

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ им. У.А. Арифова

На правах рукописи
УДК 537.58:541.183.23:543. 51:547.233:541.124.2.127

САИДУМАРОВ ИЛХОМЖАН МИРАЛИМОВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ДИССОЦИАТИВНОЙ
ПОВЕРХНОСТНОЙ ИОНИЗАЦИИ МНОГОАТОМНЫХ
МОЛЕКУЛ**

01.04.04 – физическая электроника

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

ТАШКЕНТ – 2009

Работа выполнена в Институте электроники им. У.А. Арифова АН РУз.

Научный руководитель доктор физико-математических наук, академик
Расулев Уткур Хасанович

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор
Рисбоев Абдурашит Сарбаевич
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник
Максимов Сергей Евлантиевич

Ведущая организация Национальный Университет Узбекистана

Защита состоится «___»_____2009 г. в _____ часов на заседании
специализированного совета Д 015.23.01 при Институте электроники им.
У.А. Арифова АН РУз по адресу: 100125, Ташкент, Академгородок, ул.
Дурмон йули, 33. Тел.: (998-71) 262-79-40, факс: (998-71) 262-87-67.
E-mail: aie@aie.uz

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института электроники
им. У.А. Арифова АН РУз.

Автореферат разослан «___»_____2009 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат физико-математических наук

Б.Г. Атабаев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Развитие физической электроники в последние годы характеризуется переходом от достаточно развитых исследований взаимодействия атомных частиц между собой и с поверхностью твердого тела к исследованиям процессов, связанных с взаимодействием комплексов атомных частиц. Сюда относятся, например, исследования адсорбции сложных молекул, кластерообразование, взаимодействие ускоренных молекулярных частиц с твердым телом, вызванные этим нелинейные и неаддитивные эффекты катодного распыления.

Поверхностная ионизация (ПВИ) многоатомных частиц к настоящему времени изучена достаточно хорошо: выявлены основные закономерности процессов адсорбции, диссоциации исходных молекул с образованием ионизируемых продуктов для разных классов органических соединений, получены выражения для ионных токов. Однако, по экспериментальным зависимостям не всегда можно однозначно находить характеристики отдельных этапов ионообразования, так как измеряемая в экспериментах величина ионного тока зависит, по крайней мере, как от константы скорости химических реакций в адсорбированном слое, так и от константы скорости термодесорбции в заряженном и нейтральном состояниях продуктов реакций, образующихся в адсорбированном слое. В последние годы особое развитие получили исследования поверхностной ионизации в нестационарных условиях. Систему адсорбат-адсорбент выводят каким-либо образом из состояния равновесия и исследуют релаксационные процессы перехода ее в новое равновесное состояние, что позволяет получать богатую информацию о кинетике гетерогенных процессов. При ПВИ нестационарные условия могут быть созданы путем изменения падающего на эмиттер потока частиц ν (метод модуляции потока (ММП)), резким изменением условий отбора ионов путем изменения внешнего электрического поля (метод модуляции напряжения (ММН)) и резким изменением температуры поверхности (метод модуляции температуры (ММТ)). Можно предположить, что если процесс ионообразования включает последовательность ряда стадий, то при определенных условиях с помощью исследования нестационарных процессов можно выделить отдельные этапы, приводящих к ионообразованию.

В настоящее время, используя нестационарные процессы ПВИ органических соединений, получают информацию о кинетике процессов термодесорбции многоатомных частиц, определяют важнейшие характеристики термической десорбции частиц: константу скорости термодесорбции частиц в виде ионов K_i^+ нейтрале $K_i^0 + \sum_m K_{im}^d$ и реакций диссоциации $\sum_m K_i^d$ (или, соответственно, среднее время жизни частиц на

поверхности $\tau_i^+ = \frac{1}{K_i^+}$, и $\tau^* = \tau_i^0 + \tau_i^d = \frac{1}{K_i^0 + \sum_m K_i^d}$), а также соответствующие

энергии активации термодесорбции частиц E^+ и E^* и энтропийные множители C и D^* .

Степень изученности проблемы. Теоретически рассмотрен метод модуляции напряжения (ММН) применительно к диссоциативной поверхностной ионизации многоатомных частиц [1]. Найдено, что при определенных условиях можно по релаксации тока ионов продуктов реакции диссоциации исходных молекул определять времена жизни (константы скорости) на поверхности, энергию активации десорбции и энтропийные множители. Экспериментально были определены кинетические характеристики термодесорбции ионов $(C_2H_5)_2N^+CH_2$ и $(C_2H_5)_2N^+C_2H_4$ при ПВИ триэтиламина на окисленном вольфраме.

В отличие от ММН, при использовании ММП релаксация тока ионов – продуктов реакции диссоциации исходных молекул сложным образом зависит от констант скоростей десорбции и химических реакций исходных молекул и продуктов их превращений в адсорбированном слое [2,3]. Полученные экспериментальные данные были неоднозначны, поэтому не могли быть отнесены ни к ионам исходных молекул, ни к ионам продуктов реакции диссоциации исходных молекул. Для прояснения этих неопределенностей требовались дополнительные сведения. Таковые сведения, по нашему мнению, могут быть получены при изучении нестационарных процессов диссоциативной ПВИ с использованием в единых экспериментальных условиях ММН и ММП.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Тема диссертации непосредственно связана с тематическими заданиями Государственной научно-фундаментальной программы «№Ф-2.1.7», выполненной в 2003-2007г, Гранта фундаментальных исследований «ФА-Ф2-Ф094» 2007-2011г.г., Гранта USAID TA-MOU-03-CA23-005 2006-2008г.г., Фонда поддержки фундаментальных исследований №43-02 выполненной в 2002-2003г. и №34-08 по 2008-2009г.

Цель исследования. Целью настоящей работы являлось исследование кинетики диссоциативной поверхностной ионизации многоатомных молекул азотистых оснований, выявление принципиальной возможности экспериментального определения кинетики всего процесса диссоциативной ПВИ: кинетических характеристик гетерогенной реакции диссоциации исходных молекул и кинетических характеристик термодесорбции продуктов этих реакций.

