

4. Spalart P. R., Allmaras S. R. "A one-equation turbulence model for aerodynamic flows". AIAA Paper 1992-0439.

## ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА GaAs/AlGaAs ГЕТЕРОФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО СОЛНЕЧНОГО ПОТОКА

Н.А.Ахмедова, А.С.Ганиев

Ташкентский Университет информационных технологий имени  
Мухаммада ал-Хоразмий

**Аннотация:** Изучены свойства GaAs/AlGaAs фотопроброобразовательных гетероструктур, полученных методом жидкофазной эпитаксии на монокристаллическую подложку GaP, сориентированный по  $\langle 100 \rangle$ . Исследованы фотопроброобразователи, способные работать с концентраторами светового потока, перспективные для снижения получаемой электроэнергии, благодаря уменьшению ее стоимости пропорционально кратности концентрации падающего светового потока. Выявлено, что на основе гетероструктур с подложкой GaP можно создать фотопроброобразователи, работающие в режиме без охлаждения до  $K_c = 100$ .

**Ключевые слова:** фотопроброобразователь, арсенид галлия, фосфид галлия, ток короткого замыкания, напряжение холостого хода, концентратор.

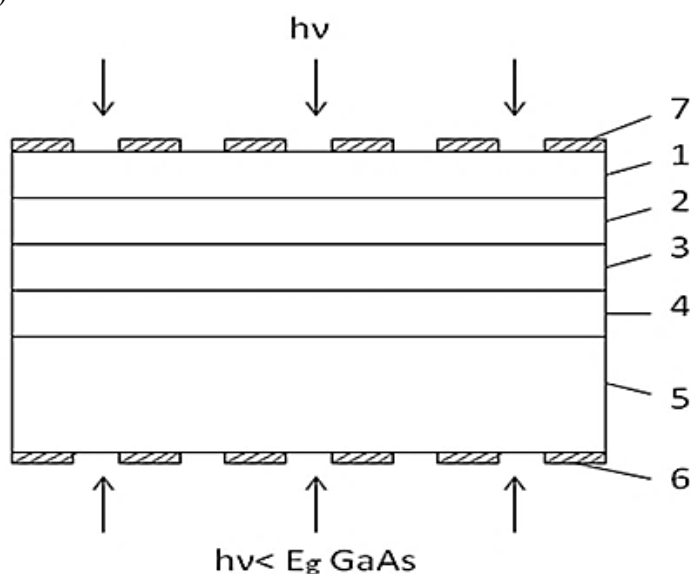
Эффективное преобразование концентрированных световых потоков в большей степени зависит от устойчивости применяемых фотопроброобразователей (ФП) к тепловым нагрузкам. Поэтому, исследование тепловых свойств полупроводниковых ФП представляет большой практический интерес [1, 2].

В данной работе изучаются свойства GaAs/AlGaAs ФП гетероструктур, полученных методом жидкофазной эпитаксии на монокристаллическую подложку GaP, сориентированный по  $\langle 100 \rangle$ . GaP легирован теллуром до концентрации электронов  $7 \cdot 10^{17} \div 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  и имел толщину  $150 \div 200 \text{ мкм}$ . Перед нанесением слоя nGaAs выращен изотипный переходной слой AlGaAsP для ослабления влияния рассогласованности параметров решетки GaAs и GaP. Слой pGaAs сформирован низкотемпературной диффузией цинка перед формированием фронтального pAlGaAs. Толщина слоя GaAs в структуре не превышает  $5 \text{ мкм}$ , а толщина AlGaAs -  $3 \text{ мкм}$ . Для повышения прозрачности гетеро-структуры к тепловым фотонам III-образные омические контакты на основе In и Ni симметрично расположены на лицевой и тыльной сторонах гетероструктуры. Расстояние между металлическими слоями составляло  $2 \text{ мм}$  (рис.1).

Исследованные ФП имеют максимальную степень полезного использования потенциала  $E_g$  ширины запрещенной зоны полупроводника. Данный параметр, определяемый как отношение напряжения холостого хода  $U_{xx}$  и ширины запрещенной зоны  $E_g$  составляет  $0,75$ . Это связано со спецификой электрических свойств, в частности, с низкими темновыми токами. Зависимости напряжения холостого хода  $U_{xx}$ , тока короткого замыкания  $I_{кз}$  и коэффициента полезного действия КПД от температуры изучены в диапазоне освещенности  $80 \div 8000 \text{ мВт/см}^2$ . Выявлено, что температурный коэффициент  $U_{xx}$  в заданном интервале освещенности отрицателен и изменяется в пределах  $(-1,75 \div 1,98) 10^{-3} \text{ В/К}$ .

Температурный коэффициент  $I_{K3}$  имеет положительное значение, изменяется в пределах  $1,9 \cdot 10^{-5} - 2,4 \cdot 10^{-5}$  А/К и зависит от формы спектральной характеристики ФП. Например, в ФП, характеристики которых имеют постоянную область фоточувствительности, изменение температурного коэффициента достаточно слабые. У ФП, где в спектре имеется узкая область постоянной чувствительности, наблюдается увеличение тока с ростом температуры. Изучение температурного изменения КПД показало, что в интервале  $300 \div 310$  К данная величина близка к  $\Delta\eta/\Delta T \approx -0,05$  %/К, а при  $315 \div 350$  К,  $\Delta\eta/\Delta T \approx -0,03$  %/К.

