

- [7] Звездин А.К., Попков А.Ф., Редько В.Г. Динамика доменных границ в редкоземельных ферритмагнетиках. Труды МКМ-73. М.: Наука, 1974. Т. У. С. 193-196.
- [8] Vella - Coleiro G.P., Smith D.H., Van Viter L.G. // Appl. Phys. Lett. 1972. V. 21. N 1. P. 36-37.
- [9] Rossol F.G. // J. Appl. Phys. 1962. V. 40. N 3. P. 1082-1083.
- [10] Kleparskii V.G., Pinter I., Serfözö G. // Phys. St. Sol. (a). 1982. V. 70. N 2. K101-K106.

Институт металлофизики
АН УССР, Киев

Поступило в Редакцию
9 марта 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 11

12 июня 1989 г.

11

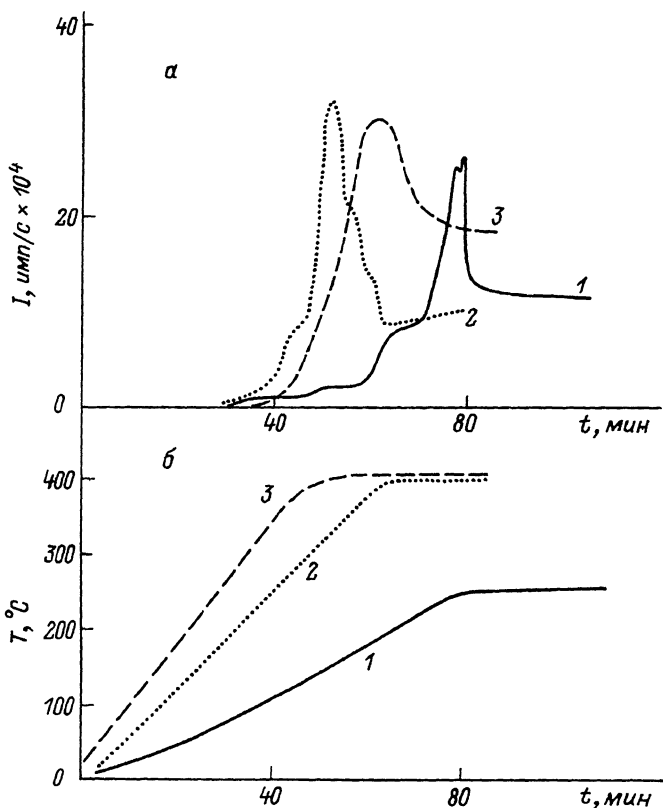
ЭКЗОЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ С ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ, СТИМУЛИРОВАННАЯ ОБРАЗОВАНИЕМ СИЛИЦИДОВ МЕТАЛЛОВ. ЭФФЕКТ ДАЛЬНОДЕЙСТВИЯ

А.Г. Итальянцев, А.Ю. Кузнецов,
В.А. Пантелеев

В [1-3] было показано, что образование силицидов на поверхности кремния, покрытой металлической пленкой, приводит к изменению ряда чисто объемных свойств полупроводникового образца. Авторы этих работ высказали предположение, что наблюдаемые эффекты вызваны проникновением в объем кристалла неравновесных точечных дефектов, образующихся при химическом взаимодействии металла с кремнием.

Цель настоящей работы - доказать миграцию собственных точечных дефектов в кристалл при силицидообразовании, используя высокочувствительную методику эмиссии экзоэлектронов с поверхности, описанную в [4, 5]. В этих работах представлены результаты опытов по наблюдению усиленной экзоэлектронной эмиссии (ЭЭЭ) с поверхности кремниевой пластины после облучения ее обратной стороны импульсным ионным пучком. Такое „дальнодействующее“ влияние ионной имплантации авторы [4, 5] объясняли воздействием на эмитирующую поверхность мигрирующих из зоны облучения собственных точечных дефектов.

В данной работе металлические пленки (*Pt, Ni, Cr*) толщиной 0.15 мкм наносились на одну из поверхностей полированной кремниевой подложки (ориентация (111), *n*-тип, $\rho \approx 20$ Ом·см, толщина $L = 200 \div 400$ мкм) термическим распылением при температурах, заведомо меньших температур начала образования их



Графики зависимостей интенсивности выхода экзоэлектронов I от времени отжига образца (а) и кинетики нагрева образца (б). 1 - система $Pt-Si$, 2 - система $Ni-Si$, 3 - система $Cr-Si$.

силицидов. Затем образцы помещались в вакуумную камеру, где производился их нагрев. Одновременно с неметаллизированной стороны пластины с помощью ВЭУ регистрировался сигнал ЭЭЭ. Источником дополнительного возбуждения служило излучение лампы накаливания, прошедшее через фильтр, вырезающий полосу в видимой части спектра, что исключало выход электронов за счет фотоэффекта.

На рисунке представлены полученные зависимости интенсивности ЭЭЭ от текущего времени нагрева структур металл-полупроводник и кинетика их нагрева. Во всех трех случаях обращает на себя внимание резкое увеличение сигнала ЭЭЭ в области температур, характерных для образования соответствующих силицидов (200 $^{\circ}\text{C}$ для Pt_2Si , 200 $^{\circ}\text{C}$ для Ni_2Si , 450 $^{\circ}\text{C}$ для $CrSi_2$) [6]. Отметим, что таких всплесков не наблюдается, если на обратной стороне пластины отсутствует силицидообразующий металл.