Задачи исследования:

а) рассмотреть методы модуляции напряжения и потока в условиях диссоциативной ПВИ многоатомных молекул и выявить критерии, которые позволили бы определить кинетические характеристики гетерогенной

реакции диссоциации на поверхности и термодесорбции продуктов этой реакции;

б) усовершенствовать экспериментальную установку и методы, которые позволяют в единых экспериментальных условиях исследовать диссоциативную ПВИ нестационарными методами ПВИ – методом МН и методом МП;

в) экспериментально определить кинетические характеристики диссоциативной ПВИ – характеристическое время и энергию активации реакции диссоциации различных многоатомных молекул на поверхности окисленного вольфрама и кинетические характеристики термодесорбции продуктов этой реакции.

Объектами исследования были выбраны молекулы имипрамина $C_{19}H_{24}N_2$, амитриптилина $C_{20}H_{23}N$, новокаина $C_{13}H_{20}N_2O_2$, тетраэтиламмоний хлорида $(C_2H_5)_4NCl^-$ и лидокаина $C_{14}H_{22}N_2O$, которые в соответствии с установленными ранее закономерностями ПВИ азотистых оснований эффективно ионизируются путем ПВИ с образованием ионов $(CH_3)_2N^+ = CH_2$, $(C_2H_5)_2N^+ = CH_2$ и $(C_2H_5)_2N^+C_2H_4$. При этом эти соединения труднолетучие, и потоки их молекул на поверхность эмиттера можно получить путем их испарения из Кнудсеновской ячейки.

Методы исследования. Диссоциативная ПВИ многоатомных молекул была исследована нестационарными методами ПВИ – методом модуляции напряжения и модуляции потока. Использовалась сверхвысоковакуумная масс-спектрометрическая установка с экспериментальными методами и техникой прерывания потока и модуляции напряжения.

Эмиттер был помещен в «черную камеру», все стенки которой охлаждались жидким азотом. Поэтому на эмиттер поступали только молекулы, «прямосмотрящие» из отверстия Кнудсеновской ячейки на центральную часть эмиттера.

Для контроля термоэмиссионных и адсорбционных свойств адсорбента был использован усовершенствованный метод модуляции напряжения.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Результаты рассмотрения ММН и ММП применительно к диссоциативной ПВИ, и определены условия, при которых изучение диссоциативной ПВИ молекул в единых экспериментальных условиях методами модуляции напряжения и модуляции потока позволяет по релаксации тока ионов продуктов диссоциации исходных молекул определить как кинетические характеристики гетерогенной реакции диссоциации молекул, так и кинетические характеристики термодесорбции продуктов этой реакции.
2. Усовершенствованна сверхвысоковакуумная экспериментальная масс-спектрометрическая установка с «черной камерой» для исследования

диссоциативной поверхностной ионизации многоатомных молекул и разработана методика исследования нестационарных процессов поверхностной ионизации многоатомных частиц в единых условиях эксперимента обоими методами (ММП и ММН).

3. Результаты изучения диссоциативной поверхностной ионизации многоатомных молекул имиπραмина, амитриптилина, новокаина, лидокаина и тетраэтиламмоний хлорида на поверхности окисленного вольфрама и определения кинетических характеристик термодесорбции продуктов химических превращений методом модуляции напряжения.
4. Независимость коэффициента и степени ПВИ одних и тех же частиц при ионизации на одном и том же эмиттере от природы (путей) происхождения этих частиц на поверхности.
5. Результаты исследования диссоциативной ПВИ в условиях создаваемыми ММН и ММП, и определения кинетических характеристик гетерогенной реакции диссоциации молекул имипрамина, амитриптилина, новокаина, тетраэтиламмоний хлорида и лидокаина на поверхности окисленного вольфрама по связям $(C - C)_\beta$ и $(C - H)_\beta$.

Научная новизна:

1. Рассмотрены методы модуляции напряжения и потока в единых экспериментальных условиях диссоциативной ПВИ многоатомных молекул, найдены критерии, когда в условиях ММН релаксация тока ПВИ несет информацию о кинетических характеристиках термодесорбции ионизируемых продуктов реакции диссоциации поступающих на поверхность многоатомных молекул, найдены условия при выполнении которых релаксация ионного тока в методе модуляции потока определяется кинетикой гетерогенной реакции диссоциации исходных многоатомных молекул.

2. Впервые исследована диссоциативная ПВИ многоатомных молекул имипрамина ($C_{19}H_{24}N_2$), амитриптилина ($C_{20}H_{23}N$), новокаина ($C_{13}H_{20}N_2O_2$), тетраэтиламмоний хлорида $((C_2H_5)_4N^+Cl^-)$ и лидокаина ($C_{14}H_{22}N_2O$) стационарными и нестационарными методами ПВИ: получены масс-спектры, температурные зависимости тока ионов, экспериментально определены коэффициенты ионизации β^* , кинетические характеристики термодесорбции ионов радикалов $(CH_3)_2N^+ = CH_2$, $(C_2H_5)_2N^+ = CH_2$ и $(C_2H_5)_2N^+C_2H_4$ — продуктов гетерогенной реакции диссоциации этих молекул на поверхности окисленного вольфрама по связям $(C - C)_\beta$ и $(C - H)_\beta$.

3. Впервые экспериментально определены кинетические характеристики гетерогенной реакции диссоциации многоатомных молекул имипрамина, амитриптилина, новокаина, тетраэтиламмоний хлорида и лидокаина с

разрывами $(C - C)_\beta$ и $(C - H)_\beta$ связей с образованием эффективно ионизируемых в виде ионов $(CH_3)_2N^+ = CH_2$, $(C_2H_5)_2N^+ = CH_2$ и $(C_2H_5)_2N^+C_2H_4$ радикалов: константы скоростей и энергии активации реакции диссоциации исходных адсорбированных молекул.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная ценность работы заключается в том, что экспериментально полученные результаты: коэффициенты ПВИ, константы скоростей, энергии активации и предэкспоненциальные множители термодесорбции и гетерогенной реакции диссоциации многоатомных молекул, выявленные их зависимости от физико-химических свойств молекулы и термоэмиссионных свойств адсорбента дают информацию о взаимодействии частиц с поверхностью твердого тела, имеющую не только фундаментальное значение, например, для понимания механизма ионообразования, гетерогенного катализа, но и для работы ПВИ приборов.

