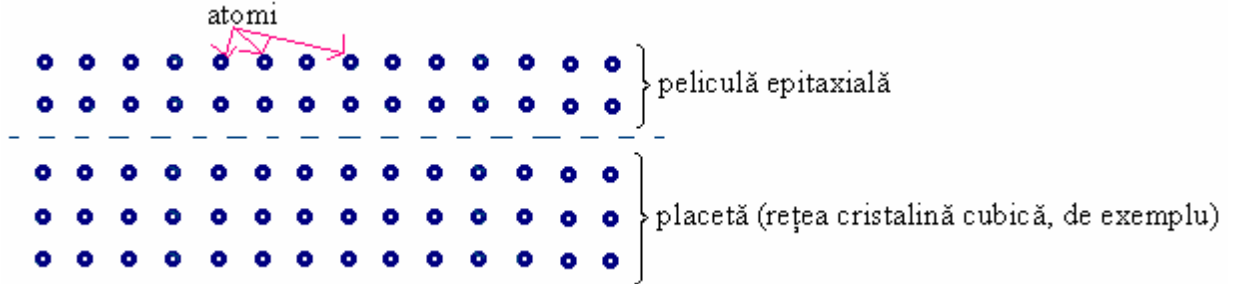


Creșterea peliculelor epitaxiale

Noțiuni generale despre epitaxie. Clasificarea proceselor epitaxiale

Epitaxie – din gracă “epi” = pe; “taxis” = a așeza.

Epitaxia este procesul de creștere a peliculei monocristaline pe suprafața plachetei monocristaline în așa mod ca rețeaua cristalină a peliculei să fie o prelungire a rețelei cristaline a plachetei.



Aceste pelicule epitaxiale se folosesc în toată tehnologia microelectronicii (CI, tiristor, laser, fotoreceptor).

Tipuri de epitaxii

Autoepitaxie – componența chimică a plachetei și a peliculei crescute nu se deosebește.

Pelicula	Si	GaAs	p	n	n ⁺	p
Placheta	Si	GaAs	n	p	n	p ⁺

Deosebirile pot fi numai în tipul de impuritate.

Heteroepitaxie - componența chimică a plachetei și a peliculei crescute este diferită.

Pelicula	GaAs	Al _x Ga _{1-x} As	In _x Ga _{1-x} P
Placheta	Ge	GaAs	InP



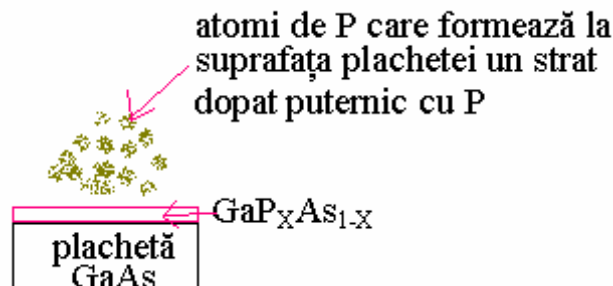
$\left. \begin{array}{l} \text{CdTe} \\ \text{ZnTe} \end{array} \right\} \text{ de tip p}$ pt. a forma o heteroepitaxie putem lua CdTe care este de tip p și ZnSe care este de tip n

$\left. \begin{array}{l} \text{ZnSe} \end{array} \right\} \text{ de tip n}$

Condiții: - nu putem însă crește orice material pe orice plachetă pt. că între plachetă și peliculă se pot forma o serie de defecte, dacă acestea două nu corespund;
 - temperatura plachetei și peliculei trebuie să fie aproximativ egale.

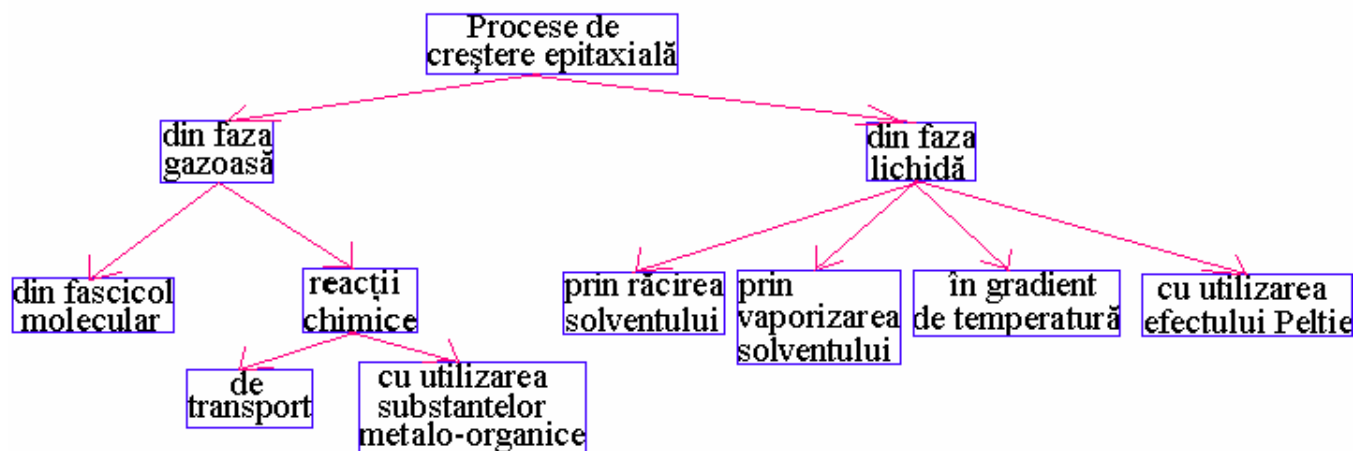
Hemioepitaxie – pelicula epitaxială se formează datorită reacției chimice dintre materialul plachetei și substanța din faza gazoasă.

Exemplu:



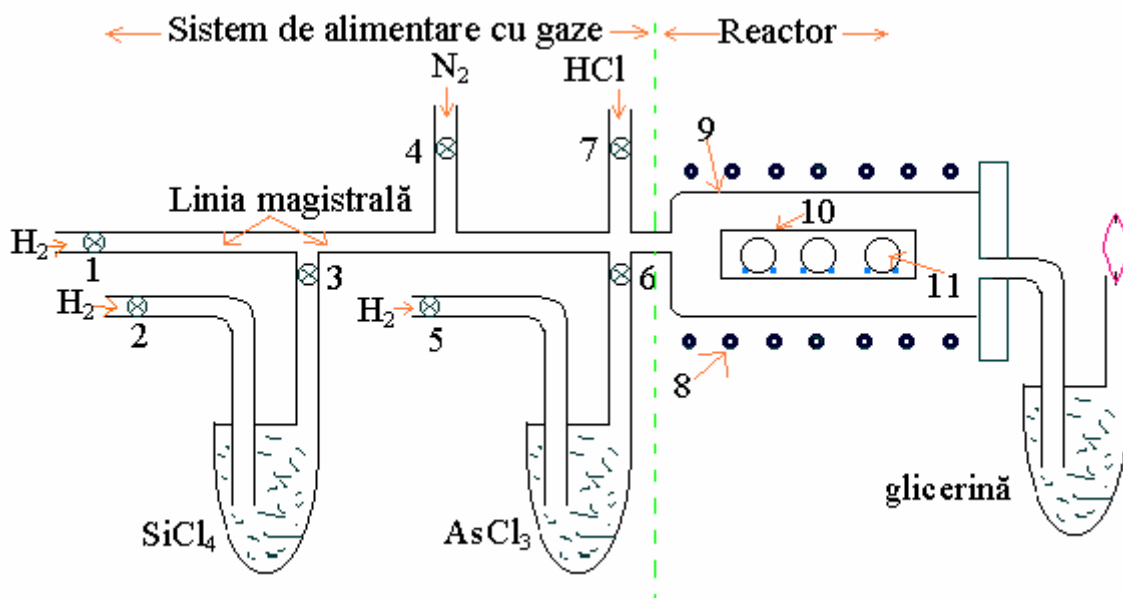
Procesele de creștere epitaxială

Toate procesele pot fi împărțite în două grupe mari:



Creșterea stratului epitaxial de Si din faza gazoasă

a) *Construcția instalației de creștere epitaxială:*



Instalația conține trei părți: - reactorul;
 - sistemul de alimentare cu gaze;
 - sistemul de alimentare cu energie electrică și control

(nu este desenat).

Pe linia magistrală merg toate celelalte componente (HCl, N₂, etc) în reactor.

Reactorul poate fi realizat din sticlă de quartz cu o puritate înaltă. Reactorul se încălzește cu ajutorul generatorului de frecvențe înalte.

8 – reprezintă inductorul care este realizat dintr-un tub de aramă, care conduce bine căldura și care se răcește cu apă curgătoare.

