Спрей піроліз як технологія отримання багатошарових елементів приладних структур для сенсорної електроніки

Семененко М.О.

[semenenko\_myk@ukr.net](mailto:semenenko_myk@ukr.net)

Для виявлення різних газів у обмеженому чи вільному обємі простору існує ряд різних типів газових датчиків – напівпровідниковий газовий датчик, каталітичний газовий датчик, електрохімічний газовий датчик, оптичний газовий датчик і акустичний газовий датчик [1-3]. Характеристика продуктивності кожного датчика базується на його селективності, чутливості, межі виявлення, часу відгуку та часу відновлення.

У каталітичних датчиках (пеллісторного та термоелектричного типу) окиси металів та їхні сполуки використовуються для отримання каталітичного процесу горіння. Зокрема, сенсор із металу хром (термоелектричний тип) продемонстрував хорошу селективність до ацетону при рівні 28 частин на мільйон і був селективним до газоподібного ацетону [4].

Вимірювання теплопровідності для аналізу газу використовуються в датчиках теплопровідності газу. Зазвичай його можна використовувати для виявлення газів з високою теплопровідністю, більшою за повітря, як-от водень і метан, тоді як гази з провідністю, близькою до повітря та меншою за повітря, виявити неможливо [1, 5].

Електрохімічні сенсори (існують три типи: амперометричні, потенціометричні та кондуктометричні) працюють, реагуючи з цільовим газом генеруючи електричний сигнал, пропорційний концентрації газу [1]. Електрохімічні сенсори з мікроелектродами (дуже мала поверхня електродів) мають невеликі розміри, вагу, низьку вартість, швидкий час відгуку без впливу на відношення сигнал/шум. Його можна використовувати для виявлення різних газів (CO, O2, NO2, CO2) але для роботи є потреба у високій температурі (600-1000°C) [6-7].

В оптичному датчику газу використовується процес оптичного поглинання або розсіювання оптичного випромінювання газу. Ці датчики протягом багатьох років використовувалися для виявлення водню [8], метану [9], аміаку [10] і CO2 [11]. Цей тип датчиків може виявляти газ навіть при кімнатній температурі але використовує кислоту при 500 °C [1].

Напівпровідникові сенсори газу працюють за принципом оборотного процесу адсорбції газу на поверхні нагрітого окису (зазвичай окису олова, нанесеного на кремнієвий зріз методом хімічного напорошення з газової фази). Датчик повинен бути нагрітий до постійної температури близько 200-250 °C [1]. Ці датчики зазвичай використовуються для виявлення H2, O2, CO, метану, алкоголю та шкідливих газів, таких як чадний газ [12, 13, 14].

Акустичні хвильові датчики газу засновані на виявленні будь-яких змін у характеристиках шляху поширення акустичної хвилі (швидкості та/або амплітуди) [1]. Ці датчики можуть бути застосовані для виявлення CO2, H2O [15], NO2 [16]. Також можна виявити ацетон [17] на частоті 99,8 МГц з використанням двопортового резонатора та ніобату літію як матеріалу підкладки. У роботі [18] запропонований метод для високочутливого (28,7 %) визначення ацетону в повітрі за допомогою ультратонкого епішару InN з Pt-каталізатором.

В роботах, які були опрацьовані в даному огляді представлені основні методи отримання тонких шаруватих структур для сенсорної техніки, а також описані можливі матеріали для сенсорних систем. Було вияснено, що для синтезу тонких плівок доступні численні методи, включаючи золь-гель покриття зануренням, розкладання органічних металів, реактивне напорошення, радіочастотне магнетронне напорошення та піроліз з розпиленням - спрей піроліз. Більшість з цих методів, подібних до напорошення, лазерна абляція, молекулярно променева епітаксія, напорошення хімічним випаровуванням, атомно пошарова епітаксія потребують вартісного обладнання, що призводить до здорожчання продукції наукових експериментів. Вимоги до технології напорошення тонких плівок полягають не лише бути ефективними, а, й, звісно ж, економічно обгрунтованими в тій мірі, щоб виробничні витрати були мінімальними. Хімічні методи, які базуються на прекурсорних розчинах відповідають вимогам кошторисної ефективності при виготовленні тонких плівок. Найбільш популярні технології в цьому сегменті – це: спрей-піроліз; золь-гель; спін та покриття глибоким зануренням (dip-coating). Серед цих методів отримання багатошарових тонкоплівкових структур, спрій-піроліз є одним із найзручніших через його простоту, нижчу вартість обладнання, легкість додавання легуючих елементів. Цим методом вдається отримувати ідеальні покриття на різноманітних підкладках різної площі зі стехіометрією та унікальним утворенням фаз. Також легше контролювати та модифікувати властивості плівки для бажаного застосування шляхом зміни хімічного складу робочого розчину та параметрів напорошення, таких як відстань від сопла екструдера до підкладки, експозиція, температура підкладки та тиск газу носія. Всі інші методи втрачають свої переваги завдяки серйозним обмеженням та специфічним вимогам, які накладаються на матеріал чи підкладинку для напорошення.

В огляді було показано, що спрей-піроліз є найефективнішим методом з усіх існуючих, які використовують прекурсорні сполуки для процесу напорошення. Однак для синтезу ефективної та однорідної тонкої плівки потрібно контролювати кілька параметрів. Ці параметри включають природу підкладинки, температуру підкладинки, розчини прекурсорів, імпульс краплі, отвір екструдера-розпилювача, шлях розпилення, газ-носій і тиск газу-носія.

Список використаних джерел

1. Zainab Yunusa, at al.
2. Artur Rydosz, at al.
3. Chen Y, at al.
4. S. Anuradha, at al.
5. G. de Graaf, at al.
6. C. Phawachalotorn, at al.
7. J.-C. Yang, at al.
8. T. Hübert, at al.
9. C. Massie, at al.
10. H. Manap, at al.
11. G. Zhang, at al.
12. J. Huang, at al.
13. A. Khodadadi, at al.
14. T. Takada, at al.
15. M. S. Nieuwenhuizen, at al.
16. V. I Anisimkin, at al.
17. D. Yao, at al.
18. Kun-Wei Kao, at al.