

02;11;12

©1994

## АСИММЕТРИЯ РАССЕЯНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ОТ ПЛЕНОК ЗОЛОТА

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

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию явлений, связанных с электронной спиновой поляризацией во вторичной электронной эмиссии. Обнаружено сильное влияние спиновой поляризации на упругое рассеяние [1]. Имеются сообщения о заметном влиянии поляризации и на неупругие процессы [2,3]. Изучение этих процессов очень важно, так как появляется возможность анализировать спиновое состояние электронов и атомов на поверхности кристаллов, а также адсорбционных систем и дефектов.

В данной работе исследовалась спиновая поляризация вторичных электронов малых энергий. Результаты получены на установке, схема которой изображена на рис. 1. Неполаризованный монокинетический пучок электронов с энергией  $E_p = 0 - 300$  эВ, создаваемый электронной пушкой 1, падает под углом  $Q$  на первый кристалл-поляризатор 2, на который попеременно напыляются пленки золота и алюминия с энергией  $E_p = 0 - 300$  эВ. Отраженный пучок электронов проходит монохроматор, представляющий собой плоский конденсатор 3 с разрешением 5%, и фокусируется при

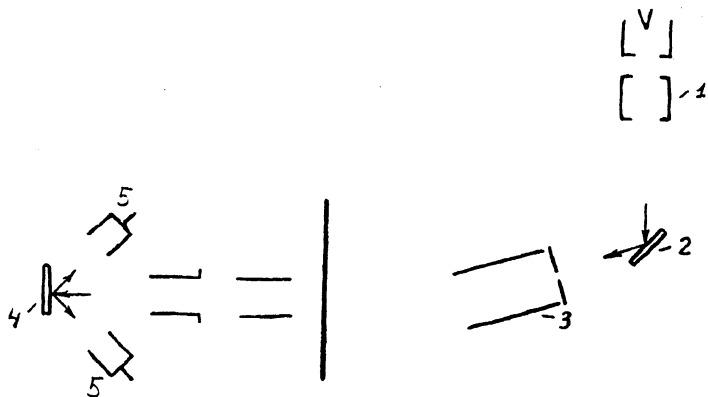


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

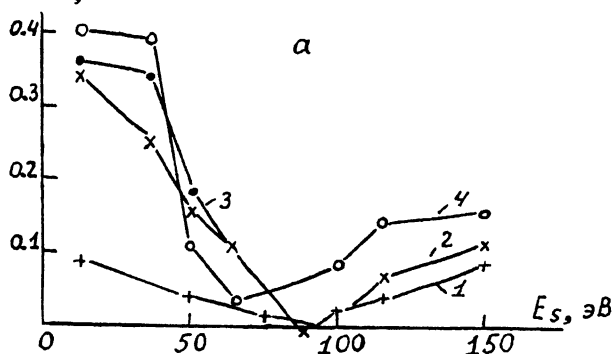
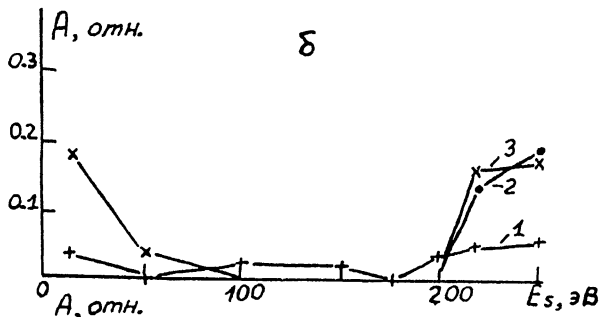


Рис. 2. Асимметрия рассеяния вторичных электронов с энергией  $E_s$ , эмиттированных пленкой Al (кривая 1) и пленками Au (кривые 2, 3, 4) и при энергии первичного пучка  $E_p = 150$  эВ (а) и  $E_p = 250$  эВ (б).

помощи электронно-оптической системы на мишень анализатора 4. Асимметрия рассеяния определяется как

$$A = \frac{N_{\text{п}} - N_{\text{л}}}{N_{\text{п}} + N_{\text{л}}},$$

где  $N_{\text{п}}$ ,  $N_{\text{л}}$  — число импульсов с правого и левого электронных умножителей ВЭУ-6 (5). Для исследования спиновой поляризации вторичных электронов применялся анализатор, основанный на зависящем от спина диффузном рассеянии электронов от напыленной на пиролитический графит поликристаллической пленки золота. В работе использовался кристалл кремния Si(100). Контроль состояния поверхности осуществлялся методом ДМЭ.

В эксперименте исследовалась асимметрия рассеяния электронов, эмиттированных с пленок золота и алюминия, напыленных на рабочую поверхность кристалла кремния.

Измерения проводились в вакууме  $1 - 10^{-7}$  Па. Энергия первичных электронов изменялась от 0 до 300 эВ. Толщина напыляемой пленки на кристалл кремния определялась по уходу частоты кварцевой пластинки, расположенной рядом с образцом. За приборную асимметрию принята асимметрия рассеяния на кристалле кремния. На рис. 2, а показана зависимость асимметрии рассеяния от энергии вторичных электронов, эмиттированных поляризатором. Энергия первичных электронов, падающих на поляризатор 150 эВ. Различные кривые соответствуют напыленным на поляризатор пленкам золота разной толщины. Довольно большие значения асимметрии до 20% получены для упруго отраженных  $E_s = 150$  эВ, а в интервале истинно вторичных электронов  $E_s < 50$  эВ до 40% (кривые 2, 3, 4).

