

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ, ПОДВЕРГНУТЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ ИМПУЛЬСНОГО НЕКОГЕРЕНТНОГО ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ

Ф.Д. КАСИМОВ, С.А. ИСМАЙЛОВА

Азербайджанское Национальное Аэрокосмическое Агентство
370106, Баку, пр. Азадлыг 159

Г.П. КЕМЕРЧЕВ

Таганрогский Государственный Радиотехнический Университет
347928, Таганрог, ГСП-17А, пер. Некрасовский 44

Исследовано влияние импульсной термообработки на фотоэлектрические свойства пленок поликристаллического кремния. Показано, что образцы до термообработки имеют полностью симметричные темновые и световые ВАХ, поведение которых после термообработки существенно изменяется - величина коэффициента симметрии достигает 20.

Пленки поликристаллического кремния (ППК) среднего уровня легирования представляют большой интерес, благодаря наличию на границах их зерен глубоких ловушек и обусловленных ими областей пространственного заряда [1, 2], параметры которых весьма чувствительны к различного рода внешним воздействиям, вследствие чего они являются функциональными элементами [3].

Известно, что электроформовка импульсами тока ППК приводит к появлению эффектов памяти, аномального фотонапряжения (АФН) и отрицательной емкости [4-6]. При этом ВАХ ППК, практически симметричные относительно полярности приложенного напряжения, в результате электроформовки приобретают диодный характер.

Предложенный в [7] механизм возникновения асимметрии ВАХ ППК предполагает тепловой пробой одного из двух барьерных слоев на противоположных границах зерен в направлении протекания тока, а именно того, который при данной полярности формирующего напряжения оказывается обратно-смещенным.

АФН-эффект в ППК несомненно представляет интерес с точки зрения разработки планарных солнечных элементов, не требующих создания дополнительных р-п-переходов и обладающих высоким коэффициентом преобразования.

Однако электроформовка импульсами тока индивидуально каждого элемента требует больших затрат времени и поэтому нерентабельна при массовом производстве. В последнее время широкое распространение получили методы быстрой импульсной термообработки кремниевых пластин с помощью некогерентного ИК-излучения, которое позволяет повысить скорость термических процессов и одновременно уменьшить время их проведения [8].

В данной работе исследовалась возможность формовки ППК импульсной термообработкой (ИТО) с помощью ИК-излучения на установке ИТО-18МВ, описанной в [9].

Исследовались ППК, выращенные совместно с эпитаксиальными пленками n-типа проводимости (толщиной 5 мкм, концентрация легирующих атомов фосфора 10^{15} см^{-3}) на локально маскированной подложке КДБ-10 по технологии, изложенной в [10]. Образцы представляли собой резисторы прямоугольной формы с линейными

размерами $400 \times 400 \text{ мкм}^2$ и контактными площадками $100 \times 100 \text{ мкм}^2$. Под алюминиевые площадки электродов проводилась дополнительная диффузия атомов фосфора для создания омических контактов.

Измерения фото-ЭДС, темновых и световых ВАХ при освещенности 2000 лк проводилась как до ИТО, так и после нее, причем часть образцов в процессе ИТО располагалась рабочей стороной к ИК излучателю, а другая - подложкой. Отжиг проводился при температуре $600 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 30 с.

Измерения, проведенные на исходных образцах, обнаружили практически полную симметрию как темновых, так и световых ВАХ относительно полярности напряжения (рис. 1). Сопротивление образцов на начальном участке ВАХ (до напряжения $\pm 1 \text{ В}$) было $\sim 2-5 \text{ МОм}$, а при освещении - падало примерно в 3 раза. Измерения в вентильном режиме показали наличие незначительного напряжения холостого хода $U_{\text{хх}}$ (порядка 10 мВ).

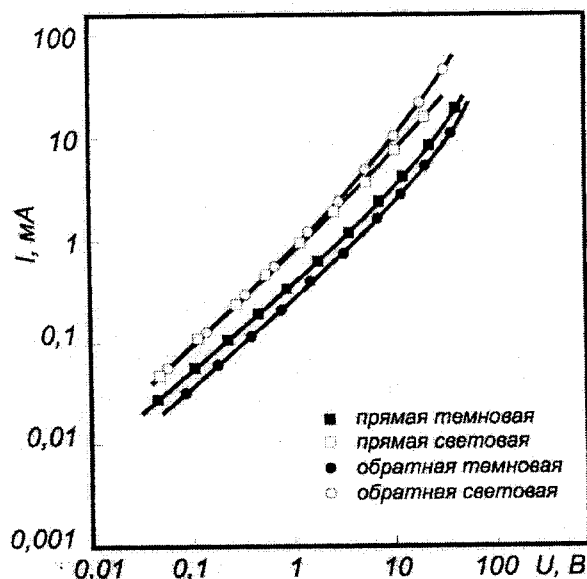


Рис. 1. ВАХ структур до ИТО.