Таким образом, следует заключить, что увеличение сигнала ЭЭЭ в данных экспериментах обусловлено началом твердофазной реакции на противоположной стороне пластины. Учитывая высокую чувствительность ЭЭЭ, а также температурные и временные характеристики нагрева образцов, по всей вероятности, речь здесь идет о начальной стадии зарождения силицида. В этих условиях, как показывают оценки, прослойка силицида не может существенно изменить механические напряжения в структуре и оказать влияние на выход экзоелектронов. Кроме того, механические напряжения, превносимые растущим слоем силицида, увеличиваются монотонно, а изменение сигнала ЭЭЭ носит явно выраженный немонотонный характер. Мы считаем, что экспериментально наблюдаемое изменение сигнала ЭЭЭ связано с потоком точечных дефектов, образующихся вследствие стимулированной генерации дефектов на границе раздела кремний – растущий силицид. Экспериментальная оценка временной задержки между моментом изменения скорости роста силицида (ступенчатого изменения температуры образца) и соответствующим откликом в изменении сигнала ЭЭЭ составляет $\Delta t \approx 30$ с. Оценка соответствующего коэффициента диффузии дает величину $D = L^2 / \Delta t \approx 10^{-5} \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$, по порядку величины совпадающую с известным коэффициентом диффузии собственных междоузельных атомов в кремнии [7].

Подобные диффузионные параметры могут означать, что ЭЭЭ обусловлена потоком междоузельных атомов, направленных к поверхности, со стороны которой снимается сигнал ЭЭЭ или от этой поверхности. Первый случай должен реализовываться, если рост силицида сопровождается генерацией междоузельных атомов. Второй – если в процессе твердофазной реакции силицидообразования генерируются вакансии. В этой ситуации вакансии (в силу их существенно меньшей подвижности в кремнии) не могут за Δt проникнуть на значительную глубину, но являются эффективным стоком для междоузельных атомов и могут обеспечить их отток от противоположной стороны образца кремния, в котором реально собственные междоузельные атомы всегда присутствуют в составе различных слабо-связанных комплексов.

Необходимо также отметить, что в некоторых работах (например, [8]) авторы объясняют наблюдаемые ими эффекты дальнего действия влиянием распространяющихся в образцах упругих волн. В наших опытах наличие таких волн кажется достаточно проблематичным.

Более детальные исследования с применением использованной методики позволяют глубже разобраться в процессах, связанных с динамикой роста пленок силицидов и с механизмом образования собственных точечных дефектов в процессе таких твердофазных реакций. Такие исследования в настоящее время проводятся.

Авторы выражают признательность В.Н. Мордковичу за полезное обсуждение результатов работы и А.И. Сидоровой за помощь в проведении эксперимента.

- [1] Н и С.М. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 5. P. 308-310.
- [2] W e n D.S., S m i t h P.L., O s b u r n C.M., R o z g o n y G.A. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 15. P. 1182-1184.
- [3] И т а л ь я н ц е в А.Г., К р а с н о б а е в Л.Я., К у з н е ц о в А.Ю., М о р д к о в и ч В.Н. // П и с ь м а в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 13. С. 1178-1182.
- [4] П а н т е л е е в В.А., Ч е р н я х о в с к и й В.В., Е р ш о в С.Н. // ФТТ. 1974. Т. 16. В. 7. С. 2151-2153.
- [5] П а н т е л е е в В.А., Е р ш о в С.Н., Ч е р н я х о в с к и й В.В., Н а г о р н ы х С.Н. // П и с ь м а в ЖЭТФ. 1976. Т. 23. В. 12. С. 688-691.
- [6] М ь ю р а р к а Ш. Силициды для СБИС. М.: Мир 1985. 382 с.
- [7] Н и С.М. // J. Appl. Phys. 1974. V. 45. N 6. P. 1567-1573.
- [8] П а в л о в П.В., Д е м и д о в Е.С., З о р и н а Г.Н. // ФТП. 1987. Т. 21. В. 6. С. 984-989.

Поступило в Редакцию
20 января 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 11

12 июня 1989 г.

05.4

НАМАГНИЧИВАНИЕ И КРИТИЧЕСКИЕ ТОКИ КЕРАМИЧЕСКИХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

Ю.И. К у з ь м и н, И.В. П л е ш а к о в

Несмотря на большое количество публикаций по магнитным свойствам ВТСП, информация о критических параметрах керамик является неполной и противоречивой. Цель настоящей работы состоит в изучении полевых зависимостей критических токов и сил пиннинга, получаемых в экспериментах по намагничиванию сверхпроводящей керамики $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, полученной в различных технологических режимах (в частности, при разных температурах обжига).

Эксперимент проводился следующим образом: два цилиндрических образца длиной 8 мм и диаметром 7 мм плотно прижимались торцами друг к другу. В одном из них была сделана полость, в которую помещался датчик Холла с размерами рабочей области $1.5 \times 0.5 \times 0.05$ мм³. Чувствительность датчика составляла 11.39 мкВ·Э⁻¹, усилительная аппаратура обеспечивала точность до 0.2 Э. Внешнее поле, прикладываемое по оси цилиндра, менялось в диапазоне 0-