

СВЧ-ЭНЕРГИЯ

НА СТРАЖЕ ЭКОЛОГИИ

В книге "Руководство по бесплатному путешествию по Галактике" Д.Адамс определил современный подход к проблемам окружающей среды как "область задач кого-то другого". Очень удобный подход, поскольку превращает проблемы экологии в как бы "несуществующие". И он не чужд нашей промышленности, в том числе и оборонной. Вопросы токсичности боевых и отравляющих веществ, переработки отходов, избыточного энергопотребления и прочие обсуждаются с середины 90-х годов. Но мало что делается. Все озабочены состоянием среды обитания, будущим детей, все понимают, что нужно что-то предпринять. Но по-прежнему это проблема кого-то другого. Поэтому несомненный интерес представляют работы, направленные на реальное решение экологических проблем не кем-нибудь, а нами самими. Такие, как представленный здесь специалистами ОАО "Тантал" (Саратов) экологически безопасный метод разрушения структур фосфорорганических отравляющих веществ (ФОВ) и детоксикации хлорсодержащих ядохимикатов с помощью СВЧ-энергии и остекловывания их твердых остатков после термического воздействия на реакционную массу, полученную при химической деструкции ФОВ.

Предложенный метод предусматривает воздействие СВЧ-энергии на помещенное в реактор отравляющее окружающую среду вещество (экоотоксикант) (рис. 1). Для возврата в реактор вещества, успевшего при нагревании в нем испариться до момента разложения, в установке предусмотрен теплообменник. Сбор сконденсированных жидких продуктов разложения осуществляется в сборнике отходов. Газообразные продукты разложения после очистки на фильтре выбрасываются в атмосферу.

Режимы работы и отладка схемы лабораторной установки были отработаны в ходе разложения трибутилфосфата (ТБФ), широко применяемого при производстве различных фосфорорганических ядохимикатов для сельского хозяйства. ТБФ, несмотря на свою малую токсичность, имеет функциональные группы, близкие к отравляющим веществам. По своим физическим свойствам он также близок ФОВ. Поэтому ТБФ и используется в качестве имитатора



Я.Старец, А.Кочергин,
Г.Гундобин, Л.Рассудова

при обработке различных технологических процессов. Молекулярный вес ТБФ равен 266,3, точка кипения – 289°C, плотность и вязкость при 25°C – 0,976 г/см³ и 3,1 сантипуаз, соответственно.

В реактор с 0,5 кг ТБФ подавалась СВЧ-энергия, и процесс разложения контролировался по температуре вещества в реакторе. Для определения полноты деструкции и состава продуктов разложения проводился хроматографический анализ проб, взятых из ре-

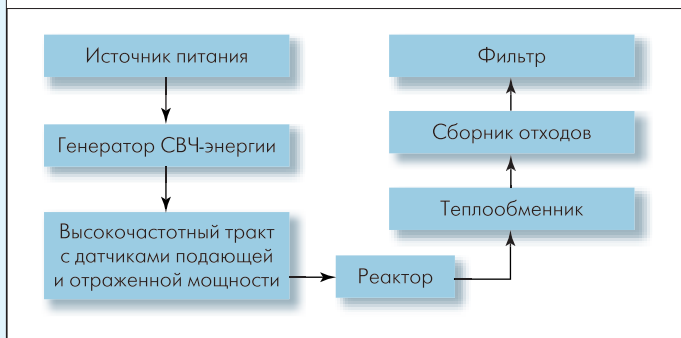


Рис. 1. Блок-схема лабораторной установки

Представляем авторов статьи

СТАРЕЦ Яков Александрович. Доктор технических наук, академик военных наук. Закончил Московский энергетический институт. Более 50 лет возглавлял Саратовское ОКБ "Тантал". Лауреат Государственной премии. Автор более 100 научных публикаций и изобретений в области электроники СВЧ.