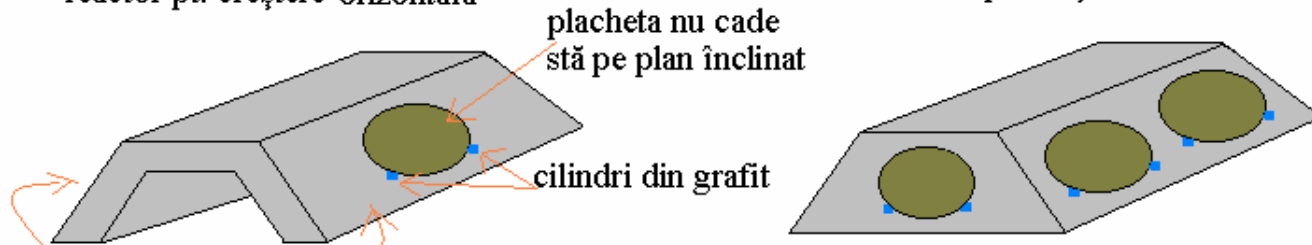
Pt. ca temperatura să fie stabilă, reactorul trebuie încălzit apoi răcit rapid.

11 – reprezintă plachetele de Si pe care se cresc peliculele epitaxiale.

10 – reprezintă pedestralul format din grafit de o puritate înaltă. Acest pedestral poate fi:

reactor pt. creștere orizontală

reactor pt. creștere verticală



se pun plachete pe ambele părți

se pot introduce până la 100 de plachete cu diametrul de 150mm

Pedestralul se rotește și grosimea peliculei crescute va fi omogenă pe toate plachetele.

Grafitul este o substanță care conduce curentul electric, rezistența este mică, și rezistă bine la temperaturi destul de înalte.

Sticla de quartz nu absoarbe curentul electric, ci îl absoarbe grafitul și condus mai departe. La frecvențe înalte (frecvența industrială = 13.56MHz) grafitul se încălzește puternic cedând căldura plachetelor.

Sistemul de gaze: gazele pe care le folosim sunt în principiu niște substanțe lichide, foarte agresive.

Robinetele de la 1 la 7 se reglează pt. trecerea gazelor. Aceste robinete sunt realizate din teflon stabil din punct de vedere chimic, nu reacționează cu gazele. Se mai pot realiza și din oțel-inox, dar nu este chiar atât de dur ca teflonul.

Mai există și sistemul de traductoare pt. măsurarea temperaturii în interiorul reactorului.

b) *Fișa tehnologică a procesului de creștere epitaxială*

1. așezarea plachetelor de Si pe piedestal și erimetizarea reactorului; toate robinetele sunt închise, ca urmare în reactor este aer.

2. se deschide robinetul 4 și înăuntrul reactorului se dă drumul la N₂ pt. a dezlocui aerul care este în reactor (timpul cât se ține deschis robinetul este în jur de 15-20min în funcție de viteza N₂).

N₂ va ieși apoi din reactor prin ultimul vas.

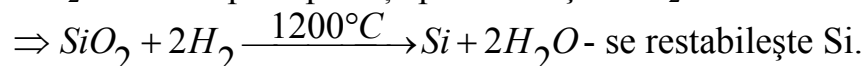
3. se închide robinetul 4 și se deschide robinetul 1 și pe linia magistrală se dă drumul la H₂ (bine purificat). Nu se dă drumul din prima pt. că face cu aerul un amestec exploziv.

H₂ purificat trece prin reactor pt. a dezlocui N₂ și apoi H₂ formează un gaz care restabilește suprafața plachetei de oxizi.

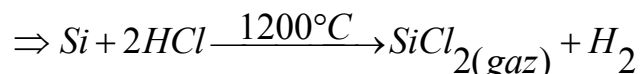
Din culoarea flăcării se determină dacă H₂ a dezlocuit tot N₂ (culoarea trebuie să fie albăstrui și nu roșatică, ca în cazul unui amestec).

4. dacă în interiorul reactorului curge numai H₂, atunci putem conecta inductorul la generator și încălzim reactorul până la T = 1200°C.

SiO₂ care este pe suprafața plachetei și cu H₂ din reactor la 1200°C ⇒



5. după prelucrarea mecanică a plachetelor, pe suprafața acestora mai există defecte. Acest strat de defecte trebuie înlăturat. Placheta se încălzește până la 1200°C și se deschide robinetul 7 ⇒

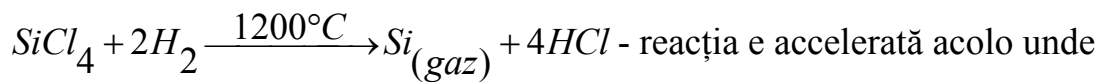


Dacă de exemplu grosimea stratului defectat este de 3μm, calculăm viteza și determinăm timpul cât trebuie să ținem deschis robinetul 7.

6. închidem robinetul 7 și deschidem robinetele 2, 3, 5, 6.

H₂ de la robinetul 2 transportă molecula de SiCl₄ pe linia magistrală. Dacă încălzim SiCl₄ la un flux constant, atunci cantitatea de substanță introdusă pe linia magistrală este mai mare.

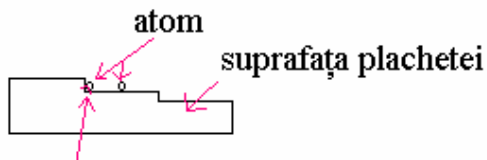
Cantitatea de substanță introdusă în reactor depinde de temperatură.



temperatura e mai mare (pe pedestral) = deasupra plachetelor.

În interiorul reactorului cele două substanțe reacționează ($SiCl_4$, H_2) și formează atomi de Si în stare gazoasă.

Repartiția straturilor din plachetă:

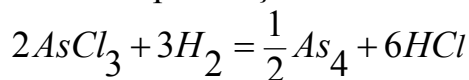


atomul de Si aiunge pe suprafața plachetei unde se integrează în structura cristalină – creștere tangențială

2 legături cu materialul și poate rămâne aici după ce s-a plimbat pe suprafața plachetei

$AsCl_4$ este utilizat pt. doparea peliculei epitaxiale. În loc de $AsCl_4$ se mai poate utiliza PCl_3 , BBr_3 .

Deci $AsCl_3$ se utilizează pt. a introduce atomi de As în interiorul peliculei epitaxiale în timpul creșterii.



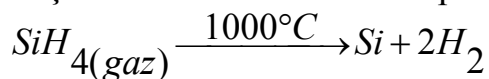
Doparea aceasta cu $AsCl_3$ are cele mai înalte priorități, deoarece atomii de As în faza gazoasă își ocupă locul cel mai bun în rețeaua cristalină fără să deranjeze alți atomi. În același timp asigură și o dopare cu cele mai puține defecte.

Pt. adopa cu P utilizăm PCl_3 , iar pt. a dopa cu B utilizăm BBr_3 .

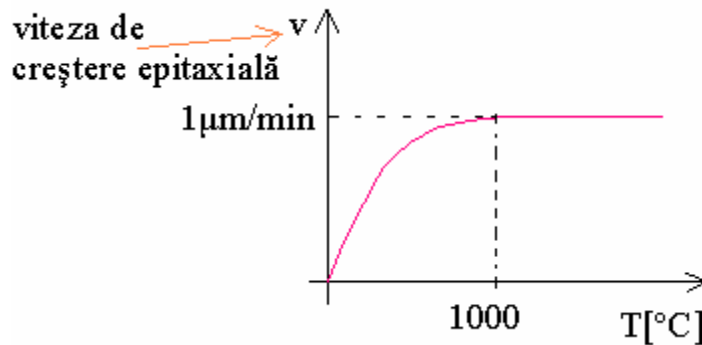
Știind viteza de creștere a peliculei de Si (la $T=1200^\circ C$ viteza de creștere este: $v=1\mu m/min$), calculăm timpul cât trebuie ținute deschise robinetele, apoi închidem robinetele 2, 3, 5, 6.

7. apoi răcim reactorul, închidem robinetele cu H_2 și deschidem robinetul 4 pt. a dezlocui H_2 cu N_2 . Se închide robinetul 4, se deschide reactorul și se scot plachetele cu peliculă epitaxială crescută.

Altă metodă de creștere epitaxială: în loc de $SiCl_4$ se utilizează SiH_4 (este foarte exploziv și din această cauză nu se prea utilizează).



La $1000^\circ C$ toată această substanță se descompune. Coeficientul de difuzie dintr-o peliculă este mai mic față de cealaltă metodă (pt. că este mai mică).

