

**Міністерство освіти і науки України**  
**Сумський державний університет**  
*Азадський університет*  
*Каракалтакський державний університет*  
*Київський національний університет технологій та дизайну*  
*Луцький національний технічний університет*  
*Національна металургійна академія України*  
*Національний університет «Львівська політехніка»*  
*Національний технічний університет України*  
*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*  
*Одеський національний політехнічний університет*  
*Сумський національний аграрний університет*  
*Східно-Казахстанський державний технічний*  
*університет ім. Д. Серікбаєва*  
*Технічний університет Кошице*  
*Українська асоціація якості*  
*Українська інженерно-педагогічна академія*  
*Університет Барода*  
*Університет ім. Й. Гуттенберга*  
*Університет «Politechnika Świętokrzyska»*  
*Харківський національний університет*  
*міського господарства ім. О. М. Бекетова*  
*Херсонський національний технічний університет*

## **СИСТЕМИ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ПОСТАНОВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВО. ІНДУСТРІЯ 4.0. СУЧАСНИЙ НАПРЯМОК АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБМІНУ ДАНИМИ У ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції  
(м. Суми, 22–26 травня 2017 року)



Сайт конференції: <http://srpv.sumdu.edu.ua>.

Суми  
Сумський державний університет  
2017

1. Предложен новый способ восстановления изношенных поверхностей стальных и чугунных деталей методом ЭЭЛ, отличающийся тем, что покрытие наносят в два этапа, причем на первом этапе наносят слой, используя режимы, которые обеспечивают наибольшую толщину поверхности при наибольшей сплошности, затем на полученную поверхность наносят слой покрытия тем же электродом и способом ЭЭЛ с такой энергией разряда и соответствующей ей производительностью, при которой формируют поверхность с шероховатостью приблизительно в 2-4 раза выше, чем на предыдущем этапе. В результате, при относительно приемлемой толщине восстановленного слоя, формируется наиболее рациональная величина шероховатости и до 100% повышается сплошность поверхности.

2. Резервом увеличения толщины восстановленного слоя могут быть комбинированные технологии например ЭЭЛ и нанесение металлополимерных материалов (МПП). В данном случае отдельно взятые технологии не в коей мере не снижают достоинства друг друга, а дополняют их и устраняют недостатки, присущие каждой технологии в отдельности.

3. Предложен новый способ восстановления металлических деталей машин в соответствии с которым, на сформированную методом ЭЭЛ поверхность наносят слой МПП, который перед полимеризацией армируют, в зависимости от назначения и геометрических особенностей восстанавливаемой поверхности, хотя бы одним слоем проволоки, или проволоки, соединенной в сетку. В результате, формируется поверхностный слой, качество, износостойкость, надежность и долговечность которого выше, чем при использовании для восстановления методов ЭЭЛ и нанесения МПП каждого отдельно.

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ДОМІШКИ В МОНОКРИСТАЛАХ $PbI_2$ ТА СПОСОБИ ЇХ ВИДАЛЕННЯ**

*Фурс Т.В., к.т.н., Луцький НТУ, м. Луцьк*

В природі відсутні абсолютно чисті матеріали. Не винятком є і напівпровідникові кристали, які у своєму складі завжди містять певну кількість домішок, набутих у процесі одержання матеріалу. Ці домішкові елементи часто називають забруднюючими і неконтрольованими, оскільки наперед спрогнозувати їх кількість, а відповідно і вплив на структуру і властивості буває досить складно. Саме наявність технологічних домішок може суттєво впливати на функціональне призначення напівпровідників. Зокрема, для дийодиду свинцю ( $PbI_2$ ) визначальним фактором у прикладному значенні є задовільні електрофізичні властивості і стабільність їх параметрів, таких як ширина забороненої зони, електропровідність і опір. Домішки, виступаючи донорами та акцепторами, змінюють структуру забороненої зони

PbI<sub>2</sub>, визначають реальну кількість носіїв струму, а, отже, і електричний опір та провідність даного матеріалу.

Зазначимо, що одним із основних напрямів практичного застосування кристалів PbI<sub>2</sub> є створення на їх основі засобів детектування, в тому числі детекторів іонізуючого випромінювання [1-3]. Як відомо, детекторний матеріал повинен характеризуватися набором певних фізичних параметрів, від яких залежить якість роботи детектора. Значна кількість “заважаючих” електронів і дірок не дозволяє визначати з прийнятною точністю енергію іонізуючих частинок та погіршує швидкодію і співвідношення сигнал-шум детекторної структури. Тому для успішного використання у техніці, зокрема для виготовлення детекторів випромінювання, монокристали PbI<sub>2</sub> повинні характеризуватися високим ступенем чистоти, обумовленим, насамперед, чистотою вихідних компонентів, особливо свинцю.

