

ЗАХИРИДДИН
МУҲАММАД БОБУР
НОМИДАГИ АНДИЖОН
ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ANDIJAN STATE
UNIVERSITY NAMED
AFTER ZAKHIRIDDIN
MUKHAMMAD BABUR

ИЛМИЙ ХАБАРНОМА
Физика-математика
Тадқиқотлари
(Махсус сон)

SCIENTIFIC BULLETIN
Physical and
Mathematical Research
(Special Issue)

Андижон
2023 йил

Муассис

Захиридин Мухаммад Бобур номидаги Андижон давлат университети

**ИЛМИЙ ХАБАРНОМА.
ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
ТАДҚИҚОТЛАРИ**

Журнал бир йилда 2 марта чоп этилади.

Андижон вилояти ахборот ва оммавий коммуникациялар бошқармаси
томонидан 2019-йил 26 декабря
0452 рақам билан рўйхатга олинган.

Нашр индекси: 344

Нашр учун масъул:
А.Й.Бобоев

Босишига руҳсат этилди:

27.12.2019.

Қоғоз бичими: 60x81 1/8

Босма табоғи: 13,5

Офсет босма. Офсет қоғози.

Адади: 110 дона.

Баҳоси келишилган нарҳда.

Буюртъя №: 165.

“Мұхаррір” нашриёти манбаа бўлимида чоп этилди.

Тошкент шаҳри, Сўгалли ота кўчаси 7-уй

Таҳририят манзили:

170100, Андижон шаҳри, Университет кўчаси, 129. Телефон: +998911602043.
Факс: (374) 223-88-30

E-mail: adu_xabarnoma@mail.ru Расмий сайт: uzjournals.edu.uz/adu

**Сборник статей международной научно-практической конференции по
«Полупроводниковая опто- и наноэлектроника, альтернативные
источники энергии и их перспективы» Андижан, 12-13 октября 2023 года**

ОГЛАВЛЕНИЕ

С.З. ЗАЙНАБИДИНОВ, А.Й. БОБОЕВ, Б.М. ЭРГАШЕВ

Механизмы формирования квантово-размерных нанообъектов в многокомпонентных структурах GaAs/Ge/ZnSe и GaAs/Si/ZnSe..... 7

**М.Х.АШУРОВ, Б.Л.ОКСЕНГЕНДЛЕР, С.Х.СУЛЕЙМАНОВ, С.Е.МАКСИМОВ,
З.И.КАРИМОВ, Н.Н.НИКИФОРОВА, Ф.А.ИСКАНДАРОВА**

Современные аспекты радиационной деградации твердых тел и биообъектов..... 10

**М.Т.НОРМУРАДОВ, Е.Н. ВЛАСОВА, К.Т.ДОВРАНОВ, Д.А. НОРМУРОДОВ,
Х.Т. ДАВРАНОВ**

Измерение оптических параметров, диэлектрических материалов, созданных низкоэнергетическим ионно-плазменным методом..... 15

Е.С. РЕМБЕЗА, Т.В. СВИСТОВА, Н.Н. КОШЕЛЕВА, М.Б. РАСУЛОВА

Гетероструктуры металлооксид-кремний, как перспективные структуры для создания солнечных элементов..... 24

**О.О. МАМАТКАРИМОВ, В.Х. QUHQAROV, М.А. ERGASHEV, А.А.
ХОЛМИРЗАЕВ**

Yarimo'tkazgich moddalariga asoslangan konvertorlarni ishlab chiqishda va uning asl parametrlarini saqlanishini o'rganish xossalari..... 28

S.Z. ZAINABIDINOV, Н.Ж. MANSUROV, Н.Ю. YUNUSALIEV

Photoelectric Properties of n-ZnO/p-Si Heterostructures..... 34

**Х.Б.АШУРОВ, А.А. ЗАРИПОВ, А.А.РАХИМОВ, У.Ф.БЕРИДЕВ, И.Ж.
АБДИСАИДОВ, М.М.АДИЛОВ**

Методы синтеза никелевого нанокатализатора для получения углеродных нанотрубок..... 39

Н.Ф. ЗИКРИЛЛАЕВ, М.М.ШОАБДУРАХИМОВА

Особенности автоколебаний тока в компенсированном кремнии и их применение в электронике..... 46

