

11;12

Влияние гетерогенности диэлектрической пленки на процесс ее активации и параметры наблюдаемой с нее термостимулированной экзоэлектронной эмиссии

© А.И. Виленский, В.А. Ключев, Ю.П. Топоров, Е.С. Ревина

Институт физической химии РАН, Москва
Институт кристаллографии РАН, Москва

Поступило в Редакцию 20 ноября 1996 г.

Исследовано влияние гетерогенности поверхности диэлектрической пленки на ее экзоэлектронную эмиссию. Экспериментально показано, что спектры термостимулированной экзоэмиссии — контрольной и облученной, для создания локальных участков с повышенной электропроводностью, существенно отличаются, хотя суммарная поверхность участков пленки с измененной в результате облучения структурой составляет ничтожную долю от всей поверхности.

Методы экзоэлектронной спектроскопии находят широкое применение для исследования структуры и свойств различных материалов [1]. При этом, как известно, для наблюдения термо- или фотостимулированной экзоэмиссии электронов с исследуемой поверхности необходимо осуществлять ее предварительную активацию. Одним из способов активации исследуемых методами экзоэмиссии поверхностей твердых тел является их обработка отрицательной короной на воздухе или потоком электронов в вакууме. При этом считается, что вся исследуемая поверхность облучается равномерно и активирующие заряженные частицы локализуются на биографических дефектах (ловушках), характерных для всего приповерхностного объема материала образца, а наблюдаемая при последующей фото- или термостимуляции экзоэмиссия характеризует интегральную дефектность изучаемой поверхности.

В то же время существуют условия, при которых активирующие частицы могут избирательно захватываться отдельными участками поверхности. Это, в частности, может происходить при активации диэлек-

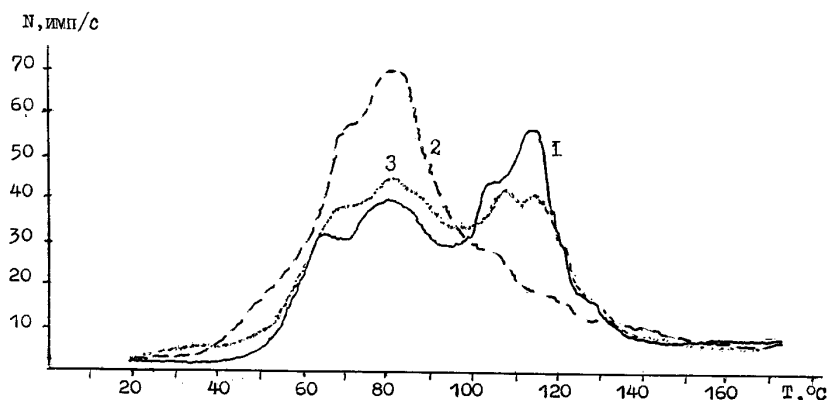
трических пленок, в которых имеются локальные заряженные участки или участки, обладающие повышенной электрической проводимостью. В этом случае активации подвергаются только эти локальные участки и наблюдаемый экзоэлектронный спектр (кривые интенсивности экзоэлектронного тока в зависимости от температуры или энергии стимулирующего воздействия) будет характеризовать только свойства этих отдельных участков, а совсем не всей поверхности.

Для проверки этого очень важного для интерпретации результатов экзоэлектронных исследований вывода авторами было проведено специальное исследование.

Проводилось исследование термостимулированной экзоэлектронной эмиссии с поверхности пленок полиимида толщиной 10–20 мкм. Для создания в пленке локальных участков с повышенной электропроводностью последняя подвергалась воздействию потока ионов Xe^{+6} с энергией 1 МэВ на нуклон. Как показали исследования, в области прохождения иона происходит полное разрушение полимера с образованием низкомолекулярных продуктов. Вокруг этой зоны формируется область полимера с измененной структурой. При этом обнаружено [2], что материал в зоне трека обладает повышенной электропроводностью. Таким образом, в пленке полимера создаются токопроводящие участки. Диаметр таких участков в пленке полиимида может достигать 60 нм [3]. Активация исходных облученных высокоэнергетическими ионами пленок осуществлялась отрицательной короной в воздухе. При этом пленка размещалась на заземленной металлической пластине.

Эксперименты показали, что спектры термостимулированной экзоэмиссии исходной и облученной пленок существенно отличаются, хотя общая суммарная поверхность участков пленки с измененной в результате облучения структурой составляет ничтожную долю от всей поверхности. В качестве примера на рисунке приведены галоу-кривые исходной пленки полиимида и пленки, облученной потоком ионов Xe^{+6} . При использованном флюэнсе (10^7 см^{-2}) на 1 см^2 поверхности было создано 10^7 участков площадью $3 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$ с измененной структурой.

Таким образом, общая площадь участков поверхности с измененной структурой на 1 см^2 поверхности равнялась всего $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}^2$, что составляло ничтожную часть всей поверхности пленки. И если бы поток заряженных частиц при активации в короне равномерно активировал бы всю поверхность, то в суммарном термостимулированном токе с поверхности пленки вклад тока с трековых участков с измененной



Глоу-кривые термостимулированной эмиссии пленок полиимида: исходного (1), после облучения потоком ионов Xe^{+6} (2) и последующего в течение 200 мин протравливания пленки 30%-ным раствором пероксида водорода (3).

структурой составил бы малую долю (пропорциональную доли модифицированной поверхности). При этом заметного отличия в спектрах не могло бы быть.

Однако если предположить, что весь поток активирующих частиц избирательно воздействовал на трековые участки, то наблюдаемое различие в характере глоу-кривых находит логическое объяснение.

Отметим, что избирательность воздействия заряженных частиц на токопроводящие участки непроводящей пленки, лежащей на заземленной металлической подложке, обусловлена соответствующей конфигурацией силовых линий электрического поля, приводящей к искривлению траекторий движения заряженных частиц вблизи поверхности пленки.

Подтверждением сделанного вывода является и тот факт, что травление нарушенного слоя полимера вокруг трека на глубину, большую 35 нм (т.е. всего слоя с нарушенной структурой), с образованием сквозных каналов восстанавливает характер глоу-кривой (см. кривую 3 на рисунке). Отметим, что отсутствие полной идентичности кривых 1 и 3 связано с тем, что травитель в какой-то мере воздействует не только на полимер с нарушенной структурой, но и на исходный.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о том, что при использовании методов экзоэмиссионного анализа для исследования дефектности структуры диэлектрических материалов необходимо учитывать возможность реализации условий, при которых осуществляется их неоднородная активация, что необходимо учитывать при интерпретации результатов измерений.

Список литературы

- [1] *Кортов В.С., Слесарев А.И., Рогов В.В.* Экзоэмиссионный контроль поверхности деталей после обработки. Киев: Наук. думка, 1986. 175 с.
- [2] *Виленский А.И., Олейников В.А., Мчедlishvili Б.В.* и др. // Химия высоких энергий. 1992. Т. 26. № 4. С. 12.
- [3] *Виленский А.И., Марков Н.Г., Олейников В.А.* и др. // Химия высоких энергий. 1992. Т. 28. № 6. С. 507.