



**INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE-
DEZVOLTARE PENTRU TEHNOLOGII IZOTOPICE SI
MOLECULARE**

Str. Donath 65-103, 400293, Cluj-Napoca, ROMANIA
Tel.: +40-264-584037; Fax: +40-264-420042; GSM: +40-731-030060
e-mail: itim@itim-cj.ro, web: <http://www.itim-cj.ro>



005

CAIET DE SARCINI

Microscop de scanare prin efect tunel

Director General

Dr. Ing. Adrian Bot

I. DOMENIU DE UTILIZARE

Echipamentul **Microscop de scanare prin efect tunel (STM – Scanning Tunneling Microscope)** este destinat obtinerii de imagini cu rezolutie atomica prin tehnici de microscopie prin efect tunel (STM) precum si microscopie de forta atomica de tip “tuning fork” si cu cantilever, la temperaturi variabile intre 50 K si 500 K, in conditii de vacuum ultra inalt (UHV).

Echipamentul se va cupla cu **Instalatia de epitaxie moleculara (MBE - Molecular Beam Epitaxy) existenta – LAB-10 MBE System producator Omicron, Germania** - pentru a forma un singur sistem integrat care sa permita transferul direct al probei între instalatia de MBE si echipament.

II. CARACTERISTICI TEHNICE SI DE PERFORMANTA

(a) Caracteristicile tehnice continute in prezentul Caiet de sarcini sunt **minimale, obligatorii si eliminatorii**. Ofertele care **nu indeplinesc** aceste cerinte sunt declarate **neconforme** (Art. 36(2)a din HG 925/2006).

(b) **Microscopul de scanare prin efect tunel – STM** trebuie să fie compus din:

1. **Instalatie de vacuum ultra-inalt (UHV) pentru introducere, preparare si analiza suprafetei probei**, care trebuie să conțină:

- 1.1 Camera de prepare si analiza suprafetei probei;
- 1.2 Camera de introducere a probei (Fast Entry Chamber);
- 1.3 Manipulator pentru proba.

2. **Instalatie SPM (Scanning Probe Microscopy)**, care trebuie să conțină:

- 2.1 Camera SPM pentru modulele STM si AFM;
- 2.2 Modul STM;
- 2.3 Modul AFM cu cantilever;
- 2.4 Modul AFM tip tuning fork.

3. **Sistem de pompe pentru asigurarea vidului;**

4. **Sistem de incalzire pentru degazare (bakeout);**

5. **Controler SPM;**

6. **Sistem de transfer direct al probei din camera MBE-ului existent in STM;**

7. **Modul pregatire varfuri STM cuplat la camera SPM.**

(c) Echipamentul trebuie sa asigure comutarea intre modurile de lucru STM, AFM cu cantilever respectiv AFM cu tuning fork, in conditii de UHV, in interiorul camerei SPM. Schimbarea, in situ, a varfului necesar fiecarei tehnici enumerate, trebuie sa asigure posibilitatea efectuarii succesive a experimentelor STM, AFM cu cantilever si AFM tuning fork fara a fi necesara deplasarea probei. Sistemul trebuie de asemenea sa poata realiza imagini STM si AFM noncontact, de tip tuning fork, precum si STS (spectroscopie de tunelare cu scanare) simultan, pe aceeasi zona a probei.

(d) Echipamentul trebuie sa permită cuplarea cu Instalatia de epitaxie moleculara MBE tip LAB-10 MBE System, produsa de firma Omicon, Germania aflată în dotarea INCDTIM.

Cuplarea echipamentului cu sistemul MBE existent trebuie sa se realizeze prin unul din porturile 5,6 sau 8 ale „camerei MBE” prezentate in figurile din **Anexa 1- Documentatie tehnica LAB-10 MBE System**, parte a prezentului Caiet de sarcini.

(e) Echipamentul Microscop de scanare prin efect tunel in cuplaj cu Instalatia de epitaxie moleculara MBE trebuie sa fie instalat in Camera curata, incinta CR2–ISO 8 conform ISO 14644-1:1999, a Departamentului de fizica moleculara si biomoleculara. Dimensiunile incintei CR2 sunt prezentate in **Anexa 2 – Schita Camera curata**, parte a prezentului Caiet de sarcini.

