

02;11;12

©1994

ПРОХОЖДЕНИЕ МЕДЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕЗ ПЛЕНКИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Г.К.Зырянов, И.А.Пчелкин, М.С.Лепесткина

Успехи в исследованиях с применением поляризованных электронов в значительной мере обусловлены созданием эффективных источников поляризованных электронов.

В настоящее время, несмотря на ограниченную (40%) и нестабильную поляризацию, источник на основе GaAs с отрицательным средством является, по-видимому, наиболее подходящим. Для создания эмиттеров с отрицательным средством используют сильно легированный арсенид галлия *p*-типа и покрывают поверхность тонким слоем цезия с кислородом. Однако при большой плотности фототока наблюдается его уменьшение с течением времени, что можно объяснить электронно-стимулированной десорбцией ионов и нейтральных атомов с поверхности электродов. В то же время известно, что для защиты микроканальных пластин применяются барьерные пленки [1].

Целью данной работы было изучение возможности использования таких барьерных пленок для защиты источников поляризованных электронов.

На рис. 1 изображена установка, на которой исследовалось прохождение медленных поляризованных электронов через барьерную пленку из оксида алюминия. Пленки изготавливались окислением в низкотемпературной газовой плазме. Толщина пленки лежит в пределах от 80 до 100 Å. Неполяризованный монокинетический пучок электронов, создаваемый электронной пушкой 1, с энергией $E_p = 80 - 300$ эВ падает на первый кристалл 2, на который попеременно напыляются пленки золота и алюминия. Отраженный пучок электронов проходит монохроматор, представляющий собой плоский конденсатор 3 с разрешением 5%, пленку Al_2O_3 4 и фокусируется при помощи электронно-оптической системы на мишень анализатора 5. Электроны, рассеянные на симметричные углы от мишени $\pm(130 - 150)$, регистрируются электронными умножителями ВЭУ-6, которые работают в режиме счета импульсов. Измеряя асимметрию рассеяния

$$A = \frac{N_{\pi} - N_{\lambda}}{N_{\pi} + N_{\lambda}},$$

$$\begin{matrix} [V] \\ []^{-1} \end{matrix}$$

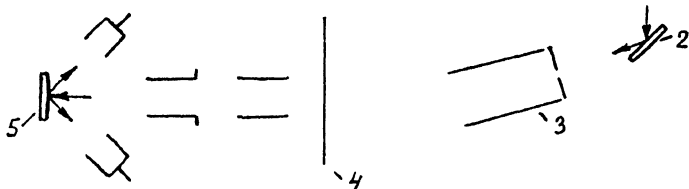


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

где $N_{\text{п}}$ — число импульсов с правого умножителя, а $N_{\text{л}}$ — число импульсов с левого умножителя, в зависимости от энергии пучка электронов, можно оценить характер изменений поляризации электронного пучка.

В качестве первого кристалла использовался кристалл кремния Si(100). Напыление пленок на кристалл Si производилось в вакууме непосредственно перед измерением. Толщина напыляемой пленки определялась по уходу частоты кварцевого генератора $\Delta\omega$. Мишень анализатора приготовлялась напылением оптически непрозрачной золотой пленки на подложку из пиролитического графита.

Вольт-амперная характеристика тока вторичных электронов, прошедших сквозь пленку оксида алюминия в задерживающем электрическом поле U_c , (кривая задержки) показана на рис. 2. Электроны начинают проходить через пленку при энергии 50 эВ относительно катода. Энергия первичного электронного пучка $E_p = 150$ эВ. Анализ распределения вторичных электронов по энергиям показывает, что электроны взаимодействуют с атомами пленки Al_2O_3 , рассеиваясь на них. Известно, что глубина проникновения электронов с первичной энергией $E_p = 100 - 400$ эВ для пленки Al_2O_3 порядка $100-200\text{\AA}$, что сравнимо с толщиной исследуемой пленки. Вышеизложенные факты и, кроме того, равномерное свечение люминофора, расположенного за пленкой оксида алюминия, свидетельствуют о том, что исследуемая пленка, скорее всего, не имеет пор. Электроны, проходя сквозь нее, рассеиваются на атомах пленки, то есть происходит взаимодействие падающих электронов с веществом пленки. Следовательно, можно говорить о возмож-

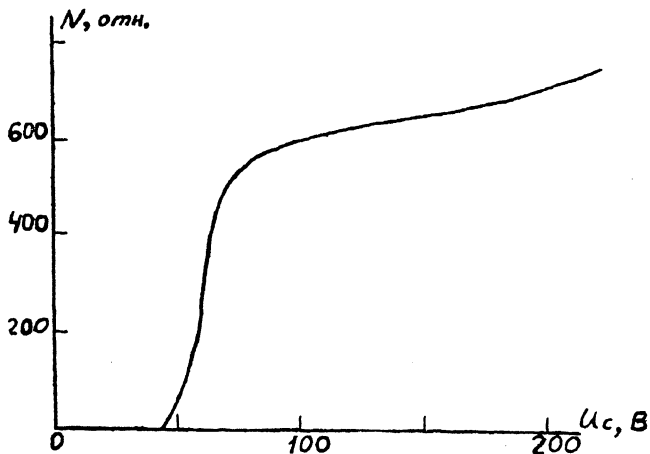


Рис. 2. Кривая задержки для пленки Al_2O_3 .