**Ш.Б.УТАМУРАДОВА, Ж.Ж.ХАМДАМОВ, В.Ф.ГРЕМЕНОК, К.А.ИСМАЙЛОВ,
Х.Ж.МАТЧОНОВ, Х.Ю.УТЕМУРАТОВА**

Комбинационное рассеяние света в монокристаллическом Si, легированного атомами Gd..... 54

N.N. ABDURAZAKOV, R. ALIEV

Power load forecasting using linear regression method of machine learning: Andijan regional case..... 58

И. Н. КАРИМОВ. М. ФОЗИЛЖОНОВ. А.Э.АБДИКАРИМОВ

Вольт-фарадный характеристики SOI FINFET структуры..... 63

О.А. АБДУЛХАЕВ, А.З. РАХМАТОВ

Низковольтные ограничители напряжения на основе структур с эффектом смыкания..... 67

SH.X. YO'LCHIYEV, B.D. G'ULOMOV, J.A. O'RINBOYEV

ZnO va ZnO:Al урпқа рyonkalarini sintez qilish va ularni fizik xossalari o'rganish..... 75

**Ш.Т.ХОЖИЕВ, С.Ф.КОВАЛЕНКО, С.Е.МАКСИМОВ, В.М.РОТШТЕЙН,
О.Ф.ТУКФАТУЛЛИН, Б.Л.ОКСЕНГЕНДЛЕР. Ш.К.КУЧКАНОВ**

Кластеры Y_n^+ И $Y_nO_m^+$, распыленные ионной бомбардировкой: эксперимент и теоретические аспекты..... 79

M. RASULOVA		
Application of Solution of the Quantum Kinetic Equations for Renewable Energy problem.....		85
A.А.МИРЗААЛИМОВ, Р.АЛИЕВ, Н.А.МИРЗААЛИМОВ		
разработка высокоеффективных и ресурсосберегающих конструкций кремниевых высоковольтных фотоэлектрических устройств.....		89
D.G. КНАЖИВАЕВ, B.Ya. YAVIDOV		
On correlation of T_c and Cu-O _{apex} distance in single layered cuprates.....		97
А. АБДУЛВАХИДОВ, С.ОТАЖНОВ, Р.ЭРГАШЕВ		
Фоточувствительность солнечных элементов гетероструктуры p CdTe – n CdS и p CdTe – n CdSe с глубокими примесными уровнями.....		102
М.К. КУРБАНОВ, К.У. ОТАБАЕВА, Д.У. ХУДОЙНАЗАРОВА		
Распыление пленок льда при бомбардировке ионами Ar+.....		107
H.O. QO'CHQAROV S.B. FAZLIIDDINOV B.B.BURXONJANOV		
Simmetrik bo'lgan silikon diodning statik parametrlarini hisoblash p-n-uch nuqtali zaryadlangan nuqsonlarning δ-qatlami o'tish.....		113
N.Yu. SHARIBAYEV, B.M. BAXROMOV R.M. JALALOV A.A. YUSUFJONOV		
Study of electrophysical properties of semiconductor materials based on lead-selenium.....		120
Ш.К.КУЧКАНОВ, Х.Б.АШУРОВ, Б.М.АБДУРАХМАНОВ, С.Е.МАКСИМОВ, О. Э. КИМИЗБАЕВА, Ш.А.МАХМУДОВ		
О роли структурных дефектов в процессах генерации при нагреве эдс и носителей заряда в эпитаксиальных плёночных кремниевых p-n-структурах.....		125
S.Z. ZAYNABIDINOV, I.M. SOLIYEV, SH.K. AKBAROV		
Kremniy monokristallarida elektro noaktiv nikel va kislorod atomlarining o'zaro tasirlashuvi.		128
M.A.MUYDINOVA, G.J. MAMATOVA		
Yarimo'tkazgich plastinalar sirti va p-n strukturalarning optik xususiyatlari va ularni takomillashtirish usullari.....		132
L.O.OLIMOV, I.I. ANARBOYEV		
Kremniy granulalari asosida termoelektrik material samaradorligini oshirish mexanizimi.....		136

Гетероструктуры металлооксид-кремний, как перспективные структуры для создания солнечных элементов

Рембеза Е.С.¹, Свистова Т.В.², Кошелева Н.Н.², Расулова М.Б.³

¹Воронежский государственный университет, г. Воронеж

²Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж

³Андижанский государственный университет, г. Андижан

Аннотация. Гетероструктуры металлооксид-кремния можно использовать в солнечной энергетике и оптоэлектронике в качестве фотоприемников. Использование их в качестве солнечных элементов пока невозможно из-за небольших токов короткого замыкания и напряжений холостого хода.