1. Instalatie de vacuum ultra-inalt pentru introducere, preparare si analiza suprafetei probei

1.1 Camera de preparare si analiza a suprafetei probei

1.1.1 Cerinte constructive:

- material: otel inoxidabil nemagnetic;
- forma, dimensiuni, echipare:
 - (i) forma sferica cu diametrul intern de minim 220 mm;
 - (ii) echipata cu port pentru vizualizarea probelor;
 - (iii) echipata cu flansele necesare cuplarii fiecarui modul solicitat in prezentul caiet de sarcini cat si cele necesare liniei de transfer la camera MBE existenta.
 - (iv) echipata cu senzor pentru masurare vacuum;
 - (v) echipata cu valva pentru ventilare
 - (vi) sa fie instalata pe un cadru rigid, pentru a asigura o conectare rigida la camera MBE existenta.

1.1.2 Camera este destinata si pentru montarea unor sisteme optionale de analiza precum AES (Auger Electron Spectroscopy), XPS (X-ray photoelectron Spectroscopy), LEED (Low Energy Electron Diffraction) si UPS (Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy), in interiorul ei. De asemenea, camera trebuie sa fie upgradabila cu sisteme de preparare a probei cum ar fi evaporare si “sputtering”.

1.2 Camera de introducere a probei

1.2.1 Tip: camera de introducere a probei de tip “Fast Entry Chamber” (FEC) sau “load lock”, astfel incat sa nu fie necesara ventilarea camerei de analiza sau a camerei SPM la introducerea probei.

1.2.2 Sa fie echipata cu un transportor magnetic;

1.2.3 Sa permita vederea ei cu pompa turbomoleculara a sistemului de pompe (viii);

1.2.4 Sa fie echipata cu o valva de izolare fata de camera de analiza.

1.3 Manipulator pentru proba

1.3.1 Destinat manipularii probelor in interiorul camerei de analiza;

1.3.2 Asigura deplasarea probei pe x si y cu minim ± 8 mm si pe Z cu minim 100 mm;

1.3.3 Asigura rotatia probei cu 360° ;

1.3.4 Sa fie echipat cu sistem de incalzire radiativa a probei cu sonda de temperatura, care asigura incalzirea probei pana la temperatura de minim 900°C ;

1.3.5 Sa fie prevazut cu elementele necesare si pentru incalzirea directa a probei cu curent electric;

1.3.6 Sa permita upgradarea pentru: (i) racire cu azot lichid;
(ii) incalzire pana la temperaturi de minim 1400°C ;
(iii) rotatie azimutala.

2. Instalatia SPM

2.1 Camera SPM pentru modulele STM si AFM

2.1.1 Trebuie să permita conectarea direct la camera de analiza;

2.1.2 Sa permita in interiorul acesteia desfasurarea experimentelor de tip STM, AFM cu cantilever si AFM cu tuning fork, consecutiv (cat si simultan pentru STM si AFM cu tuning fork), fara deplasarea probei, in aceeasi regiune de pe suprafata probei, prin schimbarea senzorului (STM, cantilever, tuning fork) in situ;

2.1.3 Sa contina carusel pentru minim 12 senzori si dispozitiv pentru manipulare senzori in situ, in conditii UHV;

2.1.4 Sa permita montarea ulterioara a minimum 2 evaporatoare cu fascicul de electroni de tip EFM (Electron Flux Monitor) in conditii UHV pentru depuneri de filme sub-monostat si multistat.