КОЧЕРГИН Александр Иванович. Доктор технических наук. Закончил Воронежский технологический институт, инженер-механик химических производств. Специалист в области производства и уничтожения боевых отравляющих веществ. Автор более 80 научных публикаций и изобретений в области военной химии.

ГУНДОБИН Герман Серафимович. Кандидат технических наук. Закончил Саратовский государственный университет, инженер-радиофизик. Лауреат Государственной премии. Специалист в области разработок электронных СВЧ-приборов. Автор более 60 научных публикаций и изобретений в области электроники СВЧ.

РАССУДОВА Лидия Владимировна. Ведущий конструктор. Закончила Саратовский государственный университет, инженер-радиофизик. Ведущий специалист в области разработок электронных СВЧ-приборов. Автор более 10 научных работ и изобретений в области СВЧ-электронных приборов.



актора, теплообменника и сборника отходов. В ходе процесса варьировались падающая и отраженная мощности и одновременно фиксировалось изменение температуры во времени. Чувствительность методик и точность определения вещества находились в пределах 10–4%. Окончание процесса разложения устанавливалось по выходу кривой температуры на асимптотический участок.

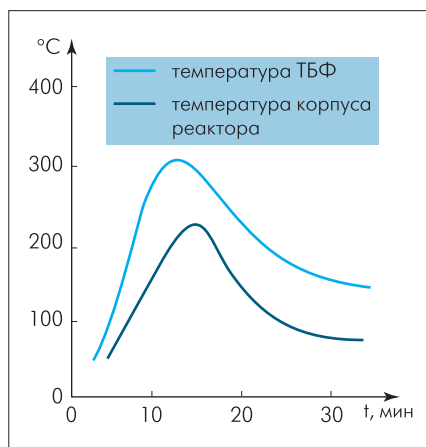


Рис.2. Энергетические параметры процесса

Специфика применения СВЧ-энергии для разложения фосфорорганических экотоксикантов заключается в том, что энергия поглощается непосредственно во всем объеме помещенного в реактор экотоксиканта. Во время процесса стенки реактора нагреваются только от вещества, температура которого под воздействием СВЧ-энергии в течение первых 10 мин после включения СВЧ-генератора резко повышается до 300°C (рис.2). При этом испариться и осесть в теплообменнике успевает практически не более 1% вещества. По достижении температуры разложения происходит деструкция вещества с образованием газообразных и твердых продуктов, количество которых фактически равно его изначальному количеству, подлежащему уничтожению. Глубина разложения исходных веществ такова, что образующиеся продукты по степени экологической опасности сопоставимы с химическими веществами, используемыми в бытовой химии.

Процесс разложения всего объема (т.е. 0,5 кг) ТБФ длится около 30 мин. Анализ продуктов разложения, оставшихся в реакторе, теплообменнике, сборнике отходов и на фильтре, показал следующий материальный баланс процесса:

Вещество	Масса, кг	Содержание, %
Бутанол	0,053	10,6
Изобутан	0,076	15,2
Фосфорная кислота	0,019	3,9
Дибутиловый эфир	0,260	53,7
Продукты типа 2,5-диметилгексен	0,041	6,2
Непредельные углеводы	0,051	10
ТБФ	Следы	0,01–0,02
Всего	0,5	100

Важное достоинство метода — малое энергопотребление: для разложения 1 кг ТБФ достаточно 1,5–2,0 кВт·час. Испытания проводились при воздействии СВЧ-мощности ~120–150 Вт на частоте 2450 ГГц. Источник СВЧ-мощности — магнетронный генератор. Отработанные при разложении ТБФ режимы подачи СВЧ-энергии были использованы и для разложения хлорсодержащих экотоксикантов — протразина и фентиурама массой 15–30 г. Эти экотоксиканты — типичные представители применяемых в сельском хозяйстве пестицидов, накопленных в стране в огромном количестве, часто уже запрещенных к применению или с истекшим сроком хранения. Только в Саратовской области таких веществ около 1000 т.

