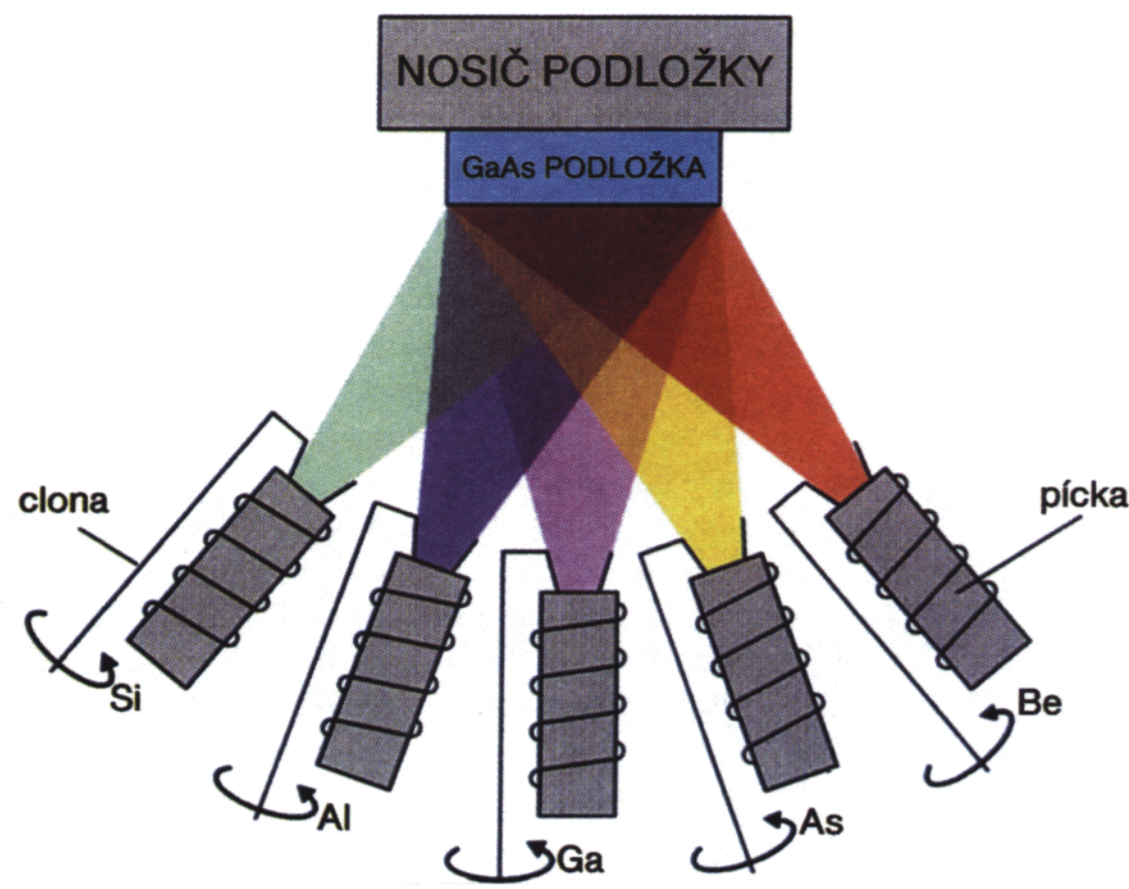


Molecular Beam Epitaxy

EPITAXE Z MOLEKULÁRNÍCH SVAZKŮ

Technologie přípravy vícesložkových polovodičových struktur

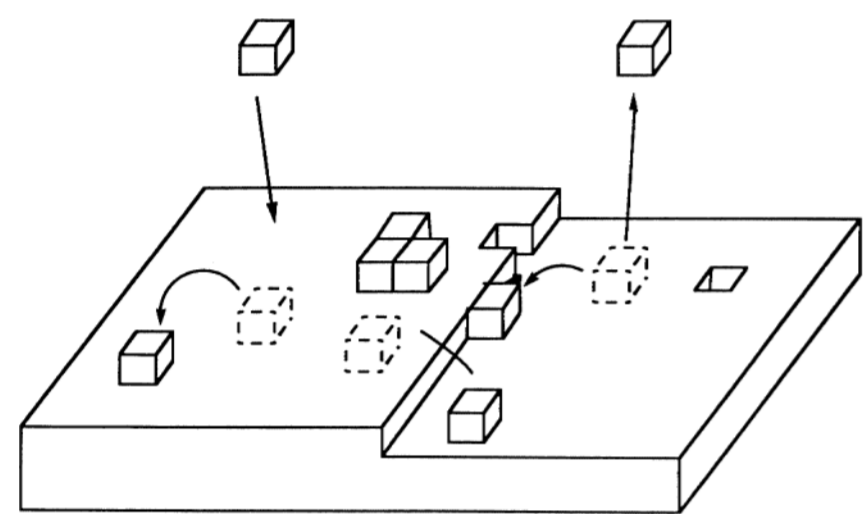


Schematické znázornění MBE procesu při růstu GaAs / AlGaAs

PRINCIP METODY MBE

Vhodné chemické prvky, např. Ga, As a Al jsou zahřívány ve vysokém vakuu v píčkách, nazývaných efuzní cely. Vypařené atomy či molekuly vystupují z cel ve směrových svazcích. Po dopadu na zahřátou monokrystalickou podložku spolu reagují a postupně vytvářejí na podložce další monokrystalickou vrstvičku. Další cely obsahují prvky dopantů (např. Si a Be), které ovlivňují typ připravovaného polovodiče (n-typ nebo p-typ). Molekulární svazky lze přerušovat clonami před ústím jednotlivých cel a tím určovat typ či složení vznikající vrstvičky.

Proces růstu je realizován v komoře ultravysokého vakua (10^{-10} – 10^{-11} mbar), která je vybavena efuzními celami, manipulátorem připravované struktury s topením (až 700°C), elektronovým dělem a stínítkem pro RHEED. Jednotlivé efuzní cely, jakož i stěny komory, jsou za provozu chlazeny panely naplněnými kapalným dusíkem (cca -200°C).



Mechanismus růstu vrstev.

SLEDOVÁNÍ RŮSTU

Pomalá rychlost růstu, kolem $1\ \mu\text{m}$ za hodinu a využití metody RHEED (difrakce rychlých elektronů na odraz) umožňují řídit růst vrstviček s přesností na jednu atomární monovrstvu předem vybraného složení. Metoda RHEED je citlivá ke stavu povrchu a podává informace o monokrystalicitě, orientaci a hladkosti nejsvrchnější povrchové vrstvičky během jejího růstu. Tyto informace jsou nezbytné pro optimální nastavení podmínek růstu. Průběžně lze sledovat i dynamiku tvorby vrstev měřením časových změn intenzity vybraných odražených elektronových paprsků (určitých bodů na difraktogramu). Ta se s časem periodicky mění a záznam vykazuje tlumené oscilace. Jedna perioda, obvykle odpovídající časovému intervalu 1 s, odpovídá vytvoření právě jedné atomární monovrstvy. Z velikosti periodických změn intenzity lze určovat kvalitu vytvářené vrstvičky.