Ключевые слова: металлооксид, кремний, гетероструктура, солнечный элемент, фотоприемник, оптоэлектроника.

Альтернативные и возобновляемые источники энергии, такие как энергия ветра и солнечного света, гидро- и геотермальная энергия, во всем мире привлекают все больше внимания. Растущий интерес к ним вызван экологическими соображениями, с одной стороны, и ограниченностью традиционных земных ресурсов — с другой. Особое место среди альтернативных и возобновляемых источников энергии занимают фотоэлектрические преобразователи солнечной энергии, изучение которых превратилось в отдельное научное направление – фотovoltaику [1].

Фотовольтаика в настоящий момент является одним из перспективных направлений развития экологически чистых источников электроэнергии, поскольку солнечный свет является основным и общедоступным источником энергии на земле для живых организмов. Основная проблема состоит в том, что вся основная энергонесущая часть света поглощается земной атмосферой, пропуская лишь малую долю от всего излучения. Поэтому требуется улучшить показатель преобразования падающего солнечного света в электроэнергию, т.е. увеличить коэффициент полезного действия (КПД) солнечных элементов [2].

Гетеропереходные солнечные элементы на основе монокристаллических кремниевых подложек и прозрачного металлооксидного слоя привлекают интерес многих исследователей. Широкое разнообразие металлооксидных материалов с различными электрофизическими свойствами и значениями ширины запрещенной зоны, охватывающими весь диапазон солнечного спектра, дает возможность изготовить многослойные пленочные гетероструктуры для наиболее эффективного использования излучения солнца. Не менее важным, с точки зрения себестоимости, является относительная простота и низкая стоимость технологического процесса синтеза таких гетероструктур [3].

Целью работы является исследование фотоэлектрических свойств гетероструктур металлооксид-кремний, как перспективных структур для создания солнечных элементов и других изделий прозрачной электроники.

В качестве объектов исследования выбраны гетероструктуры $n\text{-MeO}_x/p\text{-Si}$ на основе пленок $n\text{-TZO}$: 61,26 % SnO_2 + 43 % ZnO $n\text{-ZTO}$: 51,99 % ZnO + 46,3 % SnO_2 , изготовленных метод ионно-лучевого распыления составных керамических мишеней. В качестве полупроводниковых подложек гетероструктур использовались пластины монокристаллического кремния КДБ - 10 (111). Формирование гетероструктур выполнялось путем нанесения металлического контакта круглой формы, площадью 0,13 cm^2 , на поверхность металлоксидных пленок.

Проведены измерения электрофизических характеристик гетероструктур, таких как: вольт-амперная характеристика (ВАХ), вольт-фарадная характеристика (ВФХ), вольт-

амперная характеристика структуры в фотогальваническом режиме, световая характеристика.

Измерение вольт-амперных характеристик проводилось при комнатной температуре стандартным методом по точкам с использованием зондовой установки, стабилизированного источника напряжения DC Power Supply HY3005, цифрового мультиметра MASTECH M3900 в режиме амперметра и вольтметра. Измерения вольт-фарадных характеристик производились с использованием лабораторного измерителя ВФХ, в котором есть источник регулируемого постоянного напряжения смещения и измерительный высокочастотный (500 кГц) сигнал обеих полярностей. При исследовании вольт-амперных характеристик структуры в фотогальваническом режиме используется магазин сопротивлений Р33. Вольт-амперные и вольт-фарадные характеристики измерялись на установке, которая может имитировать солнечный свет. В качестве источника излучения использовалась вольфрамовая лампа накаливания мощностью 150 Вт. Измерение освещенности проводилось с помощью цифрового измерителя освещенности MASTECH LUXMETER MS6610.

Вольт-амперные характеристики гетероструктуры n -TZO / p -Si при различной освещенности приведены на рис. 1, а гетероструктуры n -ZTO / p -Si на рис. 2.