- 2.1.5 Sa permita realizarea depunerilor cu evaporatoare cu fascicul de electroni fara a deplasa proba, chiar si in timpul realizarii imaginilor STM si AFM, precum si prin indepartarea si apoi revenirea varfului la aceasi pozitie, la sfarsitul depunerii;
- 2.1.6 Modulele SPM sa fie instalate prin intermediul unui sistem de amortizare a vibratiilor cu resorturi si curenti Foucault;
- 2.1.7 Sa fie echipata cu sistem de incalzire radiativa a probei pana la cel putin 500 K, incalzire care sa se poata realiza si concomitent cu inregistrarea imaginilor SPM;
- 2.1.8 Sa fie echipata cu criostat, ce permite racirea probei pana la cel putin 50 K, in maxim 30 de minute pornind de la temperatura camerei. Criostatul sa poata folosi atat heliu lichid cat si azot lichid, si sa fie echipat si cu element de incalzire, pentru controlul fin al temperaturii;
- 2.1.9 Sistemul sa realizeze imagini STM, AFM cu cantilever si AFM cu tuning fork pe intreaga plaja de temperatura controlata, de la 50 K pana la 500 K. Atunci cand se doreste doar incalzirea probei la temperaturi peste temperatura camerei, sistemul trebuia sa poata incalzi proba pana la cel putin 650 K;
- 2.1.10 Se va livra intreaga linie de transfer pentru He lichid intre criostat si dewarul de stocare, inclusiv valvele de dozare si de siguranta, linia de vacuum necesara si elementele de control ale fluxului de gaz/lichid;
- 2.1.11. Rezolutia temperaturii la nivelul criostatului sa fie mai buna de 0.02 K, cu un drift de cel mult 0.1 K/ora;
- 2.1.11 Suportul probei va contine un senzor de temperatura;
- 2.1.12 Trebuie sa contina un scanner ce asigura un domeniu de scanare de cel putin 10 micrometri X 10 micrometri pe axele XY respectiv cel putin 1.5 micrometri pe axa Z;
- 2.1.13 Sistemul de scanare sa fie prevazut cu sistem de pozitionare ce permite deplasarea cu precizie a varfului, utilizand motoare piezo-inertiale independente pe cele trei directii, si care asigura un domeniu de deplasare 3D de cel putin 10mm X 10mm X 10mm, in pasi continuu variabili in intervalul minim 40nm – 500nm;
- 2.1.14 Sistemul de pozitionare 3D sa permita repositionarea varfului pe proba cu o eroare de cel mult 50nm;
- 2.1.15. Sistemul de scanare sa aiba un drift mai mic de 0.2nm/s , dupa 1 ora de racire sau incalzire la 500K;
- 2.4.16 Rezolutia de scanare garantata pe axa Z trebuie sa fie sub 0.01 nm;
- 2.4.17 Sa fie echipata cu un port pentru vizualizarea optica a regiunii probei analizate SPM.

2.2 Modul STM

- 2.2.1 Sa poata efectua STM, STS, CITS (Current-imaging-tunneling spectroscopy) precum si STM la curenti redusi;
- 2.2.2 Domeniu de curenti: cel putin intervalul 1pA – 300nA;
- 2.2.3 Trebuie sa poata realiza imagini la curenti mai mici de 1pA;
- 2.2.4 Zgomotul curentului de tunelare trebuie sa fie de cel mult 0.1 pA RMS (la o largime de banda de 200Hz);
- 2.2.5 Sa permita aplicarea de tensiuni de minim $\pm 1V$ cu increменти de cel mult 30 μV , precum si tensiuni de minim $\pm 10V$ cu incrementi de cel mult 300 μV ;
- 2.2.6 Experimentele STM, STS trebuie sa se desfasoare continuu, pe tot domeniul de curenti solicitati, fara a fi nevoie ca operatorul sa inlocuiasca cabluri, module etc., trecerea intre eventualele subdomenii de curent electric facandu-se complet automat

2.2.7 In modul de operare “curenti scazuti”, sistemul trebuie sa permita experimente STM cu curenti de tunelare de cel mult 50 fA.

