθενται, ενώ εμφανίζονται και ανεπιθύμητα συστατικά.

Αν επιχειρηθεί η εναπόθεση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες του υποστρώματος, τότε δεν είναι δυνατή η εναπόθεση πυκνών στρωμάτων.

### 1.3 - ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LASER

Η χρήση του laser απλοποίησε και βελτίωσε κατά πολύ τη διαδικασία, καθώς το laser έχει κάποιες μοναδικές δυνατότητες, όσον αφορά στη θέρμανση επιφανειών. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μιας ακτίνας laser απορροφάται από τα πρώτα στρώματα απορροφητικών υλικών. Δεν απαιτούνται δέσμες θερμών αερίων, ενώ δεν παρατηρείται διαρροή ακτινοβολίας έξω από την προκαθορισμένη περιοχή. Η ενέργεια απορροφάται μόνο από την επιφάνεια που επιλέγεται και ακτινοβολείται. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν το laser ένα μοναδικό θερμαντή επιφανειών και ένα πολύ καλό εργαλείο για την τροποποίηση επιφανειών.

Τα πλεονεκτήματα της επιφανειακής θέρμανσης με laser σε σύγκριση με εναλλακτικές μεθόδους είναι :

- ✓ η χημική καθαρότητα
- ✓ η ελεγχόμενη θερμική διείδυση και παραμόρφωση
- ✓ το ελεγχόμενο μέγεθος της θερμικά επηρεαζόμενης περιοχής
- ✓ πολύ λίγη μετέπειτα κατεργασία (προς «βελτίωση»), αν χρειασθεί
- ✓ η διαδικασία γίνεται εξ' αποστάσεως και δεν είναι αναγκαία η επαφή
- ✓ εύκολος αυτοματισμός

Οι ιδιότητες αυτές κρίνονται ιδιαίτερας σημαντικές, αφού σε πολλές χρήσεις επικαλύψεων, μόνο συγκεκριμένα μέρη της επιφάνειας του υποστρώματος είναι ευάλωτα στη διάβρωση ή τη φθορά. Για το λόγο αυτό ίσως να είναι επίφοβη, λόγω αναποτελεσματικότητας, η επικάλυψη μεγάλων επιφανειών. Αν κριθεί αναγκαία η επικάλυψη μεγάλων επιφανειών, πιο οικονομική και αποτελεσματική μέθοδος είναι η επιμετάλλωση με ηλεκτρόλυση (γαλβάνισμα).

### 1.4 - ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΟΥ LASER

Σημαντικό ρόλο στην όλη διαδικασία παίζει και η επιλογή του τύπου του laser. Το laser που έχει επιλεγεί για την εναπόθεση, είναι διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Το laser αυτό χρησιμοποιείται ευρέως στους διάφορους βιομηχανικούς τομείς, εξαιτίας κυρίως των υψηλών και συμφερούσων από



άποψη κόστους επιδόσεών του, της αξιοπιστίας του και του εύκολου χειρισμού, ενώ η χρήση του δεν περιορίζεται μόνο σε αυστηρά φωτοθερμικές αντιδράσεις, αλλά βρίσκει εφαρμογές σε πολλές ακόμη αντιδράσεις. Στη συνέχεια θα εξετασθούν εκτενέστερα τα laser και ιδιαίτερα αυτό του Εργαστηρίου Υλικών.

### **1.5 - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ TiC**

Το καρβίδιο του τιτανίου (TiC) είναι ένα πυρίμαχο υλικό που συνδυάζει κεραμικές ιδιότητες, όπως υψηλό σημείο τήξεως (3067 °C), μεγάλη σκληρότητα (2800 HV), θερμική και χημική σταθερότητα, αντίσταση στη φθορά, στη διάβρωση και στην οξείδωση, με μεταλλικές ιδιότητες, όπως το χαμηλό συντελεστή τριβής και την υψηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα. Χρησιμοποιείται κυρίως ως επίστρωση σε μεταλλικά υποστρώματα, όπου γίνεται ένας εξαιρετικός συνδυασμός των πολύ καλών επιφανειακών ιδιοτήτων του TiC με την ολκιμότητα και τη δυσθραυστότητα των μεταλλικών εξαρτημάτων. Το γεγονός αυτό, το καθιστά ως ένα από τα πλέον κατάλληλα προστατευτικά στρώματα σε εργαλειοχάλυβες για τη βελτίωση της αντοχής τους σε μηχανική, χημική και θερμική φθορά. Πιο συγκεκριμένα, εφαρμόζεται σε κοπτικά εργαλεία, σε θερμικά φράγματα, σε χημικούς αντιδραστήρες, σε κυλίνδρους μηχανών εσωτερικής καύσης, σε φούρνους τήξεως μετάλλων, σε ηλεκτρικές επαφές, κ.τ.λ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ

#### LCVD

##### Εισαγωγικά

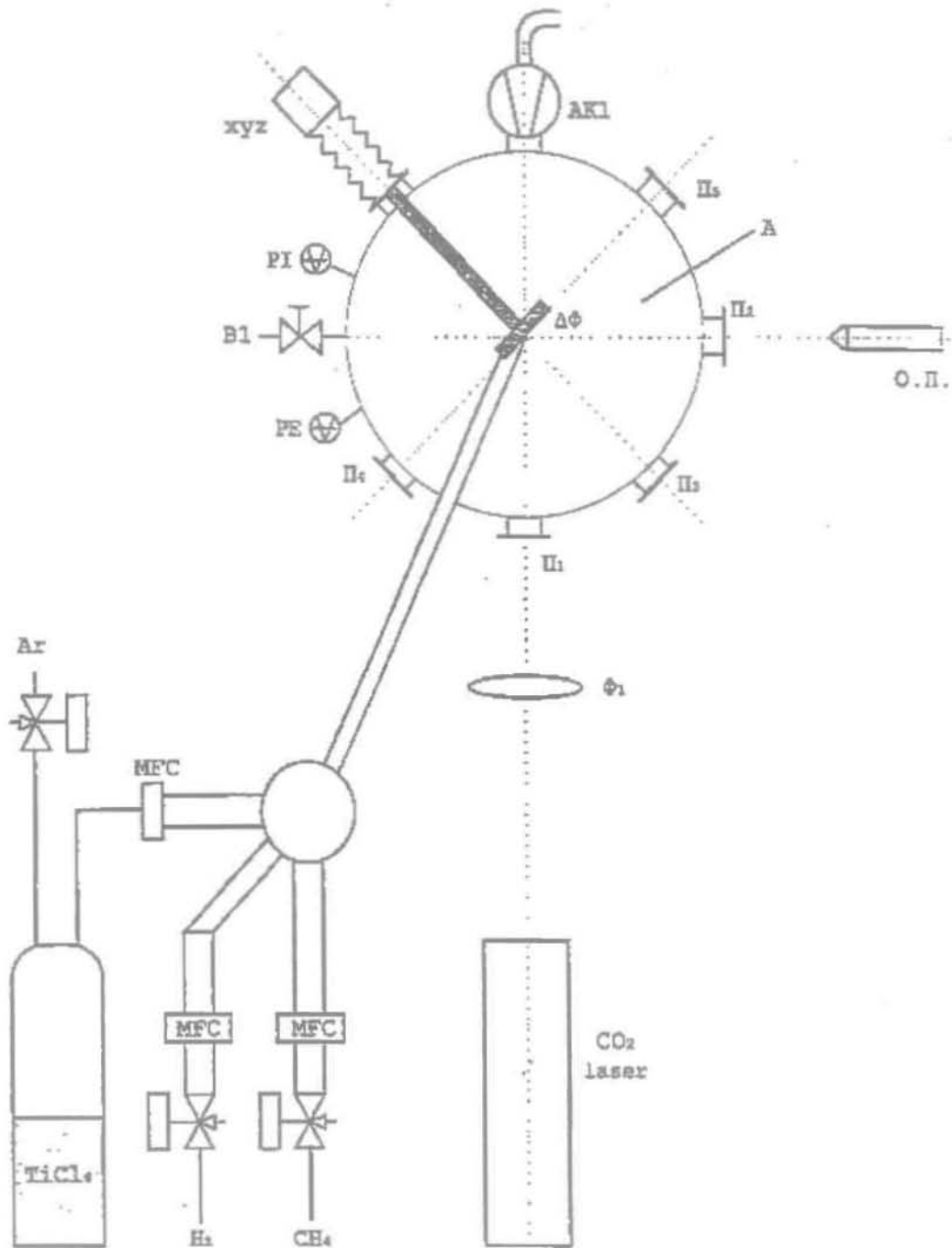
Η πειραματική διάταξη παριστάνεται σχηματικά στην Εικόνα 2.1.

Η «καρδιά» της διάταξης είναι ο αντιδραστήρας, μέσα στον οποίο τοποθετείται σε δειγματοφορέα το υποκείμενο σε επικάλυψη υπόστρωμα. Πάνω στο εν λόγω υπόστρωμα εστιάζεται, μέσω κατάλληλης οπτικής διάταξης, η ακτίνα του Laser. Στον αντιδραστήρα, προσάγονται, επίσης, τα αέρια που αντιδρώντας θα παράγουν το TiC. Σημειώνεται ακόμη, ότι μέσω αντλητικής μονάδας, ο αντιδραστήρας διατηρείται συνεχώς υπό κενό. Η διαδικασία, τέλος, ελέγχεται, καθ' όλη τη διάρκεια της εναπόθεσης, από Η/Υ.

Συνοπτικά, τα συνεργαζόμενα υποσυστήματα για τη διαδικασία του LCVD είναι τα ακόλουθα :

1. Σύστημα άντλησης
2. Αντιδραστήρας
3. Σύστημα Αποσκλήρυνσης του νερού ψύξης του Laser
4. Laser
5. Σύστημα προσαγωγής αερίων
6. Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα παραπάνω υποσυστήματα.



Εικόνα 2.1 - Σύστημα LCVD : Σχηματική Παράσταση

## 2.1 - ΑΝΤΛΗΣΗ ΚΑΙ ΚΕΝΟ

### 2.1.1 - ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ

Το κενό είναι το αντίστροφο της πίεσης. Επομένως, υψηλό κενό σημαίνει χαμηλή πίεση. Γι' αυτό και η μέτρηση του κενού γίνεται σε μονάδες πίεσης. Η συνηθέστερη μονάδα είναι το χιλιοστό της στήλης υδραργύρου σε κανονική πίεση και ονομάζεται TORR ( $1 \text{ TORR} = 1.32 \times 10^{-3} \text{ Atm} = 1 \text{ mbar}$ ). Μέχρι  $10^{-2}$  Torr το κενό είναι χαμηλό. Από  $10^{-2}$  έως  $10^{-6}$  Torr το κενό είναι υψηλό. Από  $10^{-6}$  έως  $10^{-8}$  το κενό είναι πολύ υψηλό και από  $10^{-8}$  και κάτω έχουμε την περιοχή του υπέρ υψηλού κενού ( UHV).

### 2.1.2 - KENO

Το σύστημα του κενού έχει σαν στόχο την αφαίρεση του αέρα και των άλλων αερίων από τον αντιδραστήρα. Το γεγονός αυτό είναι απαραίτητο γιατί:

- ✓ τα αέρια βρωμίζουν το δείγμα αφήνοντας χαρακτηριστικά μαύρα σημάδια (κυρίως κύκλους άνθρακα)
- ✓ στην διαδικασία υπάρχει  $\text{H}_2$ . Αν υπήρχε αέρας, η συνύπαρξη  $\text{H}_2$  ,  $\text{O}_2$  θα οδηγούσε σε έκρηξη
- ✓ δεν πρέπει να μείνει  $\text{N}_2$ , γιατί η ύπαρξή του θα οδηγούσε στο σχηματισμό νιτριδίων αντί για καρβίδια.

Ο σχεδιασμός του συστήματος κενού εξαρτάται από το χώρο που θα εκκενωθεί, το μέγιστο επιθυμητό κενό που πρέπει να επιτευχθεί, την ταχύτητα εκκένωσης και το κόστος δαπάνης που προτίθεται να γίνει. Επομένως, παρόλο του ότι οι βασικές αρχές που θα καθορίσουν το σύστημα είναι πάντοτε οι ίδιες, οι συνθήκες που διαμορφώνονται κάθε φορά, καθορίζουν το πόσο πολύπλοκο ή απλό θα είναι το σύστημα.

Θα πρέπει επίσης να λάβουμε υπόψη μας, ότι κατά την αντίδραση μας ενδιαφέρει το κενό να είναι χαμηλό ( 40 mbar ), γιατί πάνω από αυτήν την πίεση το  $\text{TiCl}_4$  είναι υγρό και όχι αέριο.

### 2.1.3 - ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΕΝΟΥ

#### ⇒ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΩΝ

Η δημιουργία κενού γίνεται με τις λεγόμενες αντλίες κενού. Ας θεωρήσουμε μια αντλία συνδεδεμένη με θάλαμο κενού, μέσω μιας επιφάνειας.

Γενική Φυσική Εννοια : περισσότερα μόρια διαπερνούν την επιφάνεια κινούμενα προς την αντλία, παρά από αυτήν προς το θάλαμο.

Ο ρυθμός άφιξης στην επιφάνεια από το θάλαμο είναι :

$$1/4 N v A \text{ μόρια / δευτερόλεπτο}$$

όπου :  $N =$  αριθμός μορίων /  $m^3$

$$v = \text{Μέση ταχύτητα } m\text{sec}^{-1}$$

$$A = \text{επιφάνεια σε } m^2$$

και είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους. Η άλλη είναι η αποτελεσματικότητα με την οποία μπορεί να εξαλειφθεί η επιστροφή των μορίων στον υπό εκκένωση θάλαμο.

Η απόδοση του συγκεκριμένου συστήματος άντλησης εξαρτάται από :

1. Το μέγεθος και τον τύπο της αντλίας
2. Την ποιότητα του συστήματος σωληνώσεων

Η συνολική απόδοση ενός πλήρους συστήματος κενού εξαρτάται από :

1. Το σύστημα άντλησης
2. Τους ρυθμούς απελευθέρωσης αερίου των κατασκευαστικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, διαρροές κ.λ.π. από την είσοδο των αερίων.

Πρακτικά, τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος συχνά καθορίζονται σε σχέση με :

1. Το χρόνο που απαιτείται, για να φθάσουμε σε συγκεκριμένη τιμή κενού από την ατμόσφαιρα.
2. Την τελική τιμή της πίεσης που μπορούμε να επιτύχουμε.



## **2.1.4 - ΑΝΤΛΙΕΣ**

### **⇒ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ**

Στη διάταξη του εργαστηρίου χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του κενού δύο αντλίες : μία μηχανική αντλία και μία στροβιλομοριακή.

Για τη δημιουργία προκαταρκτικού - μέσου - κενού ( μέχρι  $10^{-3}$  Torr ), χρησιμοποιούνται οι μηχανικές ή περιστροφικές αντλίες και οι κρουσαντλίες. Πιο διαδεδομένες είναι οι μηχανικές αντλίες 1 ή 2 βαθμίδων, κυρίως γιατί απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και σχεδόν μηδενική επίβλεψη. Εντούτοις, είναι αρκετά θορυβώδεις και δημιουργούν κραδασμούς. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνες ή σε συστοιχίες αντλιών. Τέλος, είναι σχεδιασμένες να αντλούν ουδέτερα ή διαβρωτικά αέρια. Η αντλία του εργαστηρίου ανήκει στη σειρά 5 PASCAL του οίκου ALCATEL (Εικόνα 2.2).

Με αυτήν την αντλία θα ασχοληθούμε εκτενέστερα παρακάτω.

Οι κρουσαντλίες είναι αθόρυβες, αφού δεν έχουν κινητά μέρη. Πρέπει όμως να επιτηρούνται συχνά, γιατί πρέπει να διατηρούνται σε χαμηλή θερμοκρασία (  $77^{\circ}$  K, περιοχή υγρού  $N_2$  ).

## 2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ

Κατά τη λειτουργία, η αντλία λαδιού αναρροφά ψυχρό λάδι - το οποίο ψύχεται από ανεμιστήρα - στον πυθμένα της ελαιολεκάνης. Η διαφορά πίεσης επιτρέπει στο λάδι να φθάσει στα κινητά μέρη. Το πλεονάζον λάδι λιπαίνει το εμπρόσθιο έδρανο της αντλίας, υπό χαμηλή πίεση.

Όταν η αντλία για οποιοδήποτε λόγο σταματήσει, μια αντεπίστροφη διάταξη απομονώνει το λειτουργικό μέρος της αντλίας από αέρια.

### ⇒ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

- ✓ Κατά την εκκίνηση της αντλίας, η θερμοκρασία του λαδιού πρέπει να είναι πάνω από 10<sup>0</sup>C.
- ✓ Η θερμοκρασία περιβάλλοντος, κατά τη λειτουργία της αντλίας, πρέπει να είναι ανάμεσα στους 10<sup>0</sup> με 40<sup>0</sup>C.
- ✓ Υπό αυτές τις συνθήκες, η θερμοκρασία της αντλίας πρέπει να είναι ανάμεσα στους 60<sup>0</sup> με 40<sup>0</sup>C.
- ✓ **ΕΙΔΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ** : συνθετικά έλαια είναι περισσότερο συνεκτικά από ορυκτέλαια. Για το λόγο αυτό, κρίνεται απαραίτητη η έγχυση ορισμένης ποσότητας λαδιού μέσα από το στόμιο εισόδου κατά την έναρξη, για να διευκολυνθεί η λίπανση της αντλίας. Για τον ίδιο λόγο δεν συνίσταται η έναρξη της αντλίας σε θερμοκρασία περιβάλλοντος κάτω των 15<sup>0</sup>C.
- ✓ Κατά την εκκίνηση της αντλίας, η αντλία λαδιού διώχνει τον αέρα από την αντλία κενού. Έτσι εμφανίζονται φουσαλίδες αέρα μέσα στο λάδι, οι οποίες είναι ορατές από το παράθυρο παρατήρησης της στάθμης του λαδιού.
- ✓ Όταν η αντλία είναι καινούργια ή δεν έχει λειτουργήσει για πολύ καιρό, ατμοί ή συμπυκνώματα μπορεί να έχουν εισέλθει στην αντλία. Οι ουσίες αυτές αναμιγνύονται με το λάδι και εξασθενούν τα χαρακτηριστικά της αντλίας. Για την αναζωογόνηση του λαδιού η αντλία πρέπει να ξεκινήσει σε υψηλό κενό με το στόμιο εισόδου κλειστό.

Στο εργαστήριο για τη δημιουργία υψηλού κενού χρησιμοποιείται η στροβιλομοριακή αντλία ALCATEL 5081 που έχει σαν παρελκόμενα ένα μετασχηματιστή συχνότητας CFV 100 από τα 0 στα 450 Hz και ορισμένους απαραίτητους ηλεκτρικούς συνδετήρες.

Η ταχύτητα περιστροφής της αντλίας αυτής είναι 27000 RPM. Τα στοιχεία της αντλίας είναι κατασκευασμένα από κράματα αλουμινίου, ενώ η υποδοχή εισόδου κατασκευάζεται από ανοξείδωτο χάλυβα.

- ✓ Η άτρακτος γυρίζει πάνω σε δύο λιπασμένα έδρανα που είναι τοποθετημένα στο πρόκενο, ενώ το εσωτερικό -η καρδιά- της αντλίας συναρμολογείται στο τέλος.
- ✓ Η αντλία ενισχύεται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα 450 Hz, που τοποθετείται ανάμεσα στα δύο σφαιρικά έδρανα.
- ✓ Ο δρομέας προσαρμόζεται απ' ευθείας στην άτρακτο και ο στάτης, ο οποίος τοποθετείται στο σώμα της αντλίας, ψύχεται από έναν ανεμιστήρα που είναι τοποθετημένος έξω από την αντλία ή από ένα δακτύλιο που ψύχεται με νερό ή με φυσική μετάδοση της θερμότητας.
- ✓ Ο ηλεκτρονικός μετασχηματιστής συχνότητας CFV 100 τροφοδοτεί τον κινητήρα της αντλίας και ελέγχει την απαιτούμενη ισχύ, για να επιτύχουμε 27000 RPM.
- ✓ Προκειμένου να λειτουργούν κανονικά τα χαρακτηριστικά λειτουργίας στην αντλία και στο μετασχηματιστή, ενσωματώνονται στη διάταξη κάποιες συσκευές ασφαλείας.
- ✓ Υπάρχει ένας μετρητής του χρόνου έναρξης που καταγράφει το χρόνο λειτουργίας της αντλίας από 0 έως 100000 ώρες.

### **2.1.7 - ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΕΝΟΥ**

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του κενού κατατάσσονται ανάλογα με την περιοχή του κενού που θα μετρήσουν.

#### **⇒ ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΚΕΝΟΥ PIRANI PA 101**

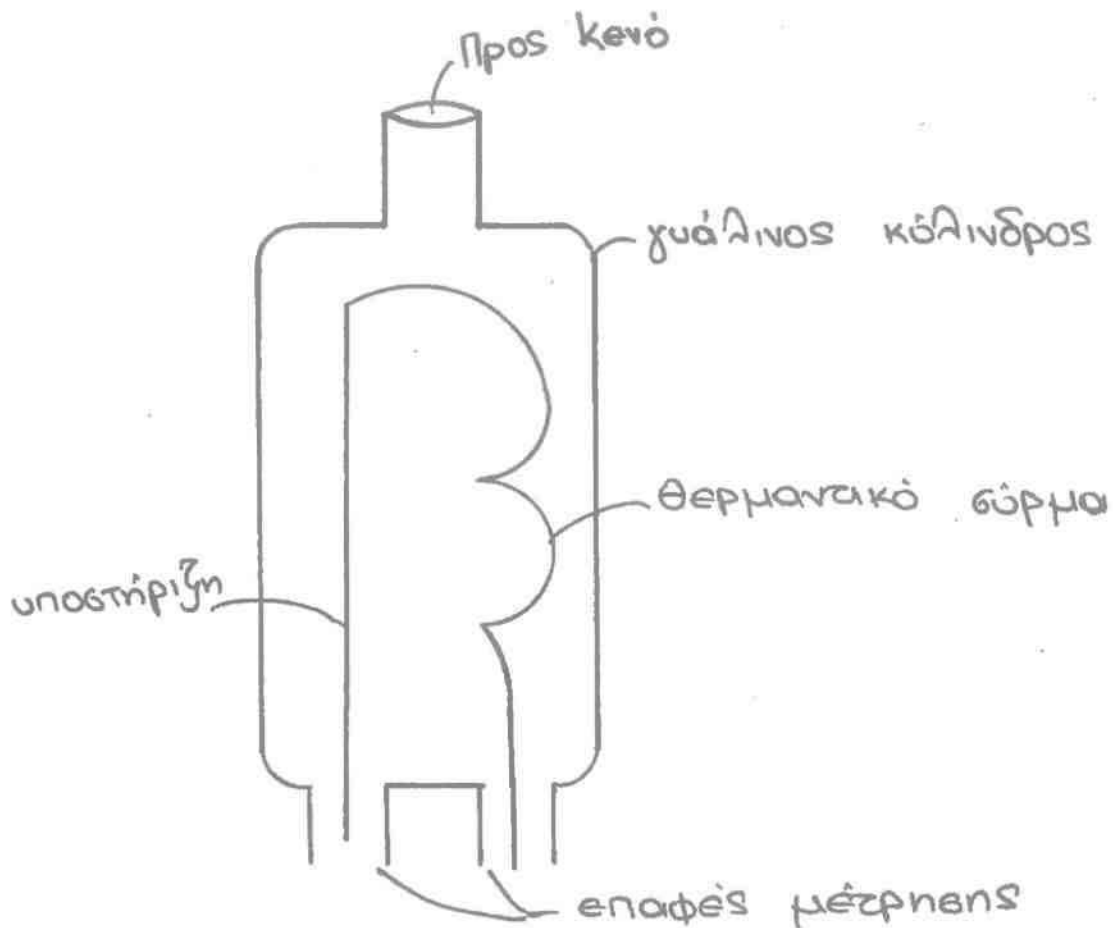
Για μετρήσεις σε χαμηλό κενό ( με ατμοσφαιρική πίεση γύρω στα  $10^{-3}$  Torr), δηλαδή σε περιοχή, όπου αντλεί η μηχανική αντλία, χρησιμοποιείται ο μετρητής PIRANI (Εικόνα Π3.1).

Η αρχή λειτουργίας του έχει ως εξής :

Αν ένα θερμαινόμενο σύρμα ( νήμα ) βρεθεί σε περιοχή όπου υπάρχει αέριο, τα μόρια του αερίου που θα έρθουν σε επαφή με το σύρμα θα μειώσουν τη θερμοκρασία του νήματος, έτσι ώστε η τελική θερμοκρασία να είναι συνάρτηση του αριθμού των μορίων, δηλαδή της πίεσης του αερίου. Επειδή η ηλεκτρική αντίσταση είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας, τότε η μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να αναχθεί σε μέτρηση της πίεσης ή του κενού.

Υπάρχει ένας γυάλινος κύλινδρος (Εικόνα 2.6) το ένα άκρο του οποίου είναι ανοικτό και συνδεδεμένο με το χώρο που θα μετρηθεί το κενό. Οι δύο επαφές στο κάτω μέρος αποτελούν τους ακροδέκτες για τη μέτρηση της αντίστασης. Η αντίσταση μετράται με αρκετή ακρίβεια με τη βοήθεια μιας γέφυρας Wheatstone. Οι τρεις σταθερές αντιστάσεις της γέφυρας είναι γνωστές ή μπορούν να μετρηθούν με μεγάλη ακρίβεια και έτσι μπορεί να υπολογισθεί ακριβώς και η αντίσταση του σύρματος του PIRANI.

- ✓ Αν ο μετρητής δε χρησιμοποιείται σε καθαρό κενό, αλλά σε ατμούς λαδιού, πρέπει να καθαρίζεται περιοδικά. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται μίγμα ακετόνης και οινόπνεύματος ή άλλων παρασκευασμάτων.
- ✓ Ο μετρητής πρέπει να διακριβώνεται συχνά.



Εικόνα 2.6 - Κύλινδρος μετρητή PIRANI

⇒ ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΚΕΝΟΥ PENNING FA 101

Για τη μέτρηση υψηλού κενού ( δηλαδή  $10^{-3}$  Torr έως  $10^{-6}$  Torr ), συνήθως χρησιμοποιείται ο μετρητής PENNING (Εικόνα Π4.1). Ο μετρητής αυτός βασίζεται στην αρχή της μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας αερίου σε χαμηλή πίεση και μοιάζει με θερμιονική λυχνία. Αν εφαρμοσθεί υψηλή τάση



(1-2 kV ) ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια, τα οποία βρίσκονται μέσα στην περιοχή ενός ισχυρού μαγνήτη, εκπέμπονται ηλεκτρόνια από μια ψυχρή κάθοδο, για να ξεκινήσει ανάμεσα στα ηλεκτρόδια, ο ιονισμός του αερίου. Τα θετικά ιόντα που σχηματίζονται έλκονται από την κάθοδο, αλλά επειδή υπάρχει το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο, οι τροχιές τους δεν είναι ευθύγραμμες. Αυτά τα θετικά ιόντα ακολουθούν ελικοειδής και έτσι αυξάνει ο χρόνος της κίνησής τους, με αποτέλεσμα τα μόρια του αέρα να κάνουν πολλές κρούσεις, να δημιουργούν καινούργια ιόντα και επομένως ο συνολικός αριθμός αυτών που δημιουργούνται να οδηγεί σε μεγαλύτερα ρεύματα. Επειδή λοιπόν το ρεύμα είναι ανάλογο των κρούσεων, επομένως ανάλογο της πίεσης του αερίου, η μέτρηση του ρεύματος αποτελεί ένα μέτρο του κενού που επικρατεί μέσα στο θάλαμο.