Влияние ИТО на параметры образцов, расположенных подложкой к излучателю, выразилось только в увеличении сопротивления образцов на начальном участке

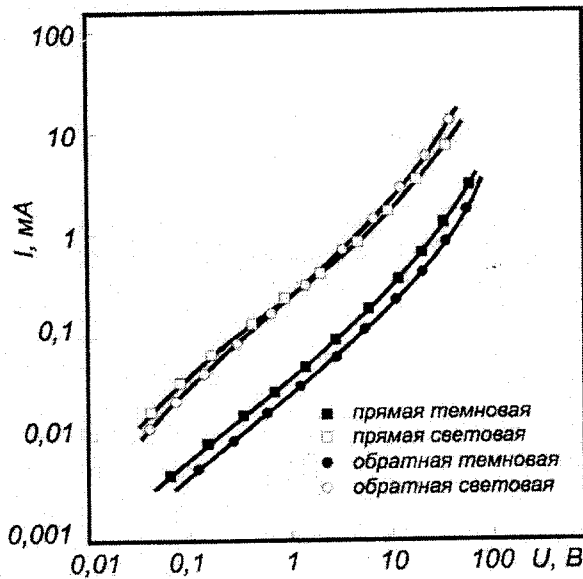


Рис. 2. ВАХ структур после ИТО тыльной стороны.

примерно в 2 раза. Симметрия ВАХ и величина U_{xx} остались практически неизменными (рис. 2).

Измерения же после ИТО образцов, расположенных рабочей стороной к излучателю, показали совершенно другую картину (рис. 3): на темновых ВАХ при различных полярностях напряжения коэффициент асимметрии изменяется от 2 до 20; сопротивление образцов на начальном участке ВАХ возрастает как минимум на порядок; под действием света сопротивление образцов уменьшается в 10 раз, напряжение холостого хода повышается до 200 мВ.

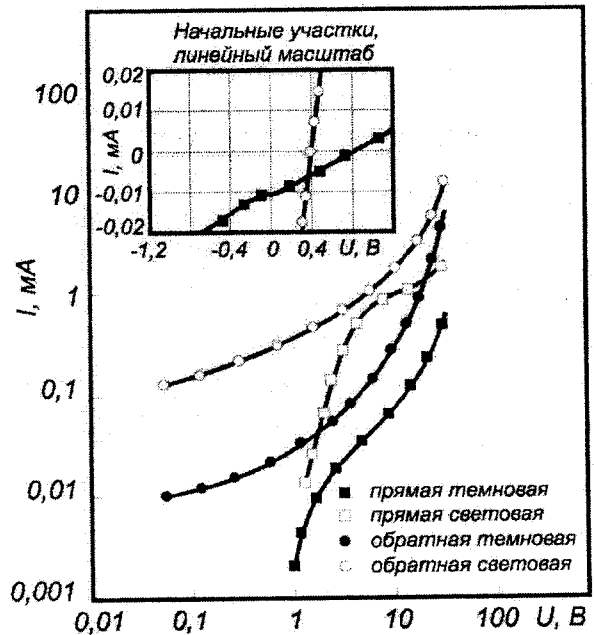


Рис. 3. ВАХ структур после ИТО лицевой стороны.

Полученные результаты анализировались на основе модели проводимости поликристаллических пленок с межгранульными барьерами типа Шоттки [11]. В приближении диффузионной теории и при условии полного заполнения поверхностных состояний на межгранульных границах, ВАХ пленок, содержащих в направлении протекания тока χ межгранульных границ, описывается уравнением

$$j = \frac{\mu k T N_s}{4L^2} \left(1 - \frac{q^2 U^2}{16 \chi^2 \varphi_0^2} \right) \left[1 - \exp\left(-\frac{qU}{\chi k T} \right) \right] \times \exp\left(-\frac{\varphi_0}{kT} + \frac{qU}{2\chi k T} - \frac{q^2 U^2}{16 k T \chi^2 \varphi_0} \right), \quad (1)$$

которое в зависимости от величины $qU/\chi k T$ можно разложить на две составляющие: линейную при $qU/\chi k T \ll 1$,

$$j = \frac{q \mu N_s}{4 \chi L^2} e^{-\frac{\varphi_0}{kT}} \quad (2)$$

и экспоненциальную при $qU/\chi k T \gg 1$,

$$j = \frac{\mu k T N_s}{4L^2} (1 - 4a^2 U^2) U e^{-\frac{\varphi_0}{kT}} \exp\left(\frac{q}{2\chi k T} (U - aU^2) \right), \quad (3)$$