2.3 Modul AFM cu cantilever

2.3.1 Sistemul trebuie sa ofere posibilitatea de a efectua experimente cu cantilever a carui deflexie sa fie inregistrata cu o raza LASER;

2.3.2 Sistemul de pozitionare a LASER-ului pe cantilever respectiv reflexia sa pe fotodiode, sa fie complet motorizat, cu comenzi externe sistemului UHV;

2.3.3 Sa poata utiliza atat cantileverele conductoare de curent electric cat si cantileverele izolatoare;

2.3.4 Montarea respectiv interschimbarea cantileverelor sa se faca in intregime in-situ;

2.3.5 Sa poata realiza cel putin urmatoarele moduri AFM:

2.3.5.1 Moduri in contact:

- a) Forta constanta;
- b) Forta laterala;
- c) Spectroscopie forta-distanta;
- d) AFM de conductie;
- e) Raspuns piezo.

2.3.5.2 Moduri non-contact:

- a) Imagistica in non-contact;
- b) Microscopia fortelor electrostatice (EFM)
- c) Microscopia fortelor magnetice (MFM)
- d) Spectroscopie de tipul: i) deplasare frecventa (frequency shift) in functie de distanta; ii) amplitudine- distanta; iii) curent de tunelare-distanta.

2.3.6 In modul non-contact sa poata lucra cu amplitudini de oscilatie de cel mult 10nm, utilizand cantileverele normale (1 N/m - 100 N/m), respectiv amplitudini de 1nm folosind cantileverele rigide.

2.4 Modul AFM tip tuning fork

2.4.1 Trebuie sa fie echipat cu sensor 100% electric, de tip tuning fork cu cristal piezo;

2.4.2 Trebuie sa poata realiza, pe aceeasi regiune a probei experimente AFM si STM atat simultan cat si succesiv;

2.4.3 Trebuie sa poata realiza experimente AFM non-contact cu amplitudini de oscilatie mai mici de 1nm.

3. Sistem de pompe pentru asigurarea vidului

3.1 Trebuie sa asigure un vacuum de cel putin 1×10^{-10} mbar;

3.2 Trebuie sa contina:

- o pompa rotativa, cu un debit de cel putin $3 \text{ m}^3 / \text{h}$;
- o pompa turbomoleculara cu un debit de cel putin 60 l/s;
- o pompa ionica (“ion getter pump”) cu un debit de cel putin 120 l/s;
- o pompa cu sublimare cu titan.

3.3 Pompa rotativa trebuie sa fie izolata de camera de analiza printr-o valva de izolare cu control pneumatic;

3.4 Sistemul trebuie sa fie echipat cu o sonda ionica de masurare a vidului, in camera de analiza;

3.5 Sistemul de asigurare a vidului, cu toate componentele lui, trebuie sa fie instalat pe un suport-cadru rigid dedicat.

4. Sistem de incalzire pentru degazare („bakeout”)

4.1 Trebuie sa contina:

- un sistem de acoperire;
- un sistem de incalzire;
- un controler programabil pentru procesul de incalzire;
- un controler vacuum.

4.2 Temperatura de “bakeout” trebuie sa aiba valoarea de minimum 160°C.

5. Controler SPM

5.1 Controlerul trebuie sa permita realizarea tuturor modurilor de lucru STM si AFM solicitate;

5.2 Trebuie sa aiba rezolutie minima de 20 biti pe tot domeniul Z al scannerului, fara schimbarea domeniului;

5.3 Trebuie sa aiba Rezolutie imagistica in regim dinamic imbunatatita la cel putin 24 biti prin aplicarea tehnicii de supra-esantionare si a algoritmilor de filtrare;

5.4 Trebuie sa contina un soft de prelucrare offline a datelor, cu reactualizarea gratuita a acestuia pe o perioada de minimum 2 ani;

5.5 Trebuie sa poata fi operat pentru achizitii de tipul multi-mod si spectroscopie (colectarea simultana a mai multor parametri: deflexia normala, forta laterala, devierea frecventei, curentul de tunelare);

5.6 Trebuie sa opereze atat cu modulare in frecventa cat si cu modulare in amplitudine;

5.7 Trebuie sa contina modul pentru controlul temperaturii probei;

5.8 Trebuie sa fie echipat cu Computer cu monitor min. 26”, masa si rack incluse;

5.9 Trebuie sa fie pregatit pentru Microscopie de tip “Scanning Kelvin Probe” (SKPM) cu modularea frecventei si cu modularea amplitudinii si SCM (Microscopie prin scanarea capacitatii) prin adaugarea unui preamplificator “lock-in” optional;

5.10 Trebuie sa permita, la masuratorile de STM, comanda tensiunilor de minimum $\pm 1V$ cu incrementi de cel mult $30\mu V$, precum si minimum $\pm 10V$ cu incrementi de cel mult $300\mu V$.