## **2.2 - ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ**

Ο αντιδραστήρας (Εικόνες 2.2.1 και 2.2.2) είναι ο χώρος μέσα στον οποίο γίνεται η εναπόθεση των αντιδρώντων αερίων στο υπόστρωμα μετά και την προσαγωγή ακτίνας Laser μήκους κύματος 10.6 μm. Πρόκειται ουσιαστικά για έναν κυλινδρικό θάλαμο κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 304 . Πάνω στο θάλαμο υπάρχουν 5 παράθυρα που χρησιμοποιούνται είτε ως δίοδοι για προσαγωγή και απαγωγή της ακτίνας laser, είτε ως οπτικές προσβάσεις. Εκτός από τα 5 παράθυρα, έχουμε και ένα άνοιγμα που χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση του δειγματοφορέα, πάνω στον οποίο εναποτίθεται το υπόστρωμα, που στηρίζεται στη διάταξη ρύθμισης θέσης με 3 βαθμούς ελευθερίας XYZ. Παράλληλα, έχει προβλεφθεί και η ύπαρξη ενός ακόμη ανοίγματος που χρησιμοποιείται για τη στήριξη του επιστομίου προσαγωγής των αντιδρώντων αερίων.

Ξεκινώντας την περιγραφή του αντιδραστήρα από την κορυφή προς τη βάση του, διακρίνουμε 2 επιστόμια στην κεφαλή του και μια βαλβίδα. Τα επιστόμια τύπου NW 25 χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση του αντιδραστήρα με τους 2 μετρητές πίεσης PIRANI και PENNING, προκειμένου να μετράται και να ελέγχεται η πίεση στο εσωτερικό του αντιδραστήρα. Οσον αφορά στη βαλβίδα, πρόκειται για χειροκίνητη, που χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση της ισορροπίας της πίεσης στο εσωτερικό του αντιδραστήρα προς την ατμοσφαιρική πίεση. Η κεφαλή - «καπάκι» , συνδέεται με το κυρίως σώμα του αντιδραστήρα με κοχλίες σύνδεσης, τοποθετημένους περιφερειακά στην περίμετρό της. Πριν τη σύνδεση αυτή, έχει τοποθετηθεί σε κατάλληλη εσοχή, ανάμεσα στο καπάκι και στο κυρίως σώμα, σύνδεσμος τύπου σύμφωνου προς την προδιαγραφή ISO 1609, για την εξασφάλιση της στεγανότητας.

Προχωρώντας παρακάτω στο κυρίως σώμα του αντιδραστήρα συναντάμε το «πρώτο» επίπεδο των προσβάσεων με τα μεγαλύτερης διαμέτρου παράθυρα, τα οποία είναι κατασκευασμένα από κοινή βοροπυριτιούχο ύαλο και χρησιμοποιούνται, κυρίως, για παρατήρηση του εσωτερικού αντιδραστήρα. Υπάρχει πάντως η δυνατότητα, λόγω της επιλογής της

συγκεκριμένης διαμέτρου, να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά και για τη μέτρηση του πεδίου ροής κοντά στο υπόστρωμα με ταχυμετρία laser Doppler.

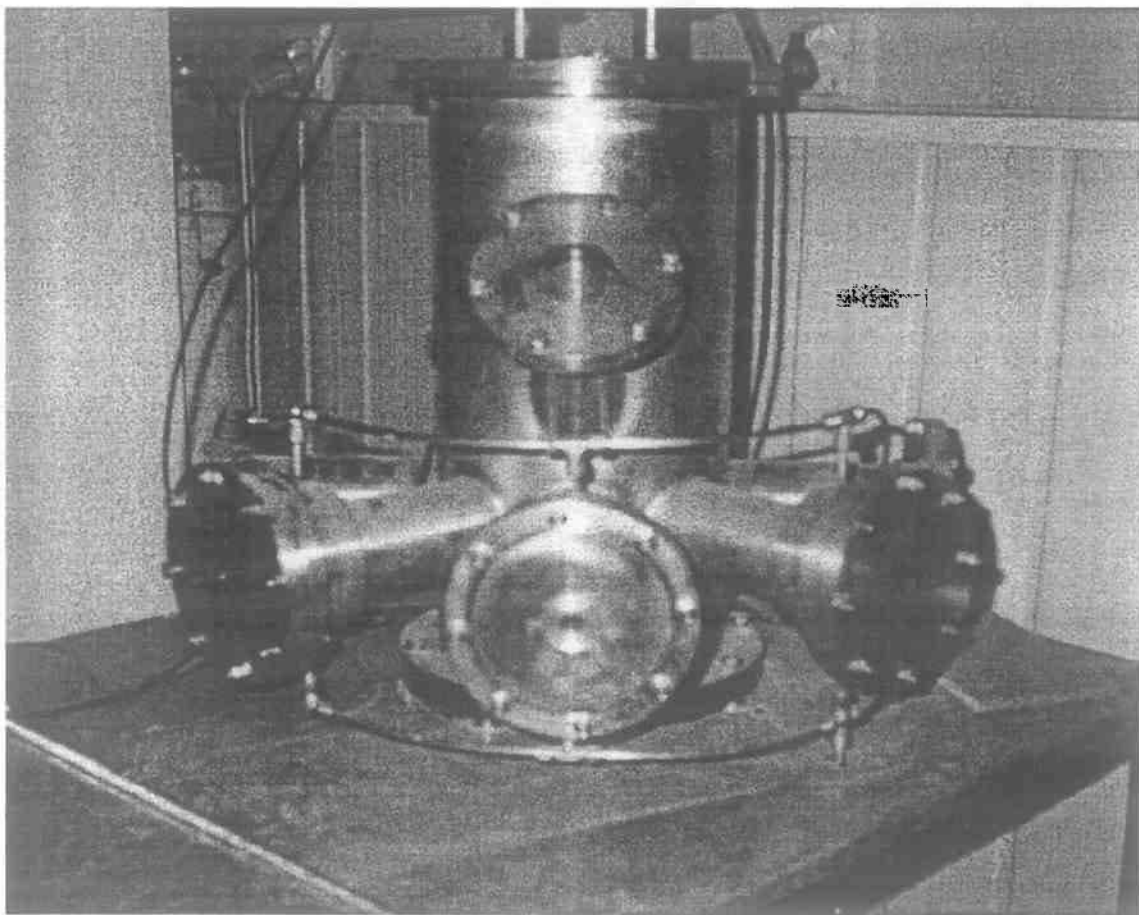
Στο δεύτερο επίπεδο των προσβάσεων παρατηρούμε τα 3 μικρότερα παράθυρα. Τα δύο από αυτά χρησιμοποιούνται για την προσαγωγή και απαγωγή της ακτίνας laser. Είναι κατασκευασμένα από σεληνιούχο ψευδάργυρο και είναι διαφανή σε 10.6 μm. Το τρίτο παράθυρο είναι κατασκευασμένο από οξειδίο του αργιλίου (σάπφειρο) και είναι διαφανές στο υπεριώδες φως. Η χρήση του παράθυρου αυτού είναι μελλοντική και στοχεύει στην αύξηση του ρυθμού εναπόθεσης, χάρις στην πυρολυτική δράση ακτίνας laser αλογονούχου σπανίου αερίου. Και οι 5 αυτές προσβάσεις στο εσωτερικό τους παρουσιάζουν ιδιαίτερη διαμόρφωση, που σκοπό έχει την αποφυγή εναποθέσεων αερίων, στα τοιχώματα των παραθύρων. Για το σκοπό αυτό υπάρχει στα παράθυρα και μια διάταξη προσαγωγής Ar μέσω δύο σωληνίσκων. Η ροή του Ar μπροστά από κάθε παράθυρο εμποδίζει τη ροή των αερίων από το εσωτερικό του αντιδραστήρα προς τα παράθυρα.

Η βάση του αντιδραστήρα συνδέεται, όπως και το καπάκι με το κυρίως σώμα, με σειρά κοχλιών σύνδεσης και αφού τοποθετηθεί ανάμεσά τους δακτύλιος στεγανότητας. Στη βάση διακρίνουμε ακόμη δύο επιστόμια τύπου NW 25 και NW 50, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση του αντιδραστήρα με τις δύο αντλίες -τη μηχανική και τη στροβιλομοριακή. Η σημασία της ύπαρξης των αντλιών στο σύστημα είναι ιδιαίτερος σημαντική. Πριν τη διαδικασία της εναπόθεσης επιβάλλεται η δημιουργία υψηλού κενού μέσα στον αντιδραστήρα, προκειμένου να εξασφαλισθεί χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου και αζώτου. Σε περίπτωση που έχουμε μεγαλύτερη πίεση και μεγαλύτερη συγκέντρωση οξυγόνου, το υδρογόνο και το μεθάνιο γίνονται εκρηκτικά, ενώ η ύπαρξη του αζώτου δημιουργεί ανεπιθύμητα νιτρίδια τιτανίου (TiN). Ταυτόχρονα η ύπαρξη των αντλιών εξασφαλίζει κατά τη διάρκεια της εναπόθεσης χαμηλή πίεση στο εσωτερικό του αντιδραστήρα, προκειμένου το τετραχλωριούχο τιτάνιο ( $TiCl_4$ ) να παραμένει στην αέρια φάση.

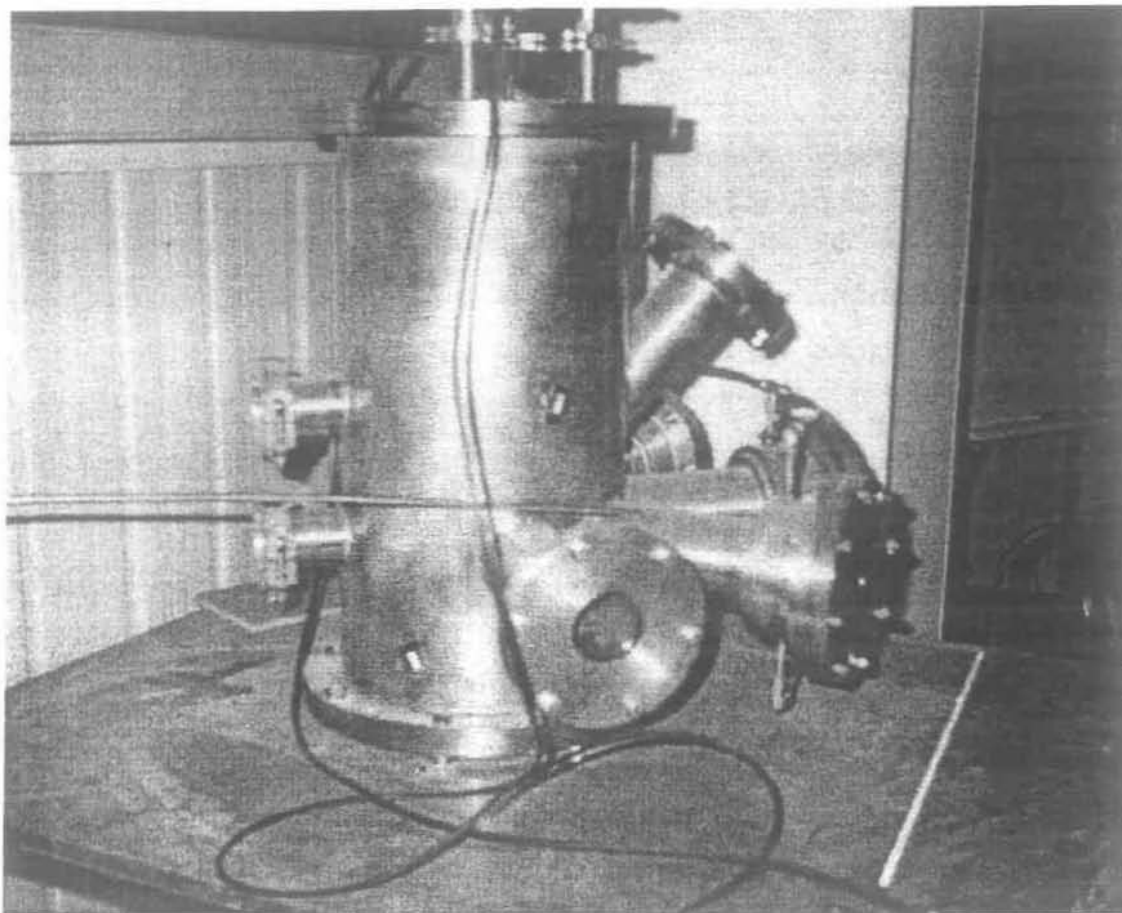
Από την πίσω πλευρά του αντιδραστήρα -αν θεωρηθεί ότι οι πέντε προαναφερόμενες προσβάσεις είναι στην μπροστινή πλευρά- υπάρχει μια ακόμη πρόσβαση. Η πρόσβαση αυτή χρησιμεύει στην τοποθέτηση

ελάσματος, που στηρίζει το δειγματοφόρα στο εσωτερικό του αντιδραστήρα, ενώ η στεγανότητα της σύνδεσης εξασφαλίζεται, μέσω ενός εύκαμπτου συνδέσμου.

Για την επίτευξη, όσο το δυνατόν μεγαλύτερης στεγανότητας στον αντιδραστήρα, έχουμε τοποθετήσει ανάμεσα σε κάθε παράθυρο δύο δακτυλίους στεγανότητας και άλλον έναν ανάμεσα στους δίσκους στο εξωτερικό των προσβάσεων.



**Εικόνα 2.2.1** - Οψη του Αντιδραστήρα του Εργαστηρίου



**Εικόνα 2.2.2 - Οψη του Αντιδραστήρα του Εργαστηρίου**



## **2.3 - ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΣΚΛΗΡΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ**

### **ΨΥΞΗΣ ΤΟΥ LASER**

#### **2.3.1 - ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

Το Πανεπιστήμιο δεν υδρεύεται από το δίκτυο της πόλης. Είναι απαραίτητη, όμως για το Laser η παροχή αποσκληρωμένου νερού, προκειμένου να μην αντιμετωπίζει προβλήματα, κατά τη λειτουργία και την ψύξη του. Για το λόγο αυτό, έχει κριθεί αναγκαία η εγκατάσταση ενός συστήματος αποσκλήρυνσης του νερού. Το σύστημα αποσκλήρυνσης του νερού που υπάρχει στο εργαστήριο μας παρέχει τη δυνατότητα της συνεχούς τροφοδοσίας αποσκληρωμένου νερού. Αυτό θα συμβαίνει σε κάθε περίπτωση ακόμα και όταν η παροχή νερού από το δίκτυο ύδρευσης της πόλης διακοπεί. Έτσι μπορούμε πάντα να τροφοδοτούμε το Laser, το οποίο χρειάζεται το αποσκληρωμένο νερό για την ψύξη του.

#### **2.3.2 - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Συνοπτικά το σύστημα (Εικόνα 2.3.1) λειτουργεί ως ακολούθως :

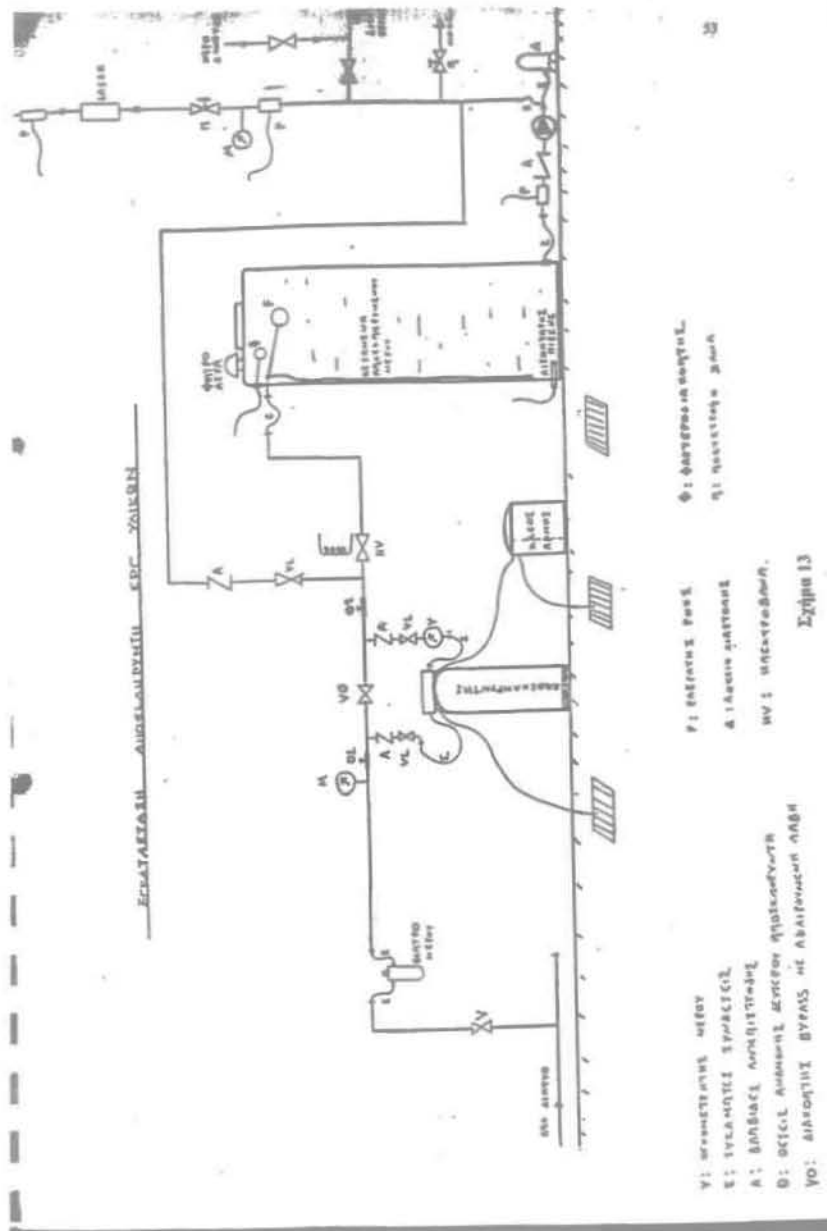
Το νερό που έρχεται από το δίκτυο ύδρευσης της πόλης περνά από το φίλτρο νερού της διάταξης και μετά, μέσω μανομέτρου, μετράται και ελέγχεται η πίεσή του πριν περάσει στη συσκευή της αποσκλήρυνσης -η πίεση κανονικής λειτουργίας του αποσκληρωτή είναι 8 bar- από όπου το παίρνουμε έτοιμο προς κατανάλωση ή αποθήκευση. Τα λειτουργικά μέρη που συνεργάζονται στην παραπάνω διαδικασία είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Συσκευή αποσκληρωτή αποτελούμενη από το κύριο δοχείο που περιέχει ρητίνη -το κύριο στοιχείο αποσκλήρυνσης του νερού- , την κεφαλή και τον κάδο της άλμης
- ✓ Το φίλτρο του νερού
- ✓ Δύο κυλινδρικές δεξαμενές από PVC χωρητικότητας 1 m<sup>3</sup>
- ✓ Ηλεκτρικός κινητήρας και αντλία νερού ισχύος 1kW και μέγιστης πίεσης 5.2 bar
- ✓ Ένα δοχείο διαστολής 50 lit

- ✓ Ένα φλοτέρ στη μία δεξαμενή
- ✓ Μανόμετρο με δυνατότητα μέτρησης πίεσης στο πεδίο 0 - 10 bar
- ✓ Διακόπτες και βαλβίδες διαφόρων διατομών
- ✓ Απαραίτητες σωληνώσεις και καλωδιώσεις
- ✓ Ηλεκτρολογικός πίνακας με τα στοιχεία ελέγχου και προστασίας (ηλεκτρονόμοι ελέγχου ροής και τροφοδοσίας της αντλίας και του laser)
- ✓ Αισθητήρες ελέγχου ροής και πίεσης του νερού στην αντλία, στο laser και στις δεξαμενές
- ✓ Οι απαραίτητες συνδέσεις και διακόπτες για την τροφοδοσία, τη σύνδεση και τον έλεγχο της συνολικής διάταξης και διαφόρων στοιχείων μεμονωμένα από τον ηλεκτρονικό πίνακα του εργαστηρίου.

Τα σημαντικότερα λειτουργικά μέρη θα εξετασθούν αναλυτικότερα παρακάτω.





Εικόνα 2.3.1 - Σύστημα Αποσκλήρυνσης του νερού ψύξης του Laser

### **2.3.3 - ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΣΚΛΗΡΥΝΣΗΣ ΝΕΡΟΥ**

#### **ΣΕΙΡΑΣ 155**

Το σύστημα ελέγχου αποσκλήρυνσης του νερού που έχει τοποθετηθεί και χρησιμοποιείται στο εργαστήριο ανήκει στη σειρά 155. Πρόκειται για ένα σύστημα απλού σχεδιασμού κατασκευασμένο από fiberglass. Το κυριότερο πλεονέκτημα του μοντέλου αυτού αποτελεί το γεγονός ότι μπορούμε να έχουμε αποσκληρωμένο νερό στη διάθεσή μας, ανά πάσα στιγμή και για μεγάλο χρονικό διάστημα. Πέρα από αυτό πλεονεκτεί σε σχέση με τις άλλες σειρές όσον αφορά σε στοιχεία σχεδιασμού.

Αρχικά είναι πιο εύκολο στη χρήση και στην κατανόηση της λειτουργίας του, καθώς εμπλέκονται λιγότερα λειτουργικά μέρη σε σχέση με άλλους τύπους, τα οποία σημειωτέον είναι ανταλλάξιμα, παρέχουν δυνατότητα περαιτέρω αναγέννησης και δεν είναι κινητά, οπότε αποφεύγεται στη ροή του νερού το μπλοκάρισμα των διαδρομών του.

Ενδειξη του γεγονότος ότι εδώ υπάρχουν λιγότερα λειτουργικά μέρη είναι ο ένας ηλεκτρικός κινητήρας. Ενώ στα συνηθισμένα συστήματα χρησιμοποιούνται δύο έως πέντε ηλεκτρικοί κινητήρες, στο μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται μονός ηλεκτροκινητήρας, ο οποίος παρέχει την απαιτούμενη ισχύ για τη λειτουργία του συστήματος ελέγχου, του χρονοδιακόπτη και των υπολοίπων λειτουργικών μερών.

Επίσης, η σύνδεση και η τοποθέτηση του συστήματος είναι εύκολη. Δεν τίθεται θέμα λανθασμένης σύνδεσης, επειδή υπάρχει ηλεκτρική καλωδίωση μονταρισμένη από το εργοστάσιο, που χρησιμοποιεί στη σειρά αυτή δυναμικά στεγανοποιητικά, για να αποφευχθεί ενδεχόμενη διαρροή από φθορά ή κόπωση.

Τέλος, οι χρησιμοποιούμενες βαλβίδες -πολλαπλή από NORYL ή μπρούντζο ή BYPASS- δίνουν τη δυνατότητα της πλήρους ευστροφίας και της ευκολίας στις υδραυλικές συνδέσεις, ενώ η βαλβίδα ελέγχου της άλμης βρίσκεται εσωτερικά στο σύστημα.

### **2.3.4 - ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ**

Ο ηλεκτροκινητήρας και η αντλία είναι ισχύος 1kW και μέγιστης πίεσης 5.2 bar, η οποία διατηρείται με μία βαλβίδα αντεπιστροφής στην είσοδο και συνδέεται με τον πυθμένα των δύο δεξαμενών, μέσω ενός εύκαμπτου σωλήνα.

Η ενεργοποίηση της αντλίας γίνεται μέσω ενός ενσωματωμένου πιεζοστάτη, ο οποίος λαμβάνει σήμα και τροφοδοτεί την αντλία, όταν η πίεση του νερού από το δίκτυο της πόλης βρεθεί στο διάστημα των πιέσεων από 2.5 έως 4 bar.

Η λειτουργία της αντλίας ελέγχεται συνεχώς και από έναν ηλεκτρονόμο που ελέγχει τη ροή της αντλίας και συνδέεται με αισθητήρα που ελέγχει την παρουσία νερού και είναι τοποθετημένος στην είσοδο της αντλίας. Το όλο αυτό σύστημα σκοπό έχει να προστατεύσει την αντλία, διακόπτοντας τη λειτουργία της, όταν η στάθμη του νερού πέσει κάτω από ένα προκαθορισμένο σημείο και βρεθεί κοντά στον πυθμένα.

Υπάρχει, τέλος, στον πίνακα ελέγχου ένας διακόπτης που ενεργοποιεί την αντλία για ένα χρονικό διάστημα, όταν εγκλωβισθεί αέρας στον αισθητήρα. Η αντλία τότε βοηθά στην απομάκρυνση της φυσαλίδας.

### **2.3.5 - ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΝΕΡΟΥ**

Οι δεξαμενές του συστήματος είναι κατασκευασμένες από PVC και έχουν χωρητικότητα ένα κυβικό μέτρο ( 1 m<sup>3</sup> ), ενώ συνδέονται μεταξύ τους στον πυθμένα.

Το σοβαρότερο θέμα που μας απασχολεί σχετικά με τις δεξαμενές είναι ο έλεγχος της στάθμης του νερού, καθώς δεν θέλουμε κάποια στιγμή να μην έχουμε αποσκληρυμένο νερό για την τροφοδοσία του Laser. Ο έλεγχος της στάθμης του νερού γίνεται μέσω ενός ηλεκτρονικού συστήματος μέτρησης και με τη βοήθεια αισθητήρων που είναι τοποθετημένοι στον πυθμένα των δεξαμενών. Η εποπτεία του συστήματος γίνεται διαβάζοντας τα ψηφιακά σήματα πάνω σε δύο οθόνες που υπάρχουν στο εργαστήριο και εκφράζονται

σε εκατοστά του μέτρου. Υπάρχουν, επίσης, βομβητές εντός των δεξαμενών που μας δίνουν ένα ηχητικό σήμα, όταν η στάθμη του νερού βρεθεί χαμηλότερα από ένα προκαθορισμένο σημείο.

### **2.3.6 - ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ**

- ✓ Σε περίπτωση βλάβης ή συντήρησης ή διακοπή ρεύματος ή που αδειάσουν οι δεξαμενές, τότε μπορούμε να παρακάμψουμε τη συσκευή αποσκλήρυνσης αν ανοίξουμε το διακόπτη VO. Τότε θα τροφοδοτηθεί μη αποσκληρωμένο νερό απευθείας από το δίκτυο της ύδρευσης.
- ✓ Σε περίπτωση που το νερό στις δεξαμενές πέσει κάτω από το όριο που έχουμε καθορίσει, ένας φλοτεροδιακόπτης ανοίγει την ηλεκτροβαλβίδα HV και τότε αρχίζει το γέμισμα των δεξαμενών μέχρι του επιλεγμένου ορίου. Αν ξεπερασθεί το όριο αυτό, τότε το φλοτέρ μέσα στις δεξαμενές θα διακόψει την τροφοδοσία του νερού.
- ✓ Σε περιπτώσεις λανθασμένης σύνδεσης μπορεί να εμφανισθούν προβλήματα στη λειτουργία. Γι' αυτό πρέπει κατά την εγκατάσταση να ακολουθήσουμε κατά γράμμα τις οδηγίες του κατασκευαστή.

