



Tehnologije mikrosistema

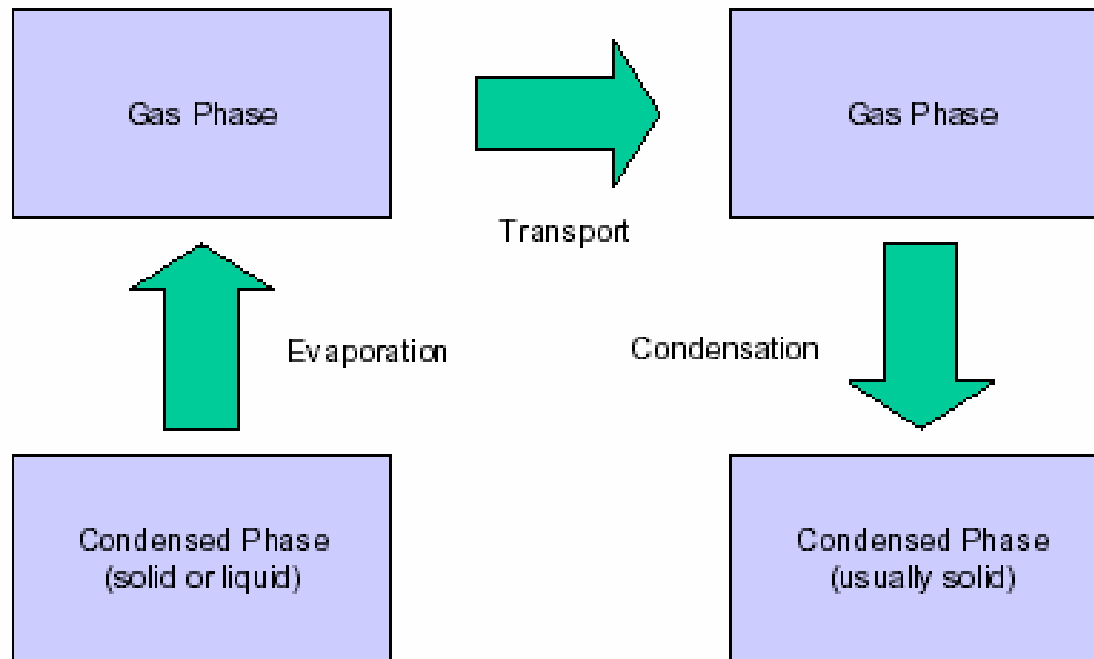
Prof. dr Biljana Pešić

Doc. Dr Vesna Paunović



PVD (Physical Vapor Deposition) procesi

- **Vrste PVD procesa:**
 - **Termičko naparavanje**
 - **Sputerovanje**





Termičko neparavanje

- Materijal za depoziciju prevodi se u gasovito stanje grejanjem
- Proces se izvodi u visokom vakuumu ($\sim 5 \times 10^{-7}$ tor) da bi se izbegla kontaminacija
- Prednosti:
 - Velika brzina depozicije ($0.5 \mu\text{m}/\text{min}$)
 - Atomi niskih energija ($\sim 0.1 \text{ eV}$) ne oštećuju površinu supstrata
 - Nije potrebno grejanje supstrata
- Nedostaci:
 - Loše prekrivanje stepenika
 - Varijacije debljine deponovanog materijala kod velikih supstrata
 - Oštećenja izazvana X-zracima



Termičko naparavanje

- Mehanizmi zagrevanja:
 - **Otporno zagrevanje** ladjice sa materijalom koji treba deponovati



- Najčešći materijali za grejače: W (3410°C), Ta (2996°C) i Mo (2670°C)
- Potencijalni problem: reakcija sa materijalom ladjice
- **Zagrevanje snopom elektrona**
 - Materijal za depoziciju se bombarduje elektronima
 - Generišu se X-zraci koji oštećuju substrat/komponentu
- **Induktivno zagrevanje** materijala za depoziciju
 - Usled gubitaka vihornih struja



