

Использование информационных технологий характеризует сегодня уровень развития общества, возможности его интеграции в мировую цивилизацию. Этим определяется актуальность и необходимость изучения и овладения информационными технологиями в процессе подготовки специалиста с высшим техническим образованием.

Список использованных источников

1. Галушко Е.В. Некоторые аспекты создания и использования электронного учебно-методического комплекса «Информационные технологии»/Галушко Е.В., Серебрякова Н.Г., Львова О.М., Цубанова И.А., Шакирин А.И. // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник статей II Международной научно-практической конференции. Минск, 26–27 марта 2015 г.

2. Галушко Е.В. Технологии точного земледелия: перспективы внедрения в агропромышленном комплексе Республики Беларусь. / Галушко Е.В., Львова О.М., Дубкова А.В. // сборник научных статей Международной научнопрактической конференции 26–27 ноября 2020 г. – Минск: БГАТУ, 2020. – с.

**Долгий В.К., к.ф.-м.н., доцент**

**Учреждение образования Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск**

**Почтенный А.Е., к.ф.-м.н., доцент**

## **ВЛИЯНИЕ ИОННО-ИМПЛАНТИРОВАННЫХ ПРИМЕСЕЙ НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ**

Использование сенсоров в сельскохозяйственной деятельности – важнейший шаг на пути к созданию интеллектуальной фермы, так как они могут непрерывно передавать информацию о состоянии контролируемых объектов, в частности, значение таких параметров, как: концентрация токсичных газов, влажность, температура и др. Одним из типов материалов, используемых в твердотельных химических сенсорах, являются металлокомплексы фталоцианинов [1], электропроводность которых зависит от адсорбции газов донорной или акцепторной природы и чувствительность которых можно оптимизировать ионно-лучевой обработкой [2].

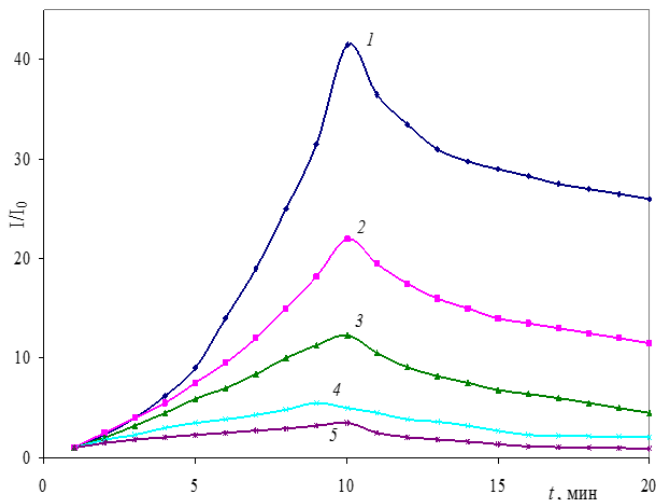
Исследуемым материалом являлись пленки фталоцианина меди (CuPc), лазерно напыленные в вакууме на ситалловые и диоксид кремниевые подложки, обладающие чувствительностью к диоксиду азота (NO<sub>2</sub>). В качестве ионно-имплантированных примесей использовались ионы платины энергией 10–20 кэВ. Имплантация ионов платины осуществлялась на установке с контактно-дуговым ионным источником. Величина энергии имплантируемых ионов определялась на основании расчетов среднего проецированного пробега и страгглинга так, чтобы значение среднего проецированного пробега составляло половину толщины пленки.

Интервал допустимых доз облучения определялся на основании совместного анализа оптических спектров поглощения легированного материала в ультрафиолетовой и видимой областях и экспериментальных зависимостей энергии активации проводимости, измеренных по температурным зависимостям проводимости, от дозы внедряемой примеси.

Измерения чувствительности исследуемых материалов к газам проводились в статическом (концентрация газа 10 ppm) и динамическом (скорость потока газа 1 мкг/мин) режимах. Исследование влияния ионно-имплантируемых примесей на стабильность электрофизических параметров проводилась путем измерений электропроводности исходных и ионно-легированных образцов регулярно через промежуток времени 1 сутки в течении одного месяца. Электропроводность измерялась на постоянном токе при нормальном атмосферном давлении через 1 минуту после подачи напряжения 30 В при температуре 294 К. Измерения после облучения проводились на отрелаксировавших образцах через 30 суток после облучения.