### **2.3.7 - ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΤΟΥ LASER**

Για να ξεκινήσει η τροφοδοσία του laser με ηλεκτρικό ρεύμα θα πρέπει προηγούμενα να έχει κυκλοφορήσει αποσκληρωμένο νερό μέσα σε αυτό. Στον ηλεκτρικό πίνακα του εργαστηρίου υπάρχει ηλεκτρονόμος ελέγχου ροής του laser συνδεδεμένος με έναν αισθητήρα ελέγχου ροής που τοποθετείται στην έξοδο του νερού της ψύξης του laser. Όταν ο ηλεκτρονόμος εντοπίσει ότι ρέει νερό μέσα στο laser, τότε δίνει εντολή να αρχίσει η τροφοδοσία ρεύματος στο laser. Είναι σημαντικό να επιτηρούμε συνεχώς τη ροή του νερού μέσα στο laser. Σε περίπτωση που αυτή διακοπεί για οποιονδήποτε λόγο η παροχή του ηλεκτρικού ρεύματος θα διακοπεί.

## 2.4 - LASER

### 2.4.1 - ΓΕΝΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ LASERS

Η βασική διάταξη λειτουργίας των lasers περιλαμβάνει δύο καθρέπτες τοποθετημένους παράλληλα μεταξύ τους, κατά τρόπο ώστε να δημιουργείται ένας οπτικός ταλαντωτής. Στο χώρο αυτό, δέσμη φωτός ταλαντώνεται εμπρός - πίσω. Η ταλάντωση αυτή του φωτός ενισχύεται από ενεργό μέσο (μέσο δράσεως), όπως το μηχανισμό της «Διεγερμένης Ακτινοβολίας» [από όπου παίρνει και το όνομά του : Light Amplification by Stimulated Emission (LASER) δηλαδή Ενίσχυση Φωτός με Διέγερση της Εκπομπής Ακτινοβολίας]. Προκειμένου το μέσο ενίσχυσης της ταλάντωσης να γίνει ενεργό, διεγείρεται μέσω τροφοδοτικής διάταξης ( π.χ. DC ή RF για τα CO<sub>2</sub> και He/Ne lasers). Επιστρέφοντας στην περιγραφή της διάταξης των καθρεπτών, παρατηρείται ότι ο ένας είναι σχεδόν τέλεια αντανακλαστικός και προστατεύει το σύστημα από απώλειες φωτός, λόγω διάθλασης. Απέναντι του συναντάται ένας μερικώς διαφανής καθρέπτης, ο οποίος επιτρέπει την απελευθέρωση μέρους της ενέργειας ταλάντωσης με τη μορφή της ακτίνας λειτουργίας του laser.

Στη συνέχεια θα παρουσιασθούν επιγραμματικά οι διάφοροι τύποι των Lasers που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία. Ακολουθεί μελέτη και παρουσίαση του τύπου PB 1500 CO<sub>2</sub> Laser που υπάρχει στο εργαστήριο του Πανεπιστημίου.

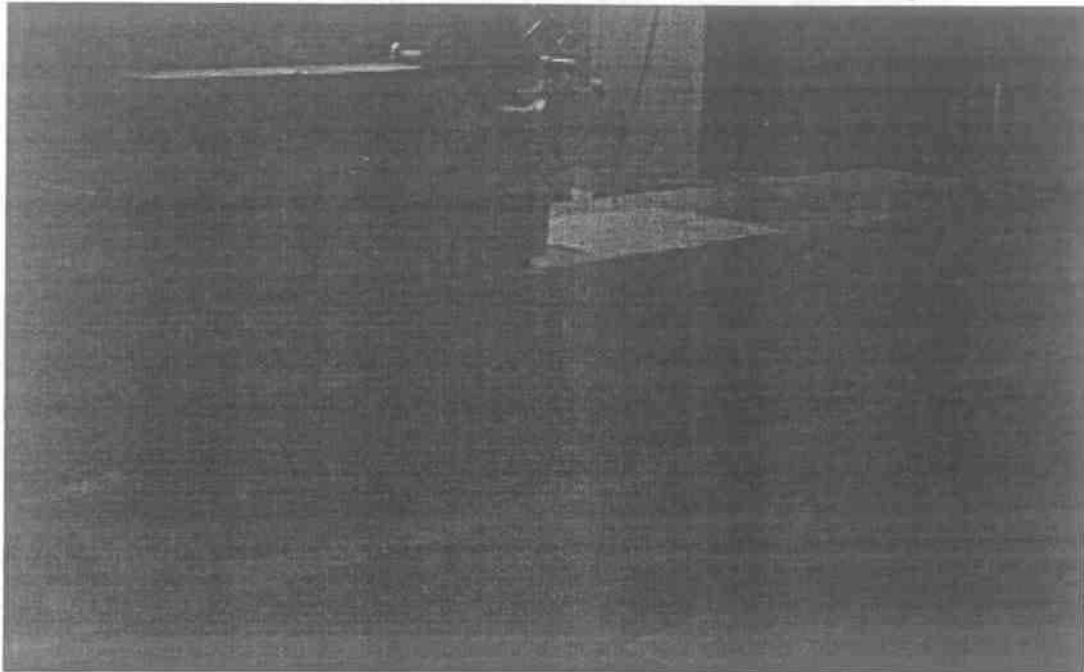
#### **ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ LASERS :**

**CO<sub>2</sub> LASERS** : Διακρίνονται σε i) αργής ροής (ιδιαίτερως επιμήκη - ενδείκνυνται για κοπή), ii) γρήγορης αξονικής ροής (εύκολη εστίαση σε μικρά σημεία - μονάδες μεγάλης ισχύος), iii) εγκάρσιας ροής (έλλειψη συμμετρικής ροής).

**LASERS ΣΤΕΡΕΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ** : Τα Nd-YAG, Nd-YLF, Nd-YAP (δαπανηρά, επιτυγχάνουν ισχύ της τάξης του 1kW). Αναφέρονται τέλος και τα CO laser, τα Diode laser και τα Excimer laser.



## 2.4.2 - PB 1500 CO<sub>2</sub> LASER



Εικόνα 2.4.1 - PB 1500 CO<sub>2</sub> Laser

### ⇒ ΘΕΩΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Πρόκειται για ένα τυπικό CO<sub>2</sub> laser αργής αξονικής ροής στο οποίο χρησιμοποιείται μίγμα αερίων ( He, N<sub>2</sub> CO<sub>2</sub> ) σε χαμηλή πίεση. Τα αέρια εμπεριέχονται σε γυάλινους σωλήνες με μια κοινή κεντρική άνοδο και κοινές κεντρικές καθόδους στα άκρα. Η εφαρμογή υψηλού δυναμικού στο ηλεκτρόδιο διεγείρει τα μόρια του CO<sub>2</sub> και μέσω μιας σύνθετης διαδικασίας συγκρούσεων, ελευθερώνεται ενέργεια υπό μορφή φωτονίων σε μήκος κύματος 10.6 μm.

Η τοποθέτηση δύο καθρεπτών στις άκρες των σωλήνων αυξάνει περαιτέρω τις συγκρούσεις. Δημιουργείται κατά τον τρόπο αυτό έντονη ακτινοβολία μέσα στο σωλήνα και ανάμεσα στους καθρέπτες, ένας εκ των οποίων είναι μερικώς διαφανής και επιτρέπει σε μέρος της ακτίνας να μεταδοθεί στην εξωτερική ατμόσφαιρα προς χρήση σε διάφορες εφαρμογές.

Η ακτίνα του laser ουσιαστικά «αναδύεται» παράλληλα. Δύναται όμως να ανακλασθεί από καθρέπτες και να εστιασθεί από φακούς, όπως το συνηθισμένο φως. Η ένταση της ακτίνας, ωστόσο, είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερη αυτής του συνηθισμένου φωτός, γεγονός που καθιστά το laser μια πολύ χρήσιμη πηγή ενέργειας για την κοπή, τη διάτρηση, τη συγκόλληση και πλήθος ακόμα εφαρμογές.

### ⇒ ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

Το PB 1500 CO<sub>2</sub> laser αποτελείται από τα κάτωθι επιμέρους τμήματα :

- ✓ Η κεφαλή του laser : πρόκειται για ένα χαλύβδινο κουτί που περιλαμβάνει την τροφοδοτική διάταξη, το «ηχείο» (resonator) και το σύστημα ψύξης. Για λόγους ασφαλείας (έλεγχος της ακτίνας) τέλος, έχει μεριμνηθεί η ύπαρξη ενός διακόπτη - διαφράγματος. (Εικόνες Π5.1 και Π5.2)
- ✓ Η μονάδα ελέγχου όπου βρίσκονται όλοι οι διακόπτες λειτουργίας και ελέγχου του laser. (Εικόνες Π5.3 και Π5.4)
- ✓ Η μονάδα τροφοδοσίας όπου περιλαμβάνονται η τροφοδοτική διάταξη ηλεκτρικής ισχύος, το νερό, το He, το N<sub>2</sub>, το CO<sub>2</sub>, αέρας υπό πίεση και ο μηχανισμός ανάμιξης των αερίων. (Εικόνες Π5.5 και Π5.6)
- ✓ Η αντλία κενού. (Εικόνα Π5.7)

Κατόπιν θα εξετασθούν, αναλυτικότερα, τα κυριότερα στοιχεία του laser.

### ⇒ (RESONATOR) ΚΟΙΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ LASER

Στο τμήμα αυτό (Εικόνα Π5.8) «γεννάται» η ακτίνα του laser. Αποτελείται από δύο συμπαγή χαλύβδινα ελάσματα που στηρίζονται σε τρεις υδρόψυκτες χαλύβδινες ράβδους. Η στήριξη αυτή θα εξασφαλίσει ότι τα ελάσματα θα παραμένουν παράλληλα μεταξύ τους, παρ' όλες τις διαστασιολογικές μεταβολές που ενδέχεται να προκληθούν, λόγω των διακυμάνσεων του περιβάλλοντος θερμοκρασιακού πεδίου.

Στην άκρη κάθε ελάσματος υπάρχουν δύο διακριβωμένα ελάσματα στα οποία προσαρμόζονται ένας τελείως αντανakλαστικός, ανθρακούχος επικαλυμμένος με χρυσό, καθρέπτης και ένα μερικώς απορροφητικό παράθυρο εξόδου. Οι καθρέπτες ενσωματώνονται, μέσω κοχλιών, πάνω σε κάθε έλασμα, προκειμένου να είναι απόλυτα ευθυγραμμισμένοι με τη διάμετρο του γυάλινου σωλήνα και παράλληλοι μεταξύ τους. Σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι η επίτευξη της ιδανικής ισχύος εξόδου και ποιότητας της ακτίνας.

Προηγούμενα, είχε σημειωθεί η ύπαρξη δύο καθόδων σε κάθε άκρη των σωλήνων, καθώς και μιας ανόδου στο κέντρο. Οι κάθοδοι μονώνονται κατά τη σύνδεσή τους με τα ελάσματα και αποτελούν τη δίοδο για την είσοδο των αερίων στους σωλήνες πλάσματος. Το αέριο, αφού εισέλθει μέσω των καθόδων στους σωλήνες, εξέρχεται από την άνοδο. Κατά τη διεργασία αυτή, αναπτύσσεται θερμότητα μέσα στους σωλήνες. Προκειμένου να προληφθεί το ενδεχόμενο η θερμότητα να αναπτυχθεί υπέρμετρα, οι σωλήνες πλάσματος είναι υδρόψυκτοι και τα ηλεκτρόδια αερόψυκτα, μέσω ανεμιστήρα που βρίσκεται στη βάση του σκελετού του laser.

### ⇒ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΕΝΟΥ

Τα τρία αέρια του laser (ήλιο, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα) είναι αποθηκευμένα σε κυλίνδρους υψηλής πίεσης, πάνω στους οποίους προσαρμόζονται μειωτήρες πίεσης. Τα αέρια διοχετεύονται στη Μονάδα Τροφοδοσίας, όπου και πάλι η πίεση ελέγχεται και ρυθμίζεται από μετρητές που βρίσκονται στις γραμμές ροής των αερίων. Παράλληλα, συνεργάζονται και σωληνοειδείς βαλβίδες οι οποίες εξασφαλίζουν τη στεγανότητα -αποφυγή διαρροής- του συστήματος των αερίων, όταν το laser βρίσκεται εκτός λειτουργίας. Παρατηρείται ακόμη η ύπαρξη μειωτήρων οι οποίοι μετρούν την πίεση κάθε αερίου στο σημείο της ανάμιξης και την ρυθμίζουν κατάλληλα, σε συνεργασία με τις κατάλληλες διατάξεις πίεσης. Μετά την ανάμιξη, το μίγμα των αερίων προσάγεται στην Κεφαλή του Laser, μέσω των καθόδων, όπου κατόπιν θα εισαχθεί στους σωλήνες πλάσματος και θα εξαχθεί από την άνοδο. Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί στη διεύθυνση των αερίων -στη θέση της

γραμμής ροής- που απέχει από τα οπτικά στοιχεία του συστήματος, προκειμένου τα ξένα προς τη διαδικασία σωματίδια (π.χ. σκόνη) να μην έρθουν σε επαφή με τα οπτικά και να απομακρυνθούν προς το κέντρο του σωλήνα.

Στη διαδικασία προσαγωγής των αερίων και του συστήματος του κενού εμπλέκονται ακόμη δύο βαλβίδες. Η μία χρησιμοποιείται για τη σύνδεση της εξωτερικής μηχανικής αντλίας κενού με την κεντρική άνοδο. Πρόκειται για μια βαλβίδα ελέγχου κενού που ρυθμίζει την πίεση του laser, συνήθως στα 22 - 24 mbar. Η δεύτερη βαλβίδα προσαρμόζεται στην αντλία και επιτρέπει την πλήρωση του laser με αέρα, όταν αυτό τεθεί εκτός λειτουργίας.

Το σύστημα αερίων και κενού γίνεται ευκολότερα κατανοητό, παρατηρώντας την Εικόνα Π5.9 στο Παράρτημα.

### ⇒ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΝΕΡΟ

Για την ψύξη του laser χρησιμοποιούνται συνηθισμένοι αγωγοί, μέσα στους οποίους ρέει νερό σταθερής θερμοκρασίας από το δίκτυο ύδρευσης, καθώς και φίλτρα νερού για κατακράτηση ενδεχόμενων ακαθαρσιών. Σε περίπτωση που το νερό προέρχεται από δεξαμενή οροφής ή διέρχεται μέσω μακρών σωλήνων που γειτονεύουν με συσκευή που παράγει θερμότητα κατά τη λειτουργία της, τότε πιθανότατα η θερμοκρασία του μεταβάλλεται. Το γεγονός αυτό δεν είναι ικανό από μόνο του να τερματίσει τη λειτουργία του laser, επηρεάζει όμως σημαντικά την ισχύ εξόδου που δεν είναι πια σταθερή, όπως στην περίπτωση που η θερμοκρασία θα παρέμενε αμετάβλητη.

Παρακάτω επιχειρείται η παρουσίαση της διάταξης προσαγωγής του νερού (Εικόνα Π5.10). Το νερό εισέρχεται στη Μονάδα Τροφοδοσίας, μέσω σωληνοειδούς βαλβίδας που επιτρέπει τη διέλευσή του μόνον όταν το laser είναι σε λειτουργία. Μέσα στη Μονάδα Τροφοδοσίας το νερό «μοιράζεται» σε δύο κυκλώματα : το ένα διαβιβάζεται στο θερμοιδόμετρο και το άλλο στο κύριο κύκλωμα της ψύξης. Το νερό διέρχεται μέσα από χαλύβδινες ράβδους μέσω των οποίων προσάγεται σε εναλλάκτη θερμότητας (αέρος - νερού) ο οποίος

απορροφά τη θερμότητα που έχει παραχθεί από τα ηλεκτρικά στοιχεία της διάταξης. Κατόπιν, το νερό εισέρχεται σε υδάτινους θαλάμους που καλύπτουν τους σωλήνες πλάσματος και καταλήγει, μέσω διακόπτη ροής ύδατος, στην αποχέτευση. Ο προαναφερόμενος διακόπτης εξασφαλίζει ότι δεν θα υπάρξει παροχή ηλεκτρικού δυναμικού όσο θα ρέει το νερό.

### ⇒ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΟ

Το θερμιδόμετρο, προκειμένου να δώσει σωστές ενδείξεις για την ισχύ εξόδου του laser, απαιτεί ακριβή και σταθερή ροή νερού. Η διάταξη του θερμιδόμετρου και του διαφράγματος ασφαλείας αποτελείται από έναν υδρόψυκτο ορειχάλκινο κώνο, όπου ρέει σταθερής παροχής νερό (450 cc ανά λεπτό) που ελέγχεται από ρυθμιστή ροής. Το νερό, περνώντας μέσα από τον κώνο του θερμιδόμετρου, απορροφά τη θερμότητα που προσδίδει η ακτίνα του laser και κατακρατείται από τον ορειχάλκινο κώνο. Η διάταξη έχει ρυθμισθεί έτσι ώστε να παράγεται δυναμικό της τάξης του 1 mVolt ανά 100 Watt ισχύος laser, για μια σταθερή ροή ύδατος της τάξης των 450 cc ανά λεπτό.

Ο κώνος του θερμιδόμετρου μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί και ως μηχανικό διάφραγμα το οποίο διακόπτει την ακτίνα και αποτρέπει την ανάδυσή της έξω από το laser. Για το λόγο αυτό έχουν γίνει οι απαραίτητες ρυθμίσεις, ώστε να φράζει την πορεία της ακτίνας, «πέφτοντας» πάνω της, υπό την επίδραση του βάρους του.

### ⇒ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΑΕΡΑ

Εκτός από τους υδρόψυκτους σωλήνες πλάσματος και τον εναλλάκτη αέρος - ύδατος, όλα τα άλλα στοιχεία της κεφαλής του laser είναι αερόψυκτα. Η ψύξη επιτυγχάνεται με έναν απλό ανεμιστήρα στη βάση του laser που ψύχει τις καθόδους, τις ανόδους και τα οπτικά στοιχεία της διάταξης.

Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγόμενης θερμότητας στην κεφαλή του laser προέρχεται από τις βαλβίδες κενού που είναι τοποθετημένες στη βάση του laser. Ο ψυχρός, λόγω ανεμιστήρα, αέρας πνέει πάνω από τις βαλβίδες και μέσω του εναλλάκτη «αποβάλλει» την απορροφημένη από τα στοιχεία θερμότητα. Ο απαλλαγμένος, από θερμότητα, αέρας περνά στη συνέχεια και ψύχει τους ανορθωτές υψηλού δυναμικού καθώς και τους μετασχηματιστές. Τελικά, κατά τον τρόπο αυτό, σχηματίζεται ένα κλειστό ανακυκλούμενο σύστημα ψύξης, που στεγανοποιεί το laser και το προστατεύει από ενδεχόμενη, ανεπιθύμητη είσοδο στο εσωτερικό του σκόνης ή διαφόρων άλλων ακαθαρσιών.

### ⇒ ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΕΣΜΗΣ

Η διάταξη προσαγωγής της δέσμης φωτός του laser είναι σχετικά απλή (Εικόνα Π5.11). Αφού η ακτίνα παραχθεί, με τον τρόπο που εξετάζεται στις προηγούμενες παραγράφους, μέσα στο laser, εξέρχεται κάθετα σ' αυτό. Το πρώτο πλακίδιο που συναντά στην πορεία της είναι το BCP, όπου η ακτίνα προσπίπτει υπό  $45^{\circ}$ . Στο πλακίδιο αυτό στοχεύεται και η ακτίνα ενός diode laser μικρής ισχύος. Οι δύο ακτίνες ανακλώμενες από το BCP, θα ακολουθήσουν την ίδια πορεία κατευθυνόμενες στο επόμενο κάτοπτρο SM1. Στη συνέχεια φεύγουν κάθετα προς το κάτοπτρο SM2, απ' όπου πάλι κάθετα μέσω του φακού IL1, εστιάζονται στο παράθυρο εισόδου του αντιδραστήρα, με τελική κατάληξη την επιφάνεια του, προς επικάλυψη, υποστρώματος.

Αξίζει, τέλος, να αναφερθεί ότι το κάτοπτρο SM2 μπορεί να περιστρέφεται, γεγονός που μας παρέχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιούμε την ακτίνα του laser και σε άλλες εφαρμογές.

Η διάταξη του οπτικού συστήματος της δέσμης του laser περιγράφεται καλύτερα και συνοπτικότερα στην Εικόνα Π5.11 που παρουσιάζεται στο Παράρτημα της διπλωματικής εργασίας.



## **2.5 - ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ**

Κατά τη διαδικασία της εναπόθεσης TiC έχει προαναφερθεί ότι εμπλέκονται τα ακόλουθα αέρια : υδρογόνο, μεθάνιο, τετραχλωριούχο τιτάνιο και αργό, υπάρχουν δηλαδή τέσσερις παροχές αερίων, αλλά 2 έξοδοι αερίων και ταυτόχρονα είσοδοι στον αντιδραστήρα. Τα αέρια φυλάσσονται σε φιάλες υψηλής πίεσης από όπου, μέσω εύκαμπτων σωληνίσκων, διοχετεύονται στον αντιδραστήρα. Στην πορεία ροής των αερίων παρεμβάλλονται τρεις τύποι βαλβίδων. Αρχικά στην πορεία τους, «συναντούν» τις χειροκίνητες δικλείδες ταχείας απελευθέρωσης (QRLV). Κατόπιν, μέσω ρυθμιστών της παροχής (MFC), οι οποίοι διαθέτουν αισθητήρες παροχής, τις αναλογικές βαλβίδες οι οποίες ελέγχονται από Η/Υ, από όπου προσάγονται τελικά στις αντεπίστροφες βαλβίδες (PCV). Οι τελευταίες, μας παρέχουν τη δυνατότητα να επέμβουμε στη διάταξη - για λόγους συντήρησης ή βλάβης - δίχως να έρθουμε σε επαφή με το μίγμα. Αναφέρεται επίσης ότι έχει μεριμνηθεί και η κατάλληλη, για προσαγωγή  $\text{BCl}_3$ , διάταξη που θα χρησιμοποιηθεί για μελλοντική εναπόθεση  $\text{TiB}_2$ .

Ακολούθως, εξετάζεται η πορεία προσαγωγής αναλυτικότερα. Ουσιαστικά, διακρίνονται τρεις γραμμές ροής. Στην πρώτη, το υδρογόνο και το μεθάνιο ακολουθώντας το καθένα τη δική του πορεία, απελευθερώνονται, μέσω των δικλείδων QRLV 4 και QRLV 3 αντίστοιχα. Η παροχή τους ρυθμίζεται με τις βαλβίδες MFC 4 και MFC 3 και λίγο πριν το σημείο ανάμιξής τους παρεμβάλλονται οι αντεπίστροφες PCV 4 και PCV 3. Τελικά, αφού αναμιχθούν, υδρογόνο και μεθάνιο προσάγονται στο σημείο, όπου θα γίνει η τελική ανάμιξη με τα υπόλοιπα αέρια.

Η δεύτερη γραμμή περιλαμβάνει μια πιο σύνθετη διάταξη. Σ' αυτήν εμπλέκονται το  $\text{TiCl}_4$  και ένα μέρος του Ar. (Βγαίνοντας από τη φιάλη που φυλάσσεται, διακλαδίζεται η ροή του Ar προς δύο οδούς : στην πρώτη, ρεύμα Ar έρχεται σε επαφή με το  $\text{TiCl}_4$  - δεύτερη γραμμή - ενώ στη δεύτερη οδό ρέει σε καθαρή μορφή - τρίτη γραμμή - ). Στη διαδικασία μας ενδιαφέρει η χρήση των ατμών του  $\text{TiCl}_4$  και αφού είναι υγρό στις Κ.Σ., θερμαίνεται σε θερμοκρασία ανώτερη των  $50^\circ \text{C}$  μέσα σε γυάλινη φιάλη. Οι παραγόμενοι ατμοί παρασύρονται από το πρώτο ρεύμα Ar που αναφέρθηκε παραπάνω και

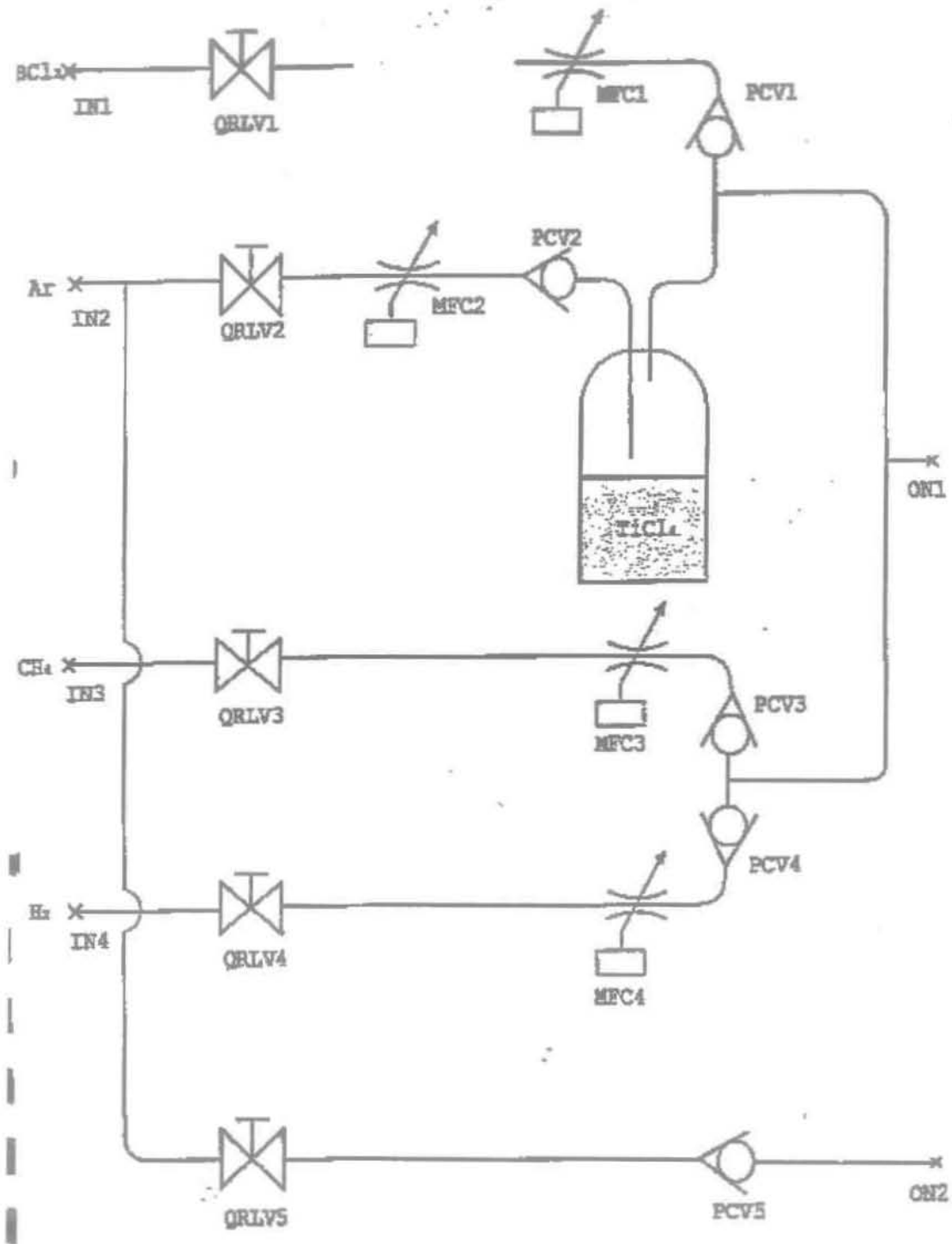
στη συνέχεια προσάγονται στο σημείο ανάμιξης με τα ρεύματα υδρογόνου και μεθανίου. Το Ar πριν έρθει σε επαφή με τους ατμούς του  $TiCl_4$ , έχει διέλθει μέσω των τριών γνωστών βαλβίδων (κατά σειρά QRLV 2, MFC 2 και PCV 2).

