

В настоящее время неясно, чем обусловлена обнаруженная зависимость $\alpha = \alpha(N_A)$. Возможно, что, согласно модели Робинсона [5], уровень шума квадратично зависит от концентрации N_f элементарных источников шума («флуктуаторов»), причем $N_f \propto N_A$. Вполне вероятно, впрочем, и обратная ситуация: $\alpha \propto N_f$, что предполагается в большинстве моделей $1/f$ -шума, а $N_f \sim N_A^2$. Последнее будет иметь место в том случае, если, например, флуктуаторы будут представлять собой акцепторные комплексы. Для решения этого вопроса необходимы дальнейшие исследования.

Л и т е р а т у р а

- [1] Nelkin M., Harrison A. K. // Phys. Rev. B. 1982. V. 26. N 12. P. 6696—6705.
- [2] Pellegrini B. // Phys. Rev. B. 1982. V. 26. N 4. P. 1791—1797.
- [3] Якимов А. В. // Изв. вузов СССР. Радиофизика. 1980. Т. 23. В. 2. С. 238—243.
- [4] Коган Ш. М., Нараев К. Э. // ФТТ. 1982. Т. 24. В. 11. С. 3381—3388.
- [5] Robinson F. N. H. // Phys. Lett. 1983. V. 97A. N 4. P. 162—163.
- [6] Жигальский Г. П., Бакши И. С. // Радиотехн. и электрон. 1980. Т. 25. В. 4. С. 771—780.
- [7] Black R. D., Restl P. J., Weissman M. B. // Phys. Rev. B. 1983. V. 28. N 4. P. 1935—1943.
- [8] Scofield J. H., Mantese J. V., Webb W. W. // Phys. Rev. B. 1985. V. 32. N 2. P. 736—742.
- [9] Dutta P., Horn P. M. // Rev. Mod. Phys. 1981. V. 53. N 3. P. 497—516.
- [10] Коган Ш. М. // УФН. 1985. Т. 145. В. 2. С. 285—328.
- [11] Hooge F. N., Vandamme L. K. J. // Phys. Lett. 1978. V. 66A. N 4. P. 315—316.
- [12] Hooge F. N., Kleinpenning T. G. M., Vandamme L. K. J. // Rep. Progr. Phys. 1981. V. 44. N 5. P. 479—532.
- [13] Hooge F. N. // Noise in Physical Systems and $1/f$ Noise / Ed. by A. D'Amico, P. Mazzetti. N. Y., 1986. P. 27—33.
- [14] Dubowski J. J., Dietl T., Szymańska W., Gałazka R. R. // J. Phys. Chem. Sol. 1981. V. 42. N 5. P. 351—362.
- [15] Гороховский И. Р., Лауринавичюс А. К., Пожела Ю. К. и др. // ФТП. 1987. Т. 21. В. 11. С. 1998—2001.
- [16] Schaake H. F., Tregilgas J. H., Beck J. D. et al. // J. Vac. Sci. Techn. 1985. V. A3. N 1. P. 143—149.

Институт полупроводников
АН УССР
Киев

Получено 22.07.1988
Принято к печати 28.10.1988

ФТП, том 23, вып. 3, 1989

АНОМАЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ СТЕБЛЕРА—ВРОНСКОГО В ЛЕГИРОВАННЫХ БОРОМ ПЛЕНКАХ α -Si : H

Курова И. А., Мочалова Д. А., Лупачева А. Н.

Эффект Стеблера—Вронского (ЭСВ) — уменьшение проводимости под влиянием освещения белым светом пленок α -Si : H — широко исследуется в последние годы [1—4]. К настоящему времени установлено, что под влиянием освещения в пленках образуются оборванные связи кремния [5]. Вследствие этого уровень Ферми в нелегированных или слабо легированных пленках смещается в глубь зоны и проводимость их уменьшается [2]. В [6] в слабо легированных бором пленках α -Si : H (B_2H_6 в газовой фазе $\sim 10^{-3} \div 10^{-4}$ ат%) p -типа с энергией активации темновой проводимости $E_a = 0.7$ эВ наблюдался аномальный ЭСВ — увеличение проводимости пленки после освещения при комнатной температуре. Авторы связывают этот эффект с возникновением аккумуляционного слоя с высокой проводимостью у зарывшейся отрицательно поверхности пленки после освещения ее белым светом. В [7] аномальный ЭСВ наблюдался в компенсированных В и Р пленках α -Si : H n -типа. Природа этого эффекта авторам представлялась неясной, так как в результате образования отрица-

тельного заряда на поверхности и вызванного им загиба зон вверх в n -типе создается обедненный слой, что не может привести к увеличению проводимости пленки.