Аналогичные эффекты получены и при рассеянии электронов с первичной энергией  $E_p = 250$  эВ (рис. 2, б). Наблюдается поляризация истинно вторичных электронов от пленок золота.

С ростом толщины пленки золота асимметрия рассеяния увеличивается. Рассеяние происходит как на атомах золота, так и на атомах подложки, что указывает на островковый рост пленки золота на кремнии [4]. Толщина слоя, при которой происходит насыщение асимметрии с ростом толщины пленки золота, соответствует рассеянию собственно на атомах Au. При напылении Al на образец и при рассеянии электронов от кристалла кремния асимметрия рассеяния не обнаружена в пределах ошибки измерений (рис. 2, а, б кривые 1).

Была получена также зависимость асимметрии рассеяния вторичных электронов от энергии первичных (рис. 3). При этом в анализатор пропускались эмиттированные электроны малых энергий, то есть анализировались только истинно вторичные электроны. Поляризация в зависимости от  $E_p$  имеет вид немонотонной кривой, что можно объяснить влиянием начальных состояний вторичных электронов. При напылении алюминия на кристалл асимметрия рассеяния, как и ожидалось, уменьшилась до уровня фона.

Возникновение поляризации вторичных электронов с энергией меньше 50 эВ можно объяснить несколькими причинами.

Возможно, анализатор регистрирует медленные вторичные электроны, образованные первичными рассеянными электронами в приповерхностной области. Известно, что могут появиться поляризованные оже-электроны, даже если ни атом, ни ионизирующие электроны не поляризованы. У Au при исследуемых энергиях коэффициент ВЭЭ около 1.2, то есть возможно образование истинно вторичных электронов. У Al и Si, при рассеянии от которых поля-

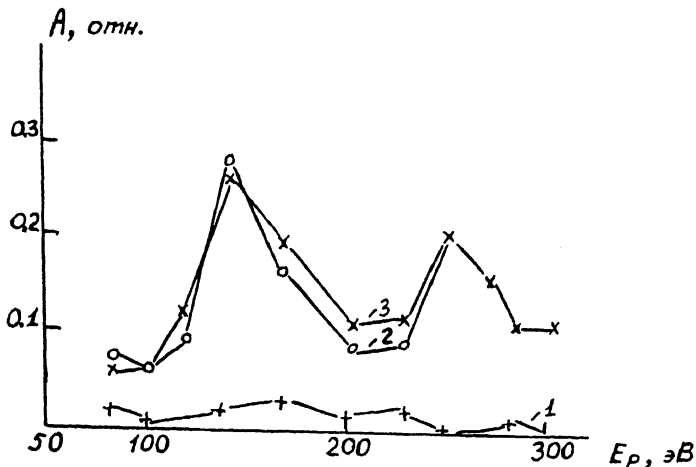


Рис. 3. Зависимость асимметрии рассеяния истинно вторичных электронов, эмиттированных пленкой Al (кривая 1) и пленками Au (кривые 2,3), от энергии падающих электронов  $E_p$ .

ризация вторичных электронов не наблюдалась в пределах ошибки измерения, коэффициент ВЭЭ около 0.8. Заметим, что при образовании истинно вторичных электронов взаимодействие первичного электрона с сильно связанными электронами решетки дает больший вклад в коэффициент ВЭЭ, чем при взаимодействии с электронами проводимости [5]. Возможно, имеют место и другие механизмы рассеяния, влияющие на спиновую поляризацию вторичных электронов. В частности, одним из таких процессов является спин-спиновое взаимодействие. У атомов, особенно на поверхности, могут быть нескомпенсированные спины. Электроны с малой энергией при выходе в вакуум взаимодействуют с ними, приобретая при этом поляризацию. Влияние границы мишень-вакуум на асимметрию рассеяния при выходе электронов в вакуум обсуждалось в [6].

Зависимость прозрачности потенциального барьера от ориентации спина проходящего электрона также может влиять на спиновую поляризацию вторичных электронов.

#### Список литературы

- [1] Kessler J. Polarized electrons. Berlin, New-York, 1985. 300 p.
- [2] Ravano G., Erbudak M. // Sol. Si. Comm. 1983. V. 44. P. 547-549.
- [3] Петров В.Н., Мамаев Ю.А., Старовойтов С.А. // Поверхность. 1990. В. 10. С. 46-51.

- [4] *Нестеренко Б.А., Ляпин В.Г.* Фазовые переходы на свободных границах и межфазовых границах в полупроводниках. Киев, 1990. 151 с.
- [5] *Fischenbeck H.I.* // Phys. Stat. Sol. 1966. V. 15. N 1. P. 387-393.
- [6] *Петров В.Н., Мамаев Ю.А., Старовойтов С.А.* // ЖЭТФ. 1989. Т. 95. В. 3. С. 966-974.

Санкт-Петербургский  
государственный университет

Поступило в Редакцию  
27 ноября 1994 г.

---