Η τρίτη γραμμή αφορά τη γραμμή ροής καθαρού Ar. Το Ar διέρχεται μέσω των βαλβίδων QRLV 5 και PCV 5 και διοχετεύεται μέσα από δύο εύκαμπτους σωληνίσκους στα σημεία οπτικής πρόσβασης, προκειμένου να αποτρέψει εναποθέσεις αερίων.

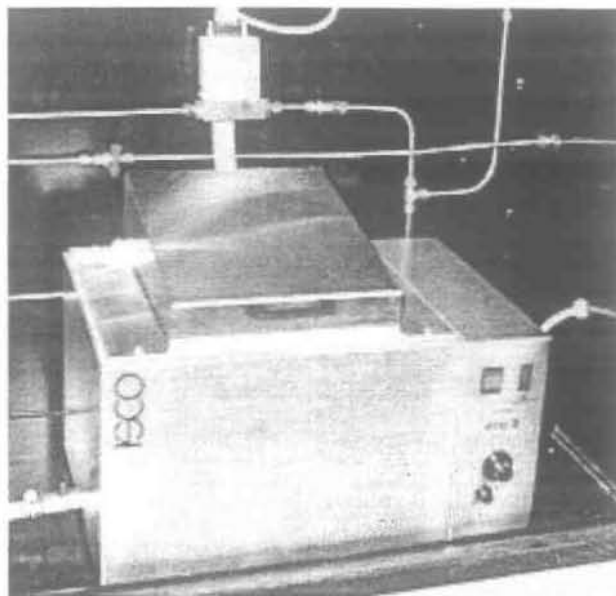
Καταλήγοντας, πρέπει να τονισθεί η σημασία της πίεσης στην όλη διαδικασία. Επιβάλλεται η δημιουργία εξαιρετικά υψηλού κενού στον αντιδραστήρα, παρά τη συνεχόμενη προσαγωγή αντιδρώντων, μέσω της λειτουργίας των δύο αντλιών κενού, που εξετάστηκαν. Κατά τον τρόπο αυτό, διατηρείται το  $TiCl_4$  σε αέρια κατάσταση, μέσω κατάλληλης συσκευής (Εικόνα 2.5.2) -απαιτεί πίεση χαμηλότερη των 4000 Pa- χάνεται η εκρηκτικότητα  $H_2$ ,  $CH_4$  (αέρια ιδιαίτερος επικίνδυνα σε περιβάλλον  $O_2$ ), μειώνεται η συγκέντρωση σε  $N_2$  και αποφεύγεται ο σχηματισμός νιτριδίων τιτανίου, ενώ τέλος απάγονται τα προϊόντα της αντίδρασης, καθώς και ενδεχόμενο πλεόνασμα των διοχετευόμενων αερίων.

Στη συνέχεια μια σχηματική προσέγγιση της διάταξης (Εικόνα 2.5.1) φιλοδοξεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση του τρόπου προσαγωγής των αερίων.





Εικόνα 2.5.1 - Διάταξη Προσαγωγής Αερίων



**Εικόνα 2.5.2** - Συσκευή Θέρμανσης υγρού  $TiCl_4$

## 2.6 - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΕΡΙΩΝ

### 2.6.1 - ΤΕΤΡΑΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΤΙΤΑΝΙΟ (TiCl<sub>4</sub>)

#### ⇒ ΤΙΤΑΝΙΟ

- ✓ Το Ti, με σχετικό ειδικό βάρος 4.5, είναι από τα πυκνότερα ελαφρά μέταλλα.
- ✓ Παρουσιάζει υψηλό σημείο ζέσεως (1668° C) και είναι κατάλληλο για αντιδιαβρωτικές εφαρμογές.
- ✓ Είναι αλλοτροπικό υλικό. Σε θερμοκρασία δωματίου, εμφανίζει διάταξη πυκνής εξαγωνικής δομής (HCP) - φάση α - ενώ από τους 882° C, όπου γίνεται ο αλλοτροπικός μετασχηματισμός, μέχρι την περιοχή του σημείου ζέσεως η διάταξη αλλάζει σε χωροκεντρωμένη κυβική δομή (BCC) - φάση β.

#### ⇒ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΙΤΑΝΙΟΥ

- ✓ Το τιτάνιο, λόγω της αλλοτροπίας του, έχει τη δυνατότητα να παράγει κράματα φάσης α ή β ή ενώσεις των α και β.
- ✓ Αντιδρά με στοιχεία, όπως το H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> και N<sub>2</sub> σε θερμοκρασίες αρκετά χαμηλότερες του σημείου ζέσεως.
- ✓ Αντιδρά με άλλα στοιχεία προς σχηματισμό στερεών κραμάτων ή ενώσεων με ομοιοπολικούς, ιοντικούς και μεταλλικούς δεσμούς.
- ✓ Αντιδρά εύκολα με O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> σε οξειδωτικά περιβάλλοντα.
- ✓ Αντιδρά με H<sub>2</sub> που προέρχεται από την αποσύνθεση των ατμών νερού (συνήθως υπό κενό ή σε περιβάλλον ευγενών αερίων, προς αποφυγή επιφανειακής φθοράς κατά τη διεργασία).

**⇒ TiCl<sub>4</sub>**

- ✓ Το τετραχλωριούχο τιτάνιο είναι ένα υγρό, ισχυρά διαβρωτικό.
- ✓ Αντιδρά με H<sub>2</sub>O παράγοντας HCl, ενώ ταυτόχρονα απελευθερώνει ενέργεια.
- ✓ Η έκθεσή του στον αέρα έχει επικίνδυνες - στον άνθρωπο - παρενέργειες.
- ✓ Η παροχή του απαιτεί γραμμή υψηλού κενού (πίεση χαμηλότερη των 10<sup>-6</sup> mbar ).
- ✓ Προσάγεται υπό αδρανές περιβάλλον (π.χ. Ar).
- ✓ Παράγει επικίνδυνα προϊόντα τα οποία πρέπει να παγιδεύονται (ή να εξουδετερώνονται) πριν την έξοδό τους στην ατμόσφαιρα.
- ✓ Είναι διαπερατό στα 10.6 μm.
- ✓ Στο εμπόριο βρίσκεται δύσκολα.

**2.6.2 - ΜΕΘΑΝΙΟ (CH<sub>4</sub>)**

- ✓ Το μεθάνιο είναι αέριο που αντιδρά επικίνδυνα με τον αέρα σε θερμό περιβάλλον.
- ✓ Η έκθεσή του στον αέρα δεν προκαλεί επικίνδυνες παρενέργειες στον άνθρωπο.
- ✓ Η παροχή του επιβάλλεται να γίνεται σε γραμμή κενού ( χαμηλότερη των 10<sup>-4</sup> mbar).
- ✓ Διαπερατό στο μήκος κύματος ( 10.6 μm ).
- ✓ Το διακρίνει εύκολη διαθεσιμότητα.

**2.6.3 - ΥΔΡΟΓΟΝΟ (H<sub>2</sub>)**

- ✓ Είναι αέριο που αντιδρά εκρηκτικά με τον αέρα σε πολύ θερμό περιβάλλον.
- ✓ Η παροχή του γίνεται σε γραμμή πολύ υψηλού κενού ( χαμηλότερη των 10<sup>-6</sup> mbar).
- ✓ Η διαθεσιμότητά του στο εμπόριο είναι εύκολη.

## **2.7 - ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ LCVD ΜΕΣΩ Η/Υ**

Ο έλεγχος της διαδικασίας εναπόθεσης γίνεται μέσω Η/Υ IBM 486 DX2 και εντοπίζεται στα ακόλουθα θέματα: 1) έλεγχος παροχών αερίων, 2) έλεγχος ισχύος laser, 3) έλεγχος/ επιλογή της λειτουργίας του laser σε παλμική ή σε συνεχή λειτουργία, 4) έλεγχος θερμοκρασίας της επιφάνειας του δοκιμίου, 5) έλεγχος της πίεσης του αντιδραστήρα. Για να επιτευχθεί ο έλεγχος της διαδικασίας, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής εφοδιάζεται με τα κάτωθι λειτουργικά μέρη- χαρακτηριστικά:

- ✓ 16 αναλογικές είσοδοι, με μέγιστο πλάτος τάσης εισόδου 5 volt (εύρος : 0-10 volt).
- ✓ 4 αναλογικές έξοδοι ίδιου μεγίστου πλάτους.
- ✓ 32 ψηφιακές έξοδοι στάθμης TTL.
- ✓ 8 ψηφιακοί μετρητές μήκους 16 bits. Οι 3 απ' αυτούς ανήκουν στον τύπο IC INTEL 8253-5 και συνεργάζονται με ταλαντωτή συχνότητας 2 MHz, με δυνατότητα μείωσης μέχρι τα 200Hz περίπου. Οι υπόλοιποι 5 μετρητές είναι τύπου IC AMD 9513 και συνεργάζονται με ταλαντωτή, συχνότητας 1MHz, που μπορεί να μειωθεί μέχρι τα 100 Hz περίπου.

Ακολούθως μελετώνται, αναλυτικότερα, τα επιμέρους θέματα, όπου μπορεί να υπεισέλθει ο Η/Υ για τον έλεγχο της διαδικασίας.

### **2.7.1 - ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ**

Όπως έχει αναφερθεί σε άλλη παράγραφο, στους ρυθμιστές παροχής (MFC) έχουν προσαρμοσθεί αισθητήρες παροχής και αναλογικές βαλβίδες. Η λειτουργία έχει ως ακολούθως: η παροχή εκφράζεται μέσω σήματος 0-5 volt και η τιμή του συγκρίνεται με την έξοδο του αισθητήρα παροχής. Η διαφορά μεταξύ των τιμών του σήματος και της εξόδου του αισθητήρα διορθώνεται, μέσω της αναλογικής βαλβίδας.

Για τον έλεγχο προβλέπεται η χρήση τεσσάρων αναλογικών εξόδων, που δεν επαρκούν, για να είναι ικανοποιητικός ο έλεγχος. Ο λόγος είναι, ότι η χρήση των εξόδων αυτών δεν εξασφαλίζει τη ζητούμενη παροχή, διότι, είτε η πίεση της φιάλης που περιέχει το αέριο δεν είναι η δέουσα, είτε κάποια από

τις βαλβίδες έχει παραμείνει, από αμέλεια, κλειστή. Προκειμένου λοιπόν, να ξεπεραστούν τα όποια προβλήματα, οι 4 αισθητήρες των ρυθμιστών παροχής συνδέονται με 4 αναλογικές εισόδους, που εγκαθίστανται στον Η/Υ. Κατά τον τρόπο αυτό, η παροχή του κάθε αερίου είναι η επιθυμητή.

### 2.7.2 - ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΣΧΥΟΣ LASER

Η ρύθμιση της ισχύος του laser μπορεί να γίνει απλούστατα, με ένα ποτενσιόμετρο της διάταξης ελέγχου. Με άλλα λόγια, κατασκευαστικά, δεν προβλέπεται ο έλεγχος της ισχύος, μέσω αναλογικού σήματος. Προκειμένου να επιτευχθεί έλεγχος, μέσω του laser, χρησιμοποιείται ψηφιακό ποτενσιόμετρο. Πρόκειται για ένα σχετικά αργό ποτενσιόμετρο, με συχνότητα παλμών 1 Hz. Ο προγραμματισμός του ποτενσιόμετρου αυτού γίνεται από τρεις ψηφιακές εξόδους που παράγουν τα σήματα που το κατευθύνουν.

### 2.7.3 - ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΣΥΝΕΧΗ Ή ΠΑΛΜΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

**ΣΥΝΕΧΗΣ** : ένας συλλέκτης οπτικού κρυσταλλικού πολλαπλασιαστή ( opt - transistor ) NPN, βρίσκεται μόνιμα συνδεδεμένος με εκπομπό που είναι με τη σειρά του συνδεδεμένος στη γη. Παράλληλα, τα σημεία ελέγχου του laser που είναι συνδεδεμένα με το συλλέκτη, όταν βρεθούν σε δυναμικό γης, προκαλούν την εκπομπή του laser. Όταν στον NPN εφαρμοσθεί σήμα TTL από τις ψηφιακές εξόδους, τότε το laser εκπέμπει υπό συνεχή λειτουργία.

**ΠΑΛΜΙΚΗ** : Στην περίπτωση αυτή εμπλέκονται δύο ψηφιακοί μετρητές του κυκλώματος AMD 9513 και ο αντίστοιχος ταλαντωτής. Ο ένας από τους δύο μετρητές μετρά το χρόνο που το laser εκπέμπει, ενώ ο άλλος τον αντίστοιχο χρόνο που βρίσκεται εκτός εκπομπής. Ο ταλαντωτής και οι μετρητές που αναφέρθηκαν παραπάνω προγραμματίζονται, αντίστοιχα, με κάποια συχνότητα και αρχικές τιμές, προκειμένου να επιτευχθεί εκπομπή σε οποιαδήποτε συχνότητα ή διάρκεια παλμού. Υπάρχει, τέλος, η δυνατότητα σύνδεσης τρίτου μετρητή ο οποίος θα μετρά τους παλμούς εκπομπής του laser.

### **2.7.4 - ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ**

Εχει αναφερθεί, ότι η ακτίνα, αφού ανακλαστεί από το υπόστρωμα, μετά το πέρας της διεργασίας λαμβάνεται από οπτικό πυρόμετρο, μέσω του οποίου μπορούμε να μετρούμε τη θερμοκρασία της επιφάνειας του υποστρώματος. Αν συνδεθεί η έξοδος του πυρομέτρου με αναλογική είσοδο, μας παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης της ισχύος του laser, προκειμένου να διατηρήσουμε τη θερμοκρασία στα επιθυμητά όρια.

### **2.7.5 - ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΙΕΣΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ**

Οι μετρητές πίεσης Pirani και Penning συνδέονται με δύο ψηφιακές εισόδους (εύρους 0 - 10 V) του συστήματος ελέγχου, γεγονός που επιτρέπει τον έλεγχο αν η πίεση βρίσκεται εντός των προβλεπόμενων ορίων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ**

### **3. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ**

#### **3.1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα εξετασθούν οι τρόποι βελτίωσης της υπάρχουσας εγκατάστασης στο εργαστήριο. Όπως έχει αναφερθεί στα δύο πρώτα κεφάλαια, τα μέρη που συνεργάζονται, προκειμένου να επιτευχθεί η εναπόθεση TiC με το Laser είναι τα ακόλουθα : i) οι δύο μετρητές PIRANI και PENNING, ii) οι δύο αντλίες : η μηχανική και η στροβιλομοριακή, iii) το laser, iv) η διάταξη προσαγωγής των αερίων, v) ο ηλεκτρονικός υπολογιστής και v) ο αντιδραστήρας. Από τα παραπάνω λειτουργικά μέρη, αυτό που κρίνεται ότι χρήζει βελτίωσης είναι ο αντιδραστήρας. Η υπάρχουσα διάταξη είναι σίγουρα ικανή να πραγματοποιήσει τη διαδικασία (και πληρεί τις απαιτούμενες προϋποθέσεις), αλλά κρίνεται ότι θα μπορούσε να βελτιωθεί, κυρίως σε ότι αφορά το μέγεθος της και τη λειτουργικότητά της.

#### **3.2 - ΜΕΓΕΘΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ**

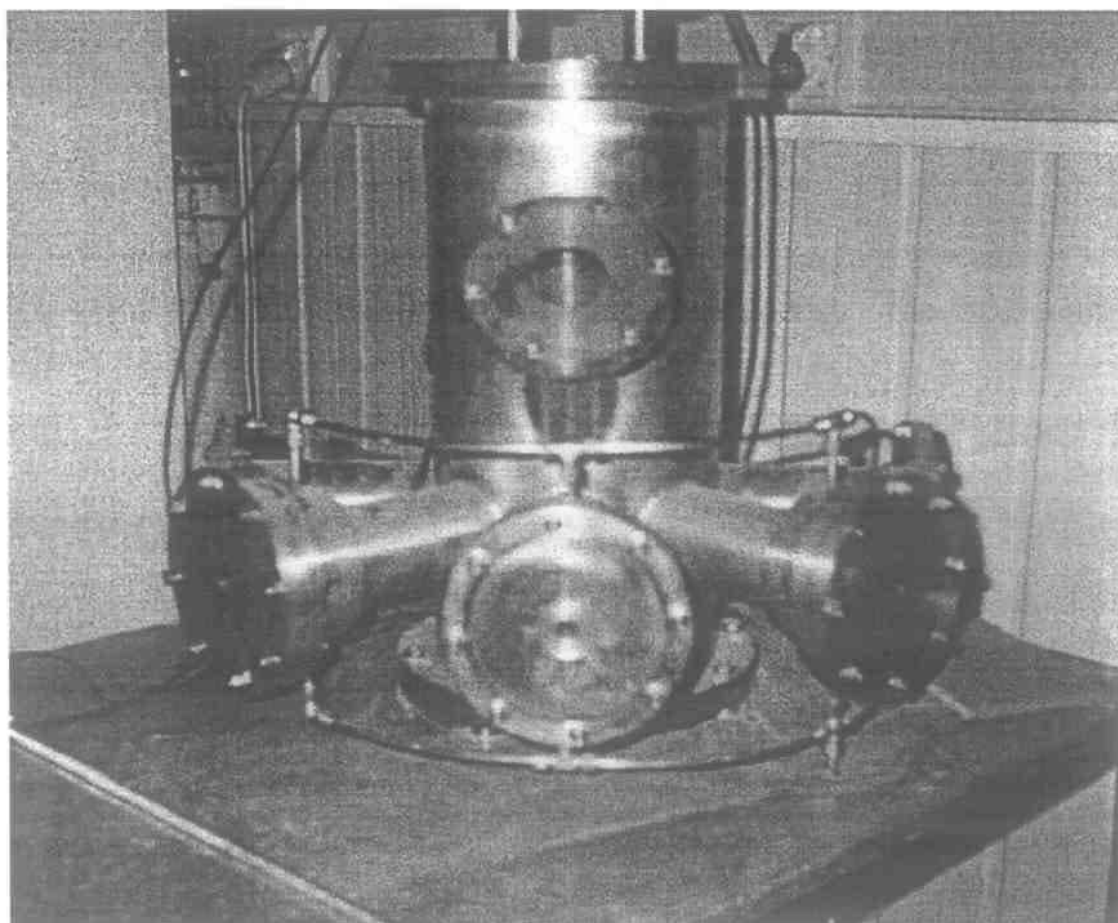
Γνωρίζουμε ότι ο αντιδραστήρας (Εικόνα 3.1) είναι ο χώρος όπου θα γίνει η εναπόθεση TiC. Μέσα στον αντιδραστήρα προσαρμόζεται το προς εναπόθεση υπόστρωμα πάνω στον δειγματοφορέα, ενώ έχει σημειωθεί επίσης ότι όλη η διαδικασία εκτελείται υπό κενό.

Μελετώντας τη λειτουργία του αντιδραστήρα, μπορούμε σχετικά εύκολα να διαπιστώσουμε ότι υπάρχει η δυνατότητα ελάττωσης του μεγέθους του. Τη δυνατότητα αυτή μας την παρέχει, αρχικά, το μέγεθος του υποστρώματος που επιλέγεται να είναι αρκετά μικρό. Υποστρώματα μεγαλύτερου μεγέθους είναι δυνατόν να επιστρωθούν μέσα στον αντιδραστήρα, όμως η συγκεκριμένη διαδικασία κρίνεται ασύμφωρη. Στο LCVD η εναπόθεση είναι τοπική. Συνεπώς, προκειμένου να επιστρωθεί υπόστρωμα μεγάλου μεγέθους (τάξης ανώτερης των  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) η διαδικασία γίνεται ιδιαίτερως χρονοβόρα,



συγκριτικά με τις εναλλακτικές μεθόδους σκλήρυνσης μεγάλων υποστρωμάτων (όπως π.χ. ο ψεκασμός του κραματικού στοιχείου υπό τήξη). Η εναπόθεση, επομένως, στο εργαστήριο θα «περιορισθεί» σε υποστρώματα μικρού μεγέθους, γεγονός που μας επιτρέπει να ελαττώσουμε κατά πολύ το μέγεθος του υπάρχοντος αντιδραστήρα, αφού υπάρχει μεγάλο ποσοστό του θαλάμου που παραμένει ανενεργό και δε συμμετέχει στη διαδικασία.

Επιβάλλεται, εξάλλου, η μείωση του όγκου του θαλάμου, για το λόγο ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο θάλαμος τόσο μεγαλύτερος ο απαιτούμενος χρόνος εκκένωσης.



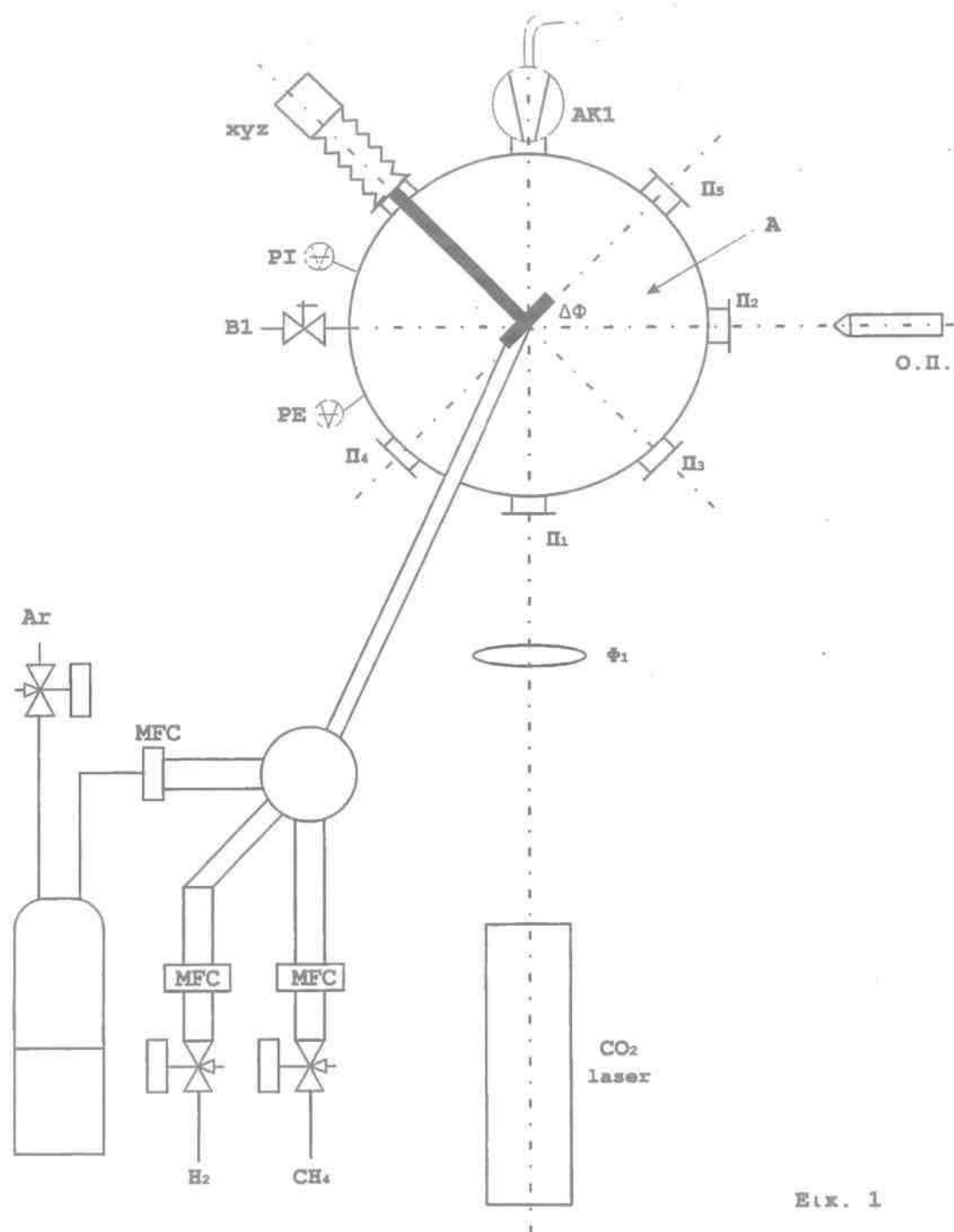
**Εικόνα 3.1** - Ο αντιδραστήρας του Εργαστηρίου

### **3.3 - ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΒΑΣΕΩΝ**

Στην παρούσα διάταξη έχουν κατασκευασθεί έξι συνολικά οπτικές προσβάσεις - παράθυρα (Εικόνα 3.1). Ο αριθμός αυτός κρίνεται μάλλον υπερβολικός, αφού στη διαδικασία του LCVD απαιτούνται μόλις τέσσερις προσβάσεις (Εικόνα 3.2). Αναλυτικότερα, η μία πρόσβαση χρησιμοποιείται ως είσοδος της ακτίνας του laser (Π1), η άλλη ως έξοδος (Π2). Μέσω του τρίτου παραθύρου μπορούμε να παρατηρήσουμε τη διαδικασία εναπόθεσης μέσα στον αντιδραστήρα, ενώ τέλος απαιτείται μία πρόσβαση για το δειγματοφορέα (ΔΦ) και μία είσοδος για τα αέρια.

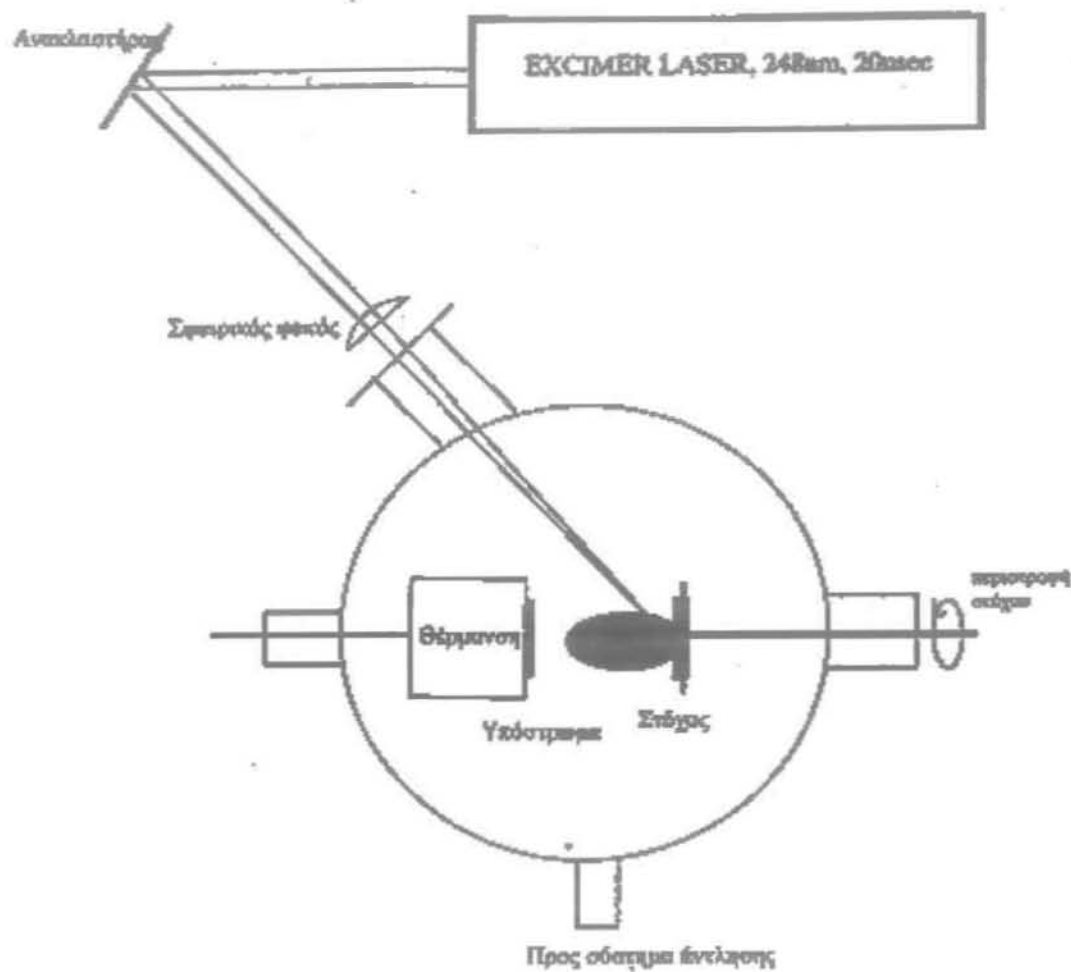
Ο αντιδραστήρας, όμως, προβλέπεται να εξυπηρετήσει μελλοντικά και τη διεργασία εναπόθεσης με παλμικό laser (PLD), όπου απαιτούνται δύο παράθυρα εισόδου της δέσμης του laser, ένα παράθυρο παρατήρησης και δύο ακόμη προσβάσεις (Εικόνα 3.3) Οι τελευταίες χρησιμοποιούνται ως προσβάσεις των δύο απαιτούμενων δειγματοφορέων. Στο PLD, ένας δειγματοφορέας φέρει το στόχο, τον οποίο θα ακτινοβολήσει η δέσμη του laser με σκοπό την εξάτμισή του και την εναπόθεση των ατμών του πάνω στο υπόστρωμα. Κατά τη διάρκεια της εναπόθεσης, χρησιμοποιείται επίσης ένας κινητήρας που περιστρέφει το στόχο, προκειμένου να καταναλώνεται ομοιόμορφα και να αποφεύγεται ο σχηματισμός κρατήρα. Κατά τον τρόπο αυτό, οι ατμοί του στόχου εκτοξεύονται κάθετα στην επιφάνειά του. Σε αυτόν τον άξονα επιτυγχάνονται οι υψηλότεροι ρυθμοί εναπόθεσης. Για το λόγο αυτό, το υπόστρωμα τοποθετείται σε κατάλληλη απόσταση κάθετη στο στόχο, ώστε να συλλέγει το μέγιστο νέφος των σωματιδίων του στόχου. Η απόσταση ανάμεσα στο υπόστρωμα και στο στόχο ρυθμίζεται, μέσω της συσκευής στήριξης του υποστρώματος. Οπότε η δεύτερη πρόσβαση για το δειγματοφορέα ουσιαστικά περιλαμβάνει μια συσκευή εξάρτησης του υποστρώματος η οποία το συγκρατεί στην κατάλληλη θέση και θερμοκρασία.