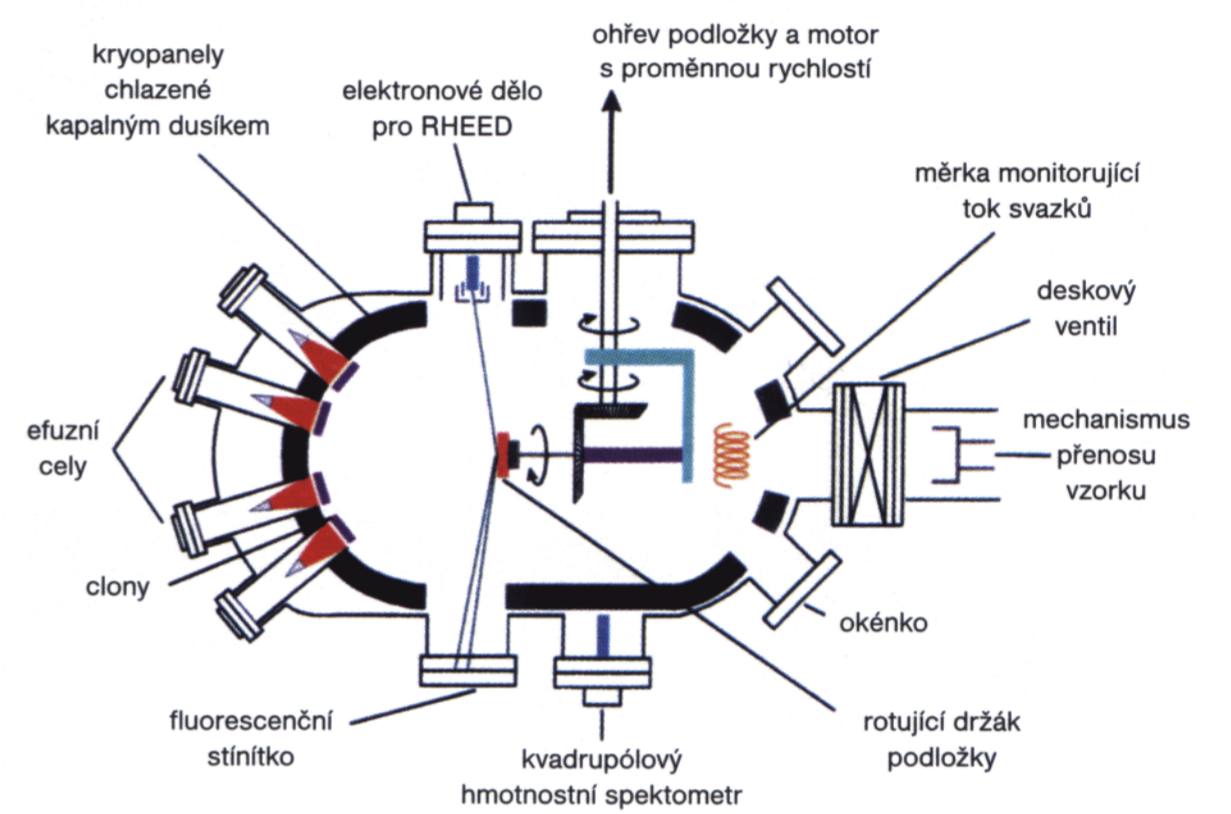
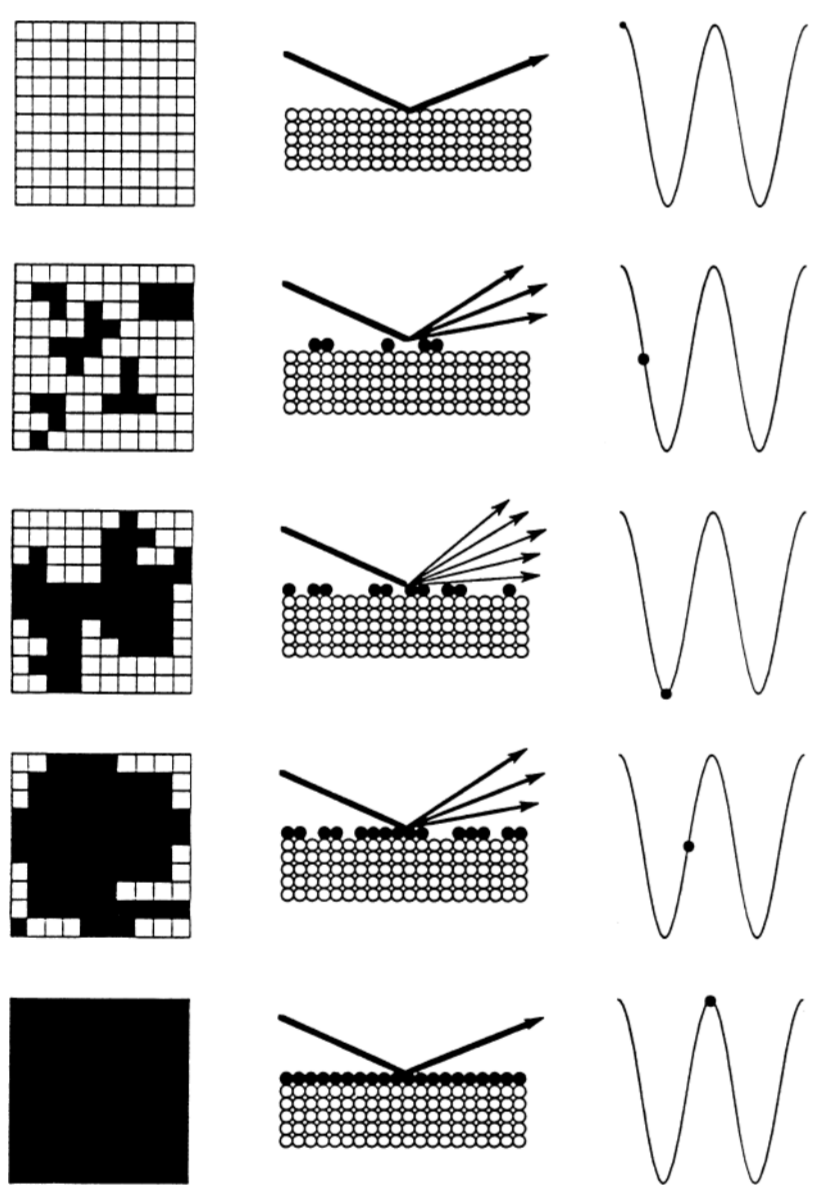
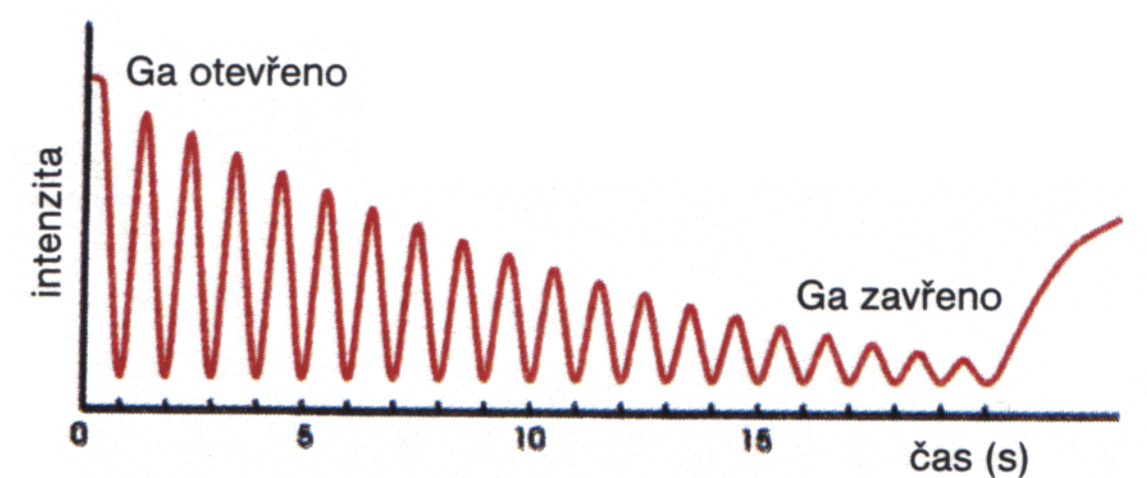
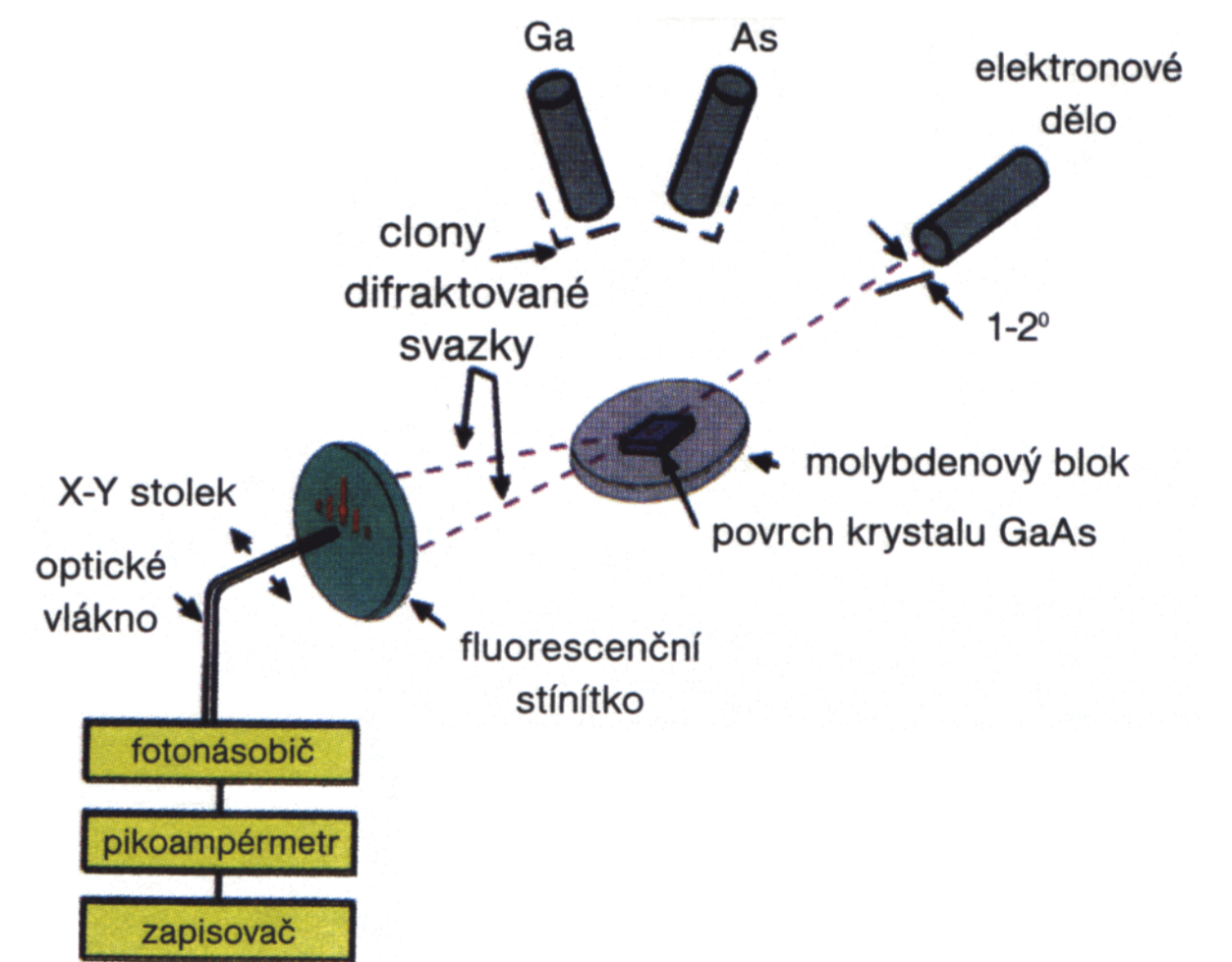


Schéma typické růstové komory MBE.



Princip metody RHEED.



POLOVODIČOVÉ HETEROSTRUKTURY

s dokonalým rozhraním mezi dvěma polovodiči

např. $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ – GaAs

- dvourozměrný elektronový plyn na rozhraní
 - kvantový Hallův jev
 - etalon elektrického odporu
- polem řízené tranzistory: HEMT, MESFET atd.

APLIKACE

KVANTOVÉ JÁMY

např. $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ – GaAs – $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ (několik atomárních vrstev)

- základní struktura pro přípravu kvantových drátů a teček
 - nanoelektronika
- fotodetektory infračerveného záření
- lasery

SUPERMŘÍŽKY

periodicky se opakující sled dvou či více vrstev s rozdílným složením inženýrství zakázaného pásu

- detektory záření — nipi supermřížka
- pevnolátkové fotonásobiče
- lasery