

## ФІЗИКА І ТЕХНІКА НАПІВПРОВІДНИКІВ, МЕТАЛІВ, ДІЕЛЕКТРИКІВ ТА РІДКИХ КРИСТАЛІВ

---

УДК 621.315.592

**Большакова І.А., Воронін В.О., Копцев П.С., Мельник І.І., Московець Т.А.**  
ДУ "Львівська політехніка", лабораторія магнітних сенсорів

### ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНОВАЖНОГО СКЛАДУ ГАЗОВОЇ ФАЗИ СИСТЕМ **InSb-Sn-J<sub>2</sub>** ТА **InAs-Sn-J<sub>2</sub>**

© *Большакова І.А., Воронін В.О., Копцев П.С., Мельник І.І., Московець Т.А., 2000*

**Комп'ютерним моделюванням досліджено рівноважний склад газової фази систем InSb-Sn-J<sub>2</sub> та InAs-Sn-J<sub>2</sub> в температурному діапазоні 650÷1200 К. Проведено кількісний розрахунок парціальних тисків компонент газової фази. Встановлено вплив домішки олова на рівноважний склад газової фази.**

**Equilibrium composition of InSb-Sn-J<sub>2</sub> та InAs-Sn-J<sub>2</sub> system gas phases was investigated by means of computer modeling within the temperature range of 650÷1200 K. Quantitative calculation was carried out of the partial pressures of gas phase components. Tin doping influence upon equilibrium composition of gas phase was defined.**

#### **Вступ**

Використання мікрокристалів InSb та InAs як чутливих елементів сенсорів магнітного поля вимагає матеріалів з різними значеннями електрофізичних параметрів. Це досягається легуванням кристалів. Однією з домішок, яка найчастіше використовується, є олово. Труднощі технологічного процесу легування полягають у безпосередній залежності умов кристалізації від складу газової фази. З огляду на це метою роботи було встановлення впливу домішки Sn на склад газової фази.

#### **Моделювання**

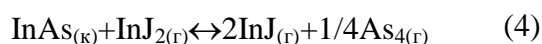
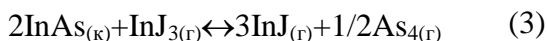
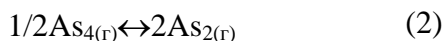
Термодинамічний аналіз газової фази базових систем InAs-J<sub>2</sub> та InSb-J<sub>2</sub> без урахування легуючих домішок був зроблений раніше в роботах [1,2]. У цій роботі досліджено вплив легуючої домішки Sn та його сполук на рівноважний склад газової фази цих систем. Для цього використаний стандартний підхід, який полягав у формуванні системи рівнянь незалежних хімічних реакцій, розрахунку температурних залежностей констант рівноваги цих реакцій, розрахунку парціальних тисків компонент газової фази.

Температурні інтервали для розрахунків були вибрані з урахуванням досвіду розрахунку базових систем і становили 800-1200К для системи InAs-Sn-J<sub>2</sub> і 650-1200К для системи InSb-Sn-J<sub>2</sub>.

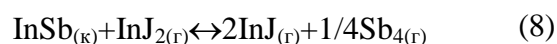
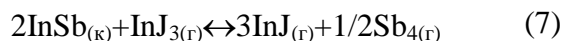
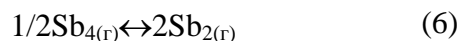
До складу газової фази систем InAs-Sn-J<sub>2</sub> та InSb-Sn-J<sub>2</sub>, крім сполук, які входять в базові системи InAs-J<sub>2</sub> та InSb-J<sub>2</sub>, входять йодиди олова SnJ<sub>2</sub> та SnJ<sub>4</sub>. Наявність олова в газовій

фазі не враховували через малий тиск насичених парів, який у всьому досліджуваному інтервалі температур становить  $2,91 \cdot 10^{-14} \div 1,51 \cdot 10^{-4}$  Па [3]. З урахуванням фізико-хімічних властивостей сполук, що входять до газової фази досліджуваних систем, складено систему незалежних хімічних рівнянь, що мають вигляд:

Система InAs-Sn-J<sub>2</sub>



Система InSb-Sn-J<sub>2</sub>



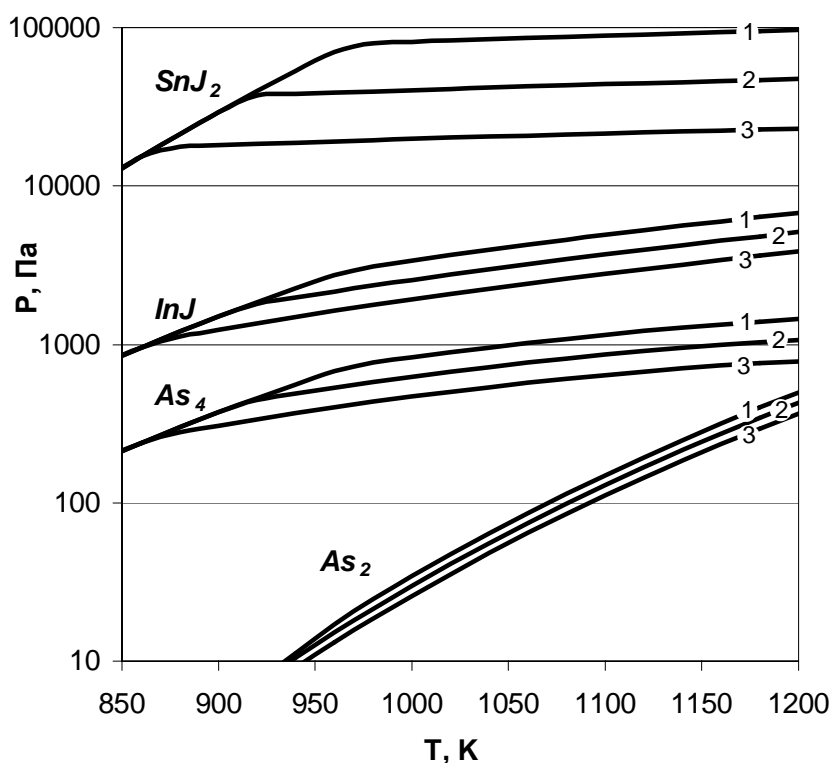
Температурні залежності констант рівноваги реакцій (2)-(4) та (6)-(8) використані з робіт [1,2]. Для реакції (1) і (5) за значеннями термодинамічних параметрів [3-5] цих сполук розрахована температурна залежність константи рівноваги, яка має вигляд:

$$K_p = \exp \left[ -34.02 - 3.55 \cdot 10^{-5} \cdot T + \frac{11221.9}{T} - \frac{4269.9}{T^2} + 6.476 \cdot \ln(T) \right] \quad (9)$$

Парціальні тиски компонент газової фази досліджуваних систем розраховували за стандартними співвідношеннями [1,2]. Парціальний тиск йодидів олова обчислювали за формулою.