Όλα τα στοιχεία αυτά θα τα λάβουμε υπόψη μας, προκειμένου να κάνουμε την τελική μας επιλογή.



Εικ. 1

Εικόνα 3.2 - Σύστημα LCVD : Σχηματική Παράσταση



**Εικόνα 3.3** - Σύστημα LPD : Σχηματική Παράσταση

### **3.4 - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Η παρούσα διάταξη κρίνεται ότι δύσκολα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία. Το κύριο μειονέκτημα αφορά στο μέγεθος της και στο γεγονός ότι δεν είναι συμπαγής.

Η προοπτική αυτή θα απαιτούσε αρκετές αλλαγές σε σχέση με την υπάρχουσα διάταξη. Πέρα από τον αντιδραστήρα ο οποίος, όπως αναφέρθηκε προηγουμένα και θα μελετηθεί εκτενέστερα στη συνέχεια,

κρίνεται ως αναποτελεσματικός, μη λειτουργικά μπορεί να προκύψουν και άλλα υποσυστήματα του LCVD.

Αρχικά, θα εξετάσουμε το σύστημα του Laser. Το PB 1500 CO<sub>2</sub> Laser παρέχει την ισχύ (100 Watt) και το μήκος κύματος (10.6 μm) που απαιτούνται για την επίτευξη της εναπόθεσης TiC. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά λειτουργίας, ωστόσο, δύναται να μας τα παράσχει ένα μικρότερων διαστάσεων Laser. Η ραγδαίως αναπτυσσόμενη τεχνολογία και βιομηχανία των Lasers μας προσφέρει βελτιστοποιημένες συσκευές, όπου ελαττώνονται κατά πολύ το μήκος και οι λοιπές διαστάσεις με ταυτόχρονη αύξηση της ισχύος. (Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα καινούργια μοντέλα Laser δεν ήταν δυνατόν να προσκομίσουμε). Προτείνεται, τελικά, ότι ενδεχόμενη εφαρμογή του LCVD σε βιομηχανικό περιβάλλον θα απαιτούσε αντικατάσταση του υπάρχοντος PB 1500 CO<sub>2</sub> Laser με ένα νεότερης Τεχνολογίας, όμοιων χαρακτηριστικών, αλλά αισθητά μειωμένων διαστάσεων.

Η αντλητική μονάδα, το σύστημα προσαγωγής και το σύστημα ελέγχου της διάταξης κρίνονται ως ιδιαίτερως ικανοποιητικές. Οσον αφορά στο σύστημα αποσκλήρυνσης του νερού ψύξης, πιθανότατα δεν θα είναι απαραίτητη η χρησιμοποίησή του, καθώς οι περισσότερες βιομηχανικές μονάδες προμηθεύονται νερό από το δίκτυο ύδρευσης των πόλεων. Αν, ωστόσο, κριθεί απαραίτητη η χρησιμοποίησή του, προτείνεται η μείωση του όγκου του δοχείου διαστολής (50 litres) και των δύο κυλινδρικών δεξαμενών από PVC (1 m<sup>3</sup>), αφού το μικρότερων διαστάσεων Laser, ενδεχομένως, θα απαιτεί μικρότερη ποσότητα αποσκληρυμένου νερού για την ψύξη του.

### **3.5 - ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ**

Στον αντιδραστήρα του εργαστηρίου έχει προβλεφθεί η ύπαρξη των τριών οπτικών προσβάσεων που είναι απαραίτητες και για τις δύο διαδικασίες (LCVD και LPD). Διαπιστώνουμε, επομένως, ότι δύο οπτικές προσβάσεις είναι περιττές. Η αποκοπή τους από το σύστημα είναι μάλλον δύσκολη, καθώς η οπή που θα μείνει στην επιφάνεια του αντιδραστήρα είναι δύσκολο να καλυφθεί, διατηρώντας ταυτόχρονα και τη στεγανότητα του αντιδραστήρα. Παράλληλα, εύκολα μπορεί να παρατηρηθεί ότι το μήκος κάθε οπτικής

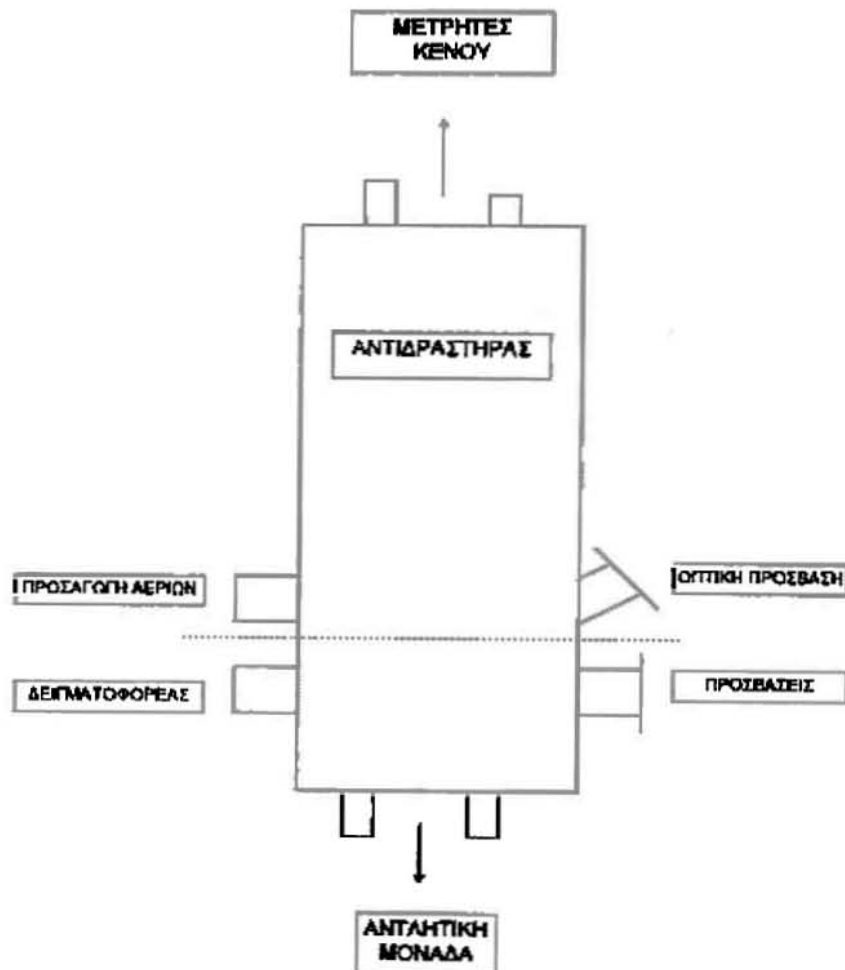
πρόσβασης είναι αρκετά μεγάλο. Θα αρκούσε ένα μήκος της τάξης της πρόσβασης του δειγματοφορέα ή και μικρότερο, όπου η ροή του Αg θα εμπόδιζε τη ροή αερίων από το εσωτερικό του αντιδραστήρα προς τα παράθυρα.

Λαμβάνοντας, λοιπόν, υπόψη μας τις παραπάνω πληροφορίες, καταλήγουμε σε μία πρόταση βελτίωσης του αντιδραστήρα. Αρχικά αφαιρούμε ολόκληρο το επάνω τμήμα, μέχρι λίγο επάνω από το δειγματοφορέα. Το καπάκι, δηλαδή, του «νέου» αντιδραστήρα προτείνεται να βρίσκεται ανάμεσα στην πρόσβαση για το δειγματοφορέα και στην πρόσβαση για την προσαγωγή των αερίων. Στην περιφέρεια αυτής της νέας κεφαλής του αντιδραστήρα θα πρέπει να συγκολληθεί ένας δακτύλιος, προκειμένου να δημιουργηθεί το επιστόμιο που θα συγκρατήσει το καπάκι (Το καπάκι προτείνεται να είναι το ίδιο που χρησιμοποιούμε στη σημερινή μορφή του αντιδραστήρα).

Με τη διαδικασία της κοπής, θα αφαιρέσουμε από τη διάταξη την πρόσβαση για την προσαγωγή των αερίων, όπως και την οπτική πρόσβαση. Για το λόγο αυτό, οφείλουμε να σχηματίσουμε μια νέα πρόσβαση από όπου θα διοχετεύονται τα αέρια στον αντιδραστήρα. Ανοίγοντας μια οπή πάνω στον αντιδραστήρα μπορούμε να συγκολλήσουμε μια πρόσβαση για την πρόσβαση των αερίων, ακόμη και την παλιά αυτή που βρισκόταν στο επάνω μέρος που αφαιρέσαμε. Η οπτική πρόσβαση, τέλος, που αφαιρέθηκε, θα μπορούσε να αντικατασταθεί από ένα από τα πλεονάζοντα παράθυρα που υπάρχουν ήδη στη διάταξη.

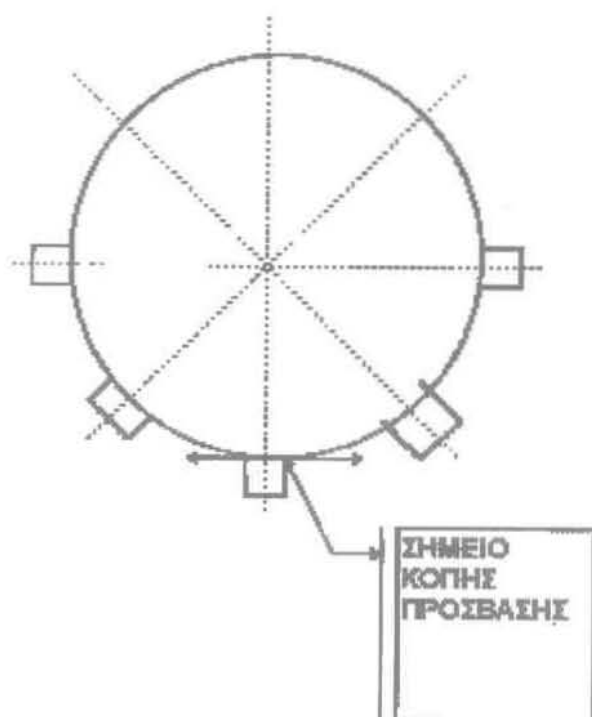
Με τις μετατροπές αυτές, η εναπόθεση LCVD μπορεί να επιτευχθεί γρηγορότερα, αφού έχει μειωθεί αισθητά το μέγεθος του αντιδραστήρα και το κενό μπορεί να επέλθει γρηγορότερα. Οσον αφορά στη διαδικασία LPD, ωστόσο, απαιτείται μία πρόσβαση για το δεύτερο δειγματοφορέα. Η συγκεκριμένη πρόσβαση θα πρέπει να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με την υπάρχουσα πρόσβαση για το δειγματοφορέα και ακριβώς απέναντί της. Για το σκοπό αυτό, προτείνεται η χρήση του τρίτου -μεσαίου- παραθύρου. Θα μπορούσαμε να κόψουμε την μεσαία από τις πέντε προσβάσεις και να συγκολλήσουμε την κατάλληλη πρόσβαση, για να τοποθετηθεί η διάταξη για το δεύτερο δειγματοφορέα.

Σημείωση : Οι μετατροπές παρουσιάζονται πιο συνοπτικά και περιγραφικά στις Εικόνες 3.4 και 3.5.



Εικόνα 3.4 - Κοπή Αντιδραστήρα πάνω από τον ΔΦ.





Εικόνα 3.5 - Κοπή Οπτικής Πρόσβασης Αντιδραστήρα

## ΠΑΡΑΤΗΜΑ ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

### Π1- ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ

#### ΟΔΗΓΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ

Πρόβλημα	Πού οφείλεται	Πώς διορθώνεται	Ενότητα
Α. Τα πτερύγια της αντλίας Δεν περιστρέφονται	1. Εσφαλμένη σύνδεση του καλωδίου του κινητήρα	1. Ελέγχουμε την καλωδίωση	§ 3.5.4
	2. Η αντλία μπλοκάρει («κολλά») ύστερα από άντληση υπό δύσκολες συνθήκες (χωρίς να καθαρισθεί)	2. Αποσυναρμολογούμε τον κινητήρα, καθαρίζουμε και αντικαθιστούμε τα μεταλλικά μέρη που έχουν αλλοιωθεί ή φθαρεί και μετά τον συναρμολογούμε	§ 4.5.2 και § 5
	3. Φθορά των συνδέσεων.	3. Αντικαθιστούμε τις συνδέσεις που έχουν φθαρεί, αφού έχουμε αποσυναρμολογήσει τον κινητήρα	§ 5.1
	4. Πολύ χαμηλή θερμοκρασία.	4. Προθέρμανση της αντλίας	§ 4.1.1
	5. Μόλυνση του λαδιού	5. Αντικαθιστούμε το λάδι και καθαρίζουμε την αντλία	§ 4.2.1 και § 4.5.2 και § 4.6
	6. Πύκνωση ελαίου ως επακόλουθο μακράς παραμονής ή χρήσης	6. Αποσυναρμολογούμε με καθαρίζουμε και συναρμολογούμε	§ 4.5.2 και § 5
Β. Η αντλία δεν μπορεί να ξεκινήσει	1. Δεν υπάρχει λάδι στην ελαιολεκάνη	1. Προσθέτουμε λάδι	§ 3.5.4
	2. Το επιστόμιο εισαγωγής του λαδιού, μερικώς φραγμένο	2. Στεγνώνουμε και καθαρίζουμε το επιστόμιο εισόδου	§ 4.5.2 και § 5.3
	3. Μόλυνση του λαδιού	3. Αλλάζουμε το λάδι και ξεπλένουμε την αντλία	§ 4.2.1 και § 4.5.2 και § 4.6
	4. Ψυχρό λάδι	4. Προθερμαίνουμε την αντλία	§ 4.1.1
	5. Φραγμένες οι οπές λίπανσης	5. Αποσυναρμολογούμε και καθαρίζουμε	§ 4.5.2 και § 5
	6. Το πηνίο της αντλίας είναι καταστρεμμένο	6. Το αντικαθιστούμε	§ 4.5.2 και § 5.3
	7. Εσφαλμένη ρύθμιση των πτερυγίων	7. Επανασυναρμολογούμε	§ 4.5.2 και § 5.3.2 α και § 5.7.3

Πρόβλημα	Πού οφείλεται	Πώς διορθώνεται	Ενότητα
Γ. Η αντλία δεν μπορεί να επιτύχει κενό	1. ΣΤΟΧΟΣ : Η ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΛΙΓΩΝ mbar.		
	1.1. Ανεπάρκεια ελαίου στην ελαιολεκάνη	1.1. Συμπληρώνουμε την απαιτούμενη ποσότητα λαδιού	§ 4.5.1
	1.2. Το στόμιο εισαγωγής ελαίου είναι μερικώς φραγμένο	1.2. Στεγνώνουμε και καθαρίζουμε το επιστόμιο εισόδου	§ 4.5.2 και § 5.3
	1.3. Το λάδι έχει μολυνθεί	1.3. Αλλάζουμε το λάδι και καθαρίζουμε την αντλία	§ 4.2.1 και § 4.5.2 και § 4.6
	1.4. Ψυχρό λάδι και το επιστόμιο εισαγωγής φράσσεται	1.4. Καθαρίζουμε την αντλία και μετά την προθερμαίνουμε	§ 4.1.1
	1.5. Φίλτρο του επιστομίου εισαγωγής έχει ρυπανθεί	1.5. Καθαρίζουμε	§ 5.5.1
	1.6. Έχει φθαρεί κάποια από τις βαλβίδες LP	1.6. Την αντικαθιστούμε	§ 5
	1.7. Έχει παραλειφθεί κάποιο μέρος στην επανασυναρμολόγηση	1.7. Συναρμολογούμε πάλι από την αρχή	§ 5
	1.8. Ο κινητήρας περιστρέφεται κατά εσφαλμένη φορά	1.8. Επανασυνδέουμε	§ 3.5.4
	1.9. Ο κινητήρας υποενισχύεται	1.9. Ελέγχουμε την καλωδίωση	§ 3.5.4
	2. ΣΤΟΧΟΣ : Η ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΠΕΡΙΠΟΥ $10^{-2}$ mbar		
	2.1. Ο δακτύλιος στεγανοποίησης έχει φθαρεί	2.1. Τον αντικαθιστούμε	§ 5
	2.2. Κάποιο από τα συνδετικά έχει φθαρεί	2.2. Το αντικαθιστούμε	§ 5
	2.3. Κάποια από τις βαλβίδες HP έχει φθαρεί	2.3. Την αντικαθιστούμε	§ 5
	2.4. Ο διακόπτης «GAS BALLAST» είναι ανοικτός	2.4. Τον κλείνουμε	
	2.5. Οι οπές λίπανσης είναι φραγμένες	2.5. Καθαρίζουμε	§ 5
	2.6. Εσφαλμένη ρύθμιση των πτερυγίων	2.6. Επαναρυθμίζουμε	§ 4.5.2 και § 5.3.α και § 5.7.3

Πρόβλημα	Πού οφείλεται	Πώς διορθώνεται	Ενότητα
Γ. ΣΥΝΕΧΕΙΑ	2.7. Έχει παραλειφθεί κάποιο εξάρτημα κατά τη συναρμολόγηση	2.7. Συναρμολογούμε από την αρχή	§ 5
	3. ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΑ 3.1. Στην εξαγωγή της αντλίας η πίεση που προκύπτει είναι μέχρι 0.5 bar 3.2. Η παγίδα των ατμών ελαίου είναι φραγμένη	3.1. Ελέγχουμε τη συνδεσμολογία  3.2. Την αντικαθιστούμε	§ 3.5.3
Δ. Η αντλία είναι θορυβώδης	1. Υπερβολική μόλυνση του λαδιού από στερεά στοιχεία 2. Η αντλία δεν είναι προετοιμασμένη για το λάδι που χρησιμοποιείται 3. Εσφαλμένη τροφοδοσία του κινητήρα 4. Τα έδρανα κύλισης του κινητήρα έχουν καταστραφεί 5. Οι συνδέσεις δεν είναι σωστές ή έχουν φθαρεί 6. Εσφαλμένη στήριξη του ανεμιστήρα 7. Εσφαλμένη ρύθμιση της αντεπίστροφης διάταξης 8. Οι βαλβίδες έχουν φθαρεί	1. Αλλάζουμε το λάδι και ξεπλένουμε την αντλία  2. Ελέγχουμε τις προδιαγραφές της αντλίας  3. Ελέγχουμε τις καλωδιώσεις  4. Τα αντικαθιστούμε ή αλλάζουμε τον κινητήρα 5. Ρυθμίζουμε ή αντικαθιστούμε τις συνδέσεις 6. Ελέγχουμε τη στήριξη  7. Ρυθμίζουμε ξανά  8. Τις αντικαθιστούμε	§ 4.2.1 και § 4.5.2 και § 4.6  § 4.4.2  § 3.5.4  § 5.1  § 5.7.6  § 5.1  § 4.5.2 και § 5.3.2.α  § 5
	1. Υψηλή πίεση λειτουργίας $P > 30\text{mbar}$ 2. Υψηλή περιβάλλουσα θερμοκρασία 3. Μόλυνση του λαδιού  4. Δεν έχει προετοιμασθεί η αντλία για το λάδι που θα χρησιμοποιηθεί	3. Αλλάζουμε το λάδι και ξεπλένουμε την αντλία  4. Ελέγχουμε τις προδιαγραφές της αντλίας	§ 4.3  § 3.5.2 και § 3.5.3  § 4.2.1 και § 4.5.2 και § 4.6  § 4.4.2
Ε. Υπερθέρμανση της αντλίας			

Πρόβλημα	Πού οφείλεται	Πώς διορθώνεται	Ενότητα
E. ΣΥΝΕΧΕΙΑ	5. Εσφαλμένη χρήση λιπαντικού 6. Η αντλία έχει τοποθετηθεί σε περιοχή που δεν αερίζεται σωστά 7. Οι οπές αερισμού έχουν μπλοκάρει 8. Υψηλό δυναμικό τροφοδοσίας ή βραχυκύκλωμα στον κινητήρα 9. Υπερπίεση στην εξαγωγή της αντλίας	5. Αλλάζουμε λιπαντικό 6. Ελέγχουμε την εγκατάσταση της αντλίας 7. Ελέγχουμε την εγκατάσταση 8. Ελέγχουμε το δυναμικό ή αντικαθιστούμε τον κινητήρα 9. Ελέγχουμε την εγκατάσταση ή αντικαθιστούμε	§ 4.4 § 3.5.2.β § 3.5.2.β § 3.5.4 § 3.5.3
ΣΤ. Υψηλές απώλειες λιπαντικού	1. Λειτουργία υπό υψηλή πίεση 2. Υπερθέρμανση της αντλίας 3. Διαρροές στους συσφιγκτήρες ή στα O - rings 4. Ο ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ «GAS BALLAST» ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΗ ΘΕΣΗ 4.1. Εκ παραδρομής 4.2. Αντληση συμπυκνωμάτων	1. Χρησιμοποιούμε παγίδα ατμών ελαίου 2. Περίπτωση E 3. Ελέγχουμε τη συναρμογή ή αντικαθιστούμε τους συσφιγκτήρες 4.1. Τον κλείνουμε 4.2. Χρησιμοποιούμε παγίδα ατμών ελαίου	§ 4.3 § 4.7 και § 5.3 και §5.6.1 § 4.2.2
Z. Έλλειψη στεγανότητας όταν διακοπεί η λειτουργία της αντλίας	1. Εσφαλμένη εγκατάσταση της αντεπίστροφης διάταξης 2. Φθορά του δακτυλίου στεγανοποίησης 3. Φθορά της βαλβίδας 4. Φθορά των συσφιγκτήρων 5. Μόλυνση του λιπαντικού 6. Ο διακόπτης «GAS BALLAST» σε ανοικτή θέση	1. Περίπτωση Δ.7 2. Περίπτωση Γ.2.1 3. Περίπτωση Γ.1.6 4. Περίπτωση Γ.2.2 5. Περίπτωση Α.5 6. Περίπτωση Γ.2.4	
H. Παρουσία ελαίου στη βάση	1. Ελλιπής καθαρισμός της ελαιολεκάνης 2. Φθορά του O-ring της ελαιολεκάνης	1. Μετακινούμε τη βάση και καθαρίζουμε 2. Αποσυνδέουμε την ελαιολεκάνη και την καθαρίζουμε	§ 5.3 και § 5.6.1

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ**

### **Π2 - ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΟΡΙΑΚΗ ΑΝΤΛΙΑ 5081**

- Γραμμή δυναμικού : 220 V  $\pm$  10% 50 Hz μονοφασικό (υπάρχει επιλογή ακόμα μιας γραμμής).
- Μέγιστη άεργη ισχύς : 1000 VA.
- Ταχύτητα περιστροφής της τάξης των 27000 RPM.
- Τα στοιχεία της αντλίας είναι κατασκευασμένα από κράματα αλουμινίου.
- Η αντλία «ενισχύεται» από ηλεκτρικό κινητήρα 450 Hz που είναι τοποθετημένος ανάμεσα σε δύο ένσφαιρους τριβείς.
- Φλάντζες εισόδου : Pneurop NW 100 flange.
- Φλάντζες εξόδου : Pneurop NW 25 flange.
- Βάρος αντλίας : 3kg.

#### **3.1 - CFV 100 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (Εικόνα Π2.1)**

Τροφοδοτεί τον κινητήρα της αντλίας και ελέγχει την απαιτούμενη ισχύ, προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη ταχύτητα περιστροφής (27000 RPM).

Ο εμπρόσθιος πίνακας ελέγχου περιλαμβάνει :

- Διακόπτη παροχής «0 - 1» : Πιέζοντας το διακόπτη δεξιά ενεργοποιείται ο μετασχηματιστής. Ένα κίτρινο λαμπάκι ανάβει, ως ένδειξη ότι ο CFV είναι ενεργοποιημένος.
- Διακόπτη λειτουργίας «START» : Πιέζοντας το διακόπτη αριστερά ενεργοποιείται ο κινητήρας των 450 Hz και η αντλία τίθεται σε λειτουργία.
- Διακόπτη τερματισμού «STOP» : Πιέζοντας το διακόπτη αριστερά διακόπτεται η παροχή ρεύματος στον 450 Hz στροβιλοκινητήρα και η αντλία θα σταματήσει.
- Πράσινο ενδεικτικό λαμπάκι «=2700» : Όταν φωτίζει, φανερώνει ότι ο μετασχηματιστής παράγει ρεύμα 450 Hz AC, χάρη στο οποίο θα κινηθεί ο κινητήρας της στροβιλομοριακής αντλίας.

