

Исходя из научного и практического интереса к фотоэлектрическим явлениям в сегнетоэлектриках—полупроводниках, была измерена спектральная зависимость фотопроводимости интеркалата  $\text{GaSe}(\text{NaN}_2\text{O}_2)$ . Контакты наносились на поверхность образца, совпадающую с плоскостью скола (рис. 3, вставка), и затемнялись для предотвращения попадания излучения в приконтактную область. Из рис. 3 следует, что, во-первых, значительно (в 10 раз) увеличивается фотопроводимость после интеркаляции нитритом натрия и, во-вторых, радикально меняется спектральное распределение. За увеличение фотопроводимости, по всей видимости, отвечают: возрастание коэффициента поглощения вследствие привнесения «очувствляющих» примесных уровней, увеличение квантового выхода и изменение времени жизни неравновесных носителей заряда. Последнее, вероятно, связано с большим приповерхностным изгибом зон, вызванным экранированием спонтанной поляризации [3]. Немонотонный характер спектрального распределения может быть связан с «включением» механизмов поверхностной рекомбинации, конкурирующих с пространственным разделением электронно-дырочных пар.

Интеркалирование моноселенида галлия другими гостевыми веществами позволило бы расширить понимание наблюдаемых эффектов, однако, как нами уже сообщалось, такие попытки пока не увенчались успехом. Тем не менее в ходе исследований был получен следующий важный результат. Если непосредственно некоторое вещество А не может быть интеркалировано в  $\text{GaSe}$ , то его внедрения можно добиться методом совместной интеркаляции. В нашем случае таким образом было получено биинтеркалатное соединение формулы  $\text{GaSe}(\text{NaN}_2\text{O}_2 + \text{A})$ . В качестве вещества А был выбран сульфат меди  $\text{CuSO}_4$ . Из рис. 1, 2 следует, что соинтеркаляция сульфата меди в определенной степени «нейтрализует» действие  $\text{NaN}_2\text{O}_2$  на свойства моноселенида галлия, одновременно сдвигая особую точку  $T_C$  на  $10^\circ\text{C}$  в низкотемпературную область.

В заключение необходимо отметить, что полученные первые результаты указывают на необходимость дальнейших исследований в этом интересном и практически важном направлении создания новых соединений с заранее заданными физическими свойствами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] И. И. Григорчак, В. В. Нетяга, И. Д. Козьмик, К. Д. Товстюк, З. Д. Ковалюк, Б. П. Бахматюк, С. Я. Голубь. Письма ЖТФ, 15, 87 (1989).
- [2] С. В. Гаврилюк, В. В. Нетяга, И. И. Григорчак, С. Я. Голубь, В. И. Витковская, З. Д. Ковалюк. В кн.: Тез. докл. III Всес. совещ. по Всесоюзной межвузовской комплексной целевой программе «Рентген», 187. Черновцы (1989).
- [3] В. М. Фридкин. Сегнетоэлектрик—полупроводник, 408. М. (1976).

Редактор Т. А. Полянская

ФТП, том 27, вып. 7, 1993

### ЛОКАЛЬНОЕ ГЕТТЕРИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗА СЛОЕМ МЕТАЛЛА, НАПЫЛЕННОГО НА ПОВЕРХНОСТЬ КРЕМНИЯ

К. П. Абдурахманов, Х. С. Далиев, Г. С. Куликов, А. А. Лебедев,  
Ш. Б. Утамурадова, Ш. А. Юсупова

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, 194021, Санкт-Петербург, Россия

(Получено 10 февраля 1993 г. Принято к печати 12 февраля 1993 г.)

В работе [1] было показано, что слой марганца, нанесенный на поверхность кремниевой пластины, является геттером для железа, предварительно введенного в пластину диффузионным способом. В настоящей работе установлено, что

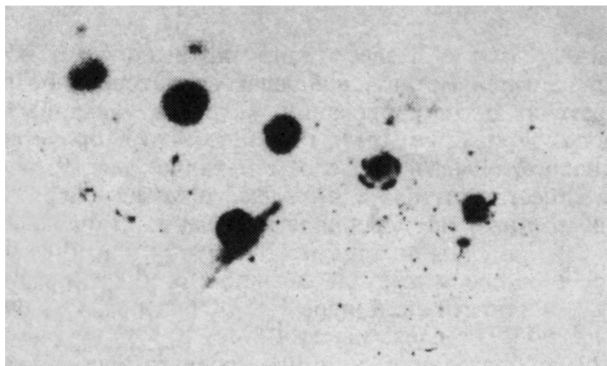


Рис. 1. Авторадиограмма образца кремния с примесью  $^{59}\text{Fe}$ , иллюстрирующая локальное геттерирование железа из кремния слоем олова в результате термообработки образца при  $1200^\circ\text{C}$  в течение 2 ч (черные кружки — радиоактивное железо, сконцентрировавшееся на слоях олова, напыленных через маску).

геттерирующие свойства проявляют и другие металлы, нанесенные на кремний: золото, платина, кобальт, никель, свинец и олово.