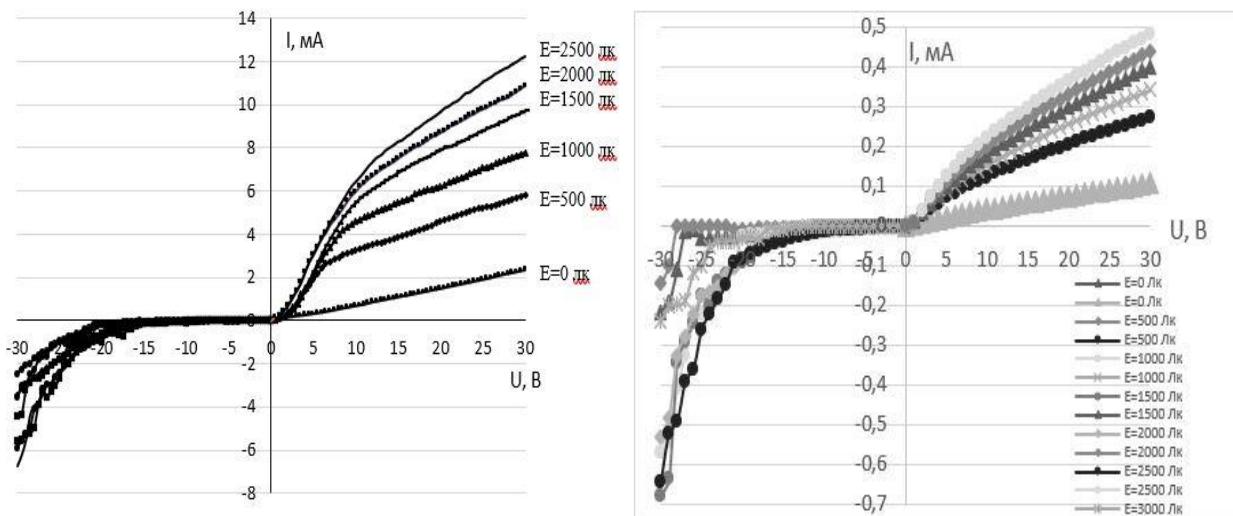


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики гетероструктуры n -TZO/ p -Si при различной освещенности

Рис. 2. Вольт-амперные характеристики гетероструктуры n -ZTO/ p -Si при различной освещенности

Вольт-амперные характеристики измерялись в интервале напряжений от -30 до $+30$ В. При освещении форма обратной ветви ВАХ практически не изменяется, а на прямой ветви ВАХ наблюдаются два участка: при напряжениях до 10 В и более 10 В, обусловленные, вероятно, различными механизмами протекания тока. По виду вольт-амперных характеристик можно сделать вывод, что гетероструктуры обладают выпрямительными свойствами. Исходя из исследуемых ВАХ гетероструктур, можно сделать следующие выводы: максимальная величина тока гетероструктуры n -TZO/ p -Si составляет 12 мА, а гетероструктуры n -ZTO/ p -Si – $0,5$ мА, т.е. прямой ток в гетероструктуре n -TZO/ p -Si в 24 раза больше, чем в гетероструктуре n -ZTO/ p -Si.

Максимальный обратный ток в гетероструктуре n -TZO/ p -Si – $6,73$ мА, а в гетероструктуре n -ZTO/ p -Si – $0,679$ мА, т.е. максимальный обратный ток в гетероструктуре n -TZO/ p -Si в 10 раз больше, чем в гетероструктуре n -ZTO/ p -Si.

Максимальный темновой прямой ток гетероструктуры n -TZO/ p -Si - 2,35 мА, а гетероструктуры n -ZTO/ p -Si – 0,105 мА, т.е. прямой ток гетероструктуры n -TZO/ p -Si без освещения в 22 раза больше. Максимальный обратный темновой ток гетероструктуры n -TZO/ p -Si – 2,45 мА, а гетероструктуры n -ZTO/ p -Si – 0,221 мА, т.е. у гетероструктур n -TZO/ p -Si обратный темновой ток в 11 раз больше чем у гетероструктур n -ZTO/ p -Si. Таким образом освещение сильнее влияет на прямую ветвь гетероструктуры n -TZO/ p -Si.

Измерены вольт-амперные характеристики гетероструктуры n -TZO/ p -Si и n -ZTO/ p -Si в фотогальваническом режиме при различной освещенности. Гетероструктуры n -TZO/ p -Si обладают максимальным током короткого замыкания 1,1 – 2,6 мкА и напряжением холостого хода 77 – 100 мВ при освещенности в интервале 500 – 3000 Лк (рис. 3), а ZTO/ p -Si с максимальным током короткого замыкания 0,2 - 0,9 мкА и напряжением холостого хода 80 - 93 мВ при освещенности в интервале 500 – 3000 Лк (рис. 4).

