

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ МОНОКРИСТАЛІВ $CdTe$, $Zn_xCd_{1-x}Te$ ТА $Hg_{1-x}Cd_xTe$

Баранівська Олександра Миколаївна,
здобувач вищої освіти IV курсу, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Лебіга Надія Миколаївна,
здобувач вищої освіти IV курсу, chem@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Чайка Микола Володимирович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, laridae92@gmail.com
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Денисюк Роман Олександрович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, denisuknet@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович,
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, alexkamin@ukr.net
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Монокристали напівпровідників типу $A^{II}B^{VI}$ характеризуються широким спектром фізико-хімічних властивостей та використовуються в якості підкладок під час виробництва детекторів рентгенівського випромінювання, сонячних батарей, оптичних та оптоелектронних приладів.

Напівпровідникові кристали типу $A^{II}B^{VI}$ переважно утворюються з металічних елементів II B підгрупи, тому що елементи II A підгрупи у зв'язку з суттєвою різницею електронегативності з елементами VI групи формують матеріали з йонним типом хімічного зв'язку. Варто зауважити, що такі сполуки переважно є діелектриками.

Досліджувані матеріали мають кристалічні решітки кубічного типу, а саме сфалерит та в'юртцит (рис.1), особливістю яких є однакові координаційні числа і в першій, і в другій координаційній сфері [1].

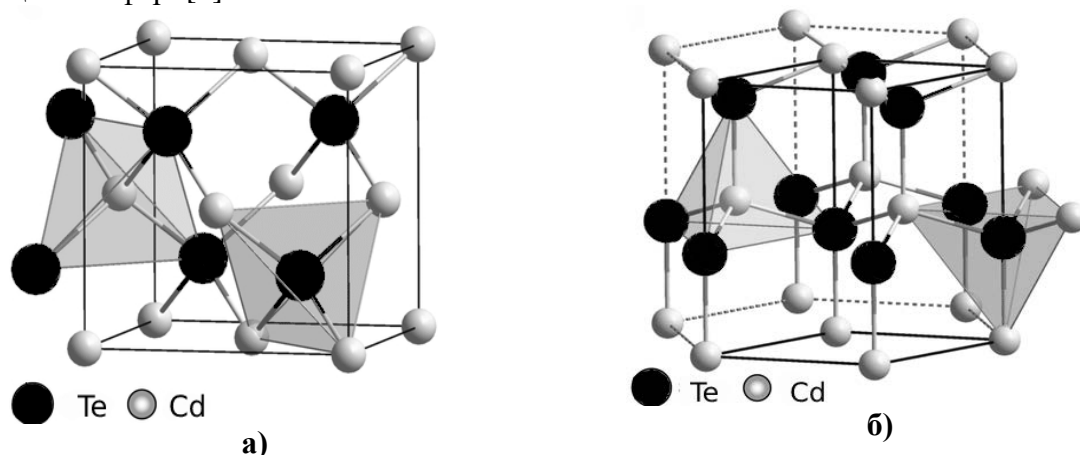


Рис.1. Структура кристалічних ґрадок в'юртциту (а) та сфалериту (б) [1].

Структура типу сфалерит відрізняється від структури типу в'юртцит більшими міжатомними відстанями та розміщенням атомів в третій координаційній сфері, а спільним є те, що кожен атом оточений 4 іншими атомами з валентністю IV. Крім того, варто відзначити, що існує взаємоперехід між представленими структура від однієї до іншої, з яких сфалерит - низькотемпературна модифікацією, а в'юртцит – високотемпературна.

Властивості напівпровідників типу $A^{II}Te$ зі структурою сфалериту

| Властивість | ZnTe | CdTe | HgTe |
|------------------------------|---------|--------|--------|
| Період ґратки, Å | 6,1 | 6,48 | 6,43 |
| Мікротвердість, мПа | 800-900 | 600 | 370 |
| Температура плавлення, К | 1568 | 1314 | 943 |
| Енергія атомізації, кДж/моль | 456000 | 402000 | 310000 |
| Ширина забороненої зони, еВ | 2,26 | 1,51 | 0,02 |
| Питомий опір, Ом·см | 6,17 | 10 | 0,008 |

З таблиці [2-4] видно, що для наведених напівпровідників зі зростанням порядкового номеру їх складових елементів характерна зміна фізико-хімічних властивостей матеріалів: зменшуються ширина забороненої зони та значення температури плавлення, однак зростає металічність зв'язку та відповідно закономірно зростає рухливість електронів.

