

ТЕРМОДИНАМИЧЕН АНАЛИЗ НА ОТЛАГАНЕ НА ЧЕТВОРНИ СЪЕДИНЕНИЯ ВЪРХУ ПОДЛОЖКА ОТ InP С ГАЗОВА ЕПИТАКСИЯ.РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ.

гл.ас.инж. Веселка Маринова Иванчева - ТУ -София,ИПФ-Сливен
Пламен Мъцински-студент,спец.“Електроника и автоматика“, ИПФ-
Сливен

Introduction.

$In_{1-x}Ga_xAs_yP_{1-y}$ quaternary alloys have received much attention as materials for laser and detector diodes in long-distance fiber-optical communication system. The alloys lattice-matched to InP substrates can be grown by vapor-phase epitaxy. For the preparation of these alloys, it is essential to know fundamentally the growth aspects of quaternary alloys from the vapor phase. The thermodynamic calculation provide a useful tool for prediction of the deposit composition. The purpose of this paper is to describe the detailed analysis of the $In_{1-x}Ga_xAs_yP_{1-y}$ vapor growth.

В този доклад са представени резултати от предложените термодинамични изчисления(Λ_1) за анализ и контрол на отложения състав от $In_{1-x}Ga_xAs_yP_{1-y}$.

За осъществяване на ефективен контрол над процесите в зоната на отлагане е необходимо предварително да се прогнозира влиянието на различни фактори върху палучените структури от $In_{1-x}Ga_xAs_yP_{1-y}$ четворни съединения, нанесени върху подложка от InP. В предишен доклад (Λ_1) бе предложен математически модел за термодинамичен анализ за описване, анализиране и предсказване на отложения състав на $In_{1-x}Ga_xAs_yP_{1-y}$ четворни съединения.

Математическият модел се състоеше в следното:

1. Изходни параметри:

- стойностите на равновесните константи - K_1 - K_5
- стойностите на активностите на бинарните химични съединения в състава на четворното съединение съответно - a_{GaAs} , a_{InAs} , a_{GaP} и a_{InP}
- конкретни стойности на параметри B и F
- опитно установени стойности на молните отношения R_3 и R_5

2. Неизвестни величини:

- равновесните стойности на парциалните налягания на бинарните химични съединения в състава на четворното съединение
- парциалните налягания на входните газове

3 Множество от допустими стойности:

Тъй като неизвестните променливи са математически еквивалентни на реални физически величини, каквито са наляганията на газове, следва те да бъдат положителни числа или 0.

Тъй като сумата от равновесните парциални налягания в отворения реактор трябва да бъде 1atm, следва всяко едно от тях да бъде по-малко или равно на единица.

Парциалните налягания на входните газове P^0 са свързани с равновесните парциални налягания по следния начин:

$$\begin{aligned} P_{HCl}^0 &= P_{HCl} + P_{GaHCl} + P_{InCl} \\ P_{AsH_3}^0 &= 4P_{As_4} + P_{As_2} + P_{AsH_3} + yP_{HCl} \\ P_{PH_3}^0 &= 4P_{P_4} + 2P_{P_2} + P_{PH_3} + (1-y)P_{HCl} \end{aligned} \quad (1)$$

Математическото моделиране е направено с използването на езика MATLAB. Програмата дава възможност за изследване на зависимостта на равновесните парциални налягания на десетте най-често срещани газове видове вътре в реакторната траба (P_{GaCl} , P_{InCl} , P_{As_4} , P_{As_2} , P_{AsH_3} , P_{P_4} , P_{P_2} , P_{PH_3} , P_{HCl} , P_{H_2}) от x , y , A , t^0 .

За всеки четири фиксирани параметъра получаваме десет стойности. Ако фиксираме трите параметъра, а четвъртия го оставим променливи, равновесните парциални налягания могат да се представят като функция на един аргумент, графичното изобразяване на която представлява десет линии в равнината. Ако фиксираме двата параметъра, равновесните парциални налягания могат се представят като десет повърхнини в пространството- тримерна графика.

На следващите графики са показани за висимостите на:

1. Зависимостта на равновесните парциални налягания на необходимите газове за отлагане на $In_{1-x}Ga_xAs_yP_{1-y}$ слоя (HCl , H_2 , $InCl$, $GaCl$, As_2 , As_4 , P_2 , P_4 , P_{AsH_3} , P_{PH_3}) от x е дадена на фиг. 1. Зависимостта е снета при $A=3 \cdot 10^{-3}$, $B=0$, $F=1$, $t=700^0$ C, от които могат да се направят следните изводи:

а) Налягането P_{H_2} приблизително е равно на 1 Atm, а сумата от всички останали налягания е много малка.