Вирощування монокристалів PbI<sub>2</sub>, зазвичай, здійснюють із попередньо синтезованої сировини або з окремих компонентів свинцю і йоду (прямий синтез), або синтезують сполуку PbI<sub>2</sub> з розчину. При цьому чистота одержаної сировини обумовлена чистотою вихідних компонентів. У першому випадку чистота свинцю становить 99,9 % - 99,99 %, що негативно впливає на процес вирощування, якість і властивості одержаних кристалів. У другому випадку чистота синтезованого PbI<sub>2</sub> визначається чистотою реагентів, що зазвичай теж є низькою. І якщо чистоту компонента I<sub>2</sub> можна легко підвищити, провівши сублимацію (випаровування у присутності йодистого калію), то для підвищення чистоти Pb необхідно використовувати кристалізаційні методи очистки.

Згідно літературних джерел [1, 4-7], численні дослідження науковців для одержання високочистого PbI<sub>2</sub> спрямовані на очистку уже синтезованої сировини PbI<sub>2</sub>. Для видалення домішок найчастіше використовують метод зонної плавки (зонна перекристалізація). При цьому для якісної очистки здійснюють 50-100 і більше проходів зони, залежно від рівня чистоти вихідних компонентів. Такий спосіб ускладнює технологічний процес і не завжди забезпечує необхідну чистоту синтезованого матеріалу, оскільки домішки, коефіцієнт розподілу яких близький до одиниці ( $K \approx 1$ ), погано видаляються зонною плавкою. А деякі домішки у такий спосіб видалити неможливо, особливо у випадку, коли синтезують PbI<sub>2</sub> із розчину.

Зонна плавка [8], як метод, базується на різній розчинності домішок у твердій і рідкій фазах.

Домішки, для яких коефіцієнт розподілу  $K < 1$ , концентруються в розплавленій зоні і разом з нею переміщуються в кінець зливка. Однак, для домішок з  $K \geq 1$  цей метод неефективний. Недостатня ефективність зонної плавки для синтезованого PbI<sub>2</sub>, певним чином, обумовлена і пониженням розчинності домішок у сполуці на відміну від їх розчинності в окремому компоненті.

Тому, врахувавши недоліки очистки синтезованої сировини PbI<sub>2</sub>, у роботі для підвищення ступеня чистоти матеріалу першочергово значну

увагу зосереджено на очистці вихідних компонентів, особливо свинцю. Для проведення ефективної очистки свинцю вибрано метод термічної дистиляції у вакуумі [9]. Метод полягає у використанні склографітового порошку, який проявляє адсорбційні властивості у процесі фільтрації розплаву свинцю. Він особливо ефективний для очистки свинцю від кисневих домішок і їх аніонних комплексів. Пропонованим методом вдається очистити свинець від летких з'єднань до рівня  $10^{-7}$  ат. %, від важких металів до рівня  $10^{-6}$  ат. %.

Використання апарату для рафінування дистиляцією у вакуумі [9], дозволяє здійснити комплексну очистку свинцю в одному процесі: плавку у вакуумі, фільтрацію, адсорбцію і поглинання домішок на границях склографітових і вугільних частинок. Результати хіміко-спектрального аналізу відфільтрованого свинцю показали, що після кожної стадії очистки кількість домішок у середньому зменшується на порядок. Після виконання 3-4 фільтрацій кількість домішок у свинці – поза межами чутливості аналізу незалежно від рівня чистоти вихідного матеріалу.

На відміну від традиційних способів одержання монокристалів  $PbI_2$ , ступінь чистоти яких визначається ефективністю зонної очистки, тобто кількістю проходів зони розплаву, пропонується спосіб обумовлений насамперед чистотою вихідного свинцю. Результатом цього є суттєве скорочення тривалості усього технологічного процесу. Зокрема, тривалість процесу синтезу  $PbI_2$  зменшилась від традиційних 2 - 3 доби до 1 - 3 годин. У порівнянні з відомими методиками чистота вихідного свинцю зросла на 2 - 3 порядки [1]. За величиною питомого електроопору ( $10^{11} \dots 7 \times 10^{12} \text{ Ом} \times \text{см}$ ) вирощені нами монокристали  $PbI_2$  не поступаються монокристалам, які одержані за іншими технологіями ( $10^{10} \dots 10^{13} \text{ Ом} \times \text{см}$ ).

У роботі запропоновано технологічний процес одержання монокристалів  $PbI_2$  розпочати з очищення вихідних компонентів Pb і  $I_2$ , після чого послідовно проводити процеси прямого синтезу і вирощування. Це дозволяє підвищити ефективність усього технологічного процесу і покращити властивості монокристалів  $PbI_2$ .

### Список літератури

1. Hui S. Electrical and Y-ray energy spectrum response properties of  $PbI_2$  crystal grown by physical vapor transport / S. Hui, Z. Xinghua, Y. Dingyu, H. Zhiyu, Z. Shifu, Z. Beijun // Journal of semiconductors. – 2012. – V. 33, № 5/053002.
2. Matuchova M. Novel approach to preparation of lead iodide for x-ray detection. / M. Matuchova, O. Prochzkova, K. Zdansky, J. Maixner // J. Cryst. Res. Technol. – 2005. – V. 40. – P. 291-296.
3. Yun M. Investigation of  $PbI_2$  film fabricated by a new sedimentation method as an X-ray conversion material / M. Yun, S. Cho, R. Lee, G. Jang, Y. Kim // Japanese Journal of Applied Physics. – 2010. – V. 49, I. 4. – P. 04180-041804.