

## NOV LABORATORIJ ZA NAPAREVANJE POLPREVODNIKOV V TRSTU

**Mag. Guido Bratina**, Laboratorio Technologie Avanzate Superfici e Catalisi del Consorzio Interuniversitario per la Fisica della Materia, 34012 Trieste - Padriciano 99

Velike hitrosti in nizek šum modernih elektronskih in optoelektronskih elementov, izdelanih iz polprevodnikov, skupin III-V in II-VI, izhajajo iz visoke gibljivosti in lokalizacije nosilcev naboja. Obe lastnosti sta pogojeni s kvaliteto polprevodniških plasti in mejnih površin med njimi. Prevelika koncentracija defektov zaradi difuzije, nečistoč ali razlik v mrežnih parametrih materialov bi imela dramatičen vpliv na transportne lastnosti teh sklopov.

Naparevanje epitaksialnih plasti polprevodnikov z molekularnimi curki (molecular beam epitaxy - MBE) zagotavlja s svojim ultra visokovakuumskim okoljem najvišjo možno čistost materialov, z natančnim nadzorom pogojev rasti kristalov pa omogoča naparevanje nekaj atomskih plasti. Tudi relativno enostavno kombiniranje te metode z različnimi karakterizacijskimi metodami, kot je npr. elektronska difrakcija (reflection high energy electron diffraction - RHEED), je prispevalo k veliki razširjenosti MBE v laboratorijih za fiziko polprevodnikov po vsem svetu, v zadnjem času pa se uveljavlja tudi kot metoda za masovno proizvodnjo vrhunskih optoelektronskih elementov.

V laboratoriju TASC v Padričah pri Trstu deluje tak sistem že drugo leto. Sestavljen je iz dveh MBE komor firme Riber, od katerih je ena namenjena naparevanju polprevodnikov skupin III-V, druga pa II-V, ter analitske komore, kjer je priključen spektrometer fotoelektronov (X-ray photoelectron spectrometer - XPS). Slednji ima monokromatski izvir rentgenskih žarkov z energijo 1478 eV in celotno ločljivost 0.7 eV. Vse tri komore so povezane med seboj z ultra visokovakuumskimi moduli, po katerih lahko prenašamo vzorce. Komori za naparevanje sta opremljeni z RHEED in kvadrupolnima masnima spektrometroma. Končni tlak  $6 \times 10^{-11}$  mbar dosežemo v sistemu z ionskimi črpalkami, ki imajo Ti sublimacijske izvire. Materiali za naparevanje so v Knudsnovih celicah, ki so opremljene z računalniško krmiljenimi pokrovi. V vsaki komori je prostora za osem celic s prostornino  $35 \text{ cm}^3$ . Nosilec podlag je iz molibdena in je med naparevanjem pritrjen na manipulator, gibljiv v treh med seboj pravokotnih oseh in vrtljiv okrog dveh osi ter opremljen z grelnikom in termočlenom za uravnavanje temperature vzorca. Skozi posebno odprtino v komori lahko merimo

temperaturo vzorca s pirometrom, kar omogoča večjo natančnost in ponovljivost pri izbiri pogojev za rast kristalov.

V komori za naparevanje polprevodnikov III-V imamo sedaj Al, Ga, As za pripravo GaAs in AlAs ter Be, Si in Ge kot dopanti, pri tem pa slednja dva uporabljamo tudi za naparevanje tanjših (do nekaj nm) epitaksialnih plasti teh materialov. Komora s polprevodniki II-V pa vsebuje CdTe, Te, Zn in Se, tako da lahko naparevamo CdTe, ZnSe in ZnTe.

Sistem je namenjen študiju heterostruktur II-VI/III-V, dipolnih efektov na mejnih površinah, kemijskih procesov pri rasti polprevodnikov, študiju kvantnih pojavov v kvantnih jamah in heteroplasteh in razvoju novih optoelektronskih elementov. Omogočena je tudi morebitna priključitev na bodoči tržaški sinhrotron.

Eden izmed prvih večjih projektov, ki je še v teku, je študij induciranja električnih dipolov na mejnih površinah v heterostrukturi AlAs-GaAs. Ugotovili smo, da lahko spremenimo potek energijskih pasov pri prehodu čez mejno plast v tej heterostrukturi, če med oba polprevodnika naperimo pol atomske plasti Si ali Ge. Premik valenčnih pasov je znaten, do 0.4 eV. Ukvarjamo se tudi s možnostjo naparevanja CdTe na GaAs. Mrežna parametra teh dveh materialov se razlikujeta za 14,5 %, poleg tega pa CdTe raste v smeri (111) ali (001), odvisno od razmer pri naparevanju. Radi bi predvsem ugotovili, ali je elektronska struktura na mejni površini spremenjena, če se spremeni orientacija CdTe. Hkrati se ukvarjamo s študijem energijskih nivojev v različnih kombinacijah kvantnih jam.

Laboratorij za MBE sodeluje z različnimi laboratoriji po Italiji in svetu. Predvsem navezujemo stike z raziskovalci, ki imajo dostop do različnih karakterizacijskih metod. Tako sodelujemo z laboratoriji v Bariju (rentgenska difrakcija, ramanska spektroskopija), Trentu (fotoluminiscenca), Bologni (presevna elektronska mikroskopija), Grenoblu (fotoluminiscenca), Minneapolisu, ZDA (presevna elektronska mikroskopija, transportne meritve). Pomembne meritve opravljamo v Iskri, Elektrooptiki v Ljubljani, pričeli smo tudi sodelovati z laboratoriji na Institutu Jožef Stefan.

### Novi knjigi DVT Slovenije:

**Evgen KANSKY: Rast vakuumskih tankih plasti**, 1990, 61 str.; cena 90,00 din  
(prodajajo jo tudi v Mladinski knjigi v Ljubljani - konzorcij)

**Zbornik prispevkov XI. jug. vakuumskega kongresa - JUVAK 24**, 1990, 600 str.; cena 250,00 din