б) Налягането на $InCl$ е const при промяна x в интервала от 0.1 до 0.9 и е 25 пъти по-голямо от налягането на $GaCl$, съответно за малки стойности на x и до 15 пъти по-голямо от същото налягане за по-големи стойности на x . Това показва, че Ga в твърдия слой се отлага по-лесно и при провеждане на съответните експерименти, трябва да се осигорява по-голямо количество In. За $x=0.5$, т.е за равни количества In и Ga в твърдия слой е необходимо 20 пъти по-голямо налягане на $InCl$, в сравнение с това на $GaCl$.

в) Налягането P_{InCl} не зависи от избрания състав на четворното химично съединение, докато при P_{GaCl} е налице следната зависимост: - За да се увеличи количеството на отложения в състава на четворното съединение Ga, е необходимо да се увеличи стойността на парциалното налягане P_{GaCl} .

г) Парциалните налягания на съединенията съдържащи фосфор, а (P_{P_2} , P_{P_4} , P_{PH_3}), а също така и налягането P_{HCl} остават постоянни за целия интервал на изменение на x , докато видовете съдържащи арсен (P_{As_2} , P_{As_4} , P_{AsH_3}), са обвързани с изменението на x , както следва:

- С нарастването на стойността на x , съответно се наблюдава силно нарастване на тези парциални налягания.

2. На фиг. 2 е дадена зависимостта на равновесните парциални налягания на различните видове от y , за $A=3 \cdot 10^{-3}$, $B=0$, $F=1$, $t=700^{\circ}C$.

Получените резултати могат да се коментират по следния начин:

а) Парциалните налягания на видовете съдържащи хлор (P_{HCl} , P_{GaCl} , P_{InCl}) остават постоянни за целия интервал на изменение на y .

б) Парциалните налягания на съединенията съдържащи арсен (PA_{s2} , PA_{s4} , PA_{sH3}) се увеличават с нарастване на y . При $y=0.5$, за отлагането на по-голямо количество фосфор е необходимо P -съдържащите видове да се подават с по-високо налягане, отколкото на тези съдържащи As , за отлагането на същото количество As .

Изразите от 1, използвайки получените резултати (фиг.1 и фиг.2), определят наляганията, които трябва да се подадат на входа на системата за да се осъществи желаното епитаксиално отлагане. стойностите на тези налягания са дадени в табл. 1 и табл. 2

3. На фиг.3 е показана зависимостта на парциалните налягания от температурата t при $A=3 \cdot 10^{-3}$, $B=0$, $F=1$, от които се вижда че:

а) Наляганията P_{InCl} , P_{P_4} , P_{PH_3} , P_{GaCl} , P_{As_4} почти не зависят от изменението на температурата.

б) Наляганията P_{HCl} и P_{PH_3} намаляват с увеличаване на температурата, докато P_{P_2} , P_{As_2} , P_{AsH_3} нарастват с нарастване на температурата.

4) На фиг. 4 е показана зависимостта на парциалните налягания от параметър A при $l=1.3mm$; $t=700^{\circ}C$; $F=1$; $B=0$.

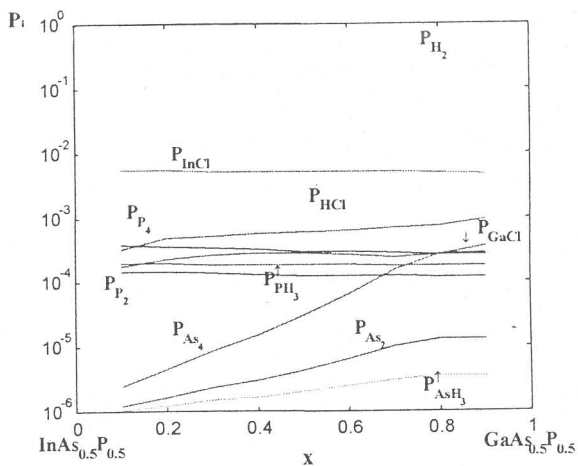
От вида на графичната зависимост може да се направи следния коментар:

а) С нарастване на параметър A парциалните налягания на всички видове нарастват.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванчева В. Термодинамичен анализ на отлагането на четворните съединения $In_{1-x}Ga_xAs_yP_{1-y}$ върху подложка от InP с газова епитаксия.
2. H.Seki, A. Koukito, Japan. J. Appl. Phys 18 (1989)
3. V.S.Ban, J.F.Gossenberger, J.J.Tietjen, J. Appl. Phys 43 (1989)