Termičko napačavanje

- **Otporno zagrevanje:**
 - Najednostavniji i široko zastupljen metod
 - Koristi se za temperature do 1800°C
 - Supstrati se izlažu vidljivom i IR zračenju
 - Tipična brzina depozicije 0.1-2 nm/s
 - Materijali koji se mogu deponovati:
 - **Au, Ag, Al, Sn, Cr, Sb, Ge, In, Mg, Ga**
 - **CdS, PbS, CdS, NaCl, KCl, AgCl, MgF₂, CaF₂, PbCl₂**



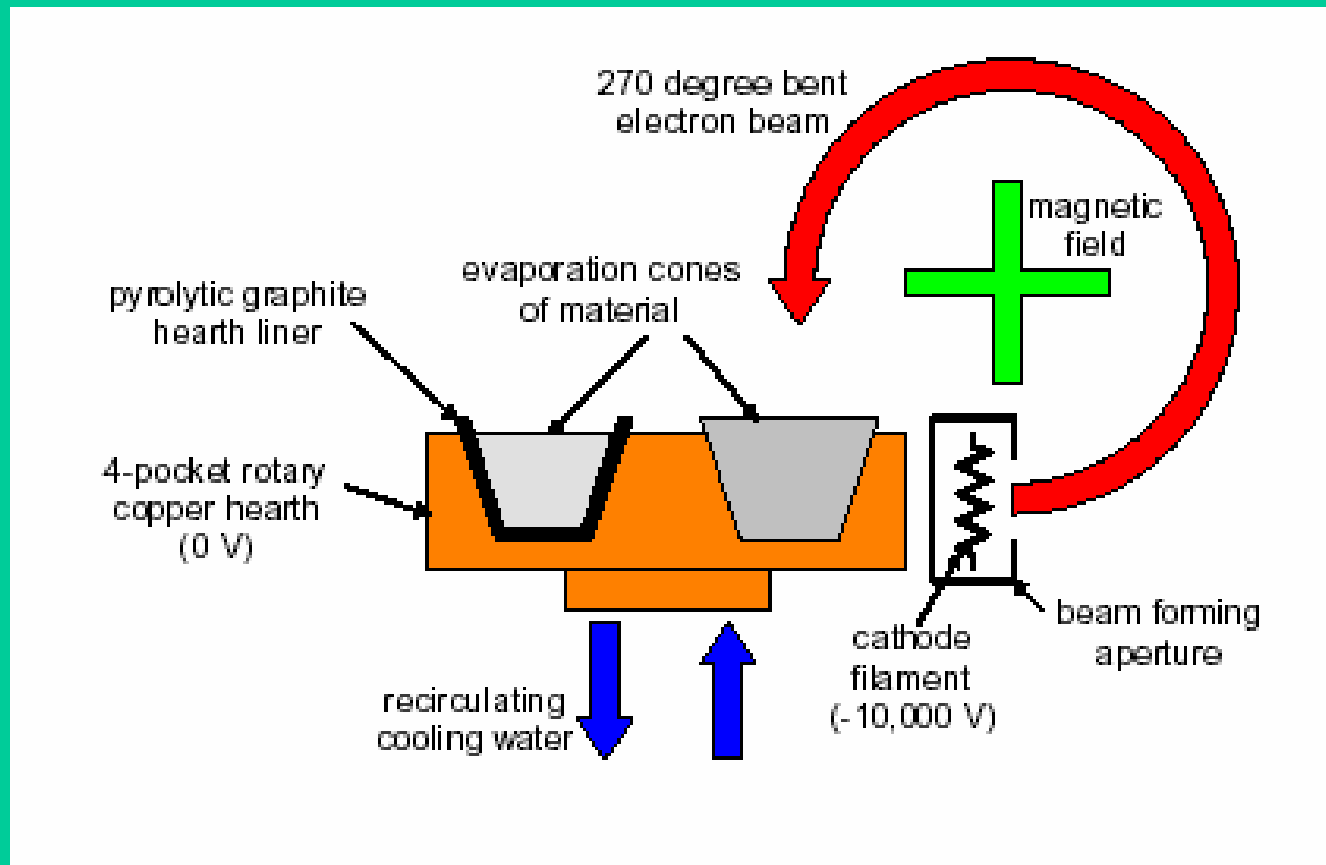
Termičko naparavanje

- Zagrevanje snopom elektrona:
 - Složeniji metod
 - Koristi se za temperature preko 3000°C
 - Tipični emisijski naponi 8-10 kV
 - Supstrati se izlažajo zračenju sekundarnih elektronov in X-zrakam
 - Tipična brzina depozicije 1-10 nm/s
 - Materijali, ki se lahko deponirajo:
 - Svi, ki se deponirajo s topnim zagrevanjem
 - Ni, Pt, Ir, Rh, Ti, V, Zr, W, Ta, Mo
 - Al₂O₃, SiO, SiO₂, SnO₂, TiO₂, ZrO₂



Termičko naparavanje

- Zagrevanje snopom elektrona:





Termičko naparavanje

- **Adsorpcija:**