Практическая значимость:

1. Усовершенствована сверхвысоковакуумная масс-спектрометрическая установка с «черной» камерой для исследования нестационарных процессов ПВИ при адсорбции многоатомных органических молекул азотистых оснований, позволяющая в единых условиях опытов использовать усовершенствованные методы модуляции потока и модуляции напряжения с контролем термоэмиссионных и адсорбционных свойств адсорбента.
2. Предложен метод определения кинетических характеристик гетерогенной реакции диссоциации многоатомных молекул при исследовании диссоциативной ПВИ.
3. Определены кинетические характеристики гетерогенной реакции диссоциации многоатомных молекул азотистых оснований, имеющие важное значение не только для гетерогенного катализа, но и для ряда прикладных задач. Например, от кинетики процессов, протекающих на поверхности, зависит работа разрабатываемых поверхностно-ионизационных приборов, предназначенных для чувствительного определения, например, наркотиков и других злоупотребляемых лекарственных веществ в различных средах, включая биопробы пользователей этих веществ.

Реализация результатов работы. Данные кинетических характеристик процессов для различных систем адсорбент-адсорбат и выявление взаимосвязи кинетических характеристик с составом и электронной структурой адсорбата и адсорбента имеют не только важную научную значимость в фундаментальных вопросах гетерогенного катализа, но могут позволить решать практические задачи при подборе условий для направленного изменения хода и выхода гетерогенных реакций. Предложенная методика определения кинетических характеристик взаимодействия многоатомных частиц с поверхностью твердого тела может

быть использована для подготовки бакалавров и магистров по специальности «Физическая электроника».

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на Международных и Республиканских конференциях: 11th European Conference on Applications of Surface and Interface Analysis. Vienna, Sept. 25-30, 2005; Europe Vacuum Congress. Berlin. 2003; XXXVIII международной конференции «По физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами» (г. Москва, Россия, 2008); XXIII Международной конференции «Эмиссионная электроника, новые методы и технологии» (г. Ташкент, Узбекистан, 1997); II, III, IV Республиканских конференциях по физической электронике (г. Ташкент, 1999, 2002, 2005 г.г.); Республиканской конференции молодых физиков Узбекистана (г. Ташкент, 2002, 2004 г.г., г. Самарканд, 2008 г.); V- Республиканской научной конференции “Ўзбекистон мустақиллиги - унинг фани ва технологияларини ривожлантириш кафолати”, (Тошкент, 2001 г.); конференции посвященной 60- летию Академии наук Республики Узбекистан и Физико- технического института. 27-28 ноября. Ташкент 2003 г.; IV- Республиканской научной конференции «Хозирги замон физикасининг долзарб муаммолари», (Термиз, 2008); Республиканской конференции посвященной 600- летию М. Улугбека. II часть (15-17 октября, г. Гулистон, 1994); а также на научных семинарах Института электроники АН РУз, кафедрах физической электроники Национального Университета и Ташкентского Государственного Технического Университета.

Опубликованность результатов. По материалам диссертации имеются 19 публикаций, из них 3 статьи в международных и отечественных научных журналах, 2 статьи в сборниках трудов конференций и симпозиумов, 14 тезисов докладов на международных и республиканских конференциях.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения с выводами. Она изложена на 142 страницах и включает: основную часть - 126 страниц, в т.ч. 5 таблиц, 38 рисунков на 33 страницах, список литературы 108 наименований на 14 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы исследований, определены цель и задача работы, показаны ее научная новизна и практическая ценность, изложены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена обзору теоретических и экспериментальных работ, связанных с исследованием поверхностной ионизации молекул в стационарных и нестационарных условиях. Из обзора работ по изотермическим методам создания нестационарных процессов

применительно к многоатомным частицам следует, что изменение поверхностной концентрации $N(t)$ определяется уравнением непрерывности

$$\frac{dN(t)}{dt} - K(T)N(T) = \nu$$

где ν - падающий на поверхность поток молекул, $K(T)$ - вероятность убыли частиц с поверхности адсорбента или сумма констант скоростей всех гетерогенных процессов, влияющих на поверхностную концентрацию ионизируемых частиц.

Решение этого уравнения непрерывности для ПВИ молекул демонстрирует сложную зависимость релаксации ионного тока. При использовании ММН применительно к ПВИ продуктов диссоциации исходных молекул, при выполнении $K_M^+ \ll K_M^0 + K_M^d$, то есть когда десорбция молекулярных ионов практически не наблюдается, релаксация ионного тока определяется константой скорости термодесорбции ионизируемых частиц $\Delta I_i \sim \Delta n_i = \Delta n_{\max} \exp(-K_i(T) \cdot t)$.

Таким образом, при диссоциативной ПВИ молекул в условиях ММН спад ионного тока всегда определяется константой скорости термодесорбции молекул или продуктов реакции диссоциации молекул на поверхности.

При использовании ММП применительно к ПВИ молекул решение уравнения непрерывности для эффективно ионизирующихся частиц – продуктов реакции диссоциации молекул на поверхности имеет следующий вид:

$$n_i(t) = \frac{N_0 K_{\text{мол} \cdot i}^d}{K_i(T)} e^{-K_i(T)t} + \frac{N_0 K_{\text{мол} \cdot i}^d}{K_i(T) - K(T)} [e^{-K(T)t} - e^{-K_i(T)t}]$$

Из решения видно, что при ионизации молекулярных потоков в общем случае спад ионного тока не является экспоненциальной функцией, причем скорость спада зависит от всех процессов, приводящих к убыли молекул и регистрируемых частиц. Однако, если получаемые в опытах зависимости $\ln i_i(T) = f(t)$ или $\ln \delta \cdot i_i(t) = f(t)$ линейны, то это означает, что в выражениях для $n_i(t)$ главенствующую роль играет один из входящих в них членов. Это может быть в двух случаях:

1. $K(T) \ll K_i(T)$, т.е. среднее время жизни молекул больше чем среднее время жизни радикалов $\bar{\tau}(T) \gg \bar{\tau}_i(T)$. В этом случае решение уравнения имеет вид $n_i(t) \cong n_{0i} e^{-K(T)t}$, и по изменению во времени i радикалов определяются вероятность убыли и среднее время жизни на эмиттере молекул.
2. При $K(T) \gg K_i(T)$ т.е. $\bar{\tau}(T) \ll \bar{\tau}_i(T)$, решение имеет вид $n_i(t) = n_{0i} e^{-K_i(T)t}$, и только в этом случае по релаксации ионного тока i частиц находят вероятность убыли или среднее время жизни именно этих i частиц. Чтобы установить, определяются ли по зависимостям $\ln i_i(T) = f(t)$ величины, относящиеся к радикалам или к молекулам, нужны дополнительные сведения.