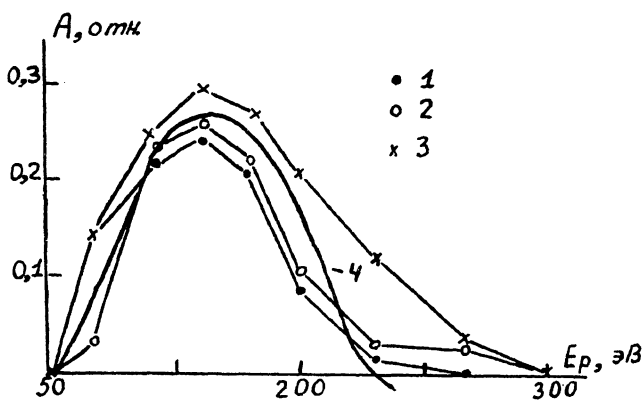


Рис. 3. Зависимость асимметрии рассеяния электронов, прошедших через пленку Al_2O_3 от энергии первичного пучка E_p (кривые 1, 2, 3). Кривая 4 — без пленки Al_2O_3 .

ности влияния данного рассеяния на поляризацию первоначально поляризованного электронного пучка.

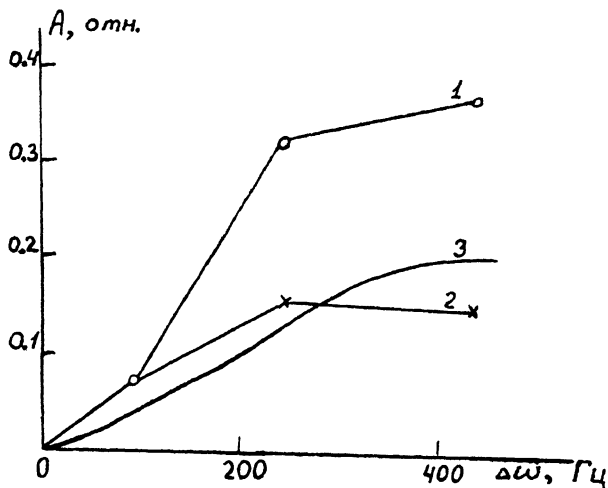


Рис. 4. Зависимость асимметрии рассеяния от толщины пленки золота, напыленной на первый кристалл. 1 — $E_p = 90$ эВ, 2 — $E_p = 120$ эВ, 3 — без пленки Al_2O_3 .

При исследовании спиновой поляризации медленных электронов в режиме прохождения поляризованного электронного пучка сквозь тонкие пленки оксида алюминия снимались зависимости асимметрии рассеяния от энергии первичных электронов и от толщины напыляемого вещества на первый кристалл (рис. 3 и 4). За приборную асимметрию принималась асимметрия рассеяния от пленки $Al(Z=13)$, напыляемую на тот же кристалл. В ходе эксперимента получено довольно хорошее качественное согласие нескольких серий опытов. На рис. 3 изображены кривые асимметрии рассеяния в зависимости от энергии первичных электронов при рассеянии от напыленной пленки золота на первом кристалле. Кривые 1, 2, 3 соответствуют разной толщине напыленных пленок золота. Ранее была получена энергетическая зависимость асимметрии рассеяния, возникающая в результате рассеяния от пленки золота в отсутствие исследуемой пленки (кривая 4, рис. 3). Как видно, кривые асимметрии ведут себя аналогично, что позволяет заключить, что пленка Al_2O_3 не деполаризует электроны, поляризованные при рассеянии на золоте.

Для более полного исследования прохождения электронов через пленку и для подтверждения сделанного вывода исследовалась асимметрия рассеяния электронов, прошедших через пленку Al_2O_3 , в зависимости от толщины напыленного вещества на поверхность первого кристалла при комнатной температуре (рис. 4). Асимметрия при

$\Delta\omega = 0$ соответствует чистой поверхности кремния до напыления пленки золота. Подобная зависимость наблюдается и при отсутствии исследуемой пленки оксида алюминия (кривая 3). В области $0 < \Delta\omega < 100$ Гц наблюдается монотонный рост поляризации, далее при $\Delta\omega < 200$ Гц поляризация становится постоянной и, по-видимому, соответствует рассеянию непосредственно на атомах Au, в то время как в области $0 < \Delta\omega < 100$ Гц рассеяние происходит как на атомах Si, так и на атомах Au [2].

В результате проведенных опытов можно предположить, что исследуемая пленка оксида алюминия толщиной до 100 \AA не оказывает существенного влияния на спиновую поляризацию проходящего через нее электронного потока с E_p до 300 эВ.

Данное свойство барьерных пленок Al_2O_3 позволяет применять их в качестве защитных пленок для источников поляризованных электронов, например, на основе GaAs.

Список литературы

- [1] Смирнов Б.Н., Денисов В.П., Русанова Т.А. // Тез. докл. XXI Всесоюз. конф. по эмиссионной электронике. Л., 1990. Т. 2. С. 150.
- [2] Нестеренко Б.А., Ляпин В.Г. Фазовые переходы на свободных границах и межфазовых границ в полупроводниках. Киев, 1990. 151 с.

Санкт-Петербургский
государственный университет

Поступило в Редакцию
27 ноября 1993 г.