 - **Adsorpcija** je proces pričvršćavanja čestica (atoma ili molekula) za supstrat
 - **Fizisorpcija:**
 - Molekul koji udara u substrat gubi kinetičku (toplotnu) energiju. Zbog manje energije molekul ne može da preskoči prag energije potreban za njegovo oslobađanje
 - **Hemisorpcija:**
 - Molekul koji udara u supstrat gubi kinetičku energiju tako što se odvija hemijska reakcija kojom se formira hemijska veza između molekula i drugih atoma supstrata



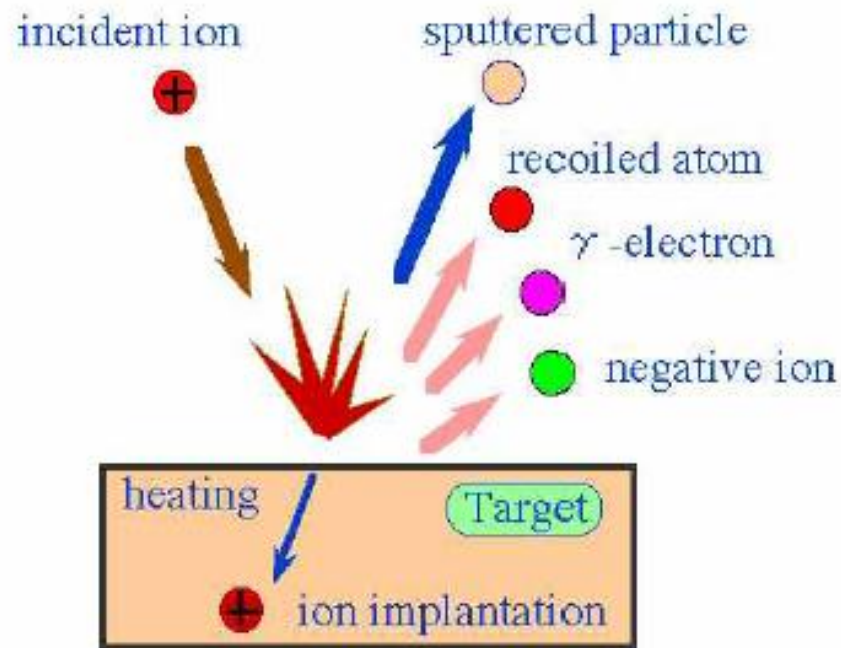
Spaterovanje

- Za dislokaciju atoma sa površine izvora materijala za deponovanje koriste se joni velikih energija
- Može se deponovati bilo koji materijal
- Proces se izvodi u niskom-srednjem vakuumu (~ 10 tor)
- Prednosti:
 - Uniformna debljina deponovanog filma po celoj površini supstrata čak i kada su oni veliki
 - Laka kontrola debljine filma merenjem vremena
 - Laka depozicija legura
 - Dobro prekrivanje stepenica
 - Bez oštećenja X-zracima