6. Sistem de transfer direct al probei din camera MBE-ului existent in STM

6.1 Trebuie sa asigure cuplajul prin linie de transfer intre camera MBE existenta si camera de analiza;

6.2 Trebuie sa contina transportor magnetic.

7. Modul pregatire varfuri STM cuplat la camera SPM

7.1 Modulul pentru pregatirea varfurilor trebuie sa fie montat intre camera SPM si camera de analiza, astfel incat pregatirea varfurilor sa se faca in situ, in conditii UHV.

7.2 Trebuie sa contina un manipulator pentru transferul varfurilor;

7.3 Trebuie sa permita ajustarea distantei dintre varf si filamentul de tratare cu bombardament electronic;

7.4 Trebuie sa fie echipat cu o sursa de alimentare combinata ce poate oferi tensiuni de alimentare de pana in 15V la curenti de emisie de 3 A si tensiune de pana la +1kV la curenti de emisie de 2mA.

8. Accesorii si componente de prima dotare

8.1 Minimum 10 varfuri STM premontate;

8.2 Minimum 25 suporturi pentru varfuri STM;

8.3 Minimum 5 cantilevere AFM premontate, pentru modul contact (forta normala / forta laterala);

8.4 Minimum 5 cantilevere AFM premontate, pentru modul noncontact

- 8.5 Minimum 25 suporturi pentru cantilevere AFM;
- 8.6 Minimum 8 platouri pentru transfer varfuri / cantilevere;
- 8.7 Minimum 10 suporturi proba din otel inoxidabil, 1 suport proba din molibden pentru pregatirea probei prin incalzire directa, 1 suport proba din tantal, 1 suport proba din tantal cu fereastră;
- 8.8 Set probe test (HOPG, film de Au pe Si, Mica);
- 8.9 Camera CCD si sursa de lumina pentru vizualizarea varfului si a probei, precum si pentru ajustarea LASER-ului;
- 8.10 Dispozitiv lipire cantilevere si varfuri
- 8.11 Liant pentru lipire varfuri (compatibil UHV);
- 8.12 Minimum 10 varfuri din W premontati pe tuning fork;
- 8.13 Minimum 10 suporturi varfuri cu tuning fork (varf din W nemontat)

III. DOCUMENTE ÎNSOTITOARE

1. Documente care se transmit de contractant, solicitate de achizitor pentru a însoți produsele furnizate:
 - a) Declarație de conformitate pentru produs;
 - b) Certificat de garanție;
 - c) Manuale de utilizare și întreținere;
 - d) Lista componentelor livrate.

IV. INSTRUIREA PERSONALULUI

1. Se va asigura instruirea personalului utilizator în momentul instalării echipamentului la sediul beneficiarului de către personal autorizat.
3. Perioada de instruire a personalului va fi de minimum 3 zile.
2. Toate materialele de instruire și manualele vor fi scrise în limba română sau engleză și vor conține toate informațiile necesare pentru operarea și întreținerea sistemului de către personalul autorizat.

V. CONDIȚII DE GARANȚIE

1. Producătorul trebuie să garanteze beneficiarului ca:
 - (i) toate componentele încorporate sunt noi, nefolosite și corespund ultimelor generații;
 - (ii) echipamentul oferit nu este un produs demo, recondiționat (*refurbished*), sau refuzat de alt beneficiar.
2. Perioada de garanție este de **12 luni** de la data punerii în funcțiune a echipamentului.

VI. SERVICE PE DURATA PERIOADEI DE GARANȚIE

1. Timpul de intervenție de la data sesizării defectiunii trebuie să fie de **maximum 3 zile lucratoare** de la sesizarea beneficiarului.
2. În perioada de garanție service-ul echipamentului și piesele ce se vor defecta se vor **înlocui cu titlu gratuit**.
3. Furnizorul trebuie să asigure componente care să înlocuiască componentele defecte pe întreaga durată de reparație a echipamentului.