Equilibrium partial pressures above $1-x \text{ Ga}_x \text{ As}_{0.5} \text{ P}_{0.5}$

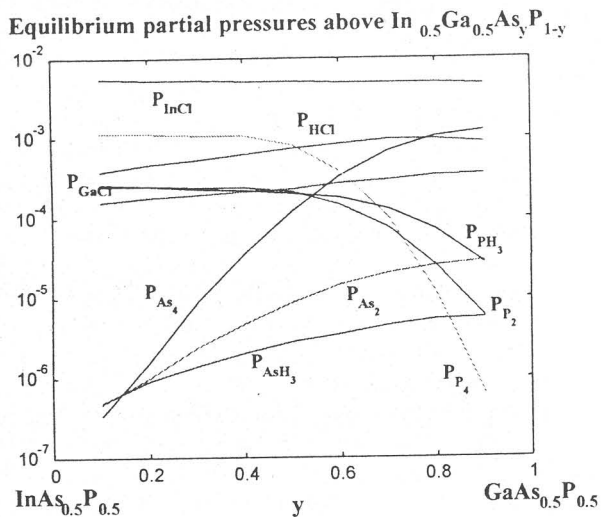


фиг. 1

The partial pressures of input gases (P^0)

x	P_{HCl}^0	$P_{\text{AsH}_3}^0$	$P_{\text{PH}_3}^0$
0.1	0.0059664	0.00017609	0.0021413
0.2	0.005969	0.00026708	0.002181
0.3	0.0059698	0.00030087	0.0020764
0.4	0.0059701	0.00034662	0.0020048
0.5	0.005971	0.00042509	0.0019156
0.6	0.0059715	0.00058661	0.0019385
0.7	0.0059714	0.00098024	0.0018508
0.8	0.0059721	0.0014428	0.0018469
0.9	0.0059748	0.0016085	0.0019514

табл. 1



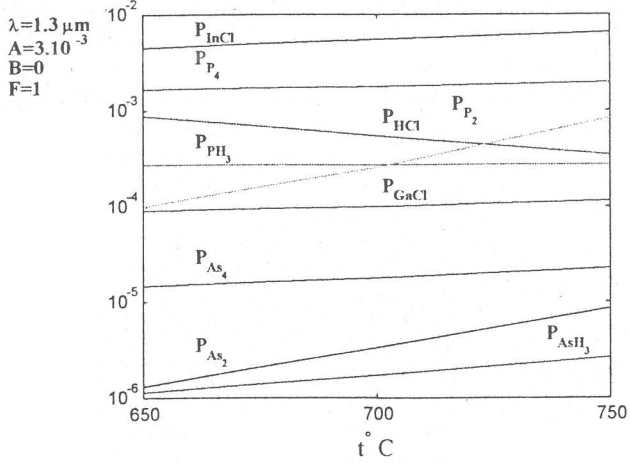
фиг.2

The partial pressures of inputgases(P^0)

y	P_{HCl}^0	$P_{\text{AsH}_3}^0$	$P_{\text{PH}_3}^0$
0.1	0.0060555	0.00034757	0.0053729
0.2	0.0060533	0.00042703	0.0052798
0.3	0.0060457	0.00052881	0.0051793
0.4	0.0060547	0.00072125	0.005202
0.5	0.0060938	0.0011798	0.0040186
0.6	0.0061481	0.0021704	0.0020847
0.7	0.0061813	0.0036368	0.00076748
0.8	0.0061062	0.0050668	0.00025925
0.9	0.0059735	0.0058996	0.00013049

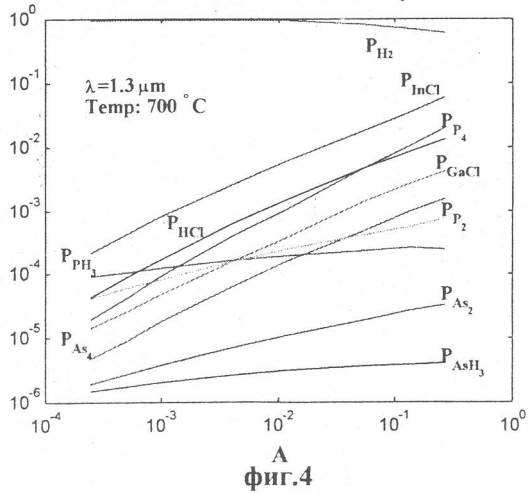
табл. 2

The effect of temperature on the partial pressures



ФИГ. 3

The effect of parameter A of P value



ФИГ.4