Автори [5-6] зазначають, що для систем типу CdTe–ZnTe у зв'язку з однаковою структурою, схожими параметрами елементарних комірок кристалів характерне формування твердих розчинів зі структурою сфалериту $Zn_xCd_{1-x}Te$. Встановлено [7], що зі зростанням вмісту цинку у їх складі збільшується й ширина забороненої зони напівпровідника. Виявлено, що найпоширеніші матеріали $Zn_xCd_{1-x}Te$ із вмістом цинку від 0,08 до 0,15 мають ширину забороненої зони – 1,6 еВ.

Саме унікальні властивості напівпровідникових монокристалів $Zn_xCd_{1-x}Te$ зумовлюють їх використання як підкладок при вирощуванні епітаксійних плівок $Cd_xHg_{1-x}Te$ та для виготовлення детекторів рентгенівського та γ -випромінювання. Напівпровідники складу $Cd_xHg_{1-x}Te$ широко використовуються в інфрачервоній електроніці [8], при виготовленні інфрачервоних фотодетекторів, фотодіодів, інжекційних лазерів [9-10]. У таких матеріалах зміна вмісту Hg у твердих розчинах дозволяє регулювати їх ступінь металічності, так як CdTe має напівпровідникові властивості, а HgTe – металічні (володіє нульовою шириною забороненої зони).

1. Boyce A.J. Aspects of the geochemistry of zinc – a journey to sphalerite / A.J.Boyce, C.D. Barrie, I.M. Samson, A.E. Williams-Jones // Current perspectives on zinc deposits / ed. by S.M. Archibald, S.J. Piercey. – Dublin: Irish Association for Economic Geology, 2015. – P. 17-35.
2. Haynes W.M. CRC Handbook of Chemistry and Physics: 92nd edition / W.M. Haynes. – Boca Raton: CRC Press, 2011. – 2656 p.
3. Capper P. Mercury Cadmium Telluride: Growth, Properties and Applications / P. Capper, J. Garland. – Hoboken, New Jersey: Wiley, 2011. – 590 p.
4. Capper P. Properties of Narrow Gap Cadmium-based Compounds (EMIS DATAREVIEWS SERIES) / P. Capper. – London: Institution of Electrical Engineers, 1994. – P. 39.
5. Steininger J. Phase diagram of the Zn–Cd–Te system / J. Steininger, A.J. Strauss, R.F. Brebrick // J Electrochem. Soc. – 1970. – Vol. 117, No. 10. – P. 1305-1309.
6. Radautsan S.I. The phase diagram of $Zn_xCd_{1-x}Te$ solid solution / S.I. Radautsan, A.E. Tsurkan, O.G. Maksimova // Phys. Stat. Sol. (b). – 1970. – Vol. 37, No. 1. – P. K9-K11.
7. Takahashi T. Recent progress in CdTe and ZnCdTe detectors / T. Takahashi, S. Watanabe // IEEE Trans. Nucl. Sci. – 2000. – Vol. 10, No. 5. – P. 100-108.
8. Gutowski J. Proceedings of the tenth international conference on II-VI compounds / J. Gutowski, H. Heinke, D. Hommel, P. Micher // Phys. Stat. Sol. (b). Vol. 220, No. 1-2. – 2002. – P. 159-173
9. Paranchich S.Y. Growth and properties of V-doped $Cd_xHg_{1-x}Te$ crystals / S.Y. Paranchich, Y.S. Paranchich, M.D. Andriichuk, et al. // Inorg. Mater.. – 2001. – Vol. 37, No. 6. – P. 564-566.
10. Berchenko N.N. Conductivity type conversion in p- $Cd_xHg_{1-x}Te$ / N.N. Berchenko, V.V. Bogoboyashchyy, I.I. Izhnin, et al. // Opto-Electronics Review. – 2003. – Vol. 11, No. 2. – P. 93-98.