

**ИЗМЕРЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ПЛОСКИХ ЗОН ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО
ЭЛЕКТРОДА В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ**

А.А.ГАРИБОВ, Н.И.ГУСЕЙНОВ, Р.С.МАДАТОВ

*Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана
AZ 1143, Баку, пр.Г.Джавида 31а*

В настоящей работе предлагается новый способ измерения потенциала плоских зон полупроводникового электрода в растворе электролита. Способ применим (в отличии от аналогов) в условиях, когда измерения потенциала плоских зон известными способами обладают низкой точностью из-за заряжения быстрых поверхностных уровней, поверхностной рекомбинации, электрохимических и фотоэлектрохимических реакций.

Основой построения модели любой межфазной границы полупроводник-электролит являются данные потенциалов плоских зон полупроводникового электрода в растворе электролита, определяющие работоспособность полупроводниковых фотоэлектро-химических устройств для преобразования солнечной энергии.

Определение потенциала плоских зон (φ_b) на границе полупроводник-электролит основывается главным образом на измерении барьерной емкости: прямолинейная зависимость кривой $C_d^{-2} - \varphi$ должны соответствовать выполнению условия Мотта-Шоттки, а экстраполяцией $C_d^{-2} \rightarrow 0$ оценивается потенциал плоских зон [1].

Следует отметить, что определение потенциала плоских зон полупроводникового электрода способ измерением дифференциальной емкости имеет некоторые недостатки. Недостатком данного способа является низкая абсолютная точность измерений, что обусловлено отклонением измеряемой дифференциальной емкости с частотой дисперсии [1,2].

В настоящей работе предлагается экспериментальный метод измерения потенциала плоских зон полупроводникового электрода в растворе электролита.

Сущность данного способа заключается в следующем. При изгибе потенциала внутри полупроводника, т.е. когда $\Delta\varphi_{sc} \neq 0$, создаваемые импульсом света неравновесные носители тока эффективно разделяются в электрическом поле, создавая импульс тока или заряда. Если поле в полупроводнике равно нулю ($\Delta\varphi_{sc} = 0$), что соответствует потенциалу плоских зон (φ_b), разделения зарядов не происходит и амплитуда импульсов тока или заряда равны нулю.

Если постоянная времени измерительной цепи ($\tau = RC$) больше длительности импульса света t_u , регистрируется сигнал пропорциональный генерируемому заряду, т.е. интегралу от фототока по времени:

$$V = \frac{1}{C} \int_0^{t_u} j_u(t) dt, \quad (1)$$

здесь V – измеряемый сигнал, $j_\varphi(t)$ - импульс фототока, C – емкость измерительной ячейки.

В противоположном случае, когда $t_u > \tau$

$$V = j_u R, \quad (2)$$

измеряют сигнал пропорциональный импульсному току. Здесь R -сопротивление измерительной цепи. Регистрация импульсного тока или заряда не требует специального подбора постоянной времени измерительной цепи, учета емкости полупроводникового электрода и условий измерения.

На Рис.1 показана блок-схема установки для измерения потенциала плоских зон полупроводникового электрода в растворе электролита. Следует отметить, что предлагаемым способом могут быть измерены потенциалы плоских зон различных полупроводниковых электродов в различных растворах электролитов. Установка содержит импульсный ультрафиолетовый лазер на молекулярном азоте (1), измерительную электрохимическую ячейку с плоским окном (2), полупроводниковым (3), платиновым (4) и электродом сравнения (5), относительно которого измеряется потенциал полупроводникового электрода (например, Нас.К.Эл.), широкополосный усилитель (6), задатчик потенциала (7) (состоящий из источника питания и переменного потенциометра), осциллограф (8), вольтметр (9).

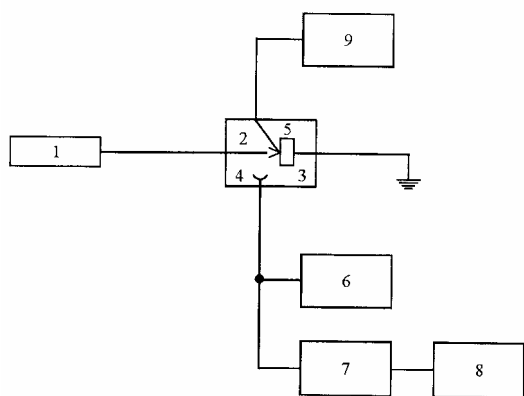


Рис.1.

Блок-схема установки для измерения потенциала плоских зон полупроводникового электрода в растворе электролита. 1-импульсный ультрафиолетовый лазер на молекулярном азоте (ЛГИ-21), 2-электрохимическая ячейка; 3-полупроводниковый электрод, 4-платиновый электрод, 5-Нас.К.Эл., 6-широкополосный усилитель, 7-здатчик потенциала, 8-осциллограф, 9-вольтметр.