- Κίτρινο ενδεικτικό λαμπάκι «<2700» : Όταν φωτίζει, φανερώνει ότι ο κινητήρας της αντλίας είναι : i) υπό εκκίνηση ή ii) σε υπερφόρτωση, π.χ. σε συνεχή λειτουργία σε πίεση πάνω από  $10^{-1}$  mbar.
- Κόκκινο ενδεικτικό λαμπάκι : Το φως παραμένει σβηστό όσο λειτουργούν όλα κανονικά. Αν εμφανισθεί κάποια δυσλειτουργία, τότε ανάβει το κόκκινο φως και φανερώνει ότι : i) υπάρχει υπερθέρμανση, εξαιτίας του μετασχηματιστή ή ii) υπάρχει υπερθέρμανση, εξαιτίας της αντλίας ή του κινητήρα της. Ο κινητήρας, τότε, απενεργοποιείται και η αντλία δεν λειτουργεί.
- Ένας μετρητής χρόνου καταγράφει το χρόνο λειτουργίας της αντλίας από 0 έως 100000 ώρες.  
Ο οπίσθιος πίνακας ελέγχου περιλαμβάνει :
  - Τον ακροδέκτη ισχύος J1.
  - Τον ακροδέκτη τηλεχειρισμού J2.
  - Τον ακροδέκτη ανεμιστήρα ψύξης J5.
  - Τον ακροδέκτη εξαερισμού J4.

#### **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ CFV 100**

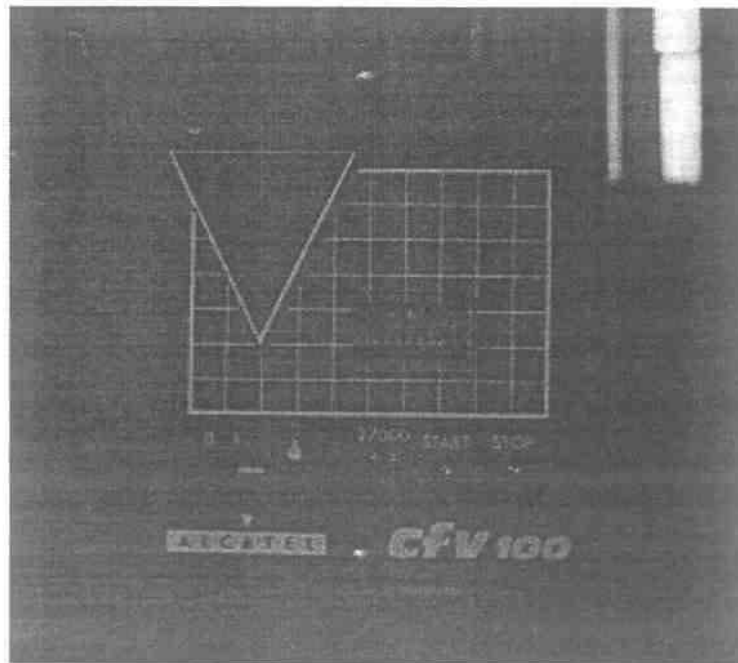
- Δυναμικό : 100 V - 115 V - 200 V - 220 V - 240 V - 50 / 60 Hz.
- Μέγιστη άεργη ισχύς : 75 VA.
- Συχνότητα εξόδου : 0 - 450 Hz.
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος : 0 - 50 °C.
- Μήκος καλωδίου σύνδεσης : 2.5 m.
- Βάρος : 2 kg.

#### **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ**

- Έλεγχος ασφαλειών στην πίσω μεριά του μετασχηματιστή :
  - Ασφάλεια 1 A : γραμμές δυναμικού 100 V - 115 V
  - Ασφάλεια 0.5 A : γραμμές δυναμικού 200 V - 220 V - 240 V
- Κρίνεται απαραίτητο κάθε δύο μήνες, να λειτουργεί για περίπου πέντε λεπτά, υπό ατμοσφαιρική πίεση, σε συνεργασία με το μετασχηματιστή

(είναι απαραίτητο για την κατανομή της λιπαντικής ουσίας στους ένσφαιρους τριβείς).

- Η απαραίτητη ποσότητα λιπαντικού για τη λειτουργία της αντλίας, προστίθεται στους ένσφαιρους τριβείς στο εργοστάσιο παραγωγής. Περιοδικά όμως, θα πρέπει να προστίθεται νέο λιπαντικό και να αλλάζει το ήδη υπάρχον. Συστήνεται η χρησιμοποίηση λιπαντικού ALCATEL. Είναι απαραίτητο, τέλος, να πραγματοποιείται η διαδικασία με απόλυτη καθαρότητα.



**Εικόνα Π2.1 - CFV 100 Μετασχηματιστής συχνότητας**



**ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ  
ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΟΡΙΑΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ**

No. Εξαρτήματος	Εξάρτημα
795414 / 795430 795519 / 795428	TMP αερόφυκτη • 115 V / 100 V • 240 V / 220 V / 200 V
795525 / 795520	TMP υδρόφυκτη
795412 / 795452	TMP ψύξη με φυσική μετάδοση θερμότητας
062757 062758 062755 062759	CFV 100 • 115 V 50-60 Hz • 220 V 50-60 Hz • 100V - 200V 50-60 Hz • 240 V 50-60 Hz
056727 057662	Καλώδιο Γραμ. Ισχύος • 220 V - 240 V • 100V - 115V - 200V
062748	Καλώδιο Ισχύος TMP / CFV 100
068420	Ρνευρορ περιστρεφόμενη φλάντζα
068432	Κεντρικός Δακτύλιος + O - ring
068084 / 068291	Hardware για σύνδεση
068285 / 068629	Κεντρικός Δακτύλιος + O - ring NW25
083264	Συσφιγκτήρας σύνδεσης NW25
068372 068371	Ανοξείδωτος χάλυβας NW25 • Μήκος 1 m • Μήκος 0.5 m
066671 066672 066673 066674 066675	Εδρανα Κύλισης • 1 • 2 • 3 • 4 • 5
056993	Σύριγγα Λίπανσης
037861 037866	Μετρητής Χρόνου • 5 V • 12 V
056994 063089 063175 063176 063177	Σύστημα EV αερισμού • 220V DN25 • 115V DN25 • 100V DN25 • 200V DN25 • 240V DN25
062775 062776	Επιστόμιο Εισαγωγής Αέρα • DN16 100V - 115V • 200V - 220V - 240V

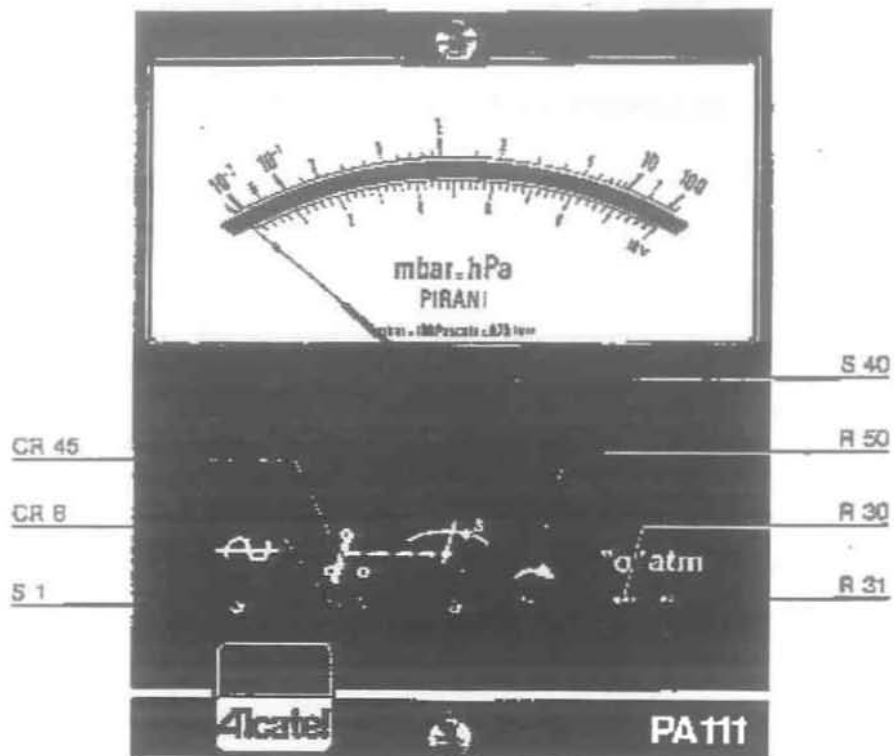
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

### Π3 - ΜΕΤΡΗΤΗΣ PA 101 (PIRANI)

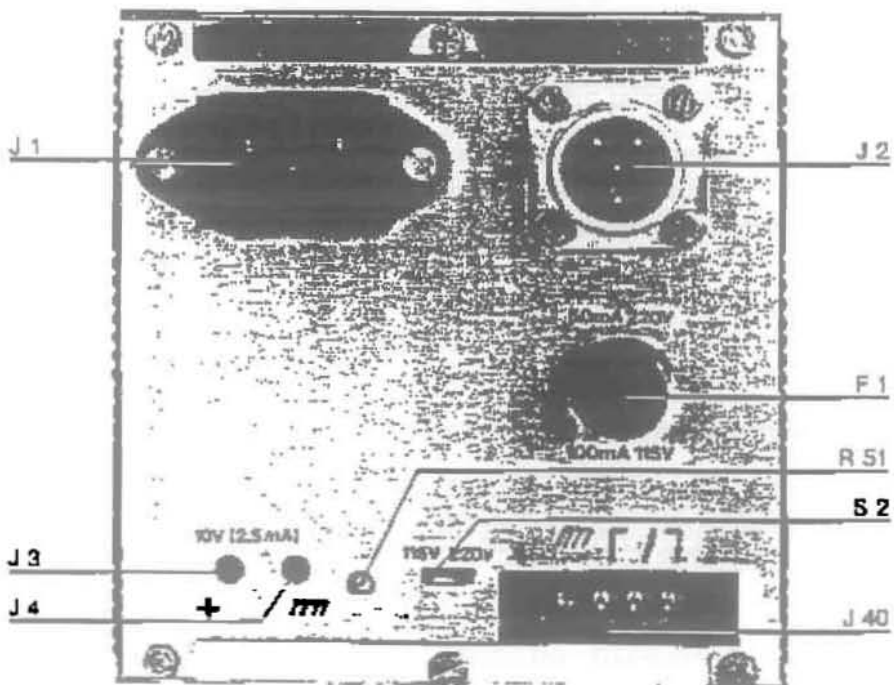
- Οι διατάξεις του τύπου αυτού αποτελούνται από την μονάδα τροφοδοσίας και το μετρητή (Εικόνα Π3.1). Είναι σχεδιασμένοι για μετρήσεις στο πεδίο των  $10^{-2}$  έως 100 mbar.
- Έλεγχος για το σωστό δυναμικό. Ο καθορισμός της γραμμής του δυναμικού (115/220 V, 50/60 Hz) μπορεί να επιτευχθεί με τον επιλογέα S2 στον οπίσθιο πίνακα ελέγχου του μετρητή.
- Ασφάλεια : Μια ρυθμισμένη ασφάλεια είναι τοποθετημένη στην πίσω μεριά του μετρητή με τιμή 0.05 A ( αργής ανάφλεξης - slow blow ) για 220 V και 0.1 A για τα 115 V.
- Μέγιστη άεργη ισχύς : 4 VA.
- Η τροφοδοσία του μετρητή είναι συνδεδεμένη στην πίσω όψη του μετρητή με ξεχωριστό καλώδιο από τη μονάδα τροφοδοσίας.
- Επιτυγχάνεται ακρίβεια  $\pm 30\%$  στην ανάγνωση από  $5 \times 10^{-2}$  έως 10 mbar μετά από διακρίβωση σε περιβάλλον ξηρού αέρα στους  $25^{\circ}\text{C}$ .
- Διαφοροποίηση της γραμμής δυναμικού της τάξης του  $\pm 10\%$  προκαλεί αμελητέο λάθος στην ανάγνωση της πίεσης.
- Ο χρόνος ανταπόκρισης είναι σταθερός από  $10^{-2}$  έως 100 mbar και είναι ίσος με 0.3 sec.
- Βάρος : 1.6 kg.
- Το καλώδιο του μετρητή είναι 3.5 m.
- Ο μετρητής Pirani περιλαμβάνει σύρμα βολφραμίου με διάμετρο 10  $\mu\text{m}$  που θερμαίνεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Οι απώλειες θερμότητας από το σύρμα είναι συνάρτηση της περιβάλλουσας πίεσης . Η πίεση αυτή μετρείται ηλεκτρικά. Η θερμοκρασία του νήματος, λόγω του ηλεκτρικού ρεύματος, διατηρείται σταθερή (περίπου  $160^{\circ}\text{C}$ ).
- Αν ο μετρητής δε χρησιμοποιείται σε καθαρό περιβάλλον, αλλά σε περιβάλλον ατμών λαδιού, πρέπει να καθαρίζεται περιοδικά με μίγμα ακετόνης - οινόπνεύματος ή με κάποιο άλλο μη μολυντικό απολιπαντικό μίγμα.

ΜΕΤΡΗΤΗΣ PA101		
No. Εξαρτήματος	Αναφορά - Κωδικός	Εξάρτημα
060541	J1	Συνδετικό 8843 FSG 4060
060716	J2	Συνδετικό 43082
038552	P3	Συνδετικό R921331 κόκκινο
038553	P4	Συνδετικό R921332 πράσινο
045054	E1	PC Board A 319638
037603	A1	Ενισχυτής HA 3.4741.5
039003	C1	Συμπυκνωτής Alsic 25V 220MF
039002	C2	Συμπυκνωτής Alsic 25V 47MF
037274	C3/C4	Συμπυκνωτής Τανταλίου 35V 1MF
037217	C5	Συμπυκνωτής CMF 25V 22MF
087411	CR1	Γέφυρα WO4
037424	CR2-CR7	Δίοδος 1N 4148
037557	CR8	Δίοδος HLMP 1402 κίτρινο
087404	Q1	Transistor 2N 2219 A
037178	R1	Αντιστάτης RC2T 25W 4.7kOhms
037174	R2	Αντιστάτης RC2T 25W 3.3kOhms
037175	R3/R4	Αντιστάτης RC2T 25W 2.2kOhms
037124	R5/R6	Αντιστάτης RS 58Y 125W 2kOhms
037013	R7	Αντιστάτης RS 63Y 25W 110 Ohms
036902	R8	Αντιστάτης RC2T 25W 820 Ohms
087474	R9	Αντιστάτης RC3T 50W 1.5kOhms
037129	R11/R14	Αντιστάτης RS 58Y 125W 10kOhms
036910	R12	Αντιστάτης RC2T 25W 12Kohms
037125	R13	Αντιστάτης RS 58Y 125W 3.01kOhms
037181	R17	Αντιστάτης RC2T 25W 680 Ohms
037528	R30	Ποτενσιόμετρο T18 100kOhms
037518	R31	Ποτενσιόμετρο T18 2.2kOhms
039530	S1	Διακόπτης PC Board SW236A7
060324	S2	Διακόπτης PC Board 225 46N
057712	T1	Μετασχηματιστής S 12124
037478	Z1	Ρυθμιστής + 15V LM 340T 15 NS
037479	Z2	Ρυθμιστής + 15V LM 320T 15 NS

<b>ΣΥΝΕΧΕΙΑ</b>		
060536	J3	Θηλυκό Συνδετικό 040.1012 κόκκινο
060537	J4	Θηλυκό Συνδετικό 040.1013 πράσινο
038510	J6	Συνδετικό 035.02075.00
060883	XF1	Θήκη Ασφαλείας FEU 031.1653
060883	YF1	Πρίζα Ασφαλείας FEK 031.1663
037133	R15/R16	RS 58Y 125W 39.2 kOhms
038551	P6	Θηλυκό συνδετικό 035-040625- 20



Face avant - Front panel - Frontseite



Face arrière - Rear panel - Rückseite

Εικόνα Π3.1 - Μετρητής κενού PIRANI

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ**

### **Π4 - ΜΕΤΡΗΤΗΣ FA 101 (PENNING)**

Υπενθύμιση : Οι μετρήσεις της πίεσης γίνονται στο πεδίο των  $10^{-7}$  έως  $10^{-2}$  mbar.

- Η επιλογή του δυναμικού και της συχνότητας γίνεται πιέζοντας τον επιλογέα S2 που βρίσκεται στην πίσω όψη του μετρητή - Εικόνα Π4.1 (115/220 V, 50/60 Hz)
- Μία ρυθμισμένη ασφάλεια τοποθετείται στην πίσω μεριά του μετρητή. Για τα 220V έχει ένταση 0.1 A (αργής ανάφλεξης - slow blow), ενώ για τα 115V η ένταση είναι 0.2 A.
- Η μέγιστη αεργη ισχύς στα 20 VA.
- Επιτυγχάνεται ακρίβεια στην ανάγνωση της τιμής του μετρητή, της τάξης του  $\pm 10\%$ , από  $10^{-6}$  έως  $10^{-3}$  mbar, μετά από διακρίβωση σε ξηρά ατμόσφαιρα στους  $25^{\circ}$  C.
- Μία μεταβολή της τάξης του  $\pm 10\%$  στη γραμμή δυναμικού προκαλεί σφάλμα της τάξης του  $\pm 10\%$  στην ανάγνωση της μέτρησης της πίεσης.
- Ο χρόνος ανταπόκρισης είναι σταθερός από  $10^{-7}$  έως  $10^{-2}$  mbar και ίσος με 0.6 sec.
- Βάρος : 2.1 kg.

#### **1.1 - ΜΕΤΡΗΤΗΣ**

- Η μονάδα τροφοδοσίας συνδέεται με μετρητή τύπου Alcatel CF 2 P.
- Τα δύο ηλεκτρόδια μπορούν να αποσυνδεθούν εύκολα ευνοώντας τη γρήγορη συντήρησή ή αντικατάστασή τους από το χρήστη.
- Το μήκος του καλωδίου είναι 3.5 m.

Αν ο μετρητής χρησιμοποιείται σε καθαρό περιβάλλον, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά δεν είναι απαραίτητο να ελέγχονται, παρά μόνο μετά από αρκετές εκατοντάδες ώρες λειτουργίας. Ωστόσο, αν ο μετρητής χρησιμοποιείται σε μολυσμένο περιβάλλον, τότε επιβάλλεται να ελέγχεται κάθε 100 με 200 ώρες, προκειμένου να διατηρηθεί τουλάχιστον κατά 50% η ακρίβεια μέτρησης.

- Σε περίπτωση μόλυνσης του μετρητή, η διαδικασία καθαρισμού του έχει ως ακολούθως :
  1. Μετακίνηση του συνδετικού σφιγκτήρα και της κεφαλής του μετρητή από το κυρίως σώμα του. Τα μολύβδινα σφραγίσματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξανά.
  2. Μετακίνηση της καθόδου ( τα περιβλήματα - από ανοξειδωτο αλουμίνιο - ολισθαίνουν μέσα στον κυρίως θάλαμο του μετρητή )
  3. Μετακίνηση ανόδου (κοχλίας)

Η κάθοδος και η άνοδος μπορούν να καθαρισθούν σε λουτρό οξέος, η προτεινόμενη σύνθεση του οποίου είναι η ακόλουθη :

    - 4 μέρη νερό
    - 2 μέρη υδροφθορικό οξύ
    - 3 μέρη νιτρικό οξύ

Η κάθοδος και η άνοδος ξεπλένονται στη συνέχεια με αποσταγμένο νερό.

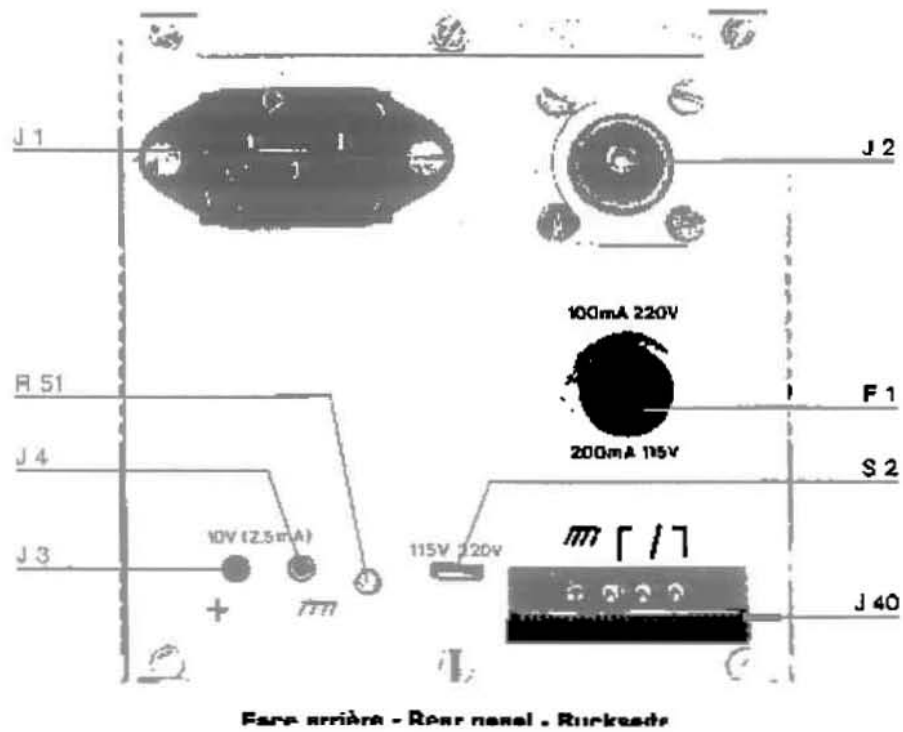
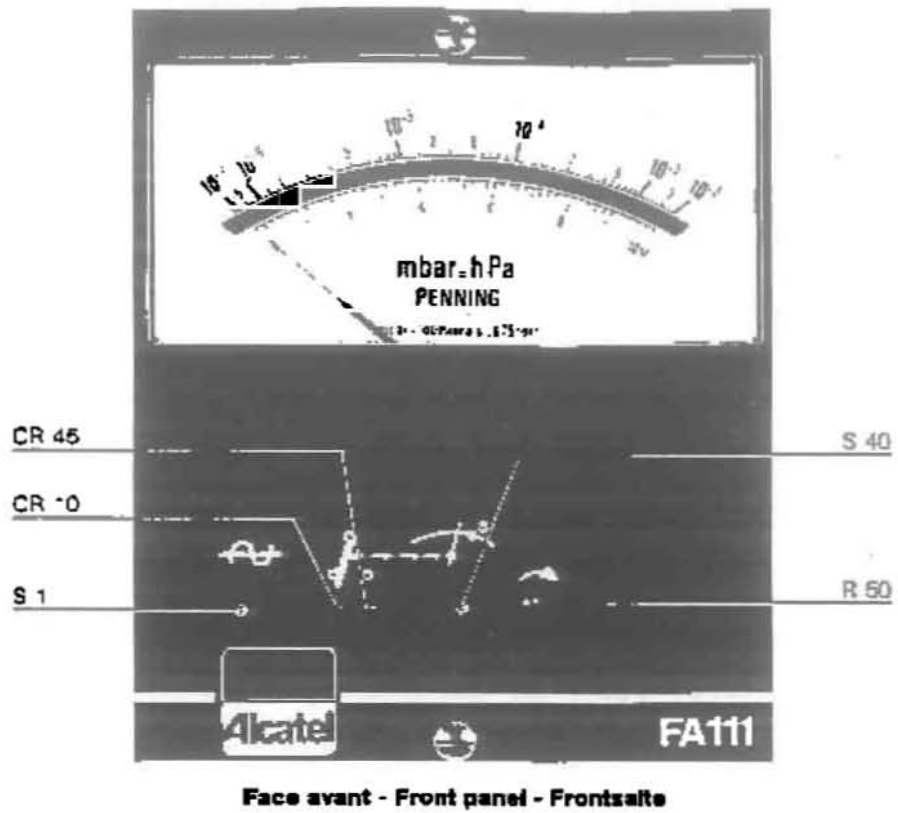
ΣΗΜ. : Μερικές φορές κρίνεται προτιμότερη η αντικατάσταση των ηλεκτροδίων, για να αποφεύγεται η διαδικασία καθαρισμού.

4. Αφαίρεση όλων των υπολειμμάτων των σφραγισμάτων των σφιγκτήρων και του σώματος του μετρητή χρησιμοποιώντας σμυριδόχαρτο
5. Απολίπανση των σφιγκτήρων και της κεφαλής του μετρητή με νοθευμένη αιθυλική αλκοόλη.
6. Επανατοποθέτηση του μετρητή (πρώτα αντικατάσταση του συνδετικού σφιγκτήρα). Τα σφραγίσματα είναι κατασκευασμένα από συνηθισμένο σύρμα ηλεκτρικής μολυβδασφάλειας (fuse wire), που είναι προτιμότερο από τον καθαρό μόλυβδο.
7. Έλεγχος για τη στεγανότητά του, αν είναι δυνατόν.
8. Μετά τον καθαρισμό ή την αντικατάσταση των ηλεκτροδίων, προτείνεται η λειτουργία του μετρητή για αρκετές ώρες στα  $10^{-4}$  mbar περίπου. Κατά τον τρόπο αυτό, βελτιώνεται κυρίως η μετρητική ακρίβεια στο πεδίο των  $10^{-5}$  έως  $10^{-7}$  mbar.



ΜΕΤΡΗΤΗΣ FA101		
No. Εξαρτήματος	Αναφορά - Κωδικός	Εξάρτημα
060541	J1	Συνδετικό 8843 FSG 4060
038654	J2	Συνδετικό 536391
038552	P3	Συνδετικό R921331 κόκκινο
038553	P4	Συνδετικό R921332 πράσινο
038511	P6	Θηλυκό Συνδετικό 0350406520
067132	P7	Καλώδιο Τερματικού 2.855762
045074	M1	Γαλβανόμετρο A322124
038508	P40	Θηλυκό Συνδετικό TT4FD4
037603	A1	Ενισχυτής HA 3.4741.5
039003	C1	Συμπυκνωτής Alsic25V 220MF
039002	C2	Συμπυκνωτής Alsic 25V 47MF
037274	C3/C4	Συμπυκνωτής Τανταλίου 35V 1MF
087422	C5/C6	Συμπυκνωτής B173R 1.5kV 220nF
039050	C7	Συμπυκνωτής RTC K 100V 1MF
087428	C8	Συμπυκνωτής RTC K 100V 220nF
039005	C9	Συμπυκνωτής CMF 25V 10MF
087411	CR1	Γέφυρα WO4
037414	CR2/CR3	Δίοδος TFM 50
037424	CR4-CR9	Δίοδος IN 4148
037557	CR10	Δίοδος HLMP 1402 HP κίτρινο
060536	J3	Θηλυκό Συνδετικό 040.1012 κόκκινο
060537	J4	Θηλυκό Συνδετικό 040.1013 πράσινο
038510	J6	Συνδετικό 035.02075.00
067106	J7	Καλώδιο Τερματικού Y71
087474	R1	Αντιστάτης RC3T 50W 1.5kOhms
037129	R2	Αντιστάτης RS 58Y 125W 10kOhms
036945	R3/R4/R17/R18	Αντιστάτης N8 2W 160kOhms
087547	R5/R6	Αντιστάτης VR68 2W 33Mohms
037180	R7	Αντιστάτης RC2T 25W 22kOhms
036919	R8	Αντιστάτης RC2T 25W 47kOhms
037168	R9	Αντιστάτης RC2T 25W 1kOhms
036901	R10	Αντιστάτης RC2T 25W 750Ohms
036966	R11	Αντιστάτης RS 58Y 125W 3.92kOhms
037127	R12	Αντιστάτης RS 58Y 125W 12.1kOhms
037133	R13/R15	Αντιστάτης RS 58Y 125W 39.2kOhms

<b>ΣΥΝΕΧΕΙΑ</b>		
037181	R16	Αντιστάτης RC2T 25W 680Ohms
037098	R19	Θερμοστάτης DPGC49LCC 68kOhms
037541	R30	Ποτενσιόμετρο T7 YB 47kOhms
037543	R31	Ποτενσιόμετρο T7 YB 470Ohms
039530	S1	Διακόπτης PC Board SW236A7
060324	S2	Διακόπτης PC Board 25546 N
057710	T1	Μετασχηματιστής A 438.351
037478	Z1	Ρυθμιστής + 15V Lm340 T15 NS
037479	Z2	Ρυθμιστής - 15V LM 320 T15 NS
060883	XF1	Θήκη Ασφαλείας FEU 031.1653
060883	YF1	Πρίζα Ασφαλείας FEK 031.1663
056727	W1	Καλώδιο Ηλεκτρικής Γραμμής
060525	F1	Ασφάλεια D1 TD/0.10 A



Εικόνα Π4.1 - Μετρητής κενού PENNING

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ**

### **Π5 - LASER**

- ✓ Ηλεκτρική παροχή : 380 Volts τριφασικό ουδέτερο και γείωση. Μέγιστη άεργη ισχύς 2 kVA.
- ✓ Παροχή ύδατος : πίεση 3 ÷ 5 bars. Ροή : 5 litres/λεπτό. Θερμοκρασία : 10 ÷ 20 ° C.
- ✓ Παροχή αερίων : Το ήλιο, το άζωτο και το διοξείδιο του άνθρακα φυλάσσονται σε κυλίνδρους υψηλής πίεσης και με τη βοήθεια των ρυθμιστών κρατώνται σε πίεση 2 - 3 bar.
- ✓ Απόδοση : Ύψος χρησιμοποίησεως στα 80W, ενώ η μέγιστη ισχύς είναι 100 W. Μήκος κύματος : 10.6 μm. Διάμετρος ακτίνας εξόδου : 9 mm. Συχνότητα παλμού : μέχρι 5000 Hz (όταν χρησιμοποιείται κατάλληλο μίγμα αερίων).
- ✓ Ένας τελικός προληπτικός έλεγχος περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια :
  - Έλεγχος της γείωσης.
  - Έλεγχος αν το δυναμικό εισόδου είναι σωστό και αν το ουδέτερο είναι σωστά συνδεδεμένο.
  - Έλεγχος της ασφάλειας των συνδέσεων του νερού, προκειμένου να μην υπάρξουν διαρροές. Θα πρέπει επίσης να βεβαιωθούμε ότι ο ελαστικός σωλήνας του νερού δεν είναι στρεβλωμένος και ότι δεν έχει συμβεί κάποιο ακούσιο μπλοκάρισμα.
  - Έλεγχος των συνδέσεων των αερίων, για να αποφευχθεί διαρροή αερίων. Ο έλεγχος μπορεί να γίνει με έγχυση μίγματος υγρού απορρυπαντικού και νερού.