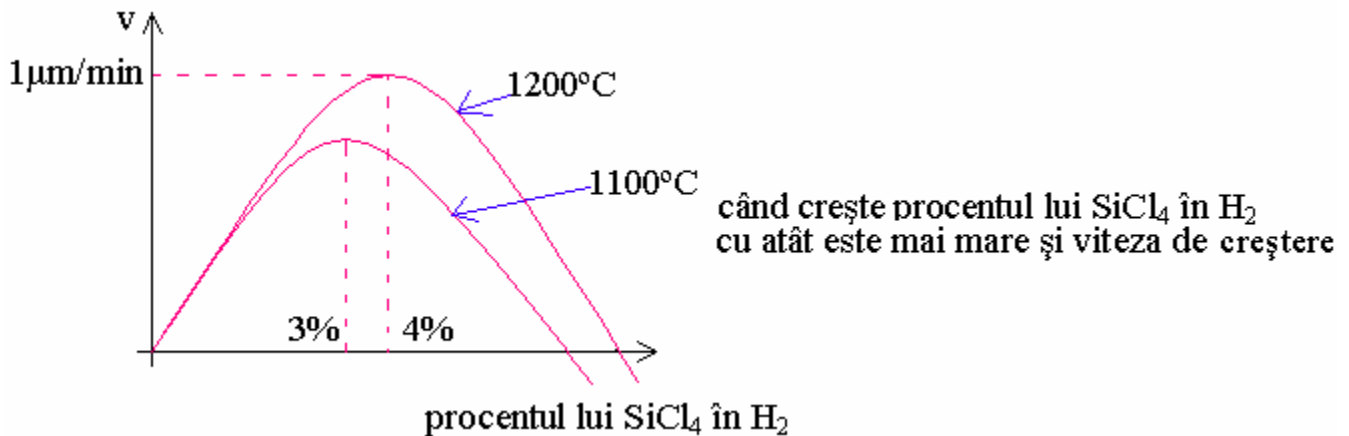


c) *Influența diferitor factori la procesul de creștere a peliculei de Si cu utilizarea substanței SiCl_4*

- 1) influența cantității de SiCl_4 ;
- 2) influența temperaturii;
- 3) orientarea plachetei;
- 4) influența câmpurilor electrice;
- 5) influența razelor ultraviolete.

1) Influența cantității de SiCl_4 în interiorul reactorului

Pt. reacția $\text{SiCl}_4 + \text{H}_2$ avem graficul:

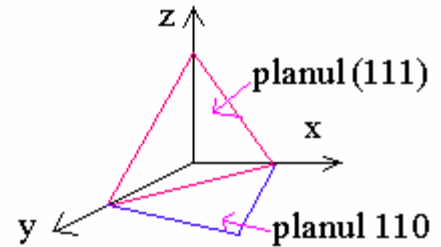
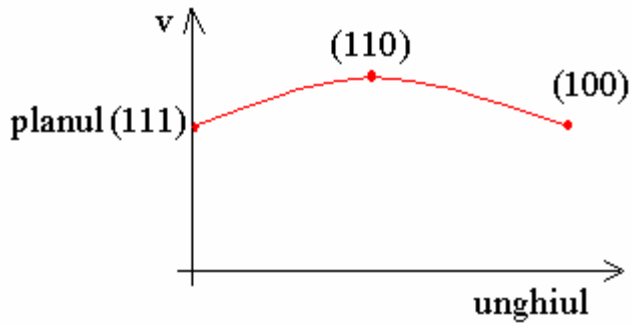


Viteza de creștere ajunge la maxim, apoi ajunge la zero, apoi poate ajunge negativă (înseamnă că începe să se corodeze, să se distrugă).

HCl poate să distrugă suprafața plachetei, și astfel se explică viteza de creștere negativă.

3) Orientația plachetei

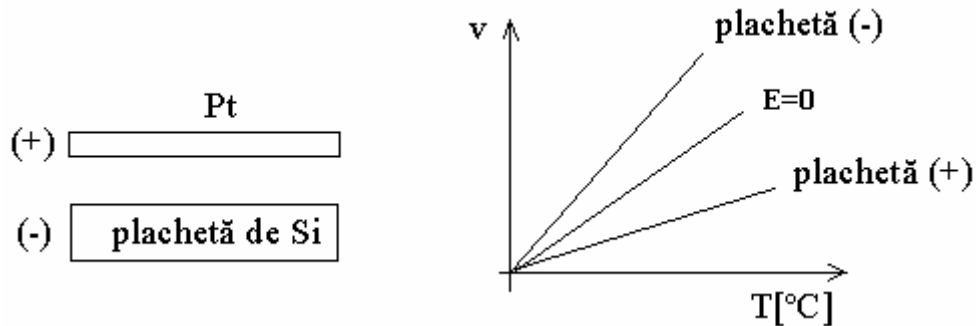
Dependența vitezei de creștere față de diferite planuri de orientare a plachetei:



Pe planul 110 viteza va fi mai mare decât pe alte planuri.

4) Influenta câmpurilor electrice

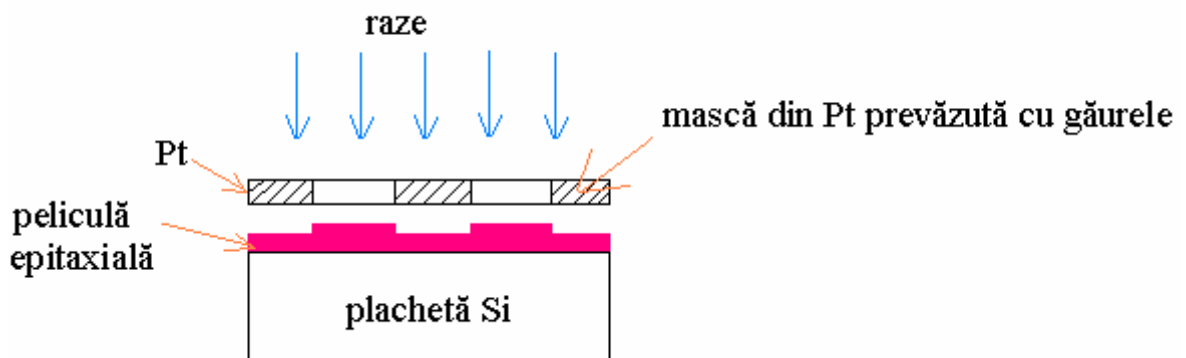
Platina, de exemplu, nu reacționează cu substanțe din reactor. La plachetă este potențial negativ pt. că la platină am pus potențial pozitiv:



În aceleași condiții de creștere dacă la Pt avem potențial negativ iar la plachetă pozitiv, viteza de creștere este mult mai mică, pe când în cazul desenat avem o viteză de creștere mult mai mare pt. potențial negativ aplicat la plachetă.

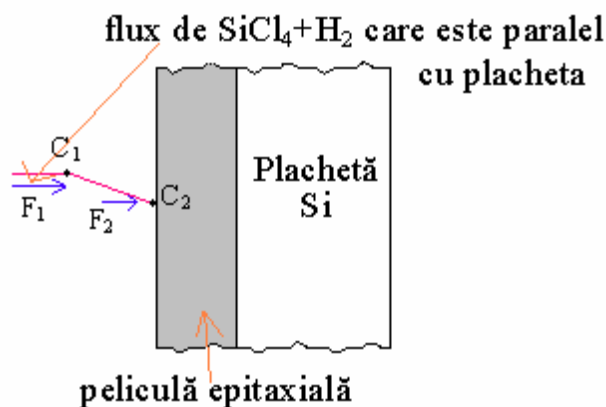
5) Influenta iradierii cu raze ultraviolete

Razele ultraviolete cresc viteza reacției.



Unde este iradiată placheta, viteza de creștere este de trei ori mai mare decât unde nu este iradiată.

Cinetica creșterii epitaxiale a peliculelor din Si



Fie o plachetă de Si și paralel cu aceasta curge un flux de $\text{SiCl}_4 + \text{H}_2$. La o oarecare distanță de suprafața plachetei fluxul are concentrația C_1 și mai departe nu se schimbă (C_1 se numește concentrația lui SiCl_4 în H_2 la o depărtare destul de mare de suprafața plachetei unde această concentrație este mai departe constantă (în partea stângă)).

Dacă în apropierea plachetei fluxul crește \Rightarrow concentrația de SiCl_4 scade $\Rightarrow C_2$ – concentrația de SiCl_4 în H_2 pe suprafața plachetei.

Dacă avem o diferență de transport \Rightarrow că avem un transport de masă.

$$F_1 = h(C_1 - C_2)$$

$$F_2 = K \cdot C_2 \quad h - \text{constanta vitezei transportului de masă; } K - \text{ct. vitezei reacției}$$

chimice.

Molecula de SiCl_4 de la suprafața plachetei intră în reacție chimică și formează fluxul F_2 .