В настоящей работе аномальный ЭСВ обнаружен в сильно легированных бором (~ 0.3 ат. % B_2H_6 в газовой фазе) пленках α -Si : H p -типа с энергией активации проводимости $E_a = 0.4$ эВ. Исследовалась природа эффекта — возникновения отрицательного заряда и, следовательно, загиба зон и проводящего слоя у поверхности после освещения пленки белым светом. Для выяснения вопроса о механизме образования отрицательного заряда исследовалась зависимость ЭСВ от температуры, при которой проводилось предварительное освещение пленок.

На рис. 1 показано влияние освещения и адсорбции воды на поверхности пленки на температурные зависимости σ_T одной из исследованных легированных бором пленок α -Si : H. Проводимость пленки после ее отжига при $170^\circ C$ в течение 1 ч (кри-

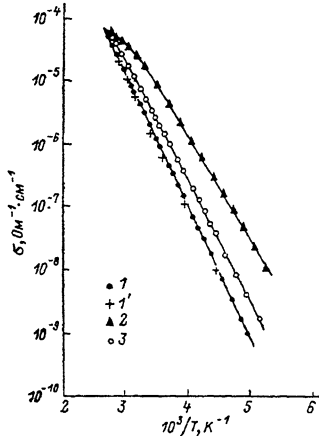


Рис. 1. Температурные зависимости темновой проводимости легированной бором пленки после ее отжига при $170^\circ C$ в течение 1 ч (1) и после адсорбции воды (1'), а также после освещения при комнатной температуре в течение 90 мин ($W = 100$ мВт/см²) (2) и после адсорбции воды на пленку, освещенную при таких же, как для 2, условиях (3).

вая 1) изменяется экспоненциально с одной энергией активации $E_a = 0.4$ эВ и предэкспоненциальным множителем $\sigma_0 = 8.7$ Ом⁻¹·см⁻¹. После предварительного освещения при комнатной температуре в течение 90 мин проводимость возрастает и температурная зависимость становится более сложной (кривая 2). При низких температурах σ_T изменяется экспоненциально с одной энергией активации $E_a = 0.31$ эВ и $\sigma_0 = 1.8$ Ом⁻¹·см⁻¹, при $T = 310$ К отклоняется от экспоненциальной зависимости, уменьшаясь и приближаясь к значениям σ_T отожженной пленки.

Известно, что вода образует положительный заряд на поверхности, т. е. загибает зоны вниз. Таким образом, проводимость пленки p -типа при адсорбции воды должна уменьшаться, если на поверхности имелся отрицательный заряд, обуславливающий загиб зон и наличие аккумуляционного слоя для дырок, вносящий существенный вклад в проводимость пленки. Из рис. 1 видно, что проводимость отожженной пленки не изменяется при адсорбции воды. Следовательно, в отожженной пленке нет существенно изменяющего проводимость аккумуляционного слоя. Однако адсорбция воды уменьшает проводимость предварительно освещенной пленки, энергия активации E_a при этом увеличи-

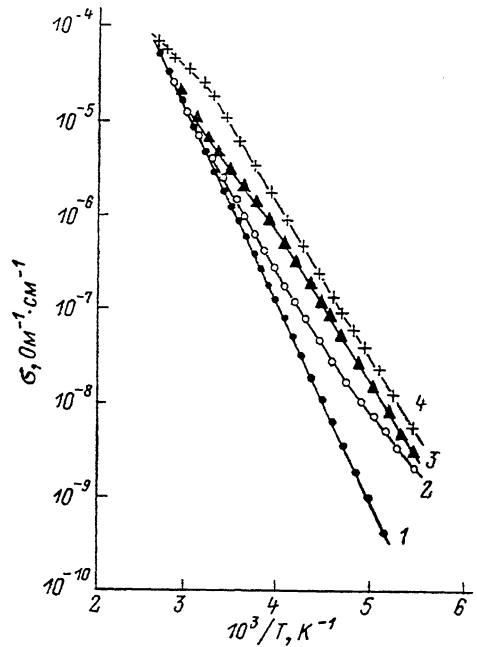


Рис. 2. Температурные зависимости σ_T легированной бором пленки после ее отжига (1) и после освещения в течение 120 мин при разных температурах пленки (2—4).
T, K: 2 — 110, 3 — 220, 4 — 295.