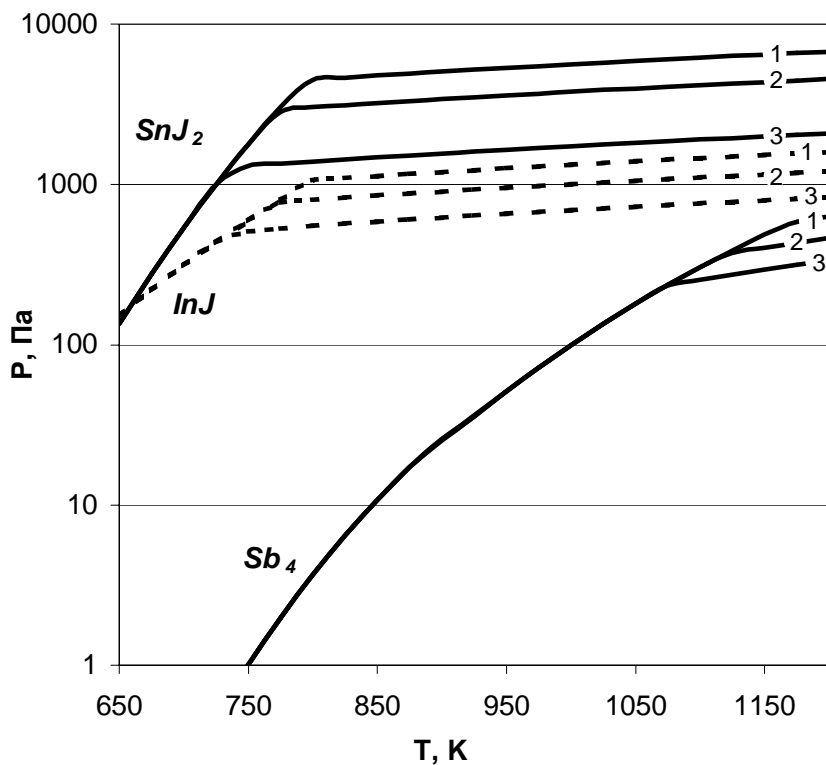
$$K_p = \frac{P_{\text{SnJ}_2}^2}{P_{\text{SnJ}_4}} \quad (10)$$

Розрахунки провадилися в програмному пакеті "MATHCAD 7.0".



**Рис.1.** Температурні залежності парціальних тисків основних компонент системи InAs-Sn-J<sub>2</sub> при різних концентраціях J:  
 1 – 10 моль/м<sup>3</sup>;  
 2 – 5 моль/м<sup>3</sup>;  
 3 – 2,5 моль/м<sup>3</sup>

Розраховані температурні залежності парціальних тисків основних компонент газової фази систем  $\text{InAs-Sn-J}_2$  та  $\text{InSb-Sn-J}_2$  подано на рис.1, 2. відповідно. Інші компоненти, що мають значення парціальних тисків, менших від 1 Па, на рисунках не показані.



**Рис.1.** Температурні залежності парціальних тисків основних компонент системи  $\text{InSb-Sn-J}_2$ , при різних концентраціях  $\text{J}_2$ :  
 1 – 2,0 моль/м<sup>3</sup>;  
 2 – 1,0 моль/м<sup>3</sup>;  
 3 – 0,5 моль/м<sup>3</sup>

З рис.1, 2. видно що в обох системах парціальний тиск  $\text{SnJ}_2$  домінує.

Порівняння парціальних тисків компонент газової фази досліджуваних та базових систем при однакових концентраціях  $\text{J}_2$  свідчить, що введення Sn, викликає зменшення парціальних тисків сполук In, As та Sb на 1-2 порядки.

Отже, легування оловом призводить до зменшення масопереносу та швидкості росту мікрокристалів  $\text{InSb}$  та  $\text{InAs}$ .

### Висновки

Термодинамічним моделюванням у першому наближенні встановлено рівноважний склад газової фази систем  $\text{InAs-Sn-J}_2$  та  $\text{InSb-Sn-J}_2$ . Проведено кількісний розрахунок парціальних тисків компонент газової фази досліджуваних систем. Встановлено вплив домішки Sn на рівноважний склад газової фази базових систем.

[1] Воронин В.А. Структурно-топологические модели гетерогенных равновесий совершенствование технологии газофазной эпитаксии полупроводниковых соединений / Дис. на соиск. уч. ст. д.т.н. Львов. – 1985.

[2] Сандулова Г.В., Московець Т.А., Петров В.С., Петрушко І.А., Рибак В.М. Вісник ЛПІ, Електронна техніка та прилади, 110 (1977) 99-102.

[3] Термодинамические свойства неорганических веществ. Справочник. / Под ред. А.П. Зефирова. М.: "Атомиздат". – 1965.

[4] Роберт Ф. Ролстон. Йодидные металлы и йодиды металлов. – М. Металлургия, 1968.

[5] Термодинамические свойства индивидуальных веществ. Справочное издание: В 4-х т./ Л.В. Гурвич, И.В. Вейц, В.А. Медведев и др. – Т. III. Кн. 2. – М.: Наука, 1981.