

Однако размеры блоков D исходных частиц в порошках существенно влияют на величину коэрцитивной силы при малых плотностях упаковок, и на величину абсолютного изменения H_c при разломе частиц вблизи ρ_h . Величина H_c при малых ρ тем больше и изменение H_c вблизи ρ_h тем резче, чем больше размер блоков у исходных частиц. В области малых плотностей упаковок (при $C_m \sim 4\%$) H_c растет с увеличением D по линейному закону. С размером блока частиц связана и другая важнейшая характеристика высокодисперсных магнетиков — концентрация магнитной фазы $C_{m \text{ max}}$ в них. Чем крупнее блок у частиц, тем больше величина $C_{m \text{ max}}$ в порошках. Одним из объяснений наблюдаемой закономерности может быть уменьшение площади поверхности частиц при укрупнении блока, что приводит к уменьшению объема защитной оболочки — диамагнитного олеата железа. Нами установлено, что $C_{m \text{ max}}$ линейно растет с ростом размера блока D .

Обнаруженные закономерные связи структурных и магнитных характеристик важны как для понимания процессов намагничивания и перемагничивания ансамблей взаимодействующих магнитных частиц, так и для практического использования магнитных порошков при изготовлении различных магнитных изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Натансон Э. М. Коллоидные металлы, Киев, 1959, 287 с.
2. Галкина О. С., Захарова Н. Н., Лазарева Л. В. Метод исследования концентрационных зависимостей магнитных свойств ферро- и ферримагнитных порошков.—Заводская лаборатория, 1976, 42, № 10, 1191—1194.
3. Галкина О. С., Лазарева Л. В. Определение концентрации магнитной фазы в высокодисперсных ферро- и ферримагнетиках.—Вестн. Моск. ун-та. Физ., астрон., 1978, 19, № 5, 45—49.
4. Кондорский Е. И. Природа высокой коэрцитивной силы мелкодисперсных ферромагнетиков и теория однодоменной структуры.—Изв. АН СССР. Сер. физ., 1952, XVI, № 4, 398—411.

Поступила в редакцию
28.12.78

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1980, Т. 21, № 3

УДК 621.315.592

А. С. ПЕТРОВ, Р. В. ПРУДНИКОВ, Е. А. СИЛАЕВ

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОНОДОНОРНЫХ ЦЕНТРОВ НА РЕАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГЕРМАНИЯ

Многочисленные факты свидетельствуют о существенном влиянии протонных процессов на электрофизические свойства границы раздела полупроводник — диэлектрик (см., например, [1—3]). Однако относительно природы протонодонорных центров нет единого мнения. В качестве таковых называют молекулы H_2O и гидроокиси типа $H_2Ge_nO_{2n+1}(H_2Si_nO_{2n+1})$ [1], а также гидроксильные и гидридные группы [4, 5]. Данные ИК- и ЯМР-спектроскопии не подтверждают присутствия молекул гидроокиси в слое окисной пленки и в то же время указывают на слабые протонодонорные свойства гидроксильных и гидридных групп $Si-OH$ ($Ge-OH$), $Si-H$ ($Ge-H$) [6].

Согласно [7] более сильными протонодонорными свойствами обладают молекулы H_2O , адсорбированные на координационно-ненасыщенных поверхностных атомах Ge(Si). Захват дырки на поверхности состояние, созданное такой молекулой, резко увеличивает ее протонизацию. На степень протонизации также должно влиять химическое окружение адсорбционного центра. С целью проверки этих предположений мы в настоящей работе провели масс-спектрометрическое исследование десорбции H_2 с поверхности образцов Ge, обработанных при разных условиях. При этом использовались как импульсное освещение, так и линейный нагрев образцов.

Исследовались монокристаллы Ge *n*-типа ($\rho=6-10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$), обработанные травлением в 30%-ной H_2O_2 (Ge_1) и травлением в 30%-ной

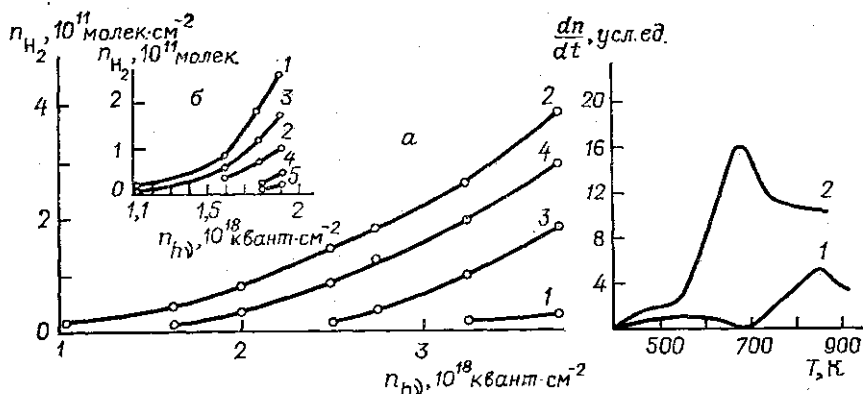


Рис. 1. Выделение H_2 при импульсном освещении: *a* — поверхности монокристаллических образцов при 300 К: Ge_1 (1) и Ge_2 (2), Ge_2 после прогрева при 470 К в течение 10 мин (3), Ge_2 после регидратации (4); *б* — поверхности диспергированных образцов: Ge_3 (1), Ge_3 после прогрева при 500 К (2), после регидратации (3), после окисления (4); образец GeO_2 фторированный (5)

Рис. 2. Кривые термодесорбции H_2 с образцов Ge_1 (1) и Ge_2 (2)

H_2O_2 с последующим фторированием в парах HF (Ge_2). Часть монокристаллов диспергировалась в атмосферных условиях после травления в H_2O_2 (Ge_3). Образцы вакуумировались в вакуумной системе с безмасляной откачкой до давления $10^{-5}-10^{-6}$ Па. Исследование продуктов газовой выделения проводилось масс-анализаторами ИПДО-1 и ИПДО-2.

