



II Международная научно-практическая конференция
«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА С РЕГУЛЯРНЫМ РЕЛЬЕФОМ ПОВЕРХНОСТИ СТРУКТУРЫ В САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Арсентьев А.В., aleksej.box@gmail.com

16-18 сентября 2020 г
Воронеж, Россия





«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Введение

Основным материалом, из которого на протяжении многих лет изготавливают СЭ, является кремний. Раньше использовали монокристаллический кремний, сейчас - поликристаллический и аморфный. Кроме кремния перспективными признаны GaAs и твердые растворы на его основе, CIS (CuInSe_2), CIGS (Cu(In,Ga)Se_2) структуры, прозрачные металлооксиды (ITO), органика и т.д.

Разрабатываются также твердые и гибкие структуры, пригодные для использования на рельефных поверхностях.

Поверхность ячейки в классическом исполнении гладкая, покрыта защитными светопрозрачными пленками. В зависимости от структуры СЭ пленка может быть диэлектрической и проводящей.

Для повышения выходной мощности, а, следовательно, эффективности СЭ применяют различные методы изменения его структуры. Один из таких методов – **придание поверхности СЭ рельефа.**



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