При  $K_c > 1$  происходит рост  $U_{xx}$ . Это свидетельствует об отсутствии существенного нагрева в ФП. Как показали исследования, благодаря малой толщине GaAs и наличия широкозонного GaP, поглощение тепловых фотонов существенно ослабляется. Это приводит к ослаблению роста температуры и улучшению теплового режима ФП и спад КПД смещается в сторону роста высокого  $K_c$  (рис.2).



**Рис. 1. Структура ФП. 1- pAlGaAs, 2- pGaAs, 3- nGaAs, 4- nAlGaAsP, 5- nGaP, 6, 7- омические контакты слоев n- и p- типа проводимости**

Тепловой режим ФП улучшается также за счет относительно высокого коэффициента теплопроводности ( $0,77$  Вт/см·К) [3] GaP (в GaAs  $0,46$  Вт/см·К). Так как в структурах с подложкой GaP поток тепла возрастает более чем в 1,5 раза по сравнению с GaAs ФП, то отвод тепла в целом улучшается.

Исследования показывают, что в диапазоне  $K_c = 1 \div 100$  относительный рост температуры не превышает  $90$  К. Это почти в 2 раза ниже, чем в GaAs ФП. Следовательно, при одинаковом уровне освещенности электрические потери в ФП с подложкой GaP в 2 раза ниже. Данные потери можно уменьшить также за счет выбора оптимальной ширины ФП. Выявлено, что на основе гетероструктур с подложкой GaP можно создать ФП, работающие в режиме без охлаждения до  $K_c = 100$ .

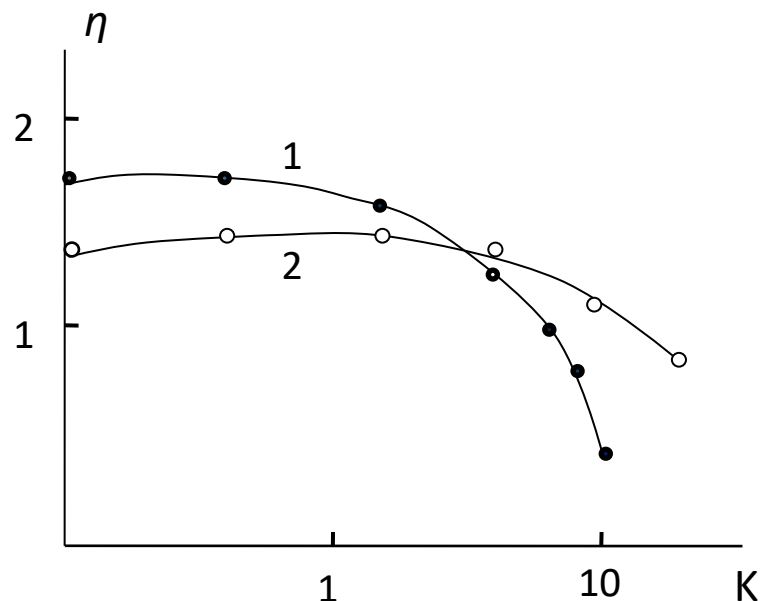
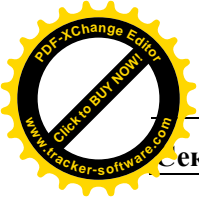


Рис.2. Зависимости КПД от  $K_c$  для GaAs/AlGaAs ФП в режиме без охлаждения: 1, 2 – ФП с подложкой GaAs и GaP соответственно.

Таким образом, создание и исследование ФП, способных работать с концентраторами светового потока – перспективное направление на пути снижения получаемой электроэнергии, благодаря уменьшению ее стоимости пропорционально кратности концентрации падающего светового потока [4]. При этом, в условиях естественно-конвекционного охлаждения ФП существенно возрастает тепловая нагрузка на p-n переходы, что приводит к изменению их равновесной рабочей температуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Juso H., Yoshida A., Agui T. et all.: Investigation of Current Matching on Triple Junction Cell for Concentrator Application // Proc. of the 15<sup>th</sup> PVSEC Shanghai, China – 2005. - P.377-378.
2. Romyantsev V.D., Hein M., Andreev V.M., Bett A.W. et all. Concentrator fray based on GaAs cells and Fresnel lens Concentrators // Proc. of the 16<sup>th</sup> EPSEC (Glaagow, GB, 2000). – P.2312-2315.
3. Shvarts M.Z., Gudovskikh A.S., Kaluzhniy N.A. et all. High intensive low temperature (HILT) performance of space concentrator GaInP/ GaAs/Ge MJ SCs // Proceedings of the 10 th International Conference on Concentrating Photovoltaics, USA, 2014. V.61. -P.29-32.
4. Steiner M., Philipps S.P., Hermle M., Bett A.W. and Dimroth F. Validated front contact grid simulation for GaAs solarcells under concentrated sunlight // Prog. Photovolt: Res. Appl. 2011. V. 19(1). –P.73-83.

#### ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ МОҲИЯТИ

Раҳматов Ғуломжон Раҳмонбердиевич, Саминова Мохинур Носиржон кизи,  
Мўминова Ҳаётхон Расулжон кизи  
Фарғона давлат университети

**Аннотация:** мақолада қуритиш ва унинг турлари, унда кузатиладиган физикавий жараёнлар, намлик ҳоссалари таҳлил қилинган.

**Калит сўзлар:** қуритиш, намлик, жараён, материал, босим, иссиқлик.