La un moment dat aceste fluxuri sunt egale între ele.

$$F_1 = F_2 = F \Rightarrow h(C_1 - C_2) = K \cdot C_2 \Rightarrow h \cdot C_1 = C_2(K + h) \Rightarrow C_2 = \frac{h}{K + h} C_1$$

C_1 se exprimă ca concentrația totală a lui SiCl_4 :

$$C_1 = C_{tot} \cdot y \quad - C_{tot} - \text{concentrația maximă a lui } \text{SiCl}_4 \text{ care este în reactor;}$$

- y – partea molară care intră în reactor.

$$\Rightarrow F = \frac{K \cdot h}{K + h} (C_{tot} \cdot y); \quad \text{viteza de creștere} - v = \frac{F}{N_0}, \quad \text{unde } F - \text{fluxul, } N_0 -$$

concentrația atomilor într-un cm^3 de Si.

$$\Rightarrow v = \frac{K \cdot h}{K + h} \frac{C_{tot}}{N_0} y \quad - \text{unde variabil este doar } y, \text{ restul sunt constante.}$$

Deci, viteza de creștere este direct proporțională cu concentrația molară.

Teoretic – viteza este liniară cu concentrația de SiCl_4 .

Această teorie corespunde practicii, dar numai pt. concentrații mici, deoarece în teorie nu sunt introduse toate condițiile. Aici nu s-a calculat, nu s-a luat în vedere fluxul de HCl care este îndreptat de la suprafața plachetei în interiorul reactorului.

Practic – viteza poate să scadă, la concentrații mari, chiar să devină negativă.

Creșterea straturilor epitaxiale a compușilor A^{III}B^V din faza gazoasă

Compușii A^{III}B^V sunt niște semiconductori (din tabelul lui Mendeleev).

Cel mai utilizat compus este GaAs (InP, GaP, AlP).

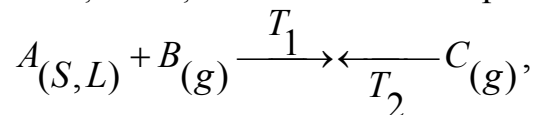
Această metodă stă la baza tehnologiei laserelor, CI optoelectronice.

Folosind aceste materiale semiconductoare putem mări frecvența de lucru a dispozitivelor.

Creșterea epitaxială a compușilor A^{III}B^V are loc din faza gazoasă, cu utilizarea reacțiilor de transport, și din faza lichidă.

Metoda creșterii epitaxiale ale compușilor A^{III}B^V din faza gazoasă cu utilizarea reacțiilor de transport

Esența reacției chimice de transport a fost formulată de Șefer:



A – substanță care trebuie transportată (solidă sau lichidă) pt. a crește pelicula epitaxială;

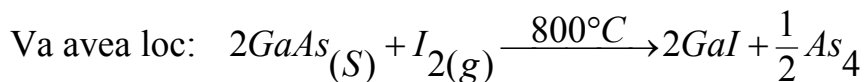
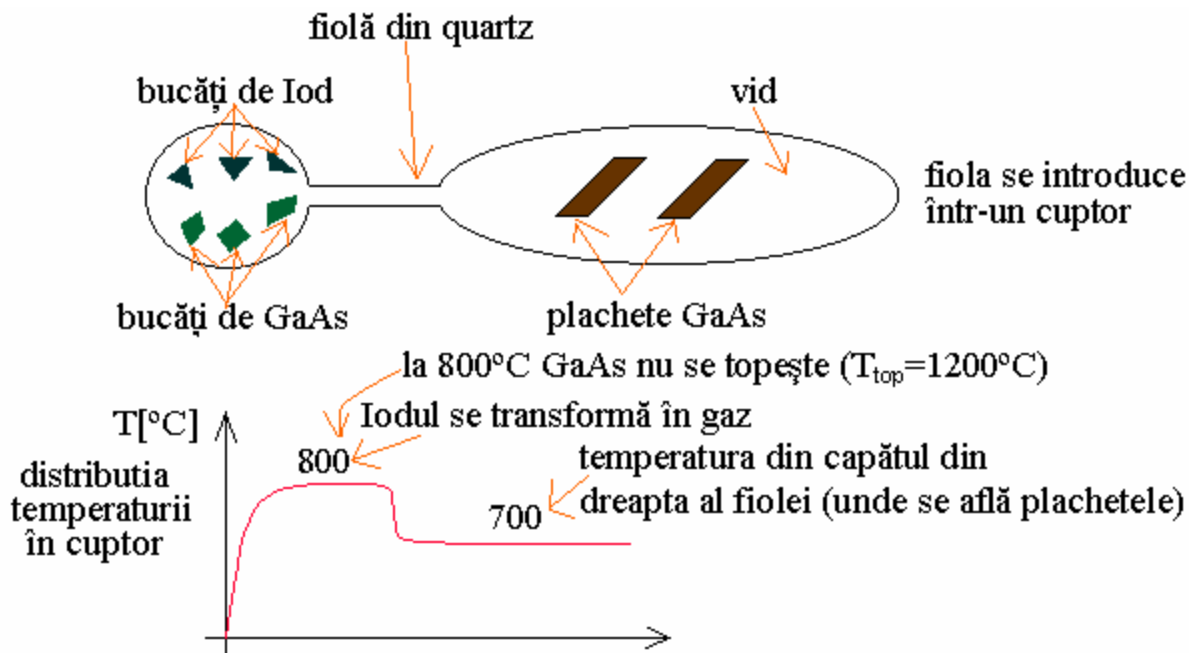
B – este un gaz care se numește transportor;

C – este un gaz care reprezintă produsul reacției chimice dintre substanța A și B.

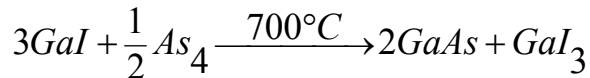
Această reacție este reversibilă.

Această creștere epitaxială are loc în două metode: a) metoda închisă
b) metoda deschisă.

a) **Metoda închisă** (nu prea se utilizează)



Dacă acest gaz ($C = 2GaI + 1/2As_4$) se formează în partea stângă a fiolei, trece mai departe și umple tot volumul fiolei. Dar trecerea se face la o temperatură mai joasă (700°C) și \Rightarrow



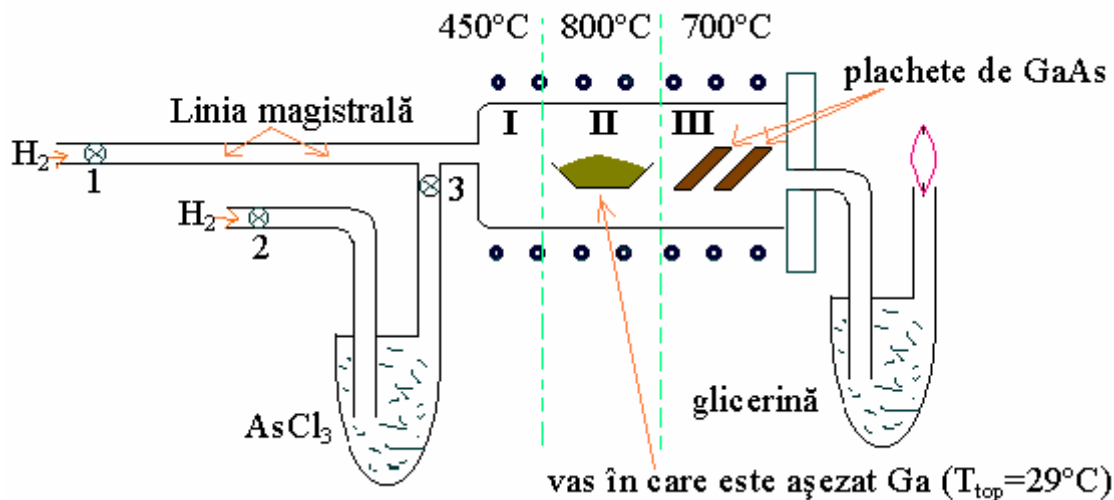
- la 800°C valența I este 1 iar la 700°C este 3; GaAs se depune pe plachete; GaI₃ rămâne în faza gazoasă.

Această reacție de transport se termină când substanța este transportată în altă parte. Putem stopa reacția micșorând temperatura.

Pt. a scoate plachetele însă trebuie să tăiem fiole și din această cauză această metodă poate fi utilizată doar în laborator. Metoda nu oferă productivitate.

b) *Metoda deschisă*

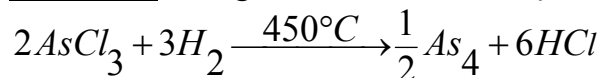
Studiem cum se cresc peliculele epitaxiale de GaAs pe plachete de GaAs:



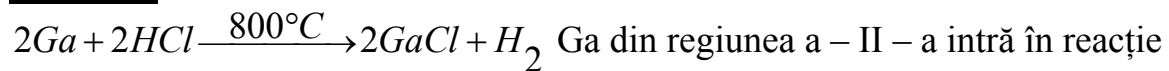
Pe linia magistrală se dă drumul la H_2 și în continuare noi vom încălzi reactorul până la temperaturile: $450^\circ C$, $800^\circ C$, $700^\circ C$.