Как видно из рис. 1, *a*, количество водорода (n_{H_2}), выделяющегося с поверхности монокристаллических образцов при импульсном освещении от лампы ИФК-120, возрастает при переходе от Ge_1 к Ge_2 . Дегидратация при 500 К приводит к исчезновению десорбции H_2 для Ge_1 и значительному уменьшению n_{H_2} для Ge_2 . Адсорбция паров H_2O частично восстанавливает эффект. Из проведенных экспериментов следует, что источником H_2 являются адсорбированные молекулы H_2O , а не OH-группы, как это предполагалось в [4, 5]. Действительно, дегидратация Ge при 500 К не приводит к изменению концентрации OH-групп [8]. Однако сигнал выделения H_2 исчезает. Замена OH-групп на атомы F приводит не к убыванию, а к возрастанию n_{H_2} .

При линейном нагреве в вакууме со скоростью 0,2 град/с десорбция H_2 с поверхности Ge_2 , как и при освещении, была значительно

больше, чем для Ge_1 (рис. 2) *. При этом максимум n_{H_2} смещается в область низких температур. Следовательно, фторирование приводит к росту протонодонорных свойств молекул воды, что является дополнительным подтверждением донорно-акцепторного механизма адсорбции [7].

Освещение образцов Ge_3 , на поверхности которых отсутствовала сплошная фаза GeO_2 (поскольку образцы сразу после диспергирования помещались в вакуумную систему), приводило к значительному выделению H_2 (рис. 1, б). Так же, как и в случае монокристаллов, дегидратация уменьшала n_{H_2} , а адсорбция паров H_2O частично восстанавливала сигнал H_2 . Окисление сопровождалось уменьшением n_{H_2} . При освещении чистой двуокиси германия, обработанной в парах HF , сигнал H_2 практически отсутствовал (рис. 1, б). Таким образом, за выделение H_2 ответственны неравновесные носители заряда полупроводника.

Из приведенных данных также следует, что наиболее сильными протонодонорными свойствами обладают молекулы H_2O , адсорбированные на координационно-ненасыщенных атомах Ge.

Авторы благодарны В. Ф. Киселеву за обсуждение результатов данной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федорович Ю. В., Фогель В. А. Электронно-ионное равновесие на реальной поверхности полупроводников.— Физ. и техн. полупроводников, 1969, 3, № 6, 840—846.
2. Литовченко В. Г., Горбань А. П. Основы физики микроэлектронных систем металл—диэлектрик—полупроводник. Киев, 1978, с. 24.
3. Kiselev V. F., Matveev V. A., Prudnikov R. V. The proton mechanism of neutralization of surface recombination and fast capture centers of Germanium.— Phys. Stat. Sol. (a), 1978, 50, 739—744.
4. Тягай В. А., Снитко О. В. и др. Влияние сильных электрических полей на распределение зарядов в окисле в системе электролит— SiO_2 —Si.— Микроэлектроника, 1974, 3, № 6, 514—519.
5. Nicollan E. H., Berglund C. N., Schmidt P. F., Andrews J. M.— Electrochemical charging of thermal SiO_2 films by injected electron current.— J. Appl. Phys., 1971, 42, N 13, 5654—5664.
6. Голованова Г. Ф., Квливидзе В. И., Киселев В. Ф. О природе протон-содержащих центров на поверхности окислов кремния и алюминия.— В кн.: Связанная вода в дисперсных системах. М., 1977, № 4, 178—191.
7. Киселев В. Ф., Прудников Р. В., Федоров Г. Г. Эффект стимулирования каталитических реакций на поверхности p—n-перехода.— ДАН СССР, 1973, 208, № 2, 387—390.
8. Low M. J., Madison N., Ramamurthy P. Infrared spectra of hydrogen and water on germania gel surfaces.— Surf. Sci., 1969, 13, N 1, 238—250.

Поступила в редакцию
01.02.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1980, Т. 21, № 3

УДК 535.34

М. Г. РЕВА, Б. Д. РЫЖИКОВ, Н. Р. СЕНАТОРОВА

О ПРИЧИНАХ УМЕНЬШЕНИЯ ПОГЛОЩАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ МОЛЕКУЛ КРАСИТЕЛЕЙ ПРИ ИХ АССОЦИАЦИИ

Известно, что увеличение концентрации молекул красителей в растворах, как правило, сопровождается значительными деформациями их электронных спектров поглощения. Величина и характер этих дефор-

* В масс-спектрах регистрируется суммарное количество H_2 . В области высоких температур, по-видимому, присутствует составляющая, обусловленная выделением H_2 из объема образцов, количество которого одинаково для Ge_1 и Ge_2 .