### **ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

⇒ Η απ' ευθείας επαφή με την ακτίνα του laser ή η επαφή, μέσω αντανakλάσεών της σε μερικώς ανακλαστικές επιφάνειες, μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα και βλάβες στα μάτια. Για το λόγο αυτό, όταν δουλεύει κανείς με την ακτίνα αφύλακτη, οφείλει να προστατεύει τα μάτια και το δέρμα

του. Η χρήση προφυλακτικών γυαλιών προσφέρει κάποια ασφάλεια, καθώς εξασθενεί την αντανακλώμενη ακτινοβολία. Στην περίπτωση αυτή λοιπόν, χρήσης του laser με αφύλακτη την ακτίνα, το ανειδίκευτο προσωπικό πρέπει να αποκλείεται από το χώρο εργασίας.

⇒ Υπάρχει κίνδυνος, λόγω του υψηλού δυναμικού (15000 Volts DC όπως και 415 Volts AC). Για το λόγο αυτό, το κάλυμμα δεν πρέπει να μετακινείται, χωρίς πρώτα να έχει διακοπεί η παροχή στα λειτουργικά μέρη.

⇒ Σε διάφορα σημεία της συσκευής υπάρχουν μηνύματα - σήματα που πληροφορούν και προειδοποιούν για τους ενδεχόμενους κινδύνους

⇒ Όταν το αέριο μέσα στο laser βρίσκεται σε χαμηλή πίεση και η φιάλη όπου φυλάσσεται συνδέεται με πηγή υψηλού δυναμικού, τότε το αέριο είναι ηλεκτρικά αγωγίμο. Συνεπώς είναι σημαντικό να μην έρχονται σε επαφή οι ηλίου σωλήνες τροφοδοσίας των αερίων με τα γειωμένα αντικείμενα, τα καλώδια ή τους πλαστικούς σωλήνες στην κάθοδο. Ομοίως, οι ηλίου σωλήνες εξαγωγής των αερίων από την κεντρική άνοδο πρέπει να μονωθεί, αλλιώς οι σωλήνες μπορεί να τρυπήσουν, οπότε εμφανίζονται διαρροές, γεγονός που κάνει επιτακτική την αντικατάστασή τους.

⇒ Η βαλβίδα κενού κατασκευάζεται από πλαστικό και βιδώνεται σε πλαστική πλάκα με τέσσερις μεταλλικούς κοχλίες που ενδεχόμενα βρίσκονται σε υψηλό δυναμικό. Θα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι όλοι οι σωλήνες και τα καλώδια δεν βρίσκονται σε επαφή με τις κεφαλές των κοχλιών. Τη βαλβίδα μπορούμε να τη χειριζόμαστε από μια μακριά πλαστική λαβή και έτσι δεν υπάρχει κίνδυνος στη λειτουργία του, όταν είναι ανοικτό το laser.

⇒ Ο μετρητής κενού συνδέεται, μέσω σωλήνα στο σύστημα των αερίων και το αναγκάζει να βρίσκεται σε υψηλό δυναμικό, όταν το laser λειτουργεί. Ο μετρητής είναι ορατός έξω από το laser, μόνο μέσω ενός παχέος παραθύρου. Όλα τα γειωμένα αντικείμενα πρέπει να κρατώνται μακριά από το μετρητή,

που είναι εφοδιασμένοι και με προειδοποιητικό σήμα κινδύνου, για λόγους ασφαλείας.

## **ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ**

⇒ **ΑΝΤΛΙΑ ΚΕΝΟΥ** : Εβδομαδιαίος έλεγχος της στάθμης του λαδιού και επαναπλήρωσή του, όταν είναι απαραίτητο, μέχρι τις ενδεικτικές γραμμές πάνω στο γυαλί. Η επαναπλήρωση του λαδιού είναι απαραίτητη κάθε 1000 ώρες ή κάθε 6 μήνες (συστήνεται η χρήση καλής ποιότητας ελαίου κινητήρων SAE 30).

⇒ **ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΑΕΡΙΩΝ** : Απαιτείται έλεγχος των μετρητών αερίων στις φιάλες τροφοδοσίας, προκειμένου να υπάρχει επάρκεια αερίων. Όταν οι μετρητές καταγράφουν πίεση μικρότερη των 3 bar, επιβάλλεται η αντικατάσταση των φιαλών με καινούριες. Σε περίπτωση που οι φιάλες λειτουργήσουν άδειες, θα υπάρξει δυσλειτουργία του laser. Στις νέες φιάλες, ελέγχουμε τις συνδέσεις για ενδεχόμενες διαρροές. Απαραίτητος είναι, τέλος, ο έλεγχος και η ρύθμιση της πίεσης στη μονάδα τροφοδοσίας.

⇒ **ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΝΕΡΟΥ** : Περιοδική επιθεώρηση του συστήματος για ενδεχόμενες διαρροές και αντικατάσταση των φίλτρων, αν έχουν φθαρεί. Το laser δεν μπορεί να τεθεί σε λειτουργία αν η πίεση ή η ροή είναι αρκετά χαμηλές. Απαιτείται έλεγχος του διακόπτη ροής, αν αυτός λειτουργεί σωστά.

⇒ **ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ** : Μετακίνηση της μονωμένης πρίζας HV PL26 και έλεγχος αν το μαγνητικό κάλυμμα απενεργοποιεί τον αισθητήρα C2 μετά την μετακίνηση του διαφανούς καλύμματος με τον ενεργοποιημένο μαγνήτη. Χρειάζεται επίσης να ελεγχθούν όλα τα φώτα στη μονάδα ελέγχου, καθώς και αν ο λαμπτήρας προειδοποίησης της εξόδου της ακτίνας λάμπει. Θα πρέπει, επίσης, να γίνονται περιοδικοί έλεγχοι, για να ελέγξουμε αν είναι καλός ο δεσμός γείωσης ανάμεσα στην κεφαλή του laser, τη μονάδα ελέγχου, τη μονάδα τροφοδοσίας και την αντλία του κενού.

⇒ **ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΕΝΟΥ** : Εκκίνηση της αντλίας κενού γυρίζοντας το διακόπτη «POWER ON» και διακοπή της παροχής αερίων κλείνοντας το διακόπτη των αερίων «GAS». Ο μετρητής του κενού θα πρέπει να μετρά πίεση κάτω από 2 mbars. Η βαλβίδα ελέγχου του κενού θα

κλείσει αν την στρέψουμε κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού, ενώ η αντλία θα λειτουργεί ακόμη. Στη συνέχεια, πατώντας το διακόπτη «POWER OFF» κλείνουμε την αντλία. Το κενό έχει τώρα εξασφαλισθεί μέσα στο σύστημα του laser και αν δεν υπάρχουν διαρροές, ο μετρητής κενού δεν θα αλλάξει η ένδειξη του μετρητή. Μικρές διαρροές θα υπάρξουν και η ένδειξη στο μετρητή θα αυξηθεί σιγά - σιγά. Μια αύξηση της τάξεως του 1 mbar μέσα σε 5 sec επηρεάσει τη λειτουργία του laser. Διαρροές του κενού από την πλευρά της εισαγωγής των αερίων θα επηρεάσουν περισσότερο τη λειτουργία από ότι οι διαρροές στην πλευρά της εξαγωγής. Αφού γίνει ο έλεγχος, στρέφουμε αντίθετα στη φορά των δεικτών του ρολογιού, προκειμένου να ανοίξει η βαλβίδα ελέγχου του κενού και να επιτρέψει την εισαγωγή αέρα στο σύστημα.

**ΟΤΑΝ ΑΕΡΙΟ ΕΙΣΑΓΕΤΑΙ ΣΤΟ LASER, Η ΒΑΛΒΙΔΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΑΝΟΙΚΤΗ, ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΘΑ ΕΜΦΑΝΙΣΘΕΙ ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.**

⇒ **ΟΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ** : Τα δύο οπτικά στοιχεία του laser τοποθετούνται στα δύο άκρα της διάταξής του.

1. **Ο ΤΕΛΕΙΟΣ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ ΚΑΘΡΕΠΤΗΣ** είναι κατασκευασμένος από χαλκό με επίστρωση χρυσού. Τοποθετείται σε πλαστική θήκη η οποία ασφαρίζεται σε θερμαντική λεκάνη (heat sink) με 2 M6 εξαγωνικής κεφαλής nylon κοχλίες. Η θήκη αυτή μπορεί να μετακινηθεί βγάζοντας τους δύο κοχλίες και δίνοντας μια ελαφρά κλίση στη θήκη προς τα πίσω, έτσι ώστε ο καθρέπτης να μην μπορεί να πέσει από τη θήκη του. Μπορούμε να βγάλουμε τον καθρέπτη από τη θήκη του αν τον αφήσουμε να πέσει πάνω σε μία μαλακή πετσέτα. Αν δεν πέσει μόνο του, υπό την επίδραση μόνο του βάρους του, ένα ελαφρό χτύπημα θα το ξεκολλήσει από το στεγανοποιητικό δακτύλιο (O - ring), όπου ενδεχομένως να έχει σφηνώσει στην πίσω μεριά του καθρέπτη. Αν ο καθρέπτης πρέπει να καθαριστεί, συστήνεται η χρήση πετσετών καθαρισμού φακών εμποτισμένων σε ακετόνη. Απαιτείται επίσης έλεγχος και για το δακτύλιο στεγανοποίησης. Να ελέγξουμε δηλαδή αν έχει συγκρατήσει ακαθαρσίες και αν έχει παραμείνει στη σωστή θέση, προκειμένου να μην αλλοιωθεί ο δακτύλιος και μην εμφανισθεί διαρροή.



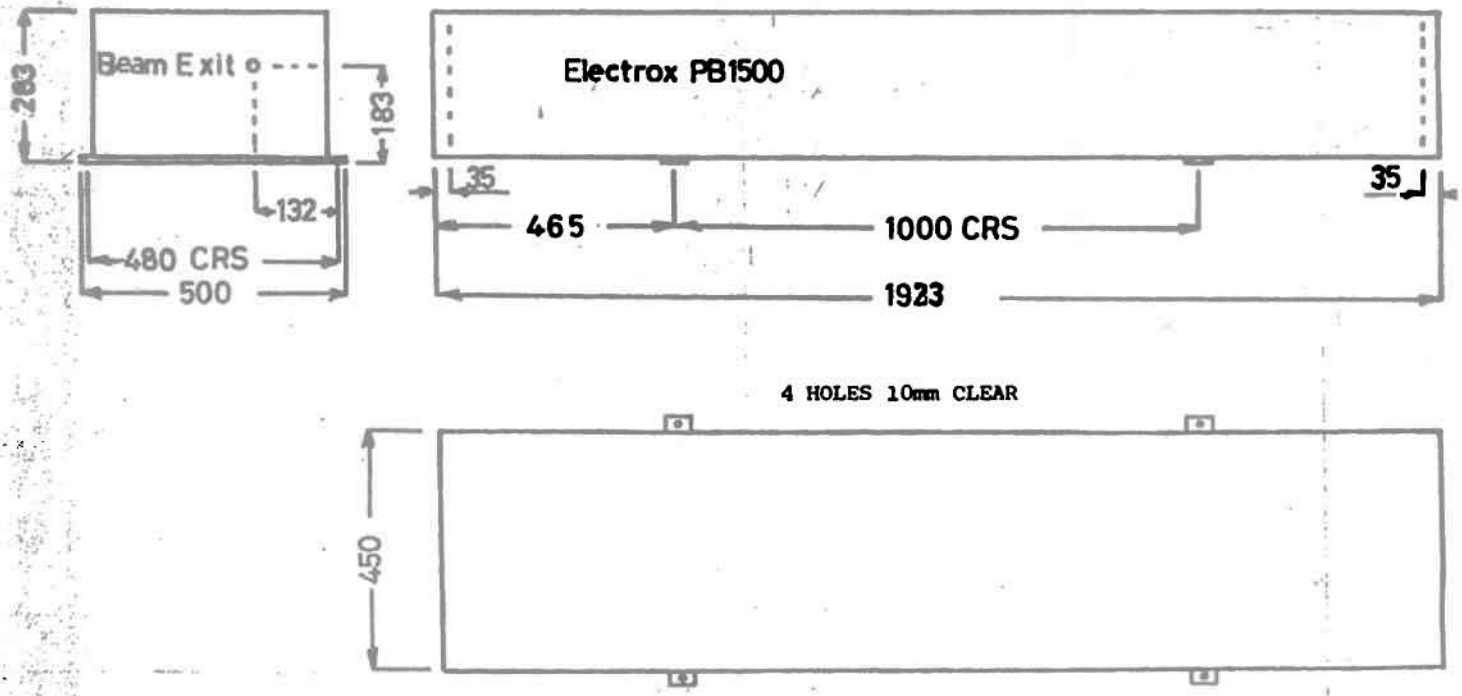
**2. ΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΕΞΟΔΟΥ** είναι κατασκευασμένο από σεληνιούχο ψευδάργυρο και είναι στερεωμένο σε αλουμινένια θήκη. Προκειμένου να μετακινηθεί το παράθυρο εξόδου, πρέπει να βγουν οι 2 M6 εξαγωνικής κεφαλής κοχλίες και να βγει η πλαστική πλάκα που τα καλύπτει. Η θήκη με το παράθυρο εξόδου μπορούν να μετακινηθούν τραβώντας προς τα εμπρός την εξωτερική επιφάνεια τους. Το παράθυρο καθαρίζεται με πανιά καθαρισμού φακών που έχουν εμποτιστεί σε ακετόνη. Η ακετόνη δεν θα πρέπει να μείνει για πολύ ώρα σε επαφή με το παράθυρο και τη θήκη, γιατί είναι πιθανόν να αλλοιωθεί η συναρμογή τους. Θα πρέπει επίσης να ελεγχθεί και η θέση του δακτυλίου στεγανοποίησης, καθώς και η επιφάνεια που «καθίζει» το παράθυρο που θα πρέπει να είναι απολύτως καθαρή.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ** : Οι M6 nylon κοχλίες εξαγωνικής κεφαλής χρησιμοποιούνται μόνο σε περιπτώσεις ηλεκτρικής μόνωσης. Σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγεται η χρησιμοποίηση μεταλλικών κοχλιών.

## ΟΔΗΓΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΒΛΑΒΩΝ ΣΤΟ LASER

ΒΛΑΒΗ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ
Ο αισθητήρας C1 δε λειτουργεί	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η ασφάλεια S1 κάηκε.</li> <li>• Υπάρχει θερμική υπερφόρτωση.</li> <li>• Ελαττωματικό πηνίο στον C1.</li> <li>• Χαλαρές συνδέσεις στις πρίζες.</li> <li>• Ελαττωματικοί οι διακόπτες b1 και b2.</li> </ul>
Θερμική υπερφόρτωση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Το ρεύμα υπερφόρτωσης έχει τεθεί πολύ χαμηλό.</li> <li>• Ελαττωματικός ο κινητήρας της αντλίας κενού.</li> <li>• Υπάρχουν βραχείες σπείρες στο μετασχηματιστή.</li> <li>• Ελαττωματικός έλεγχος PCB.</li> <li>• Εσφαλμένη γείωση στο κύκλωμα HV.</li> <li>• Εσφαλμένη γείωση στον μετασχηματιστή HV</li> <li>• Ελαττωματικός συμπυκνωτής HV R1A.</li> <li>• Ελαττωματικό κύκλωμα αντιστάτων.</li> </ul>
Χαμηλή ισχύς του laser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Λανθασμένο αέριο μίγμα χρήσης.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Διαρροή αερίου.</li> </ul> </li> <li>• Εσφαλμένη επιλογή πίεσης.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ανεπάρκεια ρεύματος.</li> <li>• Ακαθαρσίες στα οπτικά.</li> </ul> </li> <li>• Εσφαλμένη τοποθέτηση των οπτικών (έλλειψη ευθυγράμμισης)</li> </ul>
Αφλογιστία ή διακοπή ανάφλεξης του laser όταν βρίσκεται σε παλμική λειτουργία.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Λανθασμένο αέριο μίγμα χρήσης.</li> <li>• Εσφαλμένη επιλογή πίεσης.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Διαρροή αερίου.</li> </ul> </li> <li>• Το ρεύμα υπερφόρτωσης έχει τεθεί πολύ χαμηλά.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ανεπάρκεια δυναμικού.</li> </ul> </li> <li>• Λανθασμένος έλεγχος ρεύματος PCB.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελαττωματικές βαλβίδες κενού.</li> </ul> </li> <li>• Λανθασμένο σήμα εισόδου του παλμού.</li> </ul>

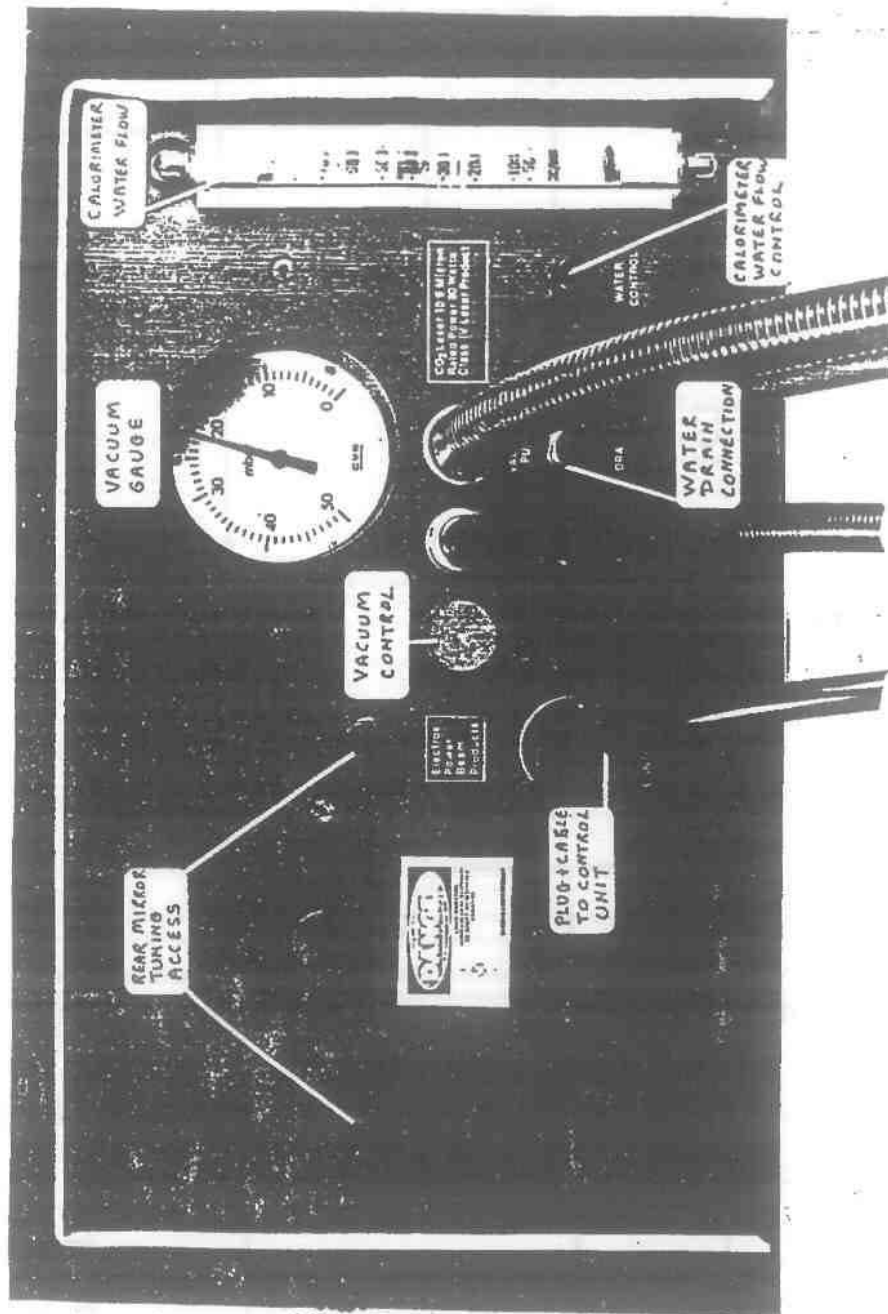
ΒΛΑΒΗ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ
Ο αισθητήρας C2 δε λειτουργεί	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η ασφάλεια S2 ή η S3 κήκκαν.</li> <li>• Υπάρχει θερμική υπερφόρτωση.</li> <li>• Η παροχή του νερού Δεν έχει ανοίξει ή ο διακόπτης της ροής του νερού και ο αναμεταδότης (relay) δεν λειτουργούν</li> <li>• Ο μαγνητικός διακόπτης του καλύμματος δεν είναι στη θέση του.</li> <li>• Ο διακόπτης παροχής των αερίων είναι κλειστός. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελαττωματικό το πηνίο στο C2.</li> <li>• Χαλαρές συνδέσεις στις πρίζες.</li> </ul> </li> <li>• Ελαττωματικοί οι διακόπτες b1 και b2.</li> </ul>
Οι λαμπτήρες του πίνακα ελέγχου δεν ανάβουν.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Καμένες οι ασφάλειες S2 και S3.</li> <li>• Ελαττωματικός ο μετασχηματιστής Tf1.</li> <li>• Ελαττωματικός ο ανορθωτής Rec1.</li> </ul>
Δεν παρατηρείται κίνηση στους σωλήνες του laser, όταν κλείνει ο αισθητήρας C2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η HV μονωμένη πρίζα PL26 δεν είναι στη θέση της.</li> <li>• Ο διακόπτης CW - PULSE δεν είναι στο CW.</li> <li>• Ο διακόπτης INT - EXT δεν είναι στο EXT. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Εχουμε πολύ υψηλό κενό.</li> <li>• Λανθασμένο αέριο μίγμα χρήσης.</li> <li>• Διαρροή αερίου.</li> </ul> </li> <li>• Σφάλμα στον έλεγχο του ρεύματος PCB. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Αποσύνδεση μιας φάσεως στους μετασχηματιστές HV.</li> </ul> </li> <li>• Ελαττωματικός ο μετασχηματιστής HV.</li> <li>• Ελαττωματικός ο ανορθωτής HV.</li> </ul>