Robinetele 1, 2, 3 deschise, $AsCl_3$ ajunge în regiunea I împreună cu H_2 , acesta din urmă restabilind suprafața plachetei de oxizi.

La $450^\circ C$ în regiunea I are loc reacția:

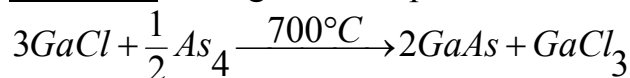


La $800^\circ C$ are loc:

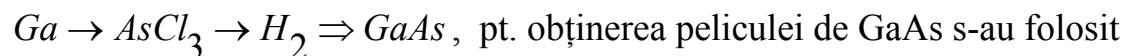


chimică cu vaporii din gazul de la prima reacție ($\frac{1}{2}As_4 + 6HCl$).

La $700^\circ C$ toate gazele din primele două regiuni merg în a – III – a :

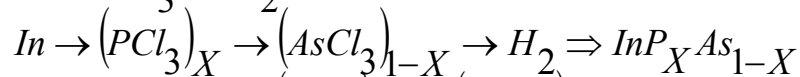
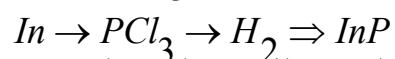
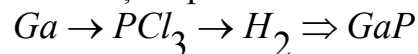


Această metodă este folosită în sistemul: **universalitatea pistonului**, care se prezintă astfel:

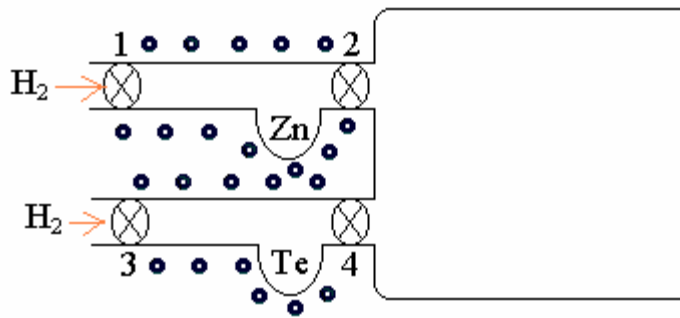


substanțele: Ga, $AsCl_3$ și H_2 .

Pt. a obține peliculă de GaP (cu aceeași instalație):



Cum facem doparea?



Acest sistem este universal.

Zn și Te sunt substanțe care se vaporizează direct din starea solidă (prin sublimare).

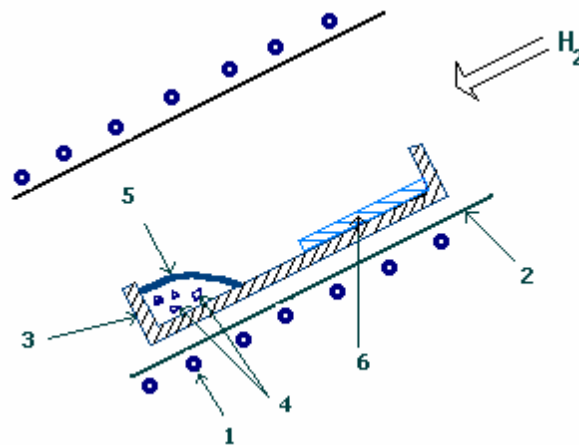
Vrem să dopăm pelicula de GaAs cu Zn (grupa a – II – a) \Rightarrow se va crește peliculă dopată de tip p (robinetele 1 și 2 deschise).

Pt. a dopa pelicula cu Te (grupa - VI – a) deschidem robinetele 3 și 4 și se va forma o peliculă dopată de tip n .

Metoda creșterii epitaxiale ale compușilor $A^{III}B^V$ din faza lichidă

Această metodă a fost propusă pentru prima dată de savantul american Nelson în 1963. Această metodă este cea mai ieftină, nu folosește substanțe otrăvitoare și dă posibilitatea de a crește stratul sau pelicula cu o rețea cristalină desăvârșită , iar peliculele pot fi dopate în timpul creșterii destul de ușor.

Ce a propus Nelson:



1 – încălzitor; 2 – reactor din quartz; 3 – casetă din grafit; 4 – GaAs; 5 – Ga;
6 – plachță GaAs.

În partea stângă este pus Ga care îndeplinește funcția de solvent și niște bucățele din GaAs care reprezintă substanța care se dizolvă. În partea dreaptă este așezată placheta pe care vor crește peliculele epitaxiale.

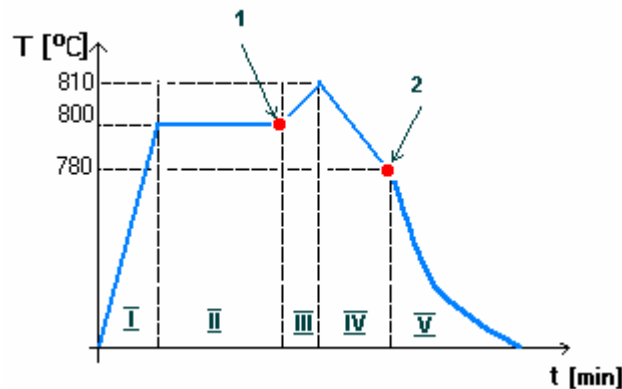
$$T_{top}Ga = 29^{\circ}C$$

$$T_{top}GaAs = 1242^{\circ}C$$

Pentru ca Ga topit să nu stea pe plachetă, stă înclinat într-un singur loc.

Nelson:

H₂ se introduce în sistem și se încălzește reactorul după următorul grafic:



1 – punct de umezire a plachetei cu soluție (topitură); 2 – punerea reactorului în poziția inițială.

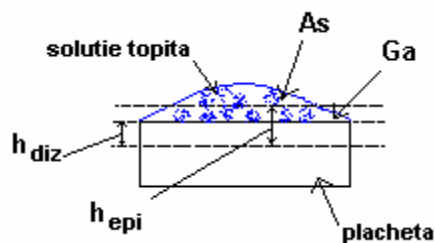
Până la 800 °C GaAs nu este topit, însă Ga era topit deja. GaAs în contact cu Ga se începe a se dizolva în Ga.

Deci când încălzim la 800 °C rezultă prima regiune numită:

I – regiune de ieșire a sistemului la temperatura necesară de lucru;

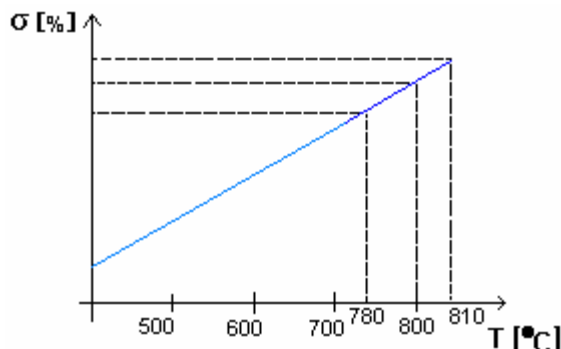
II – regiune de omogenizare ; datorită difuziei, As topit în Ga se va răspândi uniform;

În punctul de umezire reactorul s-a înclinat în partea dreaptă(orizontal) ca urmare substanța topită din partea stângă a ajuns pe plachetă.



- stratul h_{epi} se înlătură la temperatura de 810 °C și ca urmare se netezește suprafața plachetei.

Dacă în acest moment (soluția fiind în stare de saturație la $t^{\circ} = 800^{\circ}\text{C}$) ridicăm temperatura la 810°C , se mărește solubilitatea (solubilitatea depinde de temperatură).



$$\sigma = \frac{mAs}{mGa + mAs} ; \sigma - \text{solubilitatea.}$$

Cu cât este mai mare temperatura cu atât este mai mare solubilitatea As în Ga.

Dacă în punctul de umezire soluția era în stare de saturație, la creșterea temperaturii sistemul iese din starea de saturație și ea ne dizolvă o oarecare grosime din plachetă.

$$h_{diz} = K \frac{mGa}{S_{plach}} \{ \sigma (810^{\circ}\text{C}) - \sigma (800^{\circ}\text{C}) \} ; \quad K - \text{constantă,}$$

S_{plach} – suprafața plachetei

III – regiune cu ridicarea temperaturii în scopul înlăturării stratului defectat de pe suprafața plachetei prin dizolvarea acestui strat.