вается от 0.31 до 0.36 эВ. Это свидетельствует о наличии аккумуляционного слоя в предварительно освещенной пленке и об уменьшении его в результате уменьшения отрицательного заряда на поверхности пленки при адсорбции воды.

На рис. 2 показаны температурные зависимости σ_T пленки после ее отжига при 170 °С (кривые 1) и после предварительного освещения при разных температурах T_c . Видно (кривые 3, 4), что при $T < T_c$ σ_T изменяется экспоненциально с одной энергией активации E_a . При $T > T_c$ σ_T отклоняется от экспоненциальной зависимости, уменьшается, приближаясь к значениям $\sigma_T(T)$ для отожженной пленки. При освещении пленки при 100 К (кривая 2) во всем исследованном интервале температур от 150 до 400 К зависимость $\sigma_T(T)$ неэкспоненциальна. Значит, чем ниже T_c — температура, при которой освещалась пленка, тем при более низкой температуре T_0 начинается отжиг аномального ЭСВ, уменьшение темновой проводимости, обусловленное уменьшением отрицательного заряда на поверхности. Такая температурная зависимость связана, по-видимому, с тем, что отрицательный заряд создается в основном путем захвата электронов на локальные поверхностные состояния, глубина которых зависит от температуры T_c : чем меньше T_c , тем более мелкие состояния заполняются электронами и, следовательно, тем меньше T_0 — температура, при которой они начинают термически освобождаться.

Исследования кинетики изменения проводимости пленки при ее отжиге и адсорбции воды показывают, что процессы изменения заряда на поверхности более быстрые (отличаются не менее чем на 2 порядка), чем при отжиге фотоиндуцированных метастабильных состояний в объеме, т. е. при нормальном ЭСВ [8].

Таким образом, обнаруженный в легированных бором пленках a -Si : H p -типа аномальный ЭСВ и его зависимость от температуры, при которой предварительно освещалась пленка, обусловлены образованием приповерхностного проводящего слоя вследствие возникновения отрицательного заряда на поверхности путем захвата электронов на локализованные поверхностные состояния.

Л и т е р а т у р а

- [1] Stabler D. L., Wronski C. R. // Appl. Phys. Lett. 1977. V. 31. N 4. P. 292—294.
- [2] Tamelian M. H., Goodman N. B., Fritzsche H. S. // J. Phys. (Paris). 1981. V. 42 (Suppl. 10). P. C4-375—377.
- [3] Han D., Fritzsche H. // J. Non-Cryst. Sol. 1983. V. 59/60. P. 397—400.
- [4] Курова И. А., Ормонт Н. Н., Подругина В. Д. // Вестн. МГУ. Сер. 3. Физика. Астрономия. 1985. Т. 26. В. 5. С. 86—89.
- [5] Dersch H., Stuke J., Beichler J. // Phys. St. Sol. B. 1981. V. 105. P. 265—271.
- [6] Aker B., Fritzsche H. // J. Appl. Phys. 1983. V. 54. N 11. P. 6628—6633.
- [7] Fuhs W., Mell H., Stuke J., Thomas P., Weisser G. // Annal. Phys. 1985. B. 42. N. 2. S. 187—197.
- [8] Stutzmann M., Jackson W. B., Tsai C. C. // Phys. Rev. B. 1985. V. 32. N 1. P. 23—77.

Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова

Получено 1.06.1988
Принято к печати 31.10.1988

ФТП, том 23, вып. 3, 1989

ГИГАНТСКИЕ СПИНОВЫЕ РАСЩЕПЛЕНИЯ ЭКСИТОННЫХ СОСТОЯНИЙ В ВАН-ФЛЕКОВСКОМ МАГНИТОСМЕШАННОМ ПОЛУПРОВОДНИКЕ $Zn_{1-x}Fe_xTe$

Абрамшвили В. Г., Комаров А. В., Рябченко С. М.,
Погорельый В. И.

Интенсивно исследуемые в последние годы магнитосмешанные (полумангнитные) полупроводники (МСП) типа $A_{1-x}^{II}Me_x^{VI}$, где Me — ион переходного металла (в основном Mn или Fe), в области парамагнитных состояний качественно