В опытах использовался кремний *n*-типа, выращенный по методу Чохральского, с удельным сопротивлением  $\sim 5.0$  Ом·см. Образцы с размером  $16 \times 8 \times 1$  мм, ориентированные большими гранями по плоскостям (111), легировались железом, меченным радиоактивным изотопом  $^{59}\text{Fe}$ , из слоя, напыленного в вакууме на одну из этих граней. Диффузионный отжиг проводился при  $1200^\circ\text{C}$  в течение 2 ч в кварцевых ампулах, заполненных аргоном. Для быстрого охлаждения образцов ампулы после отжига сбрасывались в воду. Оставшееся на поверхности железо удалялось шлифовкой, после чего образцы промывались в растворе  $1\text{HCl} : 1\text{H}_2\text{O}_2$ , а затем авторадиографировались. Выбранные условия отжига обеспечивали равномерное распределение железа в объеме образцов, о чем и свидетельствовали полученные авторадиограммы. Далее образцы подвергались травлению в растворе  $1\text{HF} : 2\text{HNO}_3$  с последующей промывкой. Затем на одну из больших граней в вакууме напылялся слой металла толщиной 1—2 мкм. Напыление производилось через прилегающие к поверхности образца маски с отверстиями круглой формы  $\varnothing$  1—2 мм. После напыления образцы отжигались при тех же условиях, что и в случае диффузионного насыщения железом.

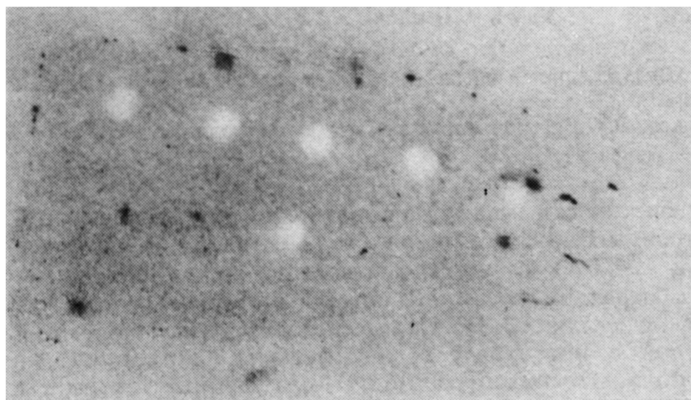


Рис. 2. Авторадиограмма того же образца после удаления поверхностного слоя толщиной 10 мкм, иллюстрирующая локальную очистку кремния от примеси железа (белые кружки расположены над объемами образца, очищенными от  $^{59}\text{Fe}$ , и соответствуют тем местам образца, над которыми находились слои напыленного олова).

Авторадиограммы, снятые после отжига, показали, что на тех локальных участках, где был напылен металл, наблюдается интенсивное почернение (рис. 1). Это свидетельствует о геттерировании железа в указанных участках. Последним авторадиографированием было показано, что в процессе отжига железо удаляется из локальной области под слоем металла (рис. 2).

В работе [2] в качестве геттера для железа, а также для марганца и серебра, использовались нанесенные на поверхность кремния слои редкоземельных металлов (Sc, Y, Er, Sm, Yb). Мы полагаем, что геттерирование железа нанесенным на поверхность кремния слоем металла связано с образованием при температуре отжига новых фаз, в частности силицидов [3, 4]. Образование силицидов марганца в процессе его диффузии из слоя, нанесенного на поверхность кремния, исследовано в работе [5], а образование силицида кобальта в аналогичных условиях — в работе [6].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] К. П. Абдурахманов, А. А. Лебедев, С. З. Зайнабидинов, Г. С. Куликов, Ш. Б. Утамурадова, Х. С. Далиев, Ш. А. Юсупова. В кн.: Тез. докл. II Всес. конф. по фотоэлектрическим явлениям в полупроводниках. Ташкент (1989).
- [2] Р. Ш. Малкович, Д. Э. Назыров. Письма ЖТФ, 15, 38 (1989).
- [3] Г. В. Самсонов, Л. А. Дворина, Б. М. Рудь. Силициды, 271. М. (1979).
- [4] Ш. Мьюрарка. Силициды для СБИС, 176. М. (1986).
- [5] К. Адамбаев, В. К. Зайцев, Т. С. Камилов, Г. С. Куликов, Д. Э. Назыров, С. В. Ордин. Поверхность. Физика, химия, механика, 7, 66 (1988).
- [6] F. M. D'Heurle, C. S. Petersson. Thin Sol. Films, 128, 283 (1985).

Редактор Т. А. Полянская

ФТП, том 27, вып. 7, 1993

### ФОТОСТИМУЛИРОВАННЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ ЭКРАНИРОВАННОГО ВЫРОЖДЕННЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ГАЗОМ КУЛОНОВСКОГО ПОЛЯ

Г. М. Шмелев, А. Т. Железняк

Волгоградский государственный педагогический институт им. А. Серафимовича. 400013, Волгоград, Россия  
(Получено 26 марта 1992 г. Принято к печати 23 февраля 1993 г.)

В работе теоретически исследуется экранирование кулоновского поля вырожденным электронным газом в присутствии линейно поляризованной сильной подсветки (при  $T=0$ ). В отсутствие освещения потенциал поля осциллирует в пространстве с периодом  $\pi/k_F$  ( $k_F$  — импульс Ферми,  $\hbar=1$ ), так называемые «фриделевские» осцилляции [1, 2]. Здесь мы показываем, что в присутствии электромагнитной волны наряду с фриделевскими потенциал экранированного кулоновского поля испытывает и другие осцилляции, которые можно назвать фотостимулированными. Их происхождение связано с тем, что в производной  $\partial \epsilon_{eff}(q, \Omega)/\partial q$  [ $\epsilon_{eff}(q, \Omega)$  — эффективная статическая диэлектрическая проницаемость,  $\Omega$  — частота подсветки] кроме коновской сингулярности в точке  $q_0=2k_F$  появляются дополнительные особенности. Последние имеют место в точках