

В целом же количество примесных компонентов, диффундирующих совместно с водородом, изменялось более чем на два порядка и существенно зависело от давления, концентраций исходной смеси, температуры и предыстории фильтрующих элементов. Проведенные испытания позволили найти режимы фильтрации, оптимальные для изучения высокочистого водорода. Содержание примеси в фильтрате удалось снизить до $\sim 10^{-8}$ объемных долей.

Выводы

При одновременном проникновении водорода скорость диффузии примесных компонент через мембрану может существенно (на 2 порядка) увеличиваться, т. е. наблюдается стимуляция водородом диффузии примесей. Ячейка двойной диффузионной фильтрации может быть использована для анализа высокочистого водорода (менее 10^{-7} — 10^{-8} объемных долей примеси). Металлические диффузионные мембраны на основе палладиевых сплавов позволяют получить высокочистый водород (содержание примесей менее 10^{-7} — 10^{-8} объемных долей).¹

Список литературы

- [1] Гуревич М. Е., Красюк А. Д., Лариков Л. Н. // *Металлофизика*. 1987. Т. 9. № 6. С. 94—96.
- [2] Буряев Ю. М., Милославский А. Т., Троцан А. Н. // III Всесоюз. семинар «Диагностика поверхности ионными пучками». Донецк, 1988. С. 234—235.
- [3] Латышев В. В. // *Атомная энергия*. 1990. Т. 68. С. 38—44.

Донецкий государственный медицинский институт им. А. М. Горького

Поступило в Редакцию
20 октября 1990 г.

06

Журнал технической физики, т. 61, в. 9, 1991

© 1991 г.

УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$

Е. Д. Рогач, Е. А. Арнаутова, Э. А. Савченко, Н. А. Корчагина, Л. П. Баринов

Сегнетоэлектрические тонкие пленки $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ обладают высокой пьезочувствительностью при объемном возбуждении [1] и перспективны для применения их в пьезоэлектрических устройствах. Поэтому важной проблемой является устойчивость поляризованного состояния пленок, которой и посвящена данная работа.

Исследуемые пленочные образцы являлись поликристаллическими, имели толщину от 5 до 20 мкм. Благодаря столбчатому механизму роста линейные размеры кристаллитов были близки к толщине пленок. Для измерений использовались алюминиевые электроды, один из которых служил подложкой, а другой напылялся на свободную поверхность пленочного образца. Пленки $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ имели размытый фазовый переход в области 70 °С и величину остаточной поляризованности 0,6 мКл/см².

Известно, что явление диэлектрического старения сегнетоэлектриков сопровождается временным спадом диэлектрической проницаемости ϵ и изменением других физических характеристик объекта. В основе этих изменений лежит закрепление или перестройка доменной структуры. В ряде работ [2] было показано, что у сегнетоэлектриков-полупроводников преобладает процесс закрепления существующей доменной структуры, причем у сегнетоэлектриков-фотопроводников освещение светом с длиной волны, соответствующей максимуму фото-

проводимости, резко ускоряет старение, не меняя в основном его механизма. Следовательно, освещение после поляризации образцов сегнетоэлектрика-фотопроводника может являться способом быстрой стабилизации их сегнетоэлектрических параметров.

В настоящей работе процесс изменения поляризованного состояния пленок $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ изучался посредством измерения временных зависимостей диэлектрической проницаемости ϵ и пьезоэлектрической чувствительности γ после предварительной поляризации образцов. Так как $\gamma = (d_g \cdot S_{33})/C$, то измерения этого параметра позволяют следить за величиной остаточной поляризованности P_r , которая отражает поведение доменной структуры. Избранный нами метод электроакустических измерений ценен как наиболее корректный для пленочных объектов. Измерение проводилось в акустической камере методом сравнения с эталоном [3]. Диэлектрическая проницаемость измерялась мостовым методом на частоте 1.5 кГц. На рис. 1 приведены зависимости диэлектрической проницаемости от времени $\epsilon(t)$ неполяризованного образца в темноте и при освещении после отжига в течение часа при температуре 90 °С. Анализ кривых показывает, что эти зависимости носят логарифмический характер. Видно, что освещение светом с длиной волны $\lambda \approx 510$ нм существенно ускоряет процесс, так что релаксация величины ϵ завершается за 20 мин. Ранее при исследовании процессов старения монокристаллов SbSI [4, 5] было показано, что спад ϵ связан с уменьшением ее ориентационной составляющей ввиду закрепления существующей доменной структуры.

Для нашего объекта исследования предстояло выяснить, связано ли старение в основном с закреплением доменной структуры или одновременно происходит ее изменение. С этой целью исследовались временные зависимости γ на поляризованных образцах. Поляризация производилась внешним электрическим полем 50 кВ/см в темноте либо при освещении дневным светом; варьировалось исходное состояние образцов перед поляризацией: отжиг производился в одних случаях непосредственно перед поляризацией, в других за неделю до поляризации, затем образец сохранялся при комнатной температуре (в сегнетофазе) с разомкнутыми электродами.