На основе проведенного анализа теоретических и экспериментальных работ сформулированы цель и задачи. Целью настоящей работы являлось исследование кинетики диссоциативной поверхностной ионизации многоатомных молекул азотистых оснований. Для этого необходимо было решить следующие задачи: рассмотреть методы модуляции напряжения и потока в условиях диссоциативной ПВИ многоатомных молекул и выявить критерии, которые позволили бы определить кинетические характеристики гетерогенной реакции диссоциации на поверхности и термодесорбции продуктов этой реакции, усовершенствовать экспериментальную установку и методы, которые позволяют в единых экспериментальных условиях исследовать диссоциативную ПВИ нестационарными методами ПВИ, экспериментально определить кинетические характеристики диссоциативной ПВИ.

Вторая глава диссертации посвящена описанию экспериментальной установки и методик измерений. Для исследования ПВИ многоатомных частиц нестационарными методами требуется специальная масс-спектрометрическая установка. Для обеспечения этих требований была разработана сверхвысоковакуумная масс-спектрометрическая установка с «черной» камерой для исследования нестационарных процессов ПВИ, позволяющая в единых условиях опытов использовать усовершенствованные методы модуляции потока и модуляции напряжения с контролем термоэмиссионных и адсорбционных свойства адсорбента. Она включает в себя как известные технические требования, описанные ранее в работах, так и новые.

Использовалась высоковакуумная масс-спектрометрическая установка с использованием масс-спектрометра MX-7304 (τ -спектрометр). Эмиттером (адсорбентом) служила вольфрамовая лента толщиной 10 мкм, длиной 40 мм и шириной 1 мм. После высокотемпературного отжига и текстурирования она окислялась и имела работы выхода $\phi_u^* \cong 6.5 \text{ эВ}$ и $\phi_s^* \cong 5.8 \text{ эВ}$. Температура эмиттера измерялась с помощью микропирометра ВИМП-015М.

Потоки адсорбата получали путем испарения веществ из кнудсеновских ячеек, выполненных из кварцевого стекла. Прерывание потока молекул (ММП) обеспечивалось металлической заслонкой с электромагнитным приводом, управляемым электронной схемой, время перекрытия потока была 1 мс, частота и скважность модуляции потока были регулируемыми. Эмиттер был помещен в «черную» камеру (рис.1), все стенки которой охлаждались жидким азотом. Поэтому на эмиттер поступали только молекулы «прямо смотрящие» из отверстия кнудсеновской ячейки на центральную часть эмиттера. Остальные и рассеянные молекулы замораживались на стенке «черной» камеры. Поток молекул прерывался полностью, фоновый ток отсутствовал. Остаточное давление в приборе было $\sim 10^{-6}$ Па.

Для обеспечения режима модуляции напряжения импульсы модулирующего напряжения подавались на электроды с триггера Шмита, управляемого задающим генератором, с регулируемым временем запираия ионов, со времени установления сигнала задержки не более 10^{-5} сек.

Принимались специальные меры для предотвращения «отравления»

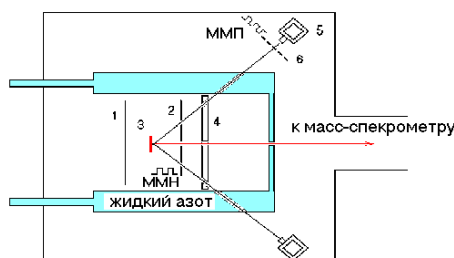


Рис.1. «Черная камера»: 1-модулирующие электроды; 2- фокусирующий электрод; 3- эмиттер ионов; 4- жидкий азот; 5- Кнудсеновская ячейка; 6- перекрывающая платина.

эмиттера продуктами разложения на нем исследуемых молекул: использовались минимальные потоки исследуемых молекул на поверхность, была предусмотрена возможность подачи на поверхность эмиттера потока кислорода ($\sim 5 \cdot 10^{13} \text{ мол} / \text{см}^2 \text{ сек}$), осуществлялся контроль возможности результатов полученных при адсорбции отравления путем сравнения сложных исследуемых молекул с результатами, в т.ч. полученными ранее, при адсорбции молекул с существенно меньшими числом атомов углерода например, результаты адсорбции имиπραмина и триметиламина с получением ионов $\text{CH}_2 = \text{N}^+(\text{CH}_3)_2$ или новокаина и триэтиламина с получением ионов $\text{CH}_2 = \text{N}^+(\text{C}_2\text{H}_5)_3$.

С целью проверки экспериментальной установки и методики в опытах по изучению диссоциативной поверхностной ионизации была исследована диссоциативная поверхностная ионизация двухатомных молекул CsCl методами МП и МН в единых условиях эксперимента. Полученные результаты по исследованию диссоциативной ПВИ двухатомных молекул CsCl на поверхности Mo показали достоверность экспериментальной методики, а также подтверждали правильность используемых методов контроля эмиссионной и адсорбционной однородности используемого адсорбента.

В третьей главе приведены результаты экспериментального исследования диссоциативной поверхностной ионизации многоатомных молекул имипрамина, амитриптилина, новокаина, тетроэтиламмоний хлорида и лидокаина в стационарных условиях и в условиях модуляции напряжения. Полученные ПВИ масс-спектры показали, что при адсорбции молекул амитриптилина и имипрамина базовыми линиями являются линии

ионов радикалов $(CH_3)_2N^+CH_2$ с $m/z = 58$, а при адсорбции молекул новокаина, тетраэтиламмоний хлорида и лидокаина базовыми являются линии ионов радикалов $(C_2H_5)_2N^+CH_2$ с $m/z = 86$ и $(C_2H_5)_2N^+C_2H_4$ с $m/z = 100$.

Все исследованные радикалы – продукты реакции диссоциации молекул ионизируются с высокой эффективностью, их коэффициент ПВИ β , определенный методом модуляции напряжения, составлял $0,70 \div 0,86$ в интервале температур эксперимента.