Эксперименты показали полную идентичность динамики изменения температуры процесса кривой рис.2. Таким образом, предложенный метод воздействия СВЧ-энергией обеспечивает полное разложение фосфорорганических и хлорсодержащих экотоксикан-

тов. При этом он перспективен в экономическом плане, поскольку не приводит к увеличению реакционной массы, малоотходен и не требует больших энергозатрат.

Продуктами детоксикации ядохимикатов после воздействия СВЧ-энергии являются газовые отходы и твердый остаток. Помочь с решением проблемы избавления от твердого остатка вновь может воздействие СВЧ-энергией с целью его остекловывания. При СВЧ-облучении шихты стеклующейся массы с температурой стеклообразования 1075°C был получен твердый стеклообразный материал, схожий с глазурированной плиткой.

Таким образом, предложенный метод воздействия СВЧ-энергии на экотоксиканты экологически безопасен и весьма перспективен для разрушения большого спектра экотоксикантов и утилизации их твердых остатков методом остекловывания.

Исследования "зеленой" технологии дают положительные результаты

Группа исследователей Университета шт. Аризона разрабатывает экологически дружелюбные химические реагенты, пригодные для применения в полупроводниковом производстве и обеспечивающие малые энергозатраты при использовании. С учетом требуемых параметров окружающей среды исследователи сумели подобрать совершенно новые химические реагенты, которые позволили не только снизить неблагоприятные экологические эффекты, но и усовершенствовать технологию изготовления полупроводниковых приборов. В основе полученных решений — результаты изучения на молекулярном уровне свойств поверхности обрабатываемых полупроводниковых пластин. Эти исследования привели к разработке экологически "мягких" процессов обработки полупроводниковых пластин, позволили исключить выделение опасных продуктов химических реакций и отказаться от традиционных методов очистки пластин после обработки.

На основе данных изучения молекулярного взаимодействия химических реагентов и полупроводниковых пластин исследовательская группа предложила метод очистки в газовой среде, позволяющий не изымать пластины из рабочей камеры при проведении любых операций обработки. Разработанный процесс не только исключает загрязнение окружающей среды, но и позволяет сократить трудовые затраты и издержки при очистке, а также применять воду не самой высокой степени чистоты. В новом процессе используется "суперкритичный" диоксид углерода. Суперкритичная материя — вещество, находящееся в фазе, промежуточной между жидкой и твердой, — формируется в условиях сверхвысокого давления — до 70 кг/см² при температуре около 540°C. Такое псевдожидкое вещество характеризуется полным отсутствием поверхностного натяжения при взаимодействии с твердотельной поверхностью, что позволяет ему проникать в глубокие вытравленные окна на поверхности полупроводниковой пластины. Кроме того, благодаря очень низкой вязкости реагент способен растворить большое количество нежелательных "остатков" процесса обработки. Плотность псевдожидкости достаточна для растворения как жидких, так и твердотельных загрязняющих веществ. При снижении давления диоксид углерода вновь переходит в газовую фазу, а собранные им загрязняющие окружающую среду вещества осаждаются. По мнению исследователей, недорогой и нетоксичный процесс очистки в газовой среде весьма перспективен для применения в полупроводниковом производстве.

Сейчас исследовательская группа ищет новые химические композиции, пригодные для нанесения сверхтонких пленок нитридов металла, используемых в современной "медной" технологии для защиты пластин от проникновения в них атомов меди. Изучаются и другие материалы для формирования барьерных слоев, изолирующих затворы транзисторов СБИС.

Исследовательская группа Университета шт. Аризона входит в Технический исследовательский центр экологически дружелюбных процессов обработки полупроводниковых материалов. Финансовую поддержку центру оказывают Национальный научный фонд США и фирма Semiconductor Research. В программах центра участвуют представители Массачусетского технологического института, его Линкольнской лаборатории, Станфордского университета, Берклийского университета шт. Калифорния, Корнеллского университета, Университета шт. Мэриленд.

www.eetimes.com/sbry/OEG20020520S0055