Измерения временных зависимостей γ показали, что при любом способе поляризации как состаренных, так и омоложенных отжигом образцов значение γ в темноте остается постоянным в течение по крайней мере двух недель, тогда как освещение образцов после поляризации сопровождается спадом либо ростом γ до некоторого постоянного значения в зависимости от того, в темноте или на свету проводилась поляризация образца. Величина этого эффекта зависит от состояния образца перед поляризацией — омоложенного либо состаренного. На рис. 2 показана релаксация γ после темновой поляризации. Видно, что наибольшая величина спада остаточной поляризованности наблюдается у образцов, состаренных перед поляризацией в течение нескольких суток (достигает приблизительно 30 %). У образца, поляризованного непосредственно после отжига, значения γ , а значит, и P_r уменьшились всего на 10 % за то же характерное время. Уменьшение P_r связано, очевидно, с изменением доменной структуры — ее полидоменизацией. Это отрицательный фотодоменный эффект [6].

На рис. 3 приведены кривые $\gamma(t)$ для состаренного и омоложенного отжигом образцов после поляризации при освещении. В данном случае наблюдается положительный фотодоменный эффект (рост P_r), происходящий за 20 мин, как и отрицательный, и составляющий 40 % для образца, поляризованного в омо-

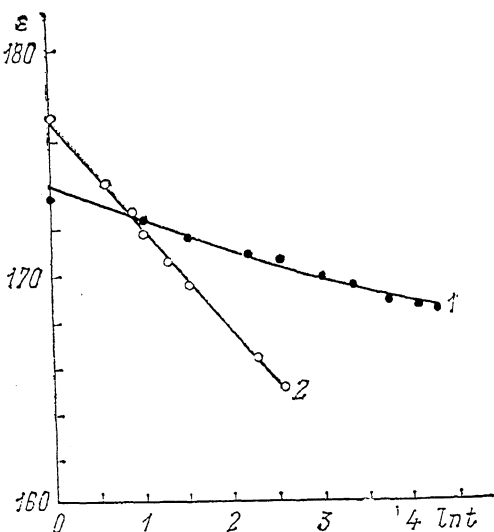


Рис. 1. Временная зависимость $\epsilon(t)$ в темноте (1) и при освещении светом длиной волны 510 нм (2).

ложенном состоянии, и 10 % для образца, поляризованного в состаренном состоянии. Этот положительный фотодоменный эффект устойчиво «запоминается»: если образец подвергнуть отжигу, а затем охладить до комнатной температуры, то положительный фотодоменный эффект будет возникать как после световой, так и после темновой поляризации. Процедуру отжига можно многократно повторять без разрушения этой памяти.

Из результатов эксперимента следует практический вывод: устойчивая поляризация пленок данного материала получается при одновременном воздействии электрического поля и света и последующей выдержке образца при освещении в течение получаса.

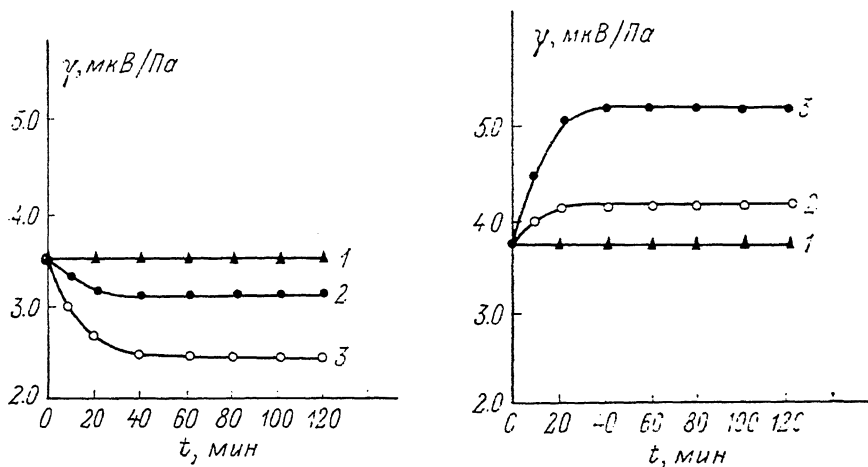


Рис. 2. Временная зависимость $\gamma(t)$ после поляризации в темноте.

1 — в темноте; 2 — при естественном освещении образца перед поляризацией «омоложенного» отжигом; 3 — при естественном освещении образца, «состаренного» перед поляризацией.

Рис. 3. Временная зависимость $\gamma(t)$ после световой поляризации.

1 — в темноте; 2 — при естественном освещении образца, «состаренного» перед поляризацией; 3 — при естественном освещении образца, «омоложенного» отжигом перед поляризацией.