LASER HEAD OUTLINE DIMENSIONS

Weight 170 kg

Εικόνα Π5.1 - Διαστάσεις της Κεφαλής του Laser

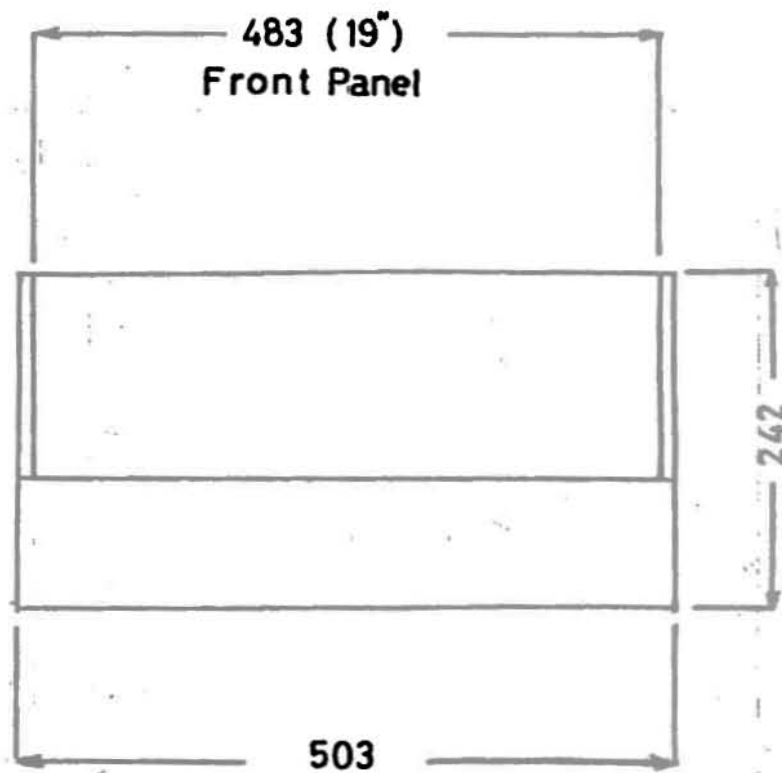


Εικόνα Π5.2 - Πίσω όψη της Κεφαλής του Laser

Front Panel Sizes  
1 at 266·7 x 483  
OR 2 at 133 x 483

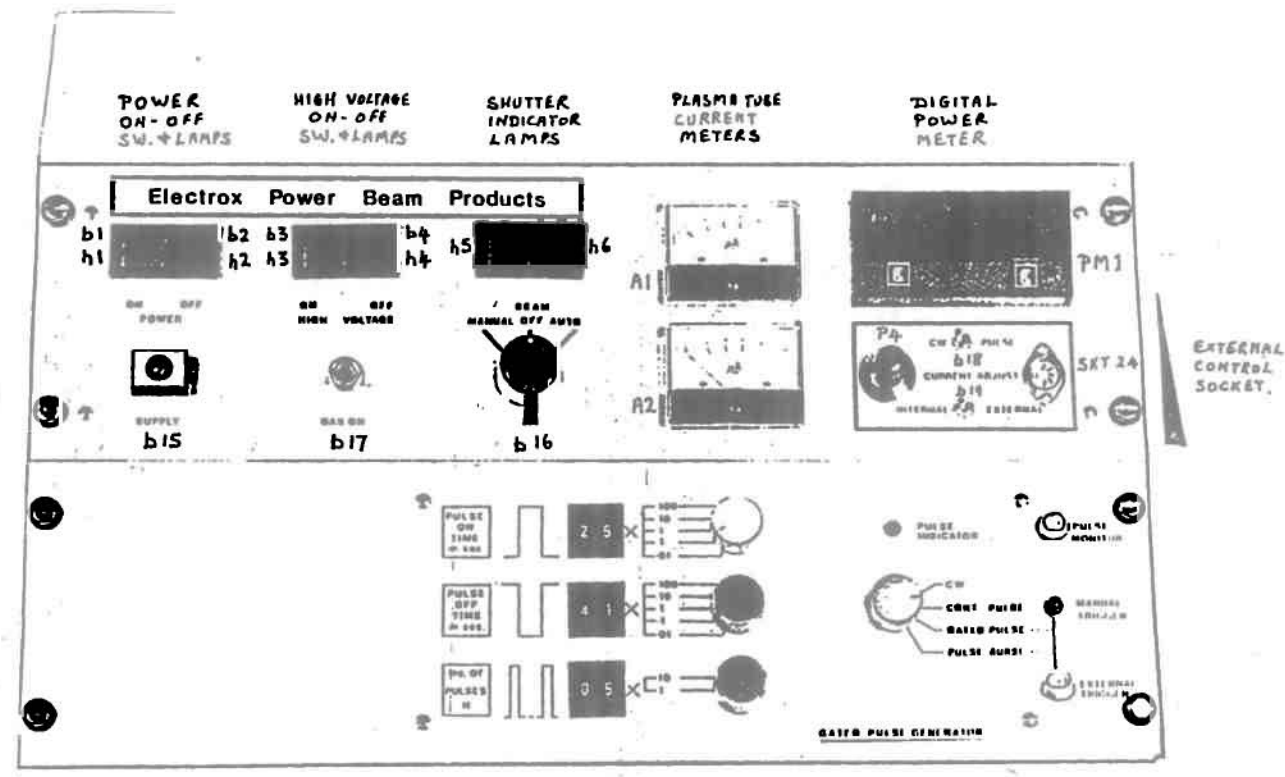


CONTROL UNIT DIMENSIONS



Weight 5 kg

Eικόνα Π5.4 - Μονάδα Ελέγχου του Laser

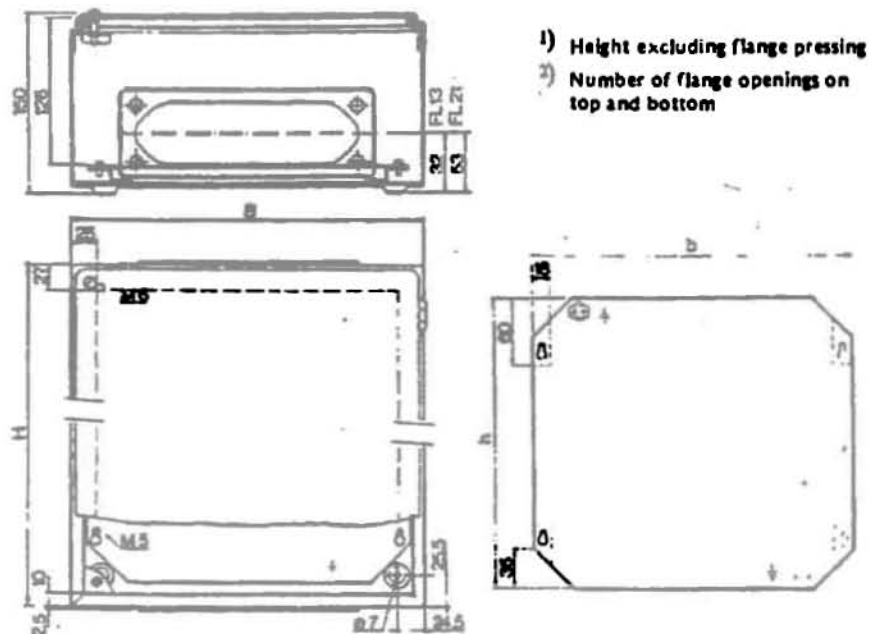




Protection IP43

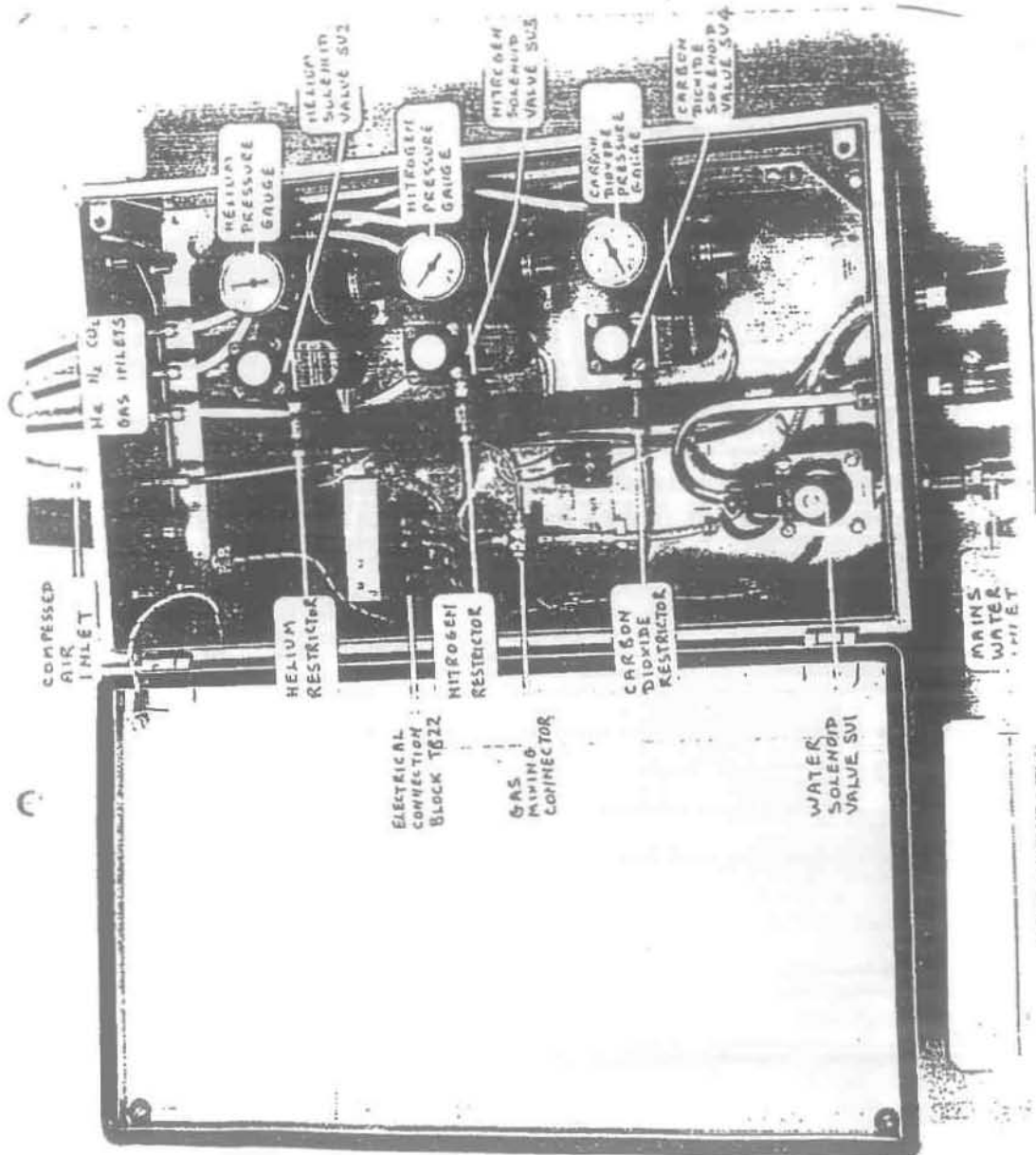
Depth: 150 mm - Usable Depth: 126 mm

Catalogue No.	Enclosure H <sup>1)</sup> B	M. Plate h b	Flange openings FL Number <sup>2)</sup>	Weight Kg
HL 1550	435x270	395x247	21 1	6,6

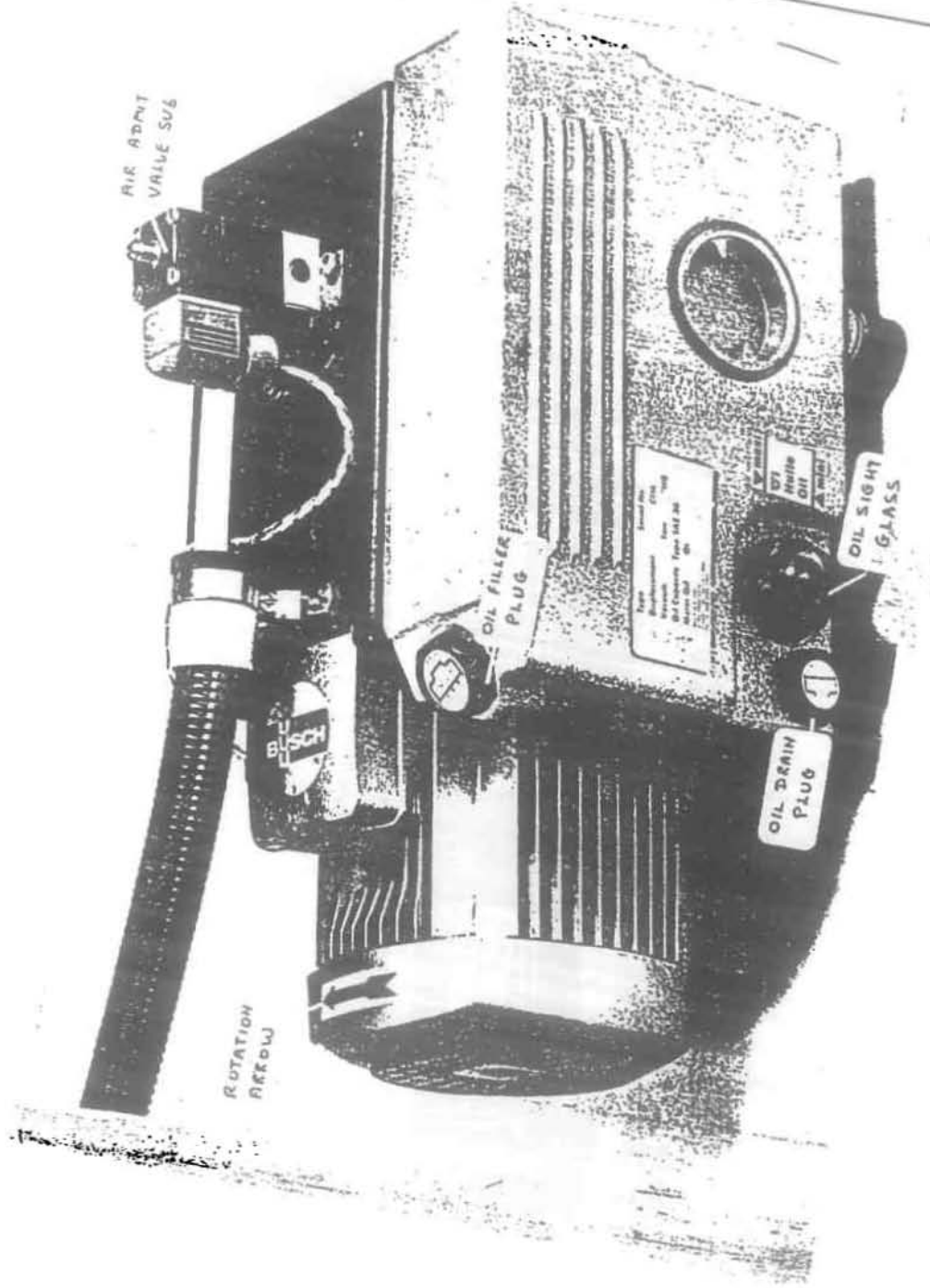


SUPPLY UNIT DIMENSIONS Total Weight 10 kg

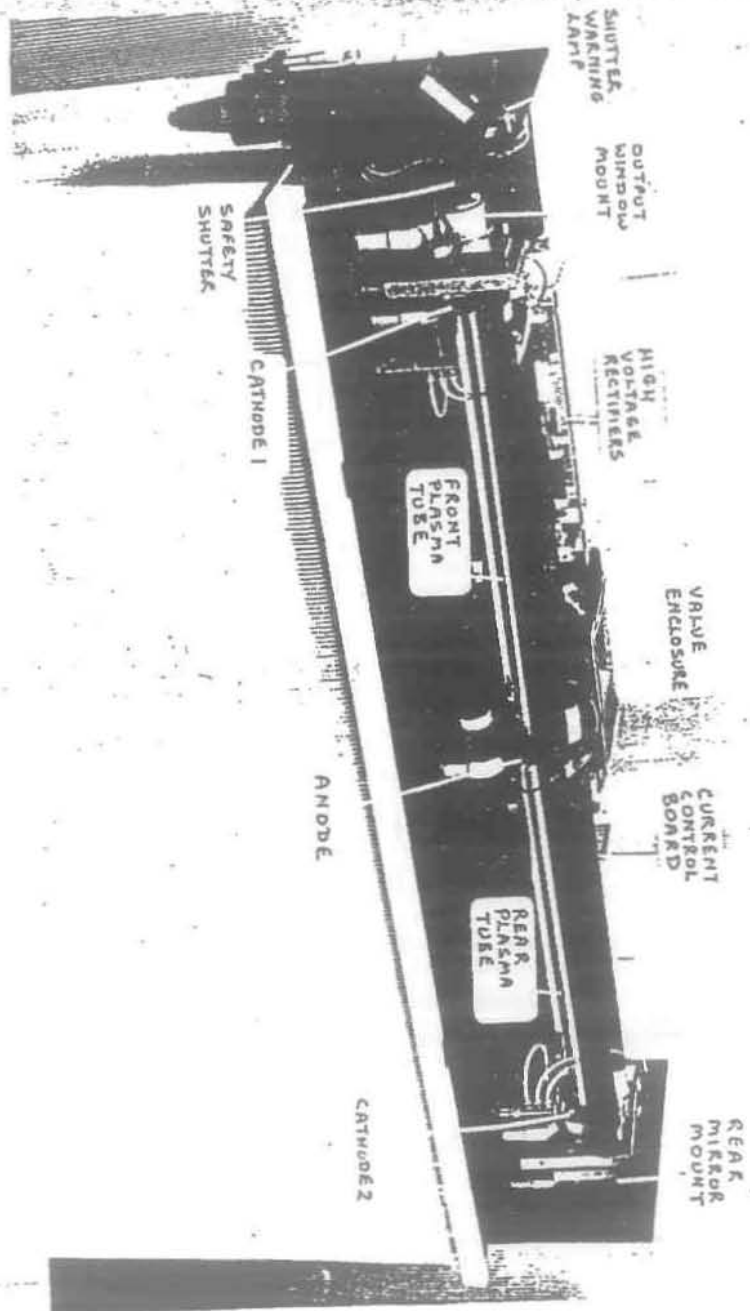
Εικόνα Π5.5 - Διαστάσεις της Μονάδας Τροφοδοσίας



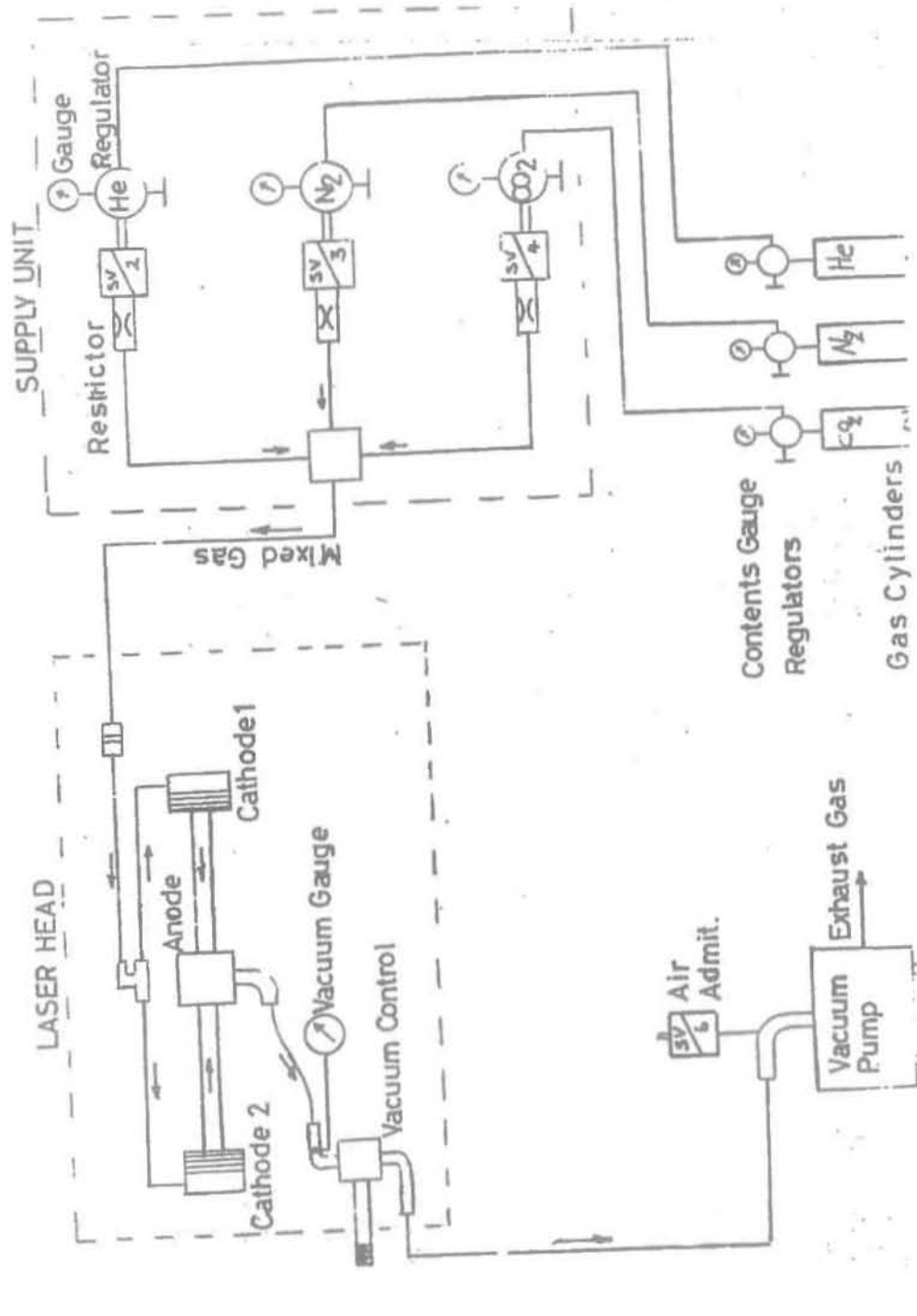
Εικόνα Π5.6 - Μονάδα Τροφοδοσίας



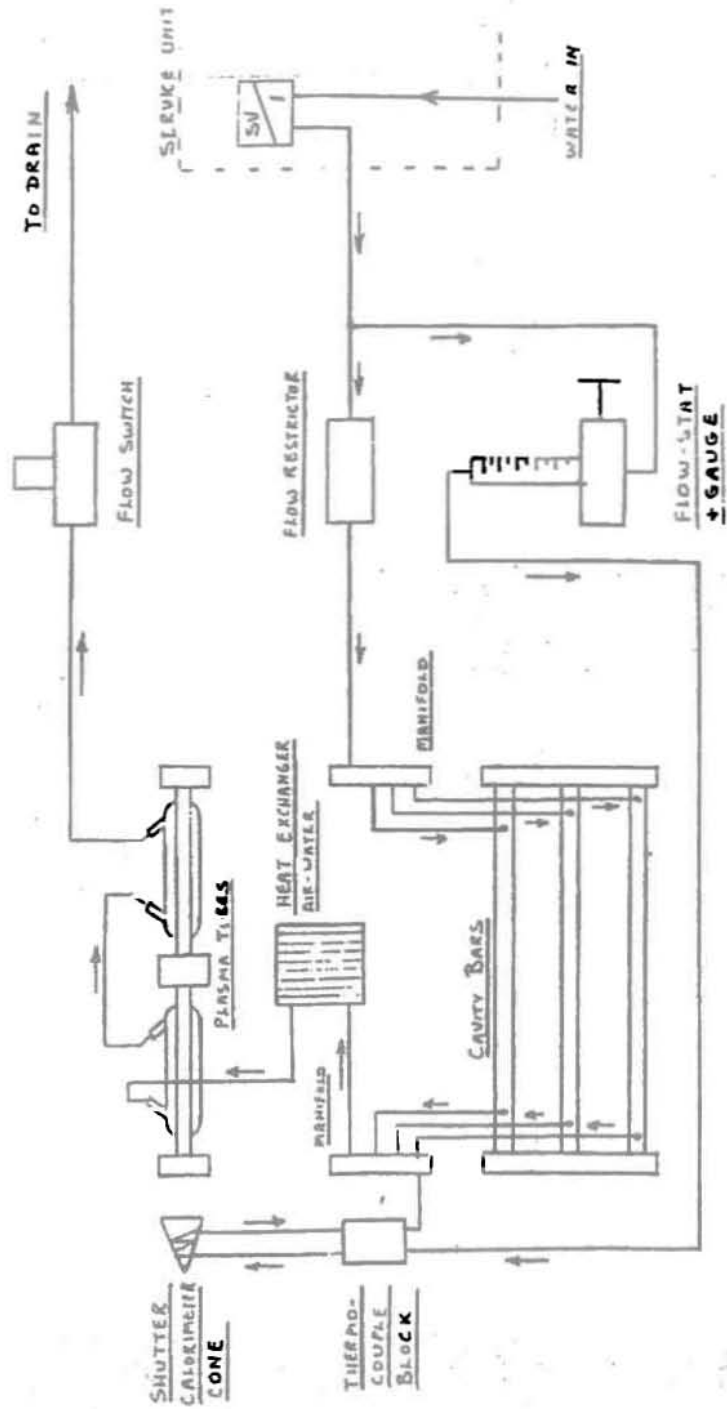
Εικόνα Π5.7 - Αντλία Κενού του Laser



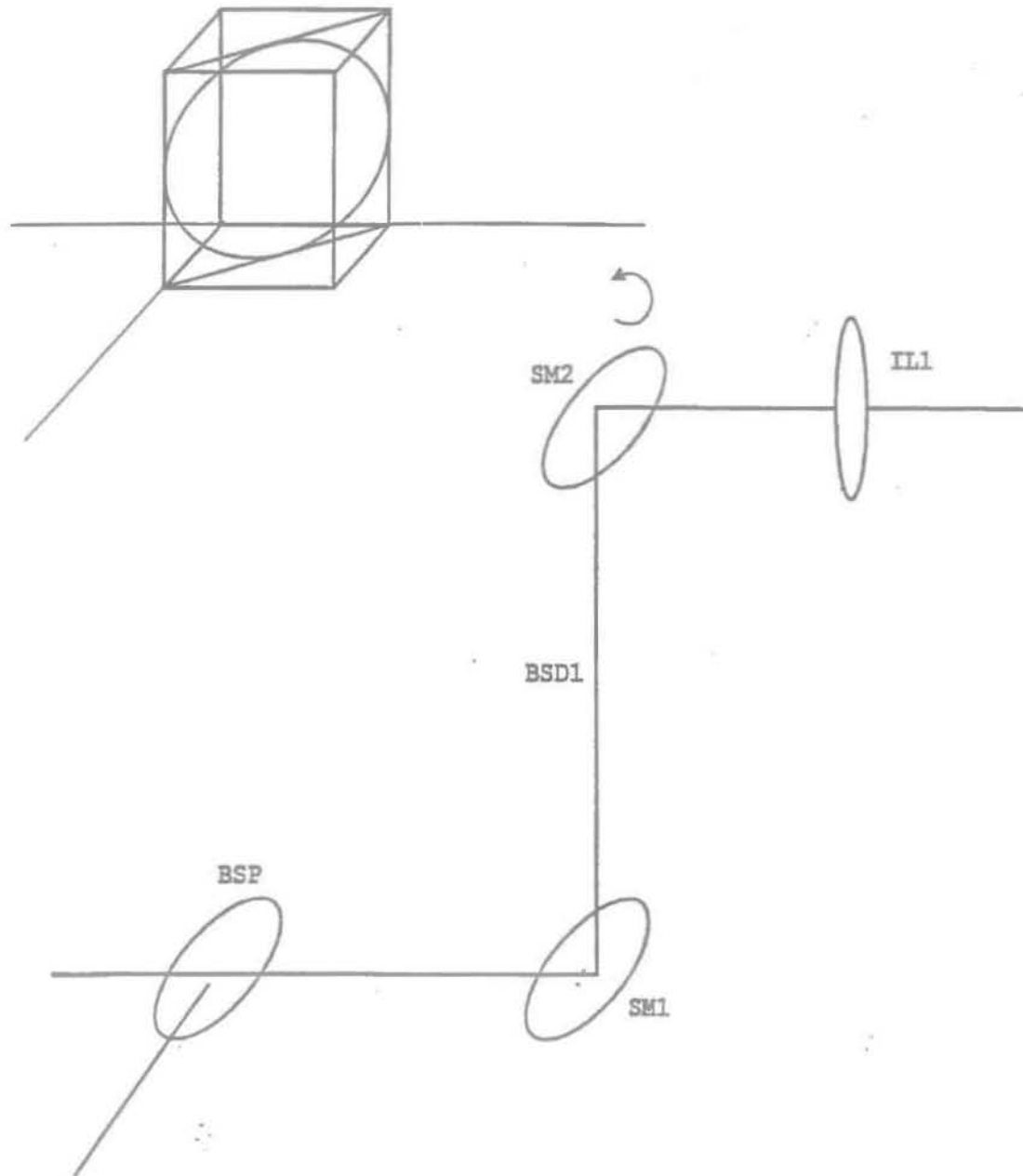
Εικόνα Π5.8 - Κοιλότητα του Laser



Εικόνα Π5.9 - Σύστημα Αερίων και Κενού



Εικόνα Π5.10 - Σύστημα Ψύξης με Νερό



**Εικόνα Π5.11 - Διάταξη Προσαγωγής της Δέσμης Φωτός του Laser**

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] "Laser material processing", William M. Steen, Springer Verlag.
- [2] "Type PB 1500 CO<sub>2</sub> Laser", Instruction manual, Issue 1983.
- [3] "Alcatel FA 101 and FA 111 vacuum gauges", Instruction manual.
- [4] "Alcatel PA 101 and PA 111 vacuum gauges", Instruction manual.
- [5] "Alcatel Type 5081 Turbomolecular Pumps", Instruction manual.
- [6] "Alcatel Serie Pascal", Operating manual.
- [7] "The CVD of TiC on steel substrate", Chen Ren-Wu, Lin Xiang-Zhu, Wang Shau-Zhue, Pan Wei-Fu, Shaanxi Mechanical Engineering Institute.
- [8] "LCVD : A technique for selective area deposition", S.D. Allen.
- [9] "LPD of TiC coatings", Thin Solid Films.
- [10] "Deposition of refractory coatings by LCVD", I.Zergioti, A. Zervaki, A. Hatziapostolou, G. Haidemenopoulos and E. Hontzopoulos.
- [11] "PLD of TiC coatings", I. Zergioti, A. Hatziapostolou, E. Hontzopoulos, A. Zervaki and G. Haidemenopoulos.
- [12] "CO<sub>2</sub> LCVD of TiB<sub>2</sub>", Elders, P.A. Quist, B. Rooswijk, J.D.W. van Voorst and J. Van Nieuwkoop