VII. CERINTE DE PROTECTIA MEDIULUI, SECURITATEA MUNCII SI PREVENIRE A INCENDIILOR

1. Furnizorul va respecta încadrarea produselor în cerințele HG nr. 1022/2002 privind regimul produselor și serviciilor care pot pune în pericol viața, sănătatea, securitatea muncii și protecția mediului.

VIII. CERINȚE DE AMBALARE, MARCARE, TRANSPORT, DEPOZITARE, MANIPULARE

1. Furnizorul va efectua ambalarea echipamentului astfel încât să asigure integritatea acestuia pe durata manipularilor, transportului și depozitării. Ambalajele vor fi marcate conform normelor internaționale, astfel încât să fie asigurată integritatea la manevre de manipulare și condiții meteorologice nefavorabile.
2. Produsele vor fi marcate în conformitate cu standardele enumerate și aplicabile fiecărui caz în parte; se va aplica marcajul CE acolo și de câte ori este necesar.

IX. TERMEN SI CONDITII DE LIVRARE

1. Livrare: **Franco-Beneficiar INCDTIM Cluj**, cu transport, montare și instruire, incluse în pret.
2. Termenul de livrare, instalare și punere în funcțiune: **9 luni de la data semnării Contractului de achiziție.**

X. CONDITII DE RECEPTIE

1. Pentru acceptarea echipamentului și încheierea Procesului Verbal de Recepție, furnizorul va trebui să realizeze teste la beneficiar care să demonstreze următoarele performanțe ale echipamentului:

a) performanțe legate de Instalatie de vacuum ultra-inalt UHV:

- se va demonstra obținerea unei presiuni mai mici de 3×10^{-10} mbar în instalație.
- se va demonstra transferul unei probe din instalația MBE existentă în camera de analiză și preparare a echipamentului.
- se va demonstra atingerea temperaturii de 1050 K măsurată cu termocuplul ce este atașat la baza încălzitorului manipulatorului probei.

b) performanțe legate de Instalatia SPM:

(i) în condiții de vid ultra înalt, la temperatură camerei:

- se va demonstra înregistrarea unei imagini STM cu rezoluție atomică pe o probă de Si(111), utilizând placuta de probă cu încălzire directă prin curent electric;
- se va demonstra înregistrarea unei imagini AFM cu rezoluție atomică, în modul contact, pe o probă de HOPG (Highly ordered pyrolytic graphite);
- se va demonstra înregistrarea unei imagini AFM în modul non-contact, cu cantilever, ce va pune în evidență terase atomice pe o probă de Si(111);
- se va demonstra înregistrarea unei imagini AFM cu rezoluție atomică, în modul non-contact, cu "tuning fork", pe o probă de Si(111), utilizând placuta de probă cu încălzire directă prin curent electric.

(ii) în condiții de vid ultra înalt, în condiții de răcire cu heliu lichid:

- se va demonstra înregistrarea unei imagini STM cu rezoluție atomică pe o probă de Si(111) la $T \leq 60\text{K}$;
- se va demonstra atingerea temperaturii minime specificate: $T_{\min} \leq 50\text{ K}$.

(iii) în condiții de încălzire radiativă:

- se va demonstra înregistrarea unei imagini STM ce pune în evidență trepte monoatomice pe o probă de Si(111), la o temperatură de aprox. 450K, probă fiind încălzită cu elementul de încălzire radiativă a probei;
- se va demonstra atingerea temperaturii maxime specificate: $T_{\max} \geq 500\text{ K}$.