După 810°C sistemul începe să se răcească, sistemul trece în starea de suprasaturație la răcire și trece în faza de cristalizare. Răcind sistemul o parte din atomii de As nu sunt utili, trebuie să avem o masă mai mica de As. Atomii care sunt în apropierea plachetei se vor așeza pe plachetă (lângă un atom de As se așează un atom de Ga – astfel se formează pelicula).

IV – regiunea de creștere a peliculei epitaxiale prin răcirea sistemului ; în punctul 2 s-a pus reactorul din nou în poziția inițială și soluția topită s-a scurs de pe suprafața peliculei crescute și procesul de creștere s-a încheiat.

V – răcirea reactorului deconectat de la energia electrică.

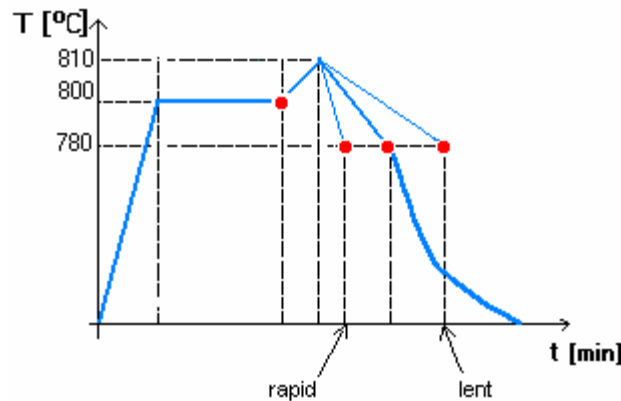
Grosimea peliculei epitaxiale este aproximativ egală cu cu aceleași valori ca la

h_{diz} :

$$h_{\text{epi}} = K \frac{mGa}{Splach} \{ \sigma (810 \text{ }^{\circ}\text{C}) - \sigma (780 \text{ }^{\circ}\text{C}) \}$$

Putem dinainte calcula grosimea stratului crescut în μm . Cu cât este mai mare intervalul de răcire cu atât va fi mai mare grosimea stratului crescut (de exemplu 50nm la lasere).

Noi putem răci sistemul într-un interval mai mic sau mai mare de temperatură.



Este de preferat răcirea mai lentă. Dacă se răcește rapid GaAs se cristalizează nu pe plachetă ci mai departe de aceasta și nu se mai lipește de plachetă.

Cerințe față de solvenții care se folosesc la creșterea epitaxială

- solvenții trebuie să aibă o temperatură mică de topire pentru a fi ușor înlăturați de pe suprafața peliculei crescute.
- solventul trebuie să aibă o presiune mică a vaporilor saturați pentru ca să nu se piardă în timpul creșterii epitaxiale.
- în sistemul solvent – substanță dizolvată, trebuie să fie stabilă numai componenta $A^{III}B^V$ la temperatura de creștere.

Doparea peliculelor epitaxiale în timpul creșterii

Se utilizează elemente chimice și nu substanțe otrăvitoare cum este în faza gazoasă. Pentru GaAs noi vrem să avem pelicule de tip n și de tip p.

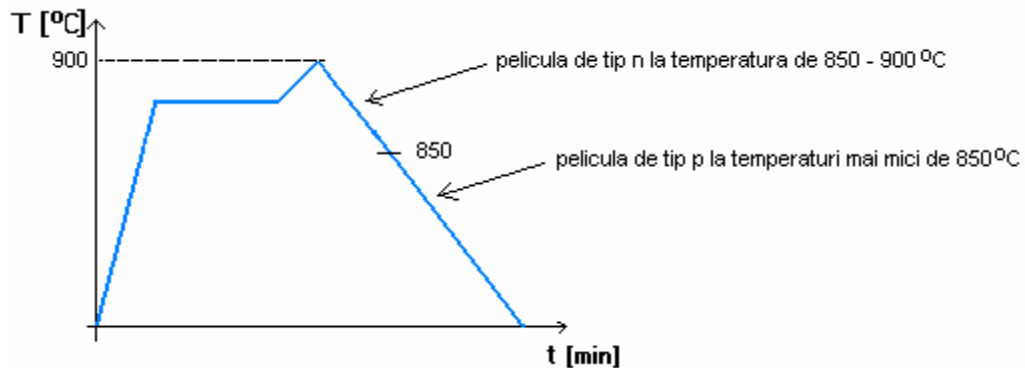
	n	p	
VI	S	Cd	II
	Se	Zn	
	Te	Be	
IV	Sn	Ge	IV
IV	Si		

Dacă dopăm cu substanțele: Cd, Zn, Be, Ge se obțin conducții de tip p. Astfel, Cd având $2e^-$ ocupă locul Ga care are $3e^-$ și când dopăm cu Cd rezultă un gol și ca urmare avem conducție de tip p.

Dacă dopăm cu substanțele: S, Se, Te, Sn se obțin conducții de tip n. De exemplu, S având $6e^-$ ocupă locul As care are $5e^-$ și în urma dopării cu S rămâne un e^- în aer și ca urmare avem conducție de tip n.

Si ne poate da conducție atât de tip p cât și de tip n. Această proprietate a Si se numește proprietate amfoterică (această proprietate s-a observat numai în peliculele de GaAs).

Dacă facem o creștere epitaxială ca în figura de mai jos, vom avea:



lungimea de undă a ledurilor: $\lambda = \frac{1.24}{E_g(GaAs)} = \frac{1.24}{1.45} \cong 0.87 \mu\text{m} = \text{lumina infraroșie}$

a ledurilor construite cu GaAs

LED - urile cu GaAs dopate cu Si se utilizează la schimbarea canalelor TV.

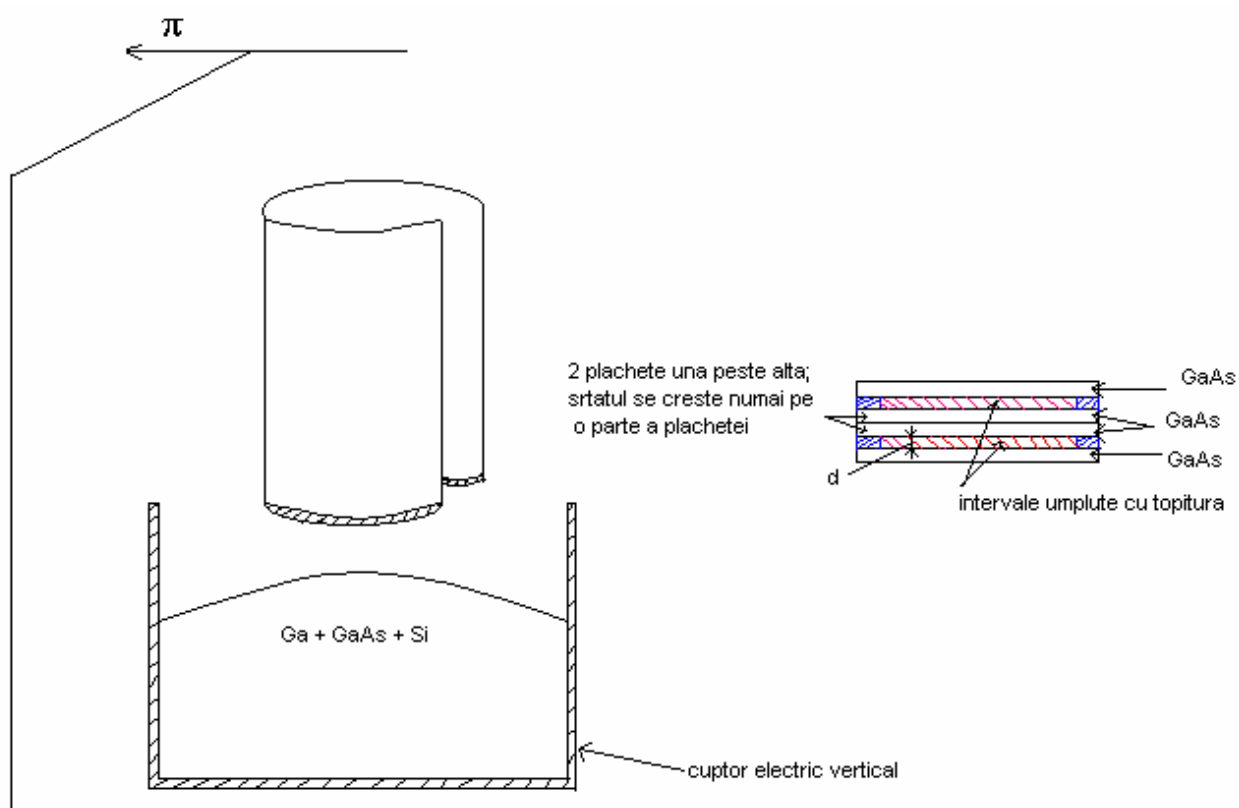
Aceste LED - uri (roșii) au randament foarte mare: 40%.