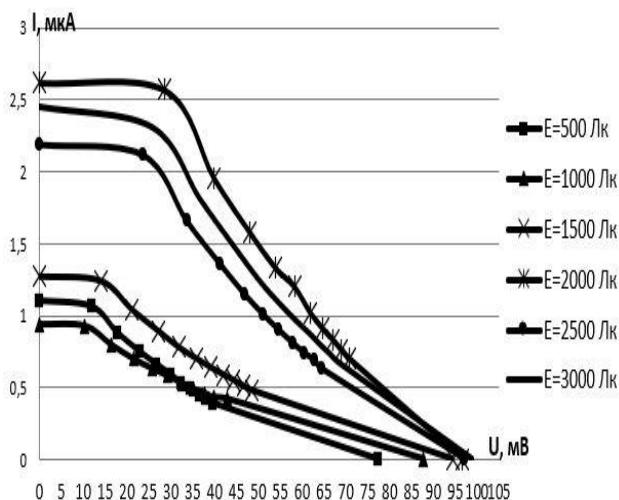


Рис. 3. Вольт-амперные характеристики гетероструктуры n -TZO/ p -Si в фотогальваническом режиме при различной освещенности

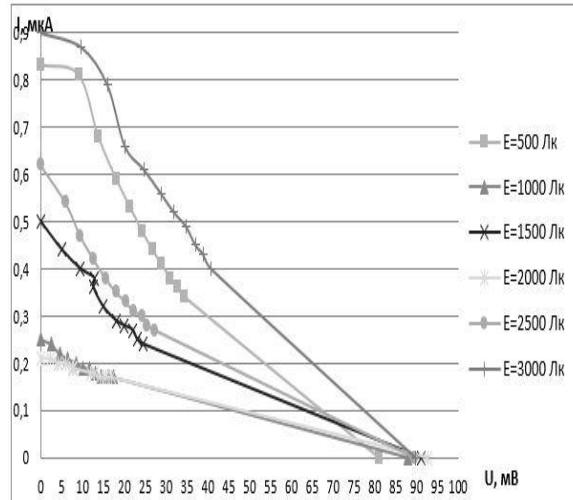
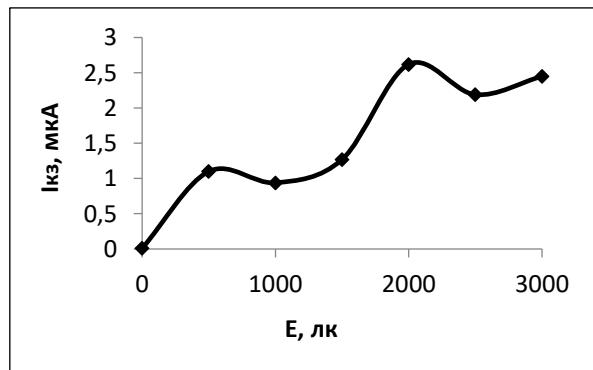
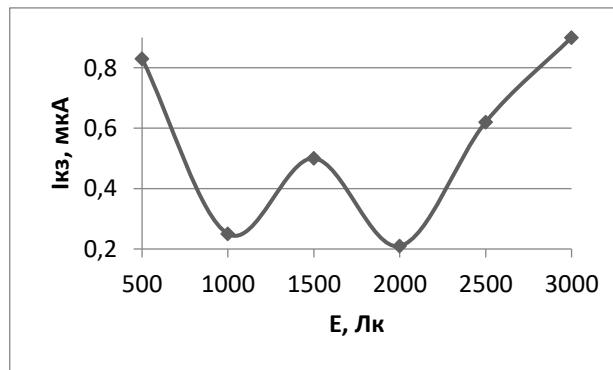


Рис. 4. Вольт-амперные характеристики гетероструктуры n -ZTO/ p -Si в фотогальваническом режиме при различной освещенности

При исследовании световых характеристик гетероструктуры n -TZO/ p -Si установлено, что с ростом освещенности до 2000 Лк величина тока короткого замыкания увеличивается, а затем уменьшается (рис. 5, а), а для гетероструктуры n -ZTO/ p -Si с ростом освещенности величина тока короткого замыкания уменьшается, а затем увеличивается, минимум тока короткого замыкания располагается при освещенности порядка 1000 – 2000 Лк (рис. 5, б), величина напряжения холостого хода до освещенности 2000 Лк увеличивается, а затем остается неизменной (рис. 6).