Таким образом, изменение γ под влиянием освещения после отключения внешнего поля свидетельствует о наличии в образце внутреннего электрического поля. Проведенные ранее исследования [7] показывают, что приложение внешнего поля выше 20 кВ/см вызывает инжекцию носителей в образец с захватом их на глубокие ловушки и образованием электрета гомозаряда поверхностной плотностью около 0.2 мкКл/см². В результате темновой поляризации образуется внутреннее поле электрета, закрепляющее сегнетоэлектрическую поляризованность. Последующее освещение пленок в отсутствие поляризующего поля вследствие фотопроводимости ведет к рассасыванию гомозаряда и процессу деполяризации образцов. В случае поляризации при освещении помимо инжекционного гомозаряда образуется фотозлектретный гетерозаряд, что изменяет условия экранирования сегнетоэлектрической поляризованности и приводит к продолжению монодоменизации пленок уже после окончания процесса поляризации на свету.

Авторы выражают благодарность Н. П. Проценко за предоставление образцов.

Список литературы

- [1] Рогач Е. Д., Проценко Н. П., Савченко Э. А. и др. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1987. Т. 51. № 12. С. 2269—2272.
- [2] Корчагина Н. А., Греков А. А., Рогач Е. Д., Савченко Э. А. // Полупроводники-сегнетоэлектрики. Ростов-на-Дону, 1986. № 4. С. 106—112.
- [3] Санджиев Д. Н. Автореф. канд. дис. Ростов-на-Дону, 1988. 17 с.
- [4] Савченко Ф. И. Автореф. канд. дис. Ростов-на-Дону, 1987. 20 с.
- [5] Корчагина Н. А. Автореф. канд. дис. Ростов-на-Дону, 1984. 21 с.

- [6] Фридкин В. М. Сегнетоэлектрики-полупроводники. М.: Наука, 1978. 408 с.
 [7] Макаренко Е. И., Проценко Н. П., Розач Е. Д., Савченко Э. А. // Электронная техника. Сер. 6. 1988. № 2. С. 231.

Ростовский-на-Дону государственный университет
 Научно-исследовательский институт физики

Поступило в Редакцию
 10 сентября 1990 г.

11

Журнал технической физики, т. 61, в. 9, 1992

© 1991 г.

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЛАЗЕРНОЙ ДЕСОРБЦИИ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ СЕРЫ С ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛА МОЛИБДЕНИТА

Э. Ф. Лазнева, И. В. Барышев

Одно из важнейших направлений современной науки и техники связано с проблемой взаимодействия лазерного излучения с твердым телом. В последнее время значительный интерес вызывают исследования физико-химических процессов, протекающих на поверхности полупроводников при интенсивных лазерном излучения, не приводящего к разрушению поверхности, когда кристалл после облучения сохраняет свои полупроводниковые свойства, т. е. при интенсивностях меньше порога разрушения [1].

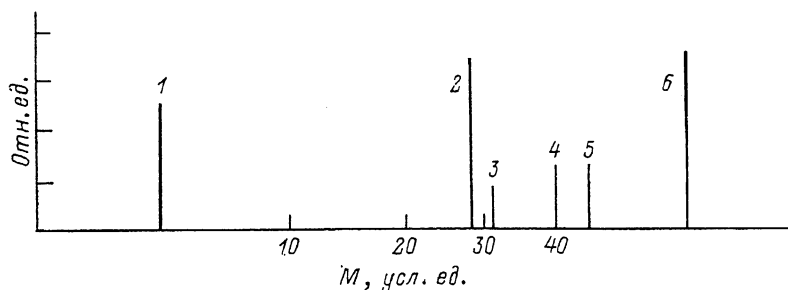


Рис. 1. Спектр масс нейтральных частиц при $P=2 \text{ МВт/см}^2$.

1 — H_2 , 2 — $\text{CO} + \text{H}_2$, 3 — S, 4 — Ag, 5 — CO_2 , 6 — S_2 .

Наиболее интересным результатом лазерно-десорбционных исследований явилось установление корреляции характеристик десорбируемых частиц с типом химических связей на поверхности [2, 3]. При сравнительном анализе лазерной десорбции с поверхности кремния и его оксида [2], а также в ряду полупроводниковых соединений GaN, GaP, GaAs, CdS [3] показано, что преимущественный выход нейтральных частиц с низким десорбционным порогом реализуется с поверхности соединений с преимущественно ионным типом связей.

В предлагаемой работе измерение энергетических распределений нейтральных частиц, десорбируемых с поверхности одиночным лазерным импульсом, осуществляется методом двойного пролета [4]. С помощью данной методики исследована поверхность монокристалла MoS_2 , относящегося к классу слоистых структур. Этот класс веществ характеризуется сильной анизотропией кристаллического строения и химических связей. Атомные плоскости кристалла объединены в группы, называемые слоями. Связи атомов внутри слоя направлены внутрь него и значительно сильнее связей между слоями. Такие структуры представляют непосредственный интерес, являясь реализацией двумерных систем. Соединению MoS_2 соответствует слоистая структура, в которой каждый слой состоит из трех атомных плоскостей, так что лист гексагонально упакованных атомов Mo оказывается зажатым между двумя гексагонально упакованными ли-