Молекулярные ионы отсутствуют, это означает, что выполняется условие $K_M^+ \ll K_M^0 + K_M^d$. Поэтому спад ионного тока в условиях модуляции напряжения определяется кинетикой термодесорбции ионов. Полученные ММН значения констант скорости термодесорбции K^+ и энергии активации E^+ для десорбции ионов $(CH_3)_2NCH_2^+$ с $m/z = 58$ при адсорбции молекул имипрамина и амитриптилина, и ионов $(C_2H_5)_2NCH_2^+$ с $m/z = 86$ и $(C_2H_5)_2NC_2H_4^+$ с $m/z = 100$ при адсорбции молекул новокаина, тетраэтиламмоний хлорида и лидокаина хорошо согласуются между собой и с результатами, полученными для десорбции тех же ионов, полученных при адсорбции других молекул. Это подтверждает одно из основных условий равновесного процесса ПВИ – степень α (коэффициент β) ПВИ одних и тех же частиц на одной и той же поверхности эмиттера одинаков и не зависит от способа образования этих частиц на поверхности эмиттера.

В четвертой главе приведены результаты исследования диссоциативной ПВИ тех же молекул на той же поверхности эмиттера в условиях нестационарности, создаваемой методом модуляции потока. При этом, в соответствии с ранее сказанным, мы стремились создать те же экспериментальные условия, которые были использованы при исследованиях метода модуляции напряжения (температура эмиттера, степень покрытия поверхности эмиттера, вакуума).

Из полученных результатов по определению времени жизни частиц ММП было видно, что во всем температурном интервале эксперимента полученные средние времена жизни $\tau_{ММП} = \frac{1}{K_{ММП}}$ в $3 \div 5$ раза больше, чем

времена определенные в ММН $\tau_{ММН} = \frac{1}{K_{ММН}}$, спад ионного тока радикалов

$(CH_3)_2NCH_2^+$ с $m/z = 58$, $(C_2H_5)_2NCH_2^+$ с $m/z = 86$ и $(C_2H_5)_2NC_2H_4^+$ с $m/z = 100$ и в случае ММП экспоненциальный. Это говорит о том, данном случае один из процессов являются лимитирующим (либо время жизни частиц на поверхности, либо характеристическое время гетерогенной реакции диссоциации молекул на поверхности). Это свидетельствует о том, что в эксперименте имеет место, как следует из рассмотрения $n_i(t) \sim A \exp[-K_M(T)t] + B \exp[-K_i(T) \cdot t]$, случай $I_i(t) \sim n_i(t) \sim A \exp[-K_M(T) \cdot t]$, когда $\tau_M \gg \tau_i$ ($K_M \ll K_i$). Если в качестве системы адсорбат-адсорбент выбрать

случай легкоионизируемой диссоциативной ПВИ, когда $(K_M^+ + K_M^0) \ll K_M^d$, то $K_M \cong K_M^d$ и $I_i(t) \sim n_i(t) \sim A \exp[-K_M^d(T)t]$. Поэтому в методе модуляции потока скорость релаксационного процесса определяется более медленным этапом в ионообразовании, и учитывая, что в обоих случаях

Определение характеристик взаимодействия частиц с поверхностью окисленного вольфрама

Вещества	Десорб. ионы	Диап. темп. (К)	E^+ eV	lg C	E^d eV	lg G	E^{0+} eV	lg D	β^+
Имипрамин $C_{19}H_{24}N_2$	$CH_2=N^+\begin{matrix} \diagup CH_3 \\ \diagdown CH_3 \end{matrix}$	730-788	1.65	12.5	1.25	10.7	1.75	13.1	0.86
Амитриптилин на $C_{20}H_{23}N$	$CH_2=N^+\begin{matrix} \diagup CH_3 \\ \diagdown CH_3 \end{matrix}$	720-788	1.65	12.6	1.40	11.3	1.7	13.1	0.70
Лидокаин $C_{14}H_{22}N_2O$	$CH_2=N^+\begin{matrix} \diagup C_2H_5 \\ \diagdown C_2H_5 \end{matrix}$	785-835	1.35	12.5	1.10	10.5	2.0	14.0	0.72
Тетраэтиламмоний хлорида $C_8H_{20}NCl$	$CH_2=N^+\begin{matrix} \diagup C_2H_5 \\ \diagdown C_2H_5 \end{matrix}$	720-788	1.4	11.3	1.10	9.6	1.5	12.0	0.75
Тетраэтиламмоний хлорида $C_8H_{20}NCl$	$CHCH_3=N^+\begin{matrix} \diagup C_2H_5 \\ \diagdown C_2H_5 \end{matrix}$	685-730	1.1	9.8	0.9	8.2	-	-	0.70
Новокаин $C_{13}H_{20}N_2O_2$	$CH_2=N^+\begin{matrix} \diagup C_2H_5 \\ \diagdown C_2H_5 \end{matrix}$	690-762	1.25	11.8	1.0	9.8	1.45	11.4	0.70
Новокаин $C_{13}H_{20}N_2O_2$	$CHCH_3=N^+\begin{matrix} \diagup C_2H_5 \\ \diagdown C_2H_5 \end{matrix}$	795-830	1.05	10.0	0.9	8.8	-	-	0.65

графики зависимости $\ln \Delta i(t) = f(t)$ линейны, полученные результаты в ММП можно отнести к величине $\tau_d = \frac{1}{K_M^d}$ в адсорбированном слое. В ММН

всплески ионных токов наблюдались при адсорбции всех исследованных органических молекул. Однако, эти всплески токов наблюдались только в узком температурном интервале ($\Delta T = (60 \div 80) K$). Но следует отметить, что в этом интервале температур временные зависимости тока ионов были экспоненциальными и изменялись только при изменении температуры. При $T = const$ результаты были повторяемые. Кроме того, во всех случаях токи молекулярных ионов были намного меньше, чем токи ионов исследуемых радикалов. Поэтому для осмысления полученных результатов мы провели

сравнение результатов, полученных в ММП, с результатами, полученными в ММН. По графикам Аррениуса $\lg [K_i(T)\beta^*(T)] = \lg K_i^+ = f\left(\frac{1}{T}\right)$ в ММН были найдены E_i^+ и S , а по графикам Аррениуса $\lg K^d = f\left(\frac{1}{T}\right)$ в ММП были найдены значения E^d и G . В таблице обобщены результаты определений кинетических характеристик для частиц, образующихся на поверхности окисленного вольфрама при адсорбции некоторых аминов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведем главные результаты работы:

1. Рассмотрены нестационарные процессы диссоциативной поверхностной ионизации многоатомных молекул в условиях модуляции напряжения и потока, найдены условия, при выполнении которых при диссоциативной поверхностной ионизации многоатомных молекул в одинаковых условиях эксперимента обоими методами (ММН и ММП) могут быть определены кинетические характеристики диссоциативной поверхностной ионизации: константа скорости и энергии активации гетерогенной реакции диссоциации исходных молекул, константа скорости и энергии активации термодесорбции продуктов этой реакции и соответствующие энтропийные множители в кинетическом уравнении непрерывности поверхностной концентрации.
2. Развита экспериментальная методика модуляции потока и напряжения, применительно к диссоциативной поверхностной ионизации органических молекул; создана высоковакуумная масс-спектрометрическая установка с «черной камерой» для исследования нестационарных процессов ПВИ методами модуляции напряжения и модуляции потока. Методика экспериментально проверена путем исследования диссоциативной поверхностной ионизации молекул $CsCl$ на поверхности $Mo(100)$ методами модуляции напряжения и модуляции потока, и по релаксации тока ионов Cs^+ в ММН определены теплоты десорбции иона I^+ и атома I^0 цезия с поверхности $Mo(100)$, которые соотносятся между собой по Шоттки, а по релаксации тока ионов Cs^+ в ММП получены характеристическое время $\tau^d = \frac{1}{K^d}$ и энергия активации гетерогенной реакции диссоциации молекул $CsCl$ на поверхности $Mo(100)$, которая равна энергии диссоциации димера $(CsCl)_2$ в объеме.
3. Впервые исследованы нестационарные процессы диссоциативной ПВИ многоатомных молекул имипрамина ($C_{19}H_{24}N_2$), амитриптилина ($C_{20}H_{23}N$), новокаина ($C_{13}H_{20}N_2O_2$), тетраэтиламмоний хлорида ($C_8H_{20}NCl^-$) и лидокаина ($C_{14}H_{22}N_2O$) методами модуляции напряжения. Определены

коэффициенты ПВИ радикалов $(CH_3)_2N^+CH_2$, $(C_2H_5)_2N^+CH_2$ и $(C_2H_5)_2N^+C_2H_4$ продуктов реакции диссоциации исходных молекул β_i , средние времена жизни этих частиц на поверхности по отношению к их термодесорбции $\bar{\tau}(T) = \frac{1}{K(T)} = \tau^+(T) + [\tau^0(T) + \tau_i^d(T)]$, или константы скоростей

термодесорбции в заряженном состоянии K^+ и в нейтральном состояниях $K^0 + K_i^d$, энергии активации термодесорбции частиц в ионном E^+ и нейтральном E^0 состоянии, соответствующие предэкспоненциальные множители C и D в кинетическом уравнении термодесорбции.

4. Впервые экспериментально исследована диссоциативная поверхностная ионизация многоатомных молекул имипрамина, амитриптилина, новокаина, лидокаина и тетраэтиламмоний хлорида в условиях метода модуляции потока. Характеристические времена жизни частиц, определенные в единых условиях эксперимента методами модуляции потока и напряжения, отличаются между собой, причем $\tau_{ММП} > \tau_{ММН}$ и это свидетельствует о том, что релаксационный процесс кинетики гетерогенной реакции диссоциации молекул на поверхности вносит решающий вклад в изменении поверхностной концентрации частиц.

Экспериментально определены кинетические характеристики гетерогенной реакции диссоциации многоатомных органических молекул имипрамина, амитриптилина, новокаина, тетраэтиламмоний хлорида и лидокаина: константы скоростей K^d и энергии активации реакции диссоциации исходных адсорбированных молекул по $(C - C)_\beta$ связи с образованием ионизируемых радикалов в виде ионов $(CH_3)_2N^+ = CH_2$ и $(C_2H_5)_2N^+ = CH_2$ и по $(C - H)_\beta$ связи с образованием ионизируемых радикалов в виде ионов $(C_2H_5)_2N^+C_2H_4$.

Работа представляет интерес для специалистов в области эмиссионной электроники и гетерогенного катализа, газоаналитического поверхностно-ионизационного приборостроения.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Rakhmanov G.T., Rasulev U.Kh., Saidumarov I.M. Application of surface ionization to determine rate constant and activation energy of dissociation reactions of nitrogen base polyatomic molecules on W oxides // Surface and Interface Analysis. – 2006, Volume 38. – P. 219-223.
2. Расулев У.Х., Рахманов Г.Т., Саидумаров И.М. Определения кинетических характеристик термодесорбции атомов и ионов Cs при адсорбции молекул CsCl на грани (100) монокристалла Мо // Узбекский физический журнал. – Ташкент, 1997. - № 4. – С. 85-86.