Creșterea stratului epitaxial din faza lichidă limitată

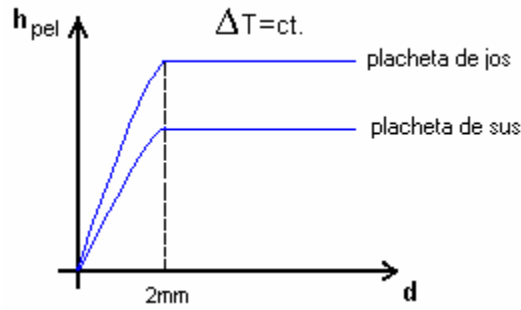
Pentru creștere se utilizează un cilindru de grafit tăiat pe lateral, în interiorul căruia se vor așeza plachetele de GaAs.

Între plachete este pusă o membrană din grafit.

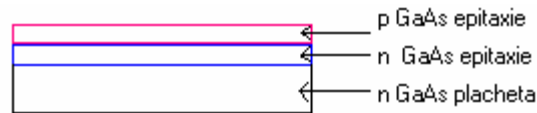
Temperatura în cuptor este în același mod schimbată ca la Nelson. În momentul în care s-a ajuns în punctul de umezire cilindrul s-a introdus în soluția topită. Prin deschizătura cilindrului datorită forțelor artificiale soluția topită va intra între plachete și va umple intervalele. Apoi se scoate cilindrul și se ridică temperatura. Stratul cu defecte se dizolvă și apoi în timpul răcirii va avea loc creșterea epitaxială pe toate plachetele. Pentru a avea un strat de creștere cât vrem noi se utilizează fie o centrifugă pentru a scoate soluția, fie introducem un gaz pentru a stopa creșterea.



În figura următoare avem dependența grosimii peliculei crescute în funcție de grosimea fazei lichide și dacă vom răci unul și același interval de temperatură se schimbă doar grosimea fazei lichide. Porțiunea fazei lichide este foarte subțire și în ea sunt puțini atomi, ca urmare grosimea peliculei este mică. Răcind în același interval de temperatură ΔT și măbind grosimea fazei lichide în continuare, la un moment dat grosimea peliculei nu mai crește rămâne constantă.

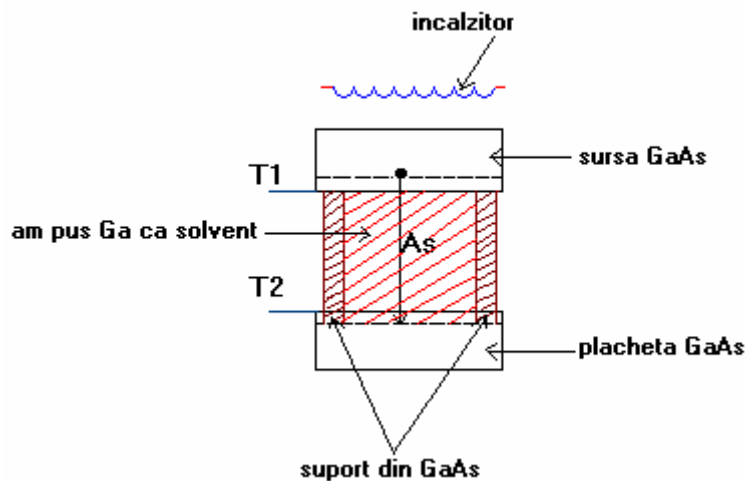


Pe placheta de sus grosimea peliculei crescute este mai mică pentru că la placheta de jos asupra atomilor de As acționează forța gravitațională și ca urmare aceasta va fi mai mare.



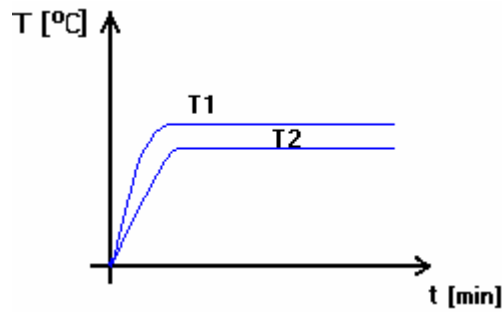
Metoda solventului mișcător

Est tot o creștere epitaxială din faza lichidă în gradient de temperatură.



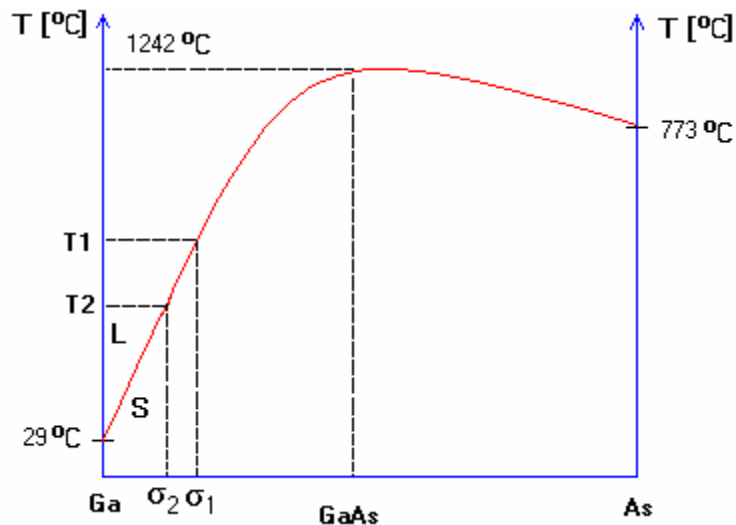
Placheta este monocristalină; sursa este tot o plachetă poate fi și policristalină.

Se introduce totul într-un sistem vidat și încălzim sursa. Depărtarea dintre plachete este de 1mm – 2mm.



T2 este mai jos deoarece cu cât placheta este mai departe de încălzitor cu atât temperatura este mai mica ($T1 > T2$).

Diagrama de fază a GaAs:



σ_1 - procentul de As care se dizolvă la T1

σ_2 - procentul de As care se dizolvă la T2

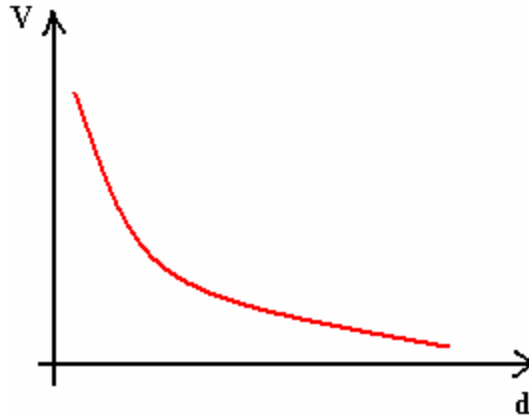
$\sigma_2 < \sigma_1$

Temperatura dintre Ga și GaAs este T1, mai jos este T2 și în timpul încălzirii cantitatea de soluție dizolvată la T1 este mai mare decât la T2.

Când încălzim se dizolvă o parte din sursă și o parte din plachetă, ideal pentru a elimina imperfecțiunile.

Deoarece concentrația As de sus va fi mai mare decât concentrația As de jos se va ivi un flux de As de sus în jos (atomii de As trec de sus în jos) și unde era stare de saturație (jos) se realizează suprasaturație și se începe cristalizarea. Atomii de As plecând de sus nu mai este îndeplinită condiția de saturație și atunci se continuă dizolvarea sursei ș.a.m.d. De aceea se numește metoda solventului mișcător.

În următorul grafic avem reprezentată viteza de creștere a peliculei (viteza de mișcare a regiunii topite) în funcție de grosimea soluției de Ga dintre plăci.



Cu cât este mai mică această distanță cu atât atomii de As ajung mai rapid pe frontiera de jos și cu atât viteza de creștere este mai mare.

Particularitățile creșterii din faza lichidă a compușilor ternari

$Al_xGa_{1-x}As$

Acest compus a stat la baza formării heterojoncțiunilor laserelor.