где μ - подвижность носителей, N_s - предельная плотность состояний на межгранульной границе, N_D - концентрация доноров в полупроводнике, $\epsilon \epsilon_0$ - диэлектрическая проницаемость кремния, U - приложенное смещение,

$$\varphi_0 = \frac{\pi q^2 N_s^2}{2 \epsilon \epsilon_0 N_D} - \text{высота потенциального барьера при } U=0,$$

$$L^2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 k T}{4 \pi q^2 N_D} - \text{длина Дебая.}$$

Результаты вычислений электрофизических параметров образцов до термообработки приведены в табл. 1, а

параметры образцов, прошедших ИТО подложкой и рабочей стороной к излучателю, приведены в табл. 2 и 3, соответственно.

Для исходного образца, не прошедшего ИТО, электрофизические параметры, рассчитанные при различных полярностях смещения, имеют практически одинаковые значения, чего и следовало ожидать, исходя из симметричности характеристик. Воздействие света приводит к повышению высоты потенциального барьера границ зерен, степени заполнения поверхностных состояний и концентрации свободных носителей в объеме зерна.

поверхностные состояния очень незначителен. На это указывает и отсутствие сублинейного участка на прямой ветви ВАХ образца, прошедшего ИТО рабочей стороной к излучателю.

Проведенные исследования показывают, что дальнейшая оптимизация режимов ИТО ППК позволит заме-

нить электроформовку импульсами тока, проводимую для получения АФН-элементов, на групповой метод обработки ППК путем воздействия на них интенсивного излучения ИК-диапазона.

- [1] *M.M.Mandurah, K.Csaraswat, T.I.Kamins.* IEEE Trans. Electron. Devices, 1981, ED-28, №10, p.1163-1171.
- [2] *H.M.Liaw, J.Rose.* Solid State technology, 1984, №5, p.135-143.
- [3] *Ф.Д.Касимов.* Тезисы докладов 12-ой Всесоюзной конференции по микроэлектронике, Тбилиси, 1987, ч.2, с.175-176.
- [4] *A.G.Abdullajev, F.D.Kasimov, V.A.Vetkhov.* Thin Solid Films, 1984, v.112, №2, p.121-125.
- [5] *Д.А.Сеченов, В.М.Мамиконова, А.В.Черников.* Труды 2-ой Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Актуальные проблемы твердотельной электроники и микроэлектроники», Таганрог, 1995, ч.2, с.20.

- [6] *F.D.Kasimov.* Thin Solid Films, 1986, v.138, №1, p.43-47.
- [7] *Ф.Д.Касимов, Е.В.Кучис, Х.А.Асадов, и др.* Литовский физический сборник. 1990, т.30, №1, с.67-71.
- [8] *А.М.Светличный, С.П.Авдеев, Р.Н.Разгонов.* Труды 5-ой Всероссийской НТК «Актуальные проблемы твердотельной электроники и микроэлектроники», Таганрог, 1998, с.16.
- [9] *А.М.Светличный, Д.А.Сеченов, В.М.Бурштейн и др.* Электронная промышленность, 1991, №3, с.6-7.
- [10] *A.G.Abdullajev, F.D.Kasimov.* Thin Solid Films, 1984, v.115, №3, p.237-243.
- [11] *Е.И.Гольдман, А.Г.Ждан.* Физика и техника полупроводников, 1976, т.10, №10, с.1839-1845.

F.C. Qasimov, S.A. İsmaylova, Q.P. Kemerçev

QEYRİ KOHERENT İNFRAQIRMIZI İMPULS ŞUALANMASININ TƏ'SİRİNƏ MƏ'RUZ QALMIŞ POLİKRIŞTALLİK SİLİSİUM TƏBƏQƏLƏRİNİN FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

Polikristallik silisium təbəqələrinə impuls termik işlənməsinin təsiri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, nümunələrin termik işlənməyə qədər qaranlıq və işıqlanmış VAX tamamilə simmetrikdir, termik işlənmədən sonra isə nəzərəcarpacaq dərəcədə dəyişir və asimetriya əmsalı 20-yə çatır.

F.D. Kasimov, S.A. Ismailova, G.P. Kemerchev

PHOTOELECTRICAL PROPERTIES OF POLYCRYSTALLINE SILICON FILMS UNDER THE INFLUENCE OF PULSE IR RADIATION

The influence of pulse thermal treatment on the photoelectrical properties of polycrystalline silicon films has been investigated. It is shown, that the samples before heat treatment have utterly symmetrical dark and light volt-ampere characteristics, which are essentially changed after heat treatment - a value of a asymmetry coefficient reaches 20.