3. Рахманов Г.Т., Саидумаров И.М., Худоева Х.К. и академик Расулев У.Х. Определение кинетики диссоциативной поверхностной ионизации молекул новокаина и лидокаина на окислах вольфрама // Доклады АНРУз. – Ташкент, 2008. – № 5. – С. 26-29.
4. Расулев У.Х., Рахмонов Г.Т., Саидумаров И.М. Определение константы скоростей и энергий активаций гетерогенной реакции диссоциации многоатомных молекул азотистых оснований и термодесорбции ее продуктов. «Фундаментальные и прикладные вопросы физики» // Труды конференции посвященной 60- летию Академии наук Республики Узбекистан и Физико- технического института. – Ташкент, 2003. – С. 459-461.
5. Саидумаров И.М.. Каттик жисмлар сиртидаги молекуляр зарраларнинг кинетик характеристикаларини температурани бошқариш усули ердамида урганиш. Ўзбекистон мустақиллиги, унинг фани ва технологияларини ривожлантириш кафолати // V Республика илмий конференцияси. – Тошкент, 2001– С. 39-42.
6. Rakhmanov G.T., Rasulev U.Kh. and Saidumarov I.M.. Application of surface ionization to determine rate constant and activation energy of dissociation reactions of nitrogen base polyatomic molecules on W oxides // ECASIA'05. - Book of Abstracts . 25-30 Sept. 2005. Vienna. - P.151.
7. Rasulev U.Kh., Rahmanov G.T., Saidumarov I.M.. Determination of kinetic characteristics of heterogeneous reactions of polyatomic nitrogen bases and thermodesorption of reaction products // Europe Vacuum Conference. . 23-26 June 2003. Berlin. - P.286.
8. Рахманов Г.Т., Саидумаров И.М., Худоева Х.К.. Определение кинетики процесса диссоциативной поверхностной ионизации многоатомных молекул. XXXVIII международная конференции по физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами // Межд. конф. по взаимодействию заряженных частиц с поверхностью: Тез. докл. – Москва, 27-29 мая 2008.– С. 125.
9. Saidumarov I.M.. Determination of kinetic characteristics of heterogeneous reactions of nitrogen base polyatomic molecules on w oxides // XXV International Conference on Photonic, Elektronik and Atomic Collisions. 25-31 July 2007. Freiburg, Germany. - CD, ICPEAC, Th 132.
10. Саидумаров И.М., Рахмонов Г.Т., Расулев У.Х. Определение характеристического времени и энергии активации реакции диссоциации многоатомных молекул на поверхности окисленного вольфрама // IV Респ. Кон. по эмиссионной электронике. – Ташкент, 2-4 ноября 2005. – С. 75.
11. Саидумаров И.М. Исследования кинетики гетерогенной реакции диссоциации молекул нестационарными методами поверхностной ионизации // УзР ФА еш олимларнинг анъанавий илмий конференцияси материаллари. – Тошкент, 2004. – С. 4-5.

12. Саидумаров И.М.. Исследование кинетических характеристик гетерогенной реакции диссоциации органических молекул при адсорбции на поверхности W_xO_y нестационарными методами поверхностной ионизации // Узбекистон фанлар академиясининг ёш олимлар илмий конференцияси материаллари. – Тошкент, 2003. – С. 63-65.
13. Саидумаров И.М. Исследования нестационарных процессов диссоциативной поверхностной многоатомных молекул // Республиканская конференция молодых физиков Узбекистана. – Ташкент, 3-4 декабря 2002. – С. 62.
14. Саидумаров И.М., Ниматов С.Ж., Расулев У.Х.. Определение кинетических характеристик гетерогенной реакции диссоциации многоатомных молекул // UzPES – 3. – Ташкент, 2002. – С. 69.
15. Расулев У.Х., Назаров Э.Г., Рахманов Г.Т., Саидумаров И.М.. Исследование кинетических характеристик взаимодействия молекулярных частиц с поверхностью твердого тела нестационарными методами поверхностной ионизации // Эмиссион электроника, янги услублар ва технологиялар. Халқаро конференцияси, маърузалар тезислари. – Ташкент, 4-6 ноябр 1997. – С. 64.
16. Расулев У.Х., Назаров Э.Г., Рахманов Г.Т., Саидумаров И.М.. Определение кинетических характеристик взаимодействия молекул CsCl с поверхностью твердого тела с использованием метода модуляции температуры // Эмиссион электроника, янги услублар ва технологиялар. Халқаро конференцияси, маърузалар тезислари. – Тошкент, 4-6 ноябр 1997. – С. 63.
17. Саидумаров И.М., Худоева Х.К. Определение кинетических характеристик реакции диссоциации нейтральных частиц многоатомных молекул на поверхности окисленного вольфрама // «Табиий фанларнинг долзарб муаммолари» Республика ёш олимлар илмий – амалий анжумани материаллари туплами. – Самарканд, 2008. – С. 109-110.
18. Саидумаров И. М., Рахмонов Г.Т., Худоева Х.К. Азот бирикмалари органик моддаларнинг каттик жисм сиртидаги гетероген жараён кинетик характеристикаларини урганиш // «Хозирги замон физикасининг долзарб муаммолари». IV – Республика илмий назарий конференцияси материаллари. – Термиз, 7-8 ноябр 2008. – С. 14.
19. Рахманов Г.Т., Саидумаров И.М. Сиртий ионизациянинг ностационар методи ердамида каттик жисмларнинг эмиссион ва адсорбцион характеристикаларини урганиш // М. Улугбек таваллудининг 600 йиллигига бағишланган Республика илмий-амалий конференция докладларининг тезислари. II қисм. – Гулистон, 15-17 октябр 1994. – С. 121.

Цитируемая литература

1. Зандберг Э.Я., Ионов Н.И., Расулев У.Х., Халиков Ш.М. Определение времен жизни и кинетических характеристик термической десорбции многоатомных ионов методом модуляции напряжения // ЖТФ – 1978, Т. 48, – С. 133-141.
2. Зандберг Э.Я. Назаров Э.Г. Расулев У.Х. Нестационарные процессы поверхностной ионизации частиц на эмиссионно неоднородных поверхностях. II. Метод модуляции потока // ЖТФ. – 1981, Т. 51. – Вып. I. – С. 123-129.
3. Назаров Э.Г., Расулев У.Х., Рахмонов Г.Т. Исследования кинетики гетерогенной реакции диссоциации молекул // Изв. АН СССР. – 1988, Т. 52. – № 8. – С. 1481-1486.

РЕЗЮМЕ

диссертации Саидумарова Илхомжана Миралимовича на тему: «Исследование кинетики диссоциативной поверхностной ионизации многоатомных молекул» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Ключевые слова: поверхностная ионизация, нестационарные процессы, метод модуляции напряжения, метод модуляции потока, кинетические характеристики, время жизни, константы скорости, энергия активации.

Объекты исследования: многоатомные молекулы органических соединений – имипрамин, амитриптилин, новокаин, тетраэтиламмоний хлорид и лидокаин.

Цель работы: В единых условиях эксперимента изотермическими методами нестационарных процессов поверхностной ионизации – методом модуляции напряжения и потока определить характеристические времена и энергии активации гетерогенной реакции диссоциации многоатомных молекул на поверхности окисленного вольфрама и кинетические характеристики термодесорбции продуктов этих реакций.

Методы исследования: нестационарные методы поверхностной ионизации – метод модуляции напряжения и потока.