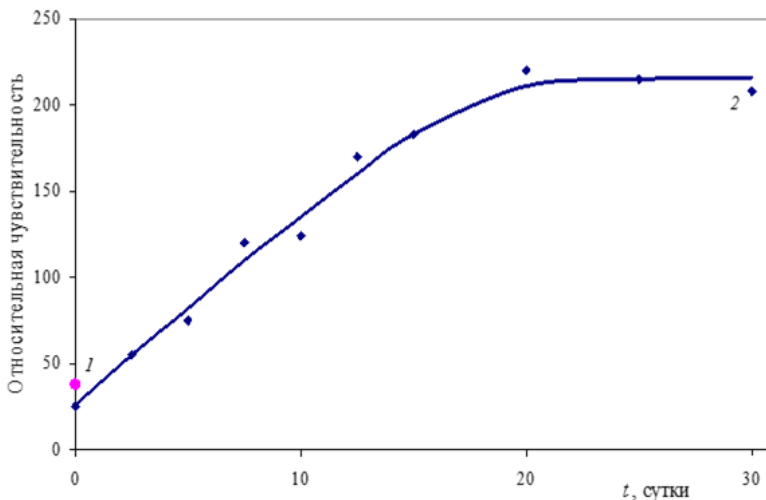
Максимальная чувствительность CuPc наблюдалась при температуре 80°C (рис. 1). По мере увеличения температуры относительная чувствительность уменьшалась, что объясняется увеличением скорости десорбции молекул NO<sub>2</sub> с поверхности пленок. С ростом температуры быстрое действие, или восстановление первоначальных свойств CuPc при прокачке воздуха, заметно увеличивается. Так при температурах 120 и 160°C восстановление первоначальных свойств происходит на 80–90 %.

При дозе облучения  $10^{14} \text{ см}^{-2}$  наблюдается рост чувствительности по сравнению с чистыми пленками CuPc в 1,5 раза при температуре  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  (рис. 1). При увеличении температуры относительная чувствительность уменьшается, и при температуре  $160 \text{ }^\circ\text{C}$  она соизмерима с относительной чувствительностью чистых образцов CuPc. Абсолютная чувствительность при легировании ионами платины при дозе  $10^{14} \text{ см}^{-2}$  увеличивается примерно в 3 раза.



1 –  $T = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 2 –  $T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 3 –  $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 4 –  $T = 140 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 5 –  $T = 160 \text{ }^\circ\text{C}$   
 Рисунок 1 – Кинетика сенсорного отклика пленки CuPc ионно-легированной  $\text{Pt}^+$  дозой  $\Phi = 10^{14} \text{ см}^{-2}$  к  $\text{NO}_2$  при разных температурах

На рис. 2 представлена зависимость относительной чувствительности пленки CuPc легированной ионами  $\text{Pt}^+$  энергией 15 кэВ и дозой  $10^{14} \text{ см}^{-2}$  к  $\text{NO}_2$  от времени после ионной имплантации. Полученные результаты показывают, что непосредственно после облучения, относительная чувствительность ионно-легированной пленки к газовому воздействию становится меньше, чем у нелегированной. Затем в течение промежутка времени, составляющего 15–20 суток, наблюдается монотонное нарастание относительной чувствительности, которая достигает стационарного значения, после чего остается постоянной в течение всего времени исследования.



Чувствительность: 1 – исходной пленки; 2 – ионно-легированной пленки  
 Рисунок 2 – Изменение со временем относительной чувствительности пленки CuPc к NO<sub>2</sub>, легированной ионами Pt<sup>+</sup> энергией 15 кэВ (доза облучения 10<sup>14</sup> см<sup>-2</sup>).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь № ГР 20211250.

**Заключение.** Таким образом, в зависимости от основной цели ионно-лучевой модификации: увеличения относительной чувствительности, увеличения абсолютной чувствительности либо повышения стабильности электрофизических свойств, необходимо осуществлять не только выбор оптимального типа иона, но и оптимальных значений энергии пучка и дозы облучения для каждого конкретного фталоцианина.

Список использованных источников

1. Вечер А.А., Жук П.П. Химические сенсоры. Минск, 1990.
2. Pochtenny A.E., Fedoruk G.G., Pyushonok I.P. et al. The modified metallo-phthalocuinines: Electron transport mechanism and gas sensing properties // Electron Technology. – 2000. – Vol. 33. – № 1/2. – P. 145.