$a =$ constanta rețelei GaAs = 5.656Å
 constanta rețelei AlAs = 5.655Å

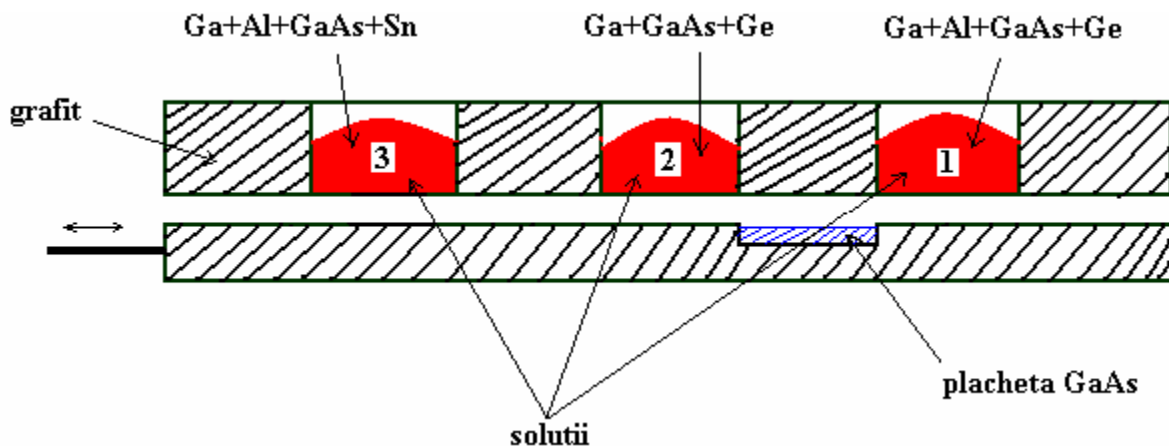
AlAs este un material semiconductor care nu a fost folosit pentru că intră foarte repede în reacție chimică cu vaporii de apă din atmosferă și se transformă în praf.

Pe când structura $Al_xGa_{1-x}As$ este stabilă în atmosferă și poate fi utilizat.

Banda interzisă a acestui material este: $E_g = 1.45 - 2.24\text{eV}$.

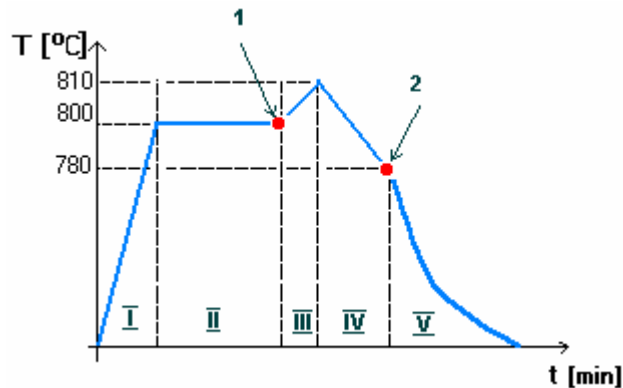
Au fost elaborate două tipuri de casete care permit creșterea peliculelor epitaxiale a plachetelor.

I – Casetă de tip penal



- în soluția 3 avem Sn care este impuritate de tip n

- în soluțiile 2 și 1 avem Ge care este impuritate de tip p
Tot sistemul este introdus într-un reactor de quartz și încălzim ca la Nelson:

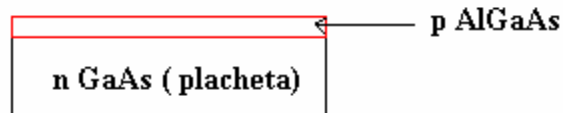


1 – punct de umezire a plachetei cu soluție (topitură); 2 – punerea reactorului în poziția inițială.

Împingem placheta astfel încât să nierească sub prima soluție pentru a se realiza depunerea peliculei cu Al_2O_3 .

Grafitul este străveziu pentru H_2 , adică toată suprafața este acoperită cu un strat de oxid.

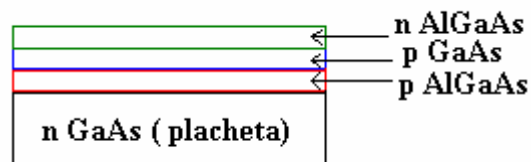
Placheta împinsă înspre dreapta, muchia ei rupe pelicula de Al_3O_3 și placheta se umezește pe toată suprafața. După ce s-a umezit placheta (în punctul 1) s-a ridicat temperatura pentru a înlătura stratul de solvent de pe plachetă.



Când am ajuns în punctul 2 am tras placheta de sub topitura 1 și am dus-o sub topitura 2 după ce am terminat creșterea peliculei cu topitura 1.

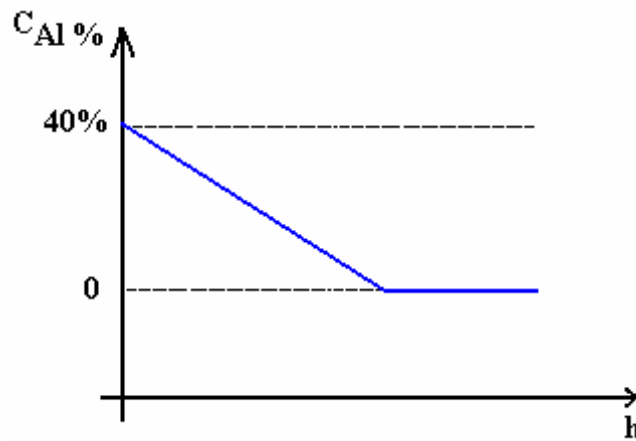
Scădem în continuare temperatura și creem din nou o altă peliculă ș.a.m.d.

În final avem trei pelicule pe care le-am crescut pe o singură plachetă.



Când creștem pelicula de AlGaAs punem în faza lichidă 1% Al iar în faza solidă (cristalizată) vom primi 40% Al ; însă 40% nu este constant pe suprafața peliculei.

În graficul următor avem reprezentată schimbarea concentrației Al în %.



În această metodă soluțiile sunt nu sunt amestecate (avantaj) .

La început atomii de Al sunt mult mai active decât atomii de Ga și formează primii stratul epitaxial.

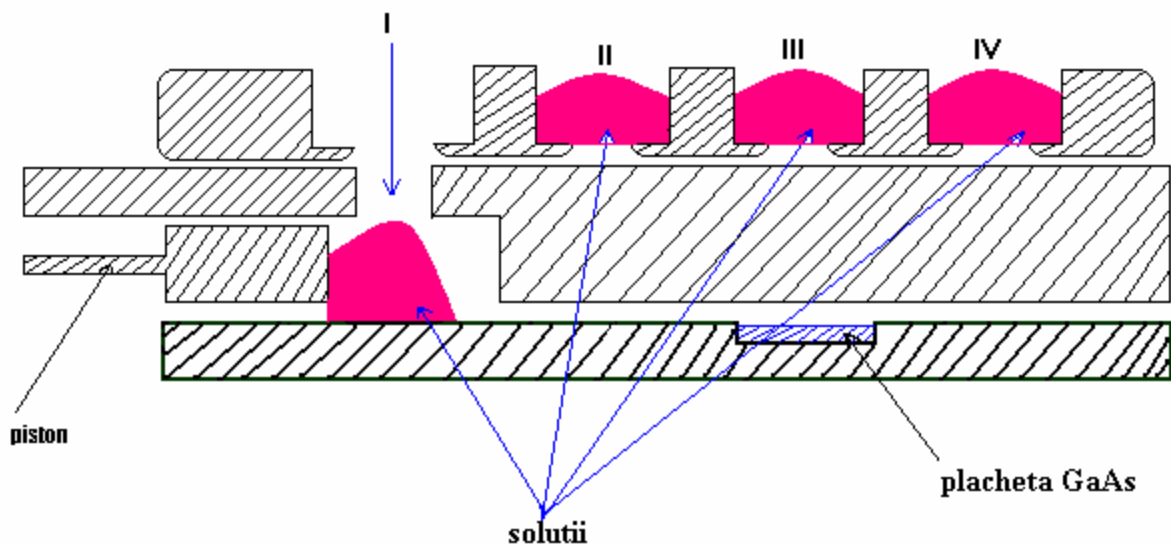
La un moment dat concentrația Al este 0, după ce a avut 40%, și se cristalizează GaAs curat fără Al.

Dacă se schimbă concentrația Al se schimbă și lățimea benzii interzise în acest material.

Coeficientul de segregare a Al , $K_{Al} = \frac{C_{Al}(S)}{C_{Al}(L)}$, se poate schimba în intervalul de temperatură 200°C – 400°C și este mai mare la temperaturi mai joase.

Neajunsuri : s-a crescut peliculă cu soluția 1 și după aceea dorim să creștem o altă peliculă cu soluția 2, dar în timpul tragerii din dreptul soluției 1 în dreptul soluției 2 stratul care conține Al se poate oxida , apar defecte între straturi.

II – Casetă de tip seringă



Pistonul este împins și soluția topită intră deasupra plachetei, strecurată de pelicula de Al_2O_3 și apoi umezită. Când răcim crește pelicula de soluția I . Soluția numărul II

curge prin orificiu, o împingem cu pistonul; prima soluție se va dizolva și va fi înlocuită de a doua soluție.

Soluțiile s-au amestecat toate și nu mai pot fi folosite (dezavantaj).