Полученные результаты и их новизна:

Экспериментально определены основные характеристики ПВИ коэффициент ионизации β^+ для радикалов $(\text{CH}_3)_2\text{N}^+ = \text{CH}_2$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{N}^+ = \text{CH}_2$ и $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{N}^+ \text{C}_2\text{H}_4$ при диссоциативной ПВИ многоатомных молекул имипрамина, амитриптилина, новокаина, тетраэтиламмоний хлорида и лидокаина.

Экспериментально определены кинетические характеристики термодесорбции для радикалов $(\text{CH}_3)_2\text{N}^+ = \text{CH}_2$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{N}^+ = \text{CH}_2$ и $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{N}^+ \text{C}_2\text{H}_4$ продуктов гетерогенной реакции диссоциации молекул имипрамина, амитриптилина, новокаина, тетраэтиламмоний хлорида и лидокаина методом модуляции напряжения.

Определены кинетические характеристики гетерогенной реакции диссоциации многоатомных молекул с разрывом $(\text{C} - \text{C})_\beta$ и $(\text{C} - \text{H})_\beta$ связей.

Практическая значимость: Предложен метод определения кинетических характеристик гетерогенной реакции диссоциации многоатомных молекул при исследовании диссоциативной поверхностной ионизации.

Степень внедрения и экономическая эффективность: Результаты использованы при выполнении грантов Ф-2.1.7, выполненной в 2003-2007г.

Область применения: физическая электроника, гетерогенный катализ, газоаналитическое поверхностно-ионизационные приборостроение.

Физика-математика фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Саидумаров Илхомжан Миралимовичнинг 01.04.04 – физикавий электроника ихтисослиги бўйича «Кўп атомли молекулаларнинг диссоциатив сиртий ионлашиш кинетикасини ўрганиш» мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Таянч сўзлар: кучланишни бошқариш усули, заррачалар оқимини бошқариш усули, кинетик тавсифлар, яшаш вақти, тезлик доимийси, активация энергияси.

Тадқиқот объектлари: кўп атомли молекулалар – имипрамин, амитриптилин, новокаин, тетраэтиламмоний хлорид ва лидокаин.

Ишнинг мақсади: Бир хил тажриба шароитида сиртий ионлашишнинг изотермик ностационар усуллари – кучланишни ва оқимини бошқариш усуллари ёрдамида кўп атомли молекулаларнинг оксидланган вольфрам сиртидаги гетероген бўлиниш реакциялари тавсифий вақтлари ва активация энергиялари, бу кимёвий реакциялар маҳсулотлари термодесорбцияси кинетик тавсифларини аниқлаш.

Тадқиқот методлари: сиртий ионлашишнинг ностационар усуллари – кучланиш ва заррачалар оқимини бошқариш усуллари.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги:

Тажриба йўли билан кўп атомли имипрамин, амитриптилин, новокаин, тетраэтиламмоний хлорид ва лидокаин молекулаларининг диссоциатив сиртий ионлашиш натижасида ҳосил бўлган $(CH_3)_2N^+ = CH_2$, $(C_2H_5)_2N^+ = CH_2$ ва $(C_2H_5)_2N^+C_2H_4$ радикаллар учун сиртий ионлашишнинг асосий тавсифлари (ионлашиш коэффициенти β^+ ва ионлашиш даражаси α^+) аниқланди.

Тажриба йўли билан кучланишни бошқариш усули орқали юқорида кўрсатилган радикаллар учун термодесорбция кинетик тавсифлари аниқланди.

Кўп атомли молекулаларнинг $(C - C)_\beta$ ва $(C - H)_\beta$ боғни узилиши билан содир бўладиган гетероген бўлиниш реакциялари кинетик тавсифлари аниқланди.

Амалий аҳамияти: Кўп атомли молекулалар диссоциатив сиртий ионлашишини ўрганиш жараёнида уларнинг гетероген бўлиниш реакциялари кинетик тавсифларини аниқлаш усули тавсия этилди.

Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: Олинган натижалар Ф-2.1.7 давлат грантини бажаришда қўлланилган.

Қўлланиш соҳаси: физикавий электроника, гетероген катализ, сирт ионлашиш ҳодисаси асосида ишлайдиган газоаналитик қурилмалар.

RESUME

Thesis “Study of kinetics of dissociative surface ionization of polyatomic molecules” by Saidumarov Ilkhomjan Miralimovich for a scientific degree competition of candidate of physical-mathematical sciences in Specialty 01.04.04 – Physical electronics

Key words: surface ionization, non-stationary processes, modulation voltage method, flow modulation method, kinetic characteristics, lifetime, speed constants, activation energy.

Objects under study: polyatomic molecules of organic compounds – imipramine, amitriptyline, procaine, tetraethylammonium chloride and lidocaine.

Purpose: Determination of characteristic time and activation energy of the heterogen reactions of polyatomic molecule dissociation on the surface of oxidized tungsten and thermodesorption characteristics of the products of these reactions under single conditions of experiments by the isothermal methods of the non-stationary processes of surface ionization – voltage and flow modulation methods.

Methods of study: non-stationary methods of surface ionization – methods of voltage and flow modulation.

The results obtained and their novelty:

The basic characteristics of surface ionization have been experimentally defined – the ionization coefficient for the radicals $(CH_3)_2N^+ = CH_2$, $(C_2H_5)_2N^+ = CH_2$ and $(C_2H_5)_2N^+C_2H_4$ for polyatomic molecules of imipramine, amitriptyline, procaine, tetraethylammonium chloride and lidocaine.

The kinetic characteristics of thermodesorption have been experimentally defined for the radicals $(CH_3)_2N^+ = CH_2$, $(C_2H_5)_2N^+ = CH_2$ and $(C_2H_5)_2N^+C_2H_4$ being the heterogeneous reaction products of molecule dissociation - imipramine, amitriptyline, procaine, tetraethylammonium chloride and lidocaine – by the voltage modulation method.

The kinetic characteristics of the heterogeneous reaction of polyatomic molecule dissociation with decay of $(C-C)_\beta$ and $(C-H)_\beta$ bonds have been defined.

Practical value: A method of determining the kinetic characteristics of the heterogeneous reactions of polyatomic molecule dissociation have been proposed.

Application and economic effectivity: These results have been used to perform Grant Φ -2.1.7.

Field of application: physical electronics, heterogeneous catalysis, gas-analytical surface ionization industry.