

Катализатор разложения диметилметилфосфоната

Логвин Леонид Александрович

студент

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: lvsin@yandex.ru

Детектирование малых количеств фосфорорганических веществ (ФОВ), в частности, таких высокотоксичных соединений, как зарин или зоман, является важной практической задачей. Приборы, используемые в настоящее время для обнаружения фосфорорганических веществ, обладают рядом недостатков: значительная длительность анализа, сложность оборудования, невозможность работы в автоматическом режиме. Этим недостаткам лишен сенсорный метод детектирования ФОВ, однако, широкое применение полупроводниковых сенсоров ограничивает их недостаточные чувствительность и селективность.

В качестве определяемого фосфорорганического соединения был выбран диметилметилфосфонат (ДММФ), широко используемый в качестве вещества, моделирующего ФОВ. Концентрации ДММФ находились в области нижней границы чувствительности сенсоров и составляли не более 10^{-5} г/м³, поэтому для повышения чувствительности сенсорной системы детектирования использовали предварительное адсорбционное концентрирование пробы на оксиде кремния с последующей термодесорбцией. Выбор материала концентратора обусловлен тем, что при нагреве ДММФ полностью десорбируется с поверхности оксида кремния без разложения, не загрязняя его остатками метилфосфоновой кислоты.

Для решения проблемы селективности нами было предложено использовать параллельное детектирование не только самих ФОВ, но и продуктов их каталитического разложения. Одновременное использование двух сенсоров, один из которых стоит в газовой линии после концентратора и чувствителен к ДММФ, а другой находится после катализатора и чувствителен к метиловому спирту, значительно снижает вероятность ложного срабатывания детектирующей системы. Цель настоящего исследования – разработка эффективного катализатора разложения ДММФ.

В ходе работы была приготовлена серия катализаторов, представляющих собой оксиды переходных металлов, нанесенные на оксид кремния. Метод нанесения состоял в пропитке подложки раствором нитрата соответствующего металла с последующей сушкой и прокаливанием при 500°C. Катализаторы были протестированы в следующем эксперименте: пары ДММФ заданной концентрации в смеси с воздухом пропускали через реактор с катализатором в течение 5 минут, после чего реактор быстро нагревался в той же атмосфере до 300°C. На выходе из реактора располагалась ячейка с сенсором, после прохождения через которую состав газа анализировался масс-спектрометрически.

Обнаружено, что наиболее эффективным катализатором разложения ДММФ является оксид ванадия. Превращение ДММФ происходит в интервале температур 200-300°C, что соответствует требованиям процесса; катализатор обладает высокой активностью и стабильностью работы. Предполагаемый механизм процесса состоит в связывании ДММФ путем взаимодействия кислорода Р=О связи с льюисовским центром поверхности и связывания атома фосфора с ОН-группой поверхности. При нагревании выше 200°C происходит отщепление метоксильных групп и их удаление с поверхности в виде метилового спирта, при этом на катализаторе остается метилфосфат.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 06-03-32914 и НАТО 982166.