В данной установке лазерное излучение ослабляют и фокусируют на полупроводниковый электрод, при этом на экране осциллографа регистрируют импульсный сигнал. Потенциал плоских зон полупроводникового электрода в растворе электролита определяют, как потенциал появления или исчезновения импульсов заряда или тока. Для этого потенциал полупроводникового электрода изменяют до появления или исчезновения импульсного сигнала на экране осциллографа.

Следует отметить, что использование длительностей импульсов света короче 10^{-9} с для измерения потенциалов плоских зон полупроводниковых электродов в растворах электролитов предложенным способом нецелесообразно, поскольку, во-первых, уменьшается точность измерений, что связано с уменьшением числа квантов света в импульсе и для поддержания точности необходимо применять большую интенсивность света, что приведет к нежелательным нелинейным оптическим эффектам (оптический пробой, генерация второй гармоники, многофотонная ионизация), искажающим измерения, во-вторых, для получения таких сверхкоротких импульсов требуются специальные методы генерации, что существенно усложняет процесс измерения. А при длительностях импульсов света превышающих 10^{-7} с требуются дополнительные исследования по скоростям поверхностных рекомбинационных процессов на границе полупроводник-электролит, чтобы обеспечить приводимую точность измерения. Характерные времена поверхностных процессов на границе полупроводник-электролит не короче 10^{-7} с, и использование импульсов света в интервале 10^{-9} ÷ 10^{-7} с обеспечивает достаточную точность измерений потенциалов плоских зон полупроводниковых электродов без предварительного изучения поверхностных процессов.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ПЛОСКИХ ЗОН ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЭЛЕКТРОДА В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Таким образом, выбор лазера на самоограниченных переходах молекулярного азота в качестве источника излучения позволяет повысить точность и расширить функциональные возможности метода, поскольку энергия квантов света азотного лазера ($h\nu = 3,68 \text{ эВ}$) превышает ширину запрещенной зоны большинства полупроводников и обеспечивает высокий коэффициент поглощения, а длительность излучения такова (меньше 15нс), что измеряемые сигналы зависят только от процессов разделения создаваемых светом носителей тока в полупроводнике и не связаны с поверхностными процессами (рекомбинация и перенос зарядов на межфазной границе полупроводник-электролит).

По сравнению с методами, предложенными в работах [1-3], предлагаемый способ обладает следующими преимуществами:

- отпадает необходимость выбора импульсного источника света, соответствующего системе полупроводник-электролит, как по длине волны излучения, так и по длительности импульса;

- повышается точность измерения ($\sim 0,08\text{В}$) и расширяются функциональные возможности способа, заключающиеся в возможности проведения измерений потенциалов плоских зон в условиях протекания быстрых поверхностных процессов (фотоэлектрохимические реакции, поверхностная рекомбинация, зарядание поверхностных уровней) для различных систем полупроводник-электролит.

Кроме того, предложенный метод определения потенциала плоских зон полупроводникового электрода в растворе электролитов является более простым и менее трудоемким по сравнению с методами, предложенными в работах [1-4].

1. Ю.Я.Гурьевич, Ю.В.Плесков, *Успехи химии*, **32** (1983) 563.
2. V.Aikaw, M.Sukigava, *Appl.Phys.*, **54** (1983) 2526.
3. М.Грин, *Новые проблемы современной электрохимии*, М.: ИЛ, (1982) 377.
4. Х.Теришер, *Преобразование солнечной энергии* М., Энергоиздат, (1982) 37.

ELEKTROLİT MƏHLULLARINDA YARIMKEÇİRİCİ ELEKTRODLARIN MÜSTƏVİ POTENSİALLARININ ÖLÇÜLMƏSİ

A.A.QƏRİBOV, N.İ.QÜSEYNOV, R.S.MƏDƏTOV

Elektrolit məhlullarında yarımkəçirisi elektrodların müstəvi potensiallarının ölçülməsinin yeni üsulu verilmişdir. Analoqlardan fərqli olaraq, bu üsul, yarımkəçirisi- elektrolit sərhəddində səth hallarının yüklənməsi, səth rekombinasiyası, elektrokimyəvi və fotoelektrokimyəvi reaksiyaların mövsudluğu şəraitində də müstəvi potensialların təyin edilməsinə tətbiq edilə bilər. Bu üsul yarımkəçirisi-elektrolit sərhəddini qısa impulsu işıqlandırmaya və yarımkəçirislərdə əmələ gələn potensialın dəyişməsinə qeyd edilməsinə əsaslanmışdır.

MEASUREMENT OF THE FLAT BANDS POTENTIAL OF SEMICONDUCTOR ELECTRODE INTO THE ELECTROLYTIC SOLUTION

A.A. GARIBOV, N.I. GUSEINOV, R.S. MADATOV

New method for measurement of the flat bands potential of semiconductor electrode into the electrolytic solution is proposed in this article. This method is applicable in conditions when the measurement of the flat bands potential by pre-existing methods has a low accuracy because of the following reasons: charging fast surface levels, surface recombination, electrochemical and photoelectrochemical reactions.

Редактор:М.Алиев