а



б

Рис. 5. Световая характеристика гетероструктуры n-TZO/p-Si (а) и n-ZTO/p-Si (б): зависимость тока короткого замыкания от освещенности

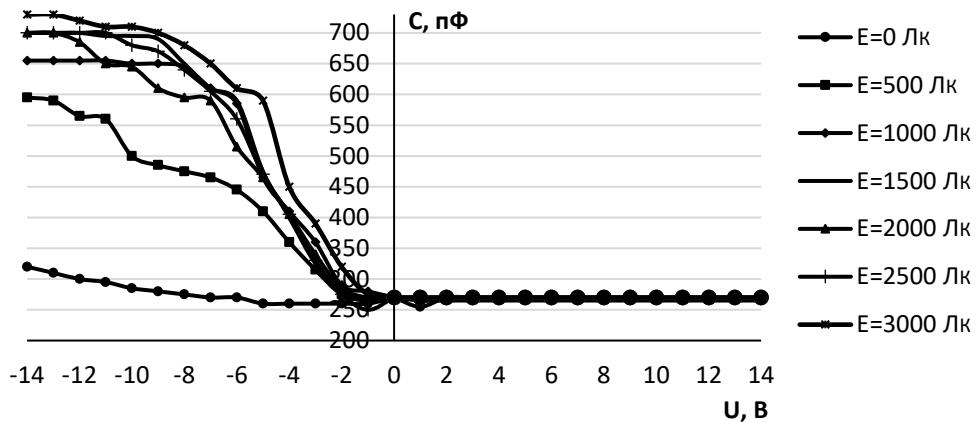


Рис. 7. Вольт-фарадные характеристики гетероструктуры n-TZO/p-Si при различной освещенности

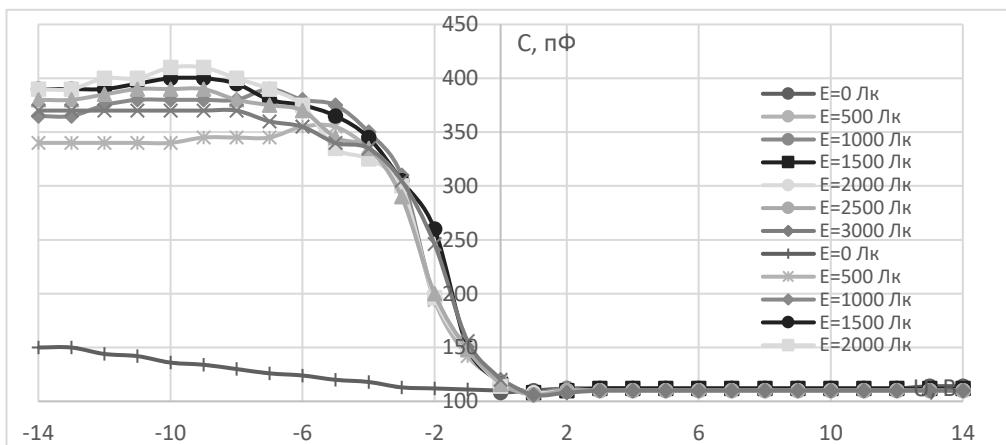


Рис. 8. Вольт-фарадные характеристики гетероструктуры n-ZTO/p-Si при различной освещенности

Таким образом, исследуемые гетероструктуры можно использовать в солнечной энергетике и оптоэлектронике в качестве фотоприемников. Использование их в качестве солнечных элементов пока невозможно из-за небольших токов короткого замыкания и напряжений холостого хода.

Литература

1. Мейтин М. Фотовольтаика: материалы, технологии, перспективы / М. Мейтин // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2000. - № 6. - С. 40 - 46.
2. Афанасьев В.П. Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния / В.П. Афанасьев, Е.И. Теруков, А.А. Шерченков. – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. - 168 с.
3. Кушнир В.В. Оптимизация конструкции пленочного солнечного элемента / В.В. Кушнир // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск. - 2011. - № 4 (117). – С. 225 - 228.