

- [1] С ы с о е в А.А., Ч у п а х и н М.С. Введение в масс-спектрометрию, М.: Атомиздат, 1977.
- [2] Д а ш у к П.Н. - Тез. докл. П Всесоюз. совещ. по физике электрического пробоя газов, ч. 1, Тарту, 5-8 июня 1984 г.
- [3] Д а ш у к П.Н., К о в т у н А.В., Л у к а ш е н к С.В., С о к о л о в Б.Н. - Письма в ЖТФ, 1986, т. 12, в. 23, с. 1415-1419.
- [4] Б ы к о в с к и й Ю.А., Н е в о л и н В.Н. Лазерная масс-спектрометрия, М.: Энергия, 1985.

Ленинградский политехнический институт им. М.И. Калинина

Поступило в Редакцию
18 октября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 3

12 февраля 1988 г.

УПРАВЛЯЕМАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ТРЕКОВ ЭЛЕКТРОНОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ФОНА

В.М. У л а н о в, И.О. Щ е р б а к о в

В работе [1] было обнаружено, что в фотографических эмульсиях для ядерных исследований с высокой концентрацией бромистого серебра приложение электрического поля напряженностью ~ 1 МВ/см вызывает множественные микропробой слоя. Невозможность локализовать электронную лавину, возникающую под действием поля, в отдельных микрокристаллах $AgBr$ при среднем расстоянии между их поверхностями ~ 100 А, заставило уменьшить концентрацию и перейти к обычным фотографическим эмульсиям [2]. Основным недостатком использования таких эмульсий является малый диапазон управления чувствительностью, связанный с тем, что минимальные ионизационные потери заряженной частицы в $AgBr$ составляют ~ 1 кэВ/мкм. Вследствие выделения столь значительной энергии, микрокристаллы размером ~ 1 мкм приобретают способность к проявлению независимо от последующего действия электрического поля. Способы предэкспозиционной обработки слоев, понижающие их исходную чувствительность, не могут обеспечить воспроизводимые результаты, поскольку зависят от постоянства многих параметров - температуры и концентрации растворов, времени обработки, равномерности диффузии и т.д.

Нами было предложено использовать для целей управляемой регистрации заряженных частиц эмульсии с микрокристаллами типа ядро-оболочка, которые представляют собой ядра из микрокристаллов высокочувствительной эмульсии, зарощенные тонкой 50-100 А оболочкой из чистого $AgBr$. Обычно для проявления таких эмульсий используют составы с дополнительными добавками, которые подраст-

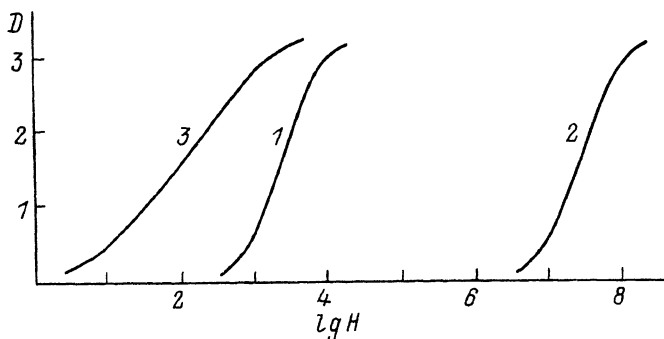


Рис. 1. Зависимости плотности почернения от экспозиции.

1 - эмульсия проявлена с веществами подрастворяющими оболочку, 2 - в обычном проявителе, 3 - в обычном проявителе, но экспонирована с приложением поля напряженностью 1.8 МВ/см.

воряют оболочку и обеспечивают доступ проявителя к центрам чувствительности, которые расположены на поверхности ядер под оболочкой. Опыты показали, что проявление эмульсий типа ядро-оболочка в обычных проявителях, не содержащих подрастворяющих оболочку добавок, приводит к понижению их чувствительности на четыре порядка, а величина вуали при такой обработке не превышает 10^{-4} зерен в $\mu\text{м}^3$. Такая величина вуали позволяет удовлетворить эмпирическим условиям регистрации треков частиц в эмульсии. Приложение импульса электрического поля позволяет повысить чувствительность при экспонировании светом до шести порядков, и, таким образом, существенно расширить возможности управления, регистрацией ионизирующих излучений. Характеристические кривые эмульсий, полученные при экспонировании световой вспышкой, моделирующей прохождение частиц, представлены на рис. 1. Экспонирование осуществлялось азотным лазером ЛГИ-21, излучение которого преобразовывалось красителем в световую вспышку длительностью 20 нс. Как видно из рис. 1, понижение исходной чувствительности при указанной обработке перекрывается повышением чувствительности в момент приложения импульса электрического поля.

Экспонирование эмульсии типа ядро-оболочка пучком электронов с энергией 200 кэВ и длительностью 1.6 мкс показало, что приложение электрического поля напряженностью 1.8 МВ/см позволяет надежно регистрировать треки электронов. При этом среднее число проявленных зерен на 100 $\mu\text{м}$ трека составило ~ 25 , что для эмульсии со средним размером микрокристаллов 0.8 $\mu\text{м}$ является теоретически предельно возможным, исходя из числа микрокристаллов пересекаемых электроном при их объемной концентрации в эмульсии ~ 0.2 . Опыты по задержке в подаче импульса поля на эмульсии-