2. Recepția se finalizează prin încheierea unui **Proces Verbal de Recepție** semnat de ambele părți.

Director Proiect

Dr. Ioan Turcu

Director Tehnic

Ing. Gabriel Popeneciu

Responsabil echipament

Dr. Radu Bratfalean

Sef Compartiment Achizitii

Ing. Dumitru Chincisan

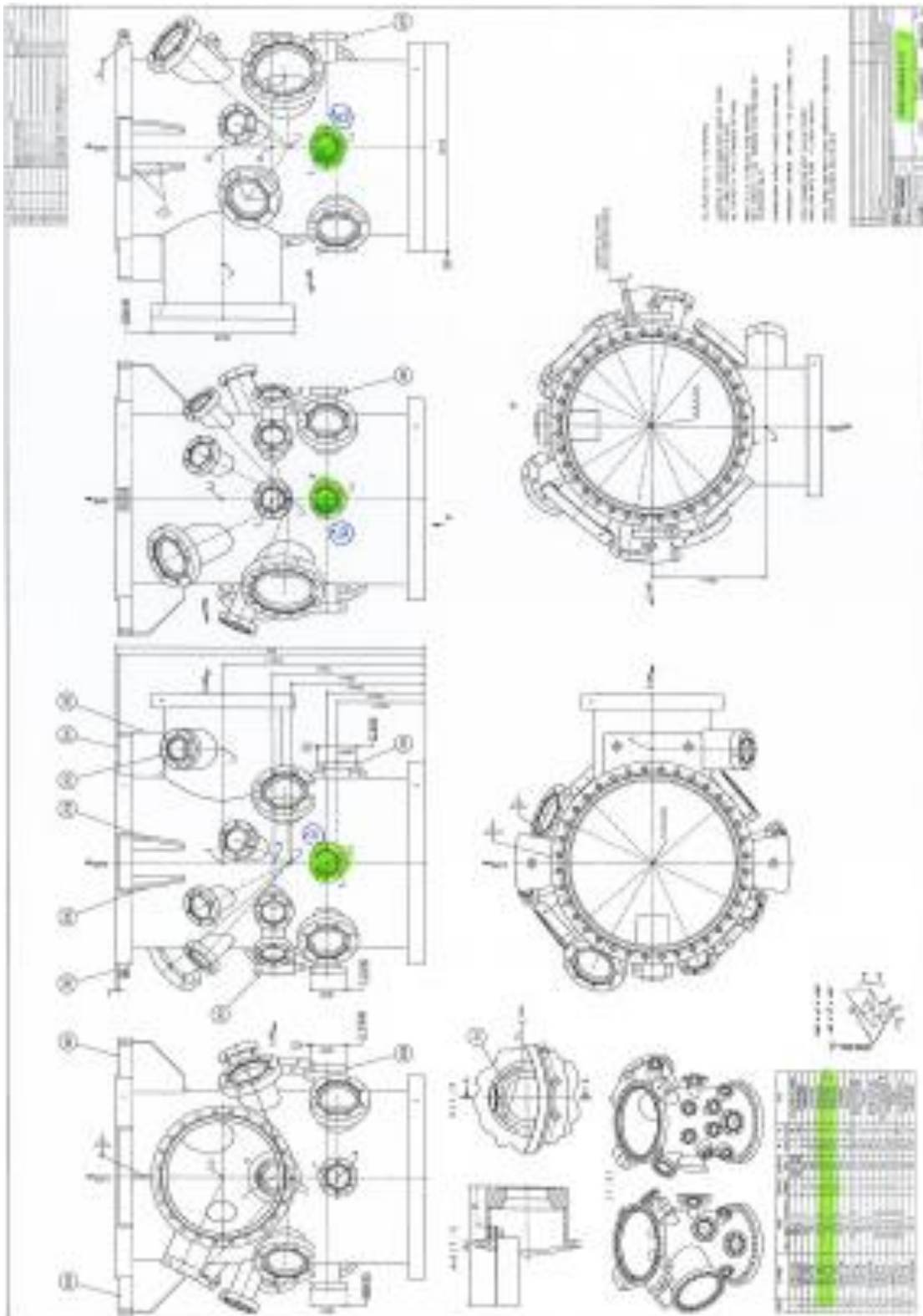


Figura 2. Camera MBE (flansele de cuplare a microscopului STM : poz. 5,6 si 8 din tabel)

Anexa 2 – Schita Camera curata