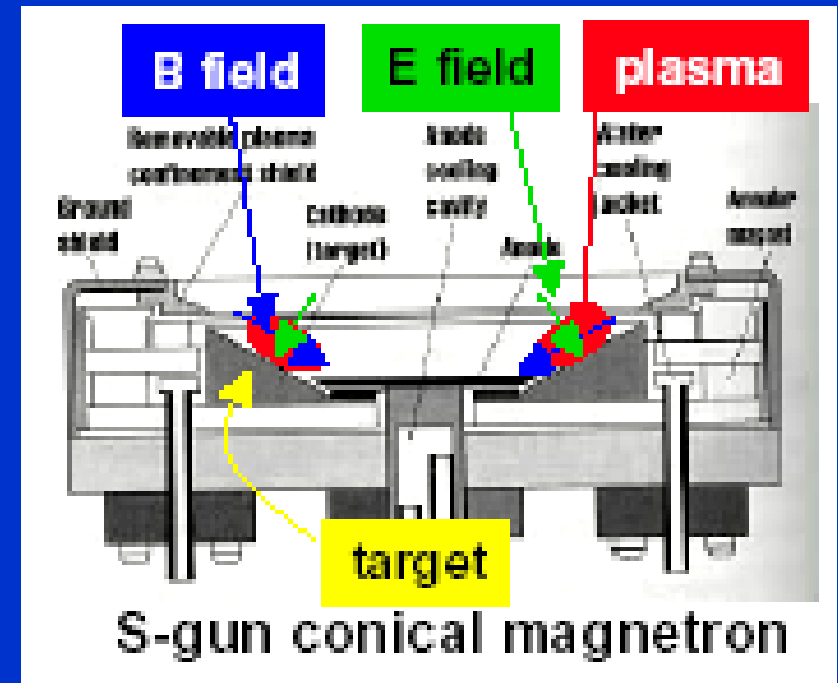
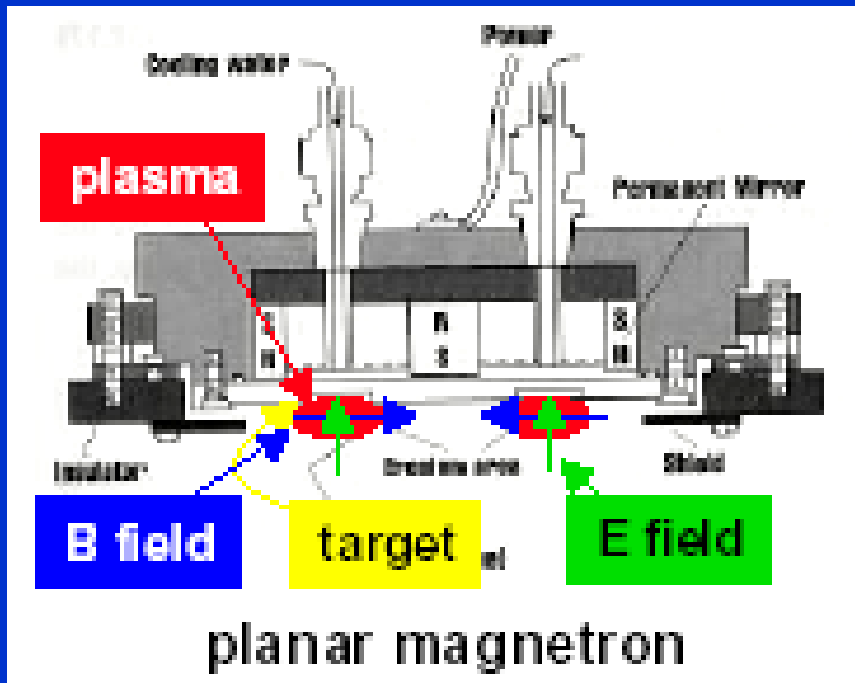
Spaterovanje

- Šta je spaterovanje?
 - Incidentne jone visokih energija generiše plazma
 - Magnetno polje se koristi za ograničavanje plazme, električno polje za ubrzanje čestica
 - DC plazma za metale
 - Rf plazma za dielektrike





Spaterovanje



- Nedostaci:

- Brzina depozicije nekih materijala je suviše mala
- Organski materijali degradiraju zbog bombardovanja jona
- Laka ugradnja nečistoća zbog niskog-srednjeg vakuuma