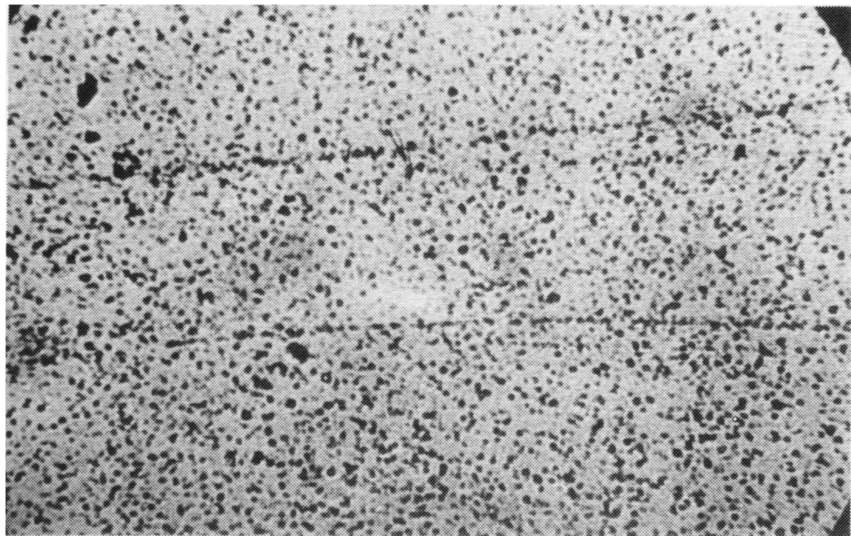


Рис. 2. Треки электронов в эмульсии при фоновой нагрузке $2.5 \cdot 10^9$ частиц на см^2 .

онный слой, относительно момента экспонирования пучком электронов показали, что время памяти эмульсии составляет ~ 100 мкс.

При использовании фотографических эмульсий для регистрации и выделения редких событий их способность аккумулировать действие излучений становится недостатком, поскольку при этом не представляется возможным выделить интересующее событие среди фоновых. Большой диапазон управления чувствительностью эмульсий типа ядро-оболочка и низкая чувствительность при обычной обработке позволили использовать их для регистрации частиц по заданной программе. Экспериментально определялась предельно возможная фоновая нагрузка, еще обеспечивающая условия уверенного прослеживания трека электрона на фоне треков частиц, попавших в эмульсию в состоянии с ее низкой чувствительностью, т.е. когда нет усиливающего действия электрического поля. Для этого проводилось облучение эмульсии источником β -частиц ^{90}Sr со средней энергией 196 кэВ и удельной активностью $8 \cdot 10^7$ частиц/ см^2 . Источник приводился в непосредственный контакт с эмульсионным слоем на время, которое варьировалось в пределах от 10 с до 1 мин. В промежутке между экспонированием β -частицами, а также до (либо после) облучения проводилось экспонирование эмульсии пучком электронов, описанным выше, с приложением электрического поля. Как видно из рис. 2, даже при фоновой нагрузке $2.5 \cdot 10^9$ β -частиц/ см^2 треки электронов надежно выявляются.

Таким образом, использование эмульсий с микрокристаллами типа ядро-оболочка в сочетании с наложением импульсного электри-

ческого поля высокой напряженности позволяет проводить регистрацию ионизирующих частиц по заданной программе в условиях интенсивного фона. Реализация метода позволит решить ряд задач ядерной и космической физики.

Л и т е р а т у р а

- [1] Гу щ и н Е.М., Ле бе де в А.Н., Ло пы ре в А.Ю. и др. - ЖТФ, 1985, т. 55, № 7, с. 1362-1369.
[2] Гу щ и н Е.М., Ле бе де в А.Н., Ло пы ре в А.Ю. Письма в ЖТФ, 1984, т. 10, в. 16, с. 964-967.

Московский инженерно-физический институт

Поступило в Редакцию
17 июля 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 3

12 февраля 1988 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ $GaAs - AlGaAs$ КВАНТОВО-РАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР, ПОЛУЧЕННЫХ МОС-ГИДРИДНЫМ МЕТОДОМ

О.В. К о в а л е н к о в, А.Г. М а ш е в с к и й,
М.А. С и н и ц ы н, О.М. Ф е д о р о в а,
Б.С. Я в и ч

В работе [1] приведены результаты рентгенодифракционных и рентгенофотоэлектронных измерений параметров $GaAs - AlGaAs$ периодических структур (ПС) со слоями толщиной 700-1000 Å, выращенных МОС-гидридным методом в системе $Ga(CH_3)_3 - Al(CH_3)_3 - AsH_3 - H_2$. Измерения свидетельствовали о высоком кристаллическом совершенстве, однородности толщины и состава эпитаксиальных слоев $GaAs$ и $Al_xGa_{1-x}As$ ($x \leq 0.3$) в ПС. В этих структурах было обнаружено различие в размерах переходных областей на гетерограницах $GaAs - Al_{0.26}Ga_{0.74}As$ и $Al_{0.26}Ga_{0.74}As - GaAs$, протяженность которых составляла соответственно 30 и 90 Å. Эта особенность ПС была, по нашему мнению, следствием несовершенства используемой системы газораспределения, приводящей к заметной адсорбции МОС на внутренних стенках газовых каналов. Устранение этого явления позволило нам перейти к получению и исследованию $GaAs - AlGaAs$ структур с толщинами слоев ≤ 100 Å.

Структуры были получены на подложках $GaAs$ (100) в реакторе вертикального типа с ВЧ нагревом подложкодержателя при атмосферном давлении [2]. Температура роста поддерживалась равной 780 °С, расход газа-носителя водорода - 8 л/мин. Процесс выращивания был непрерывным, и скорость роста слоев в квантово-размерной части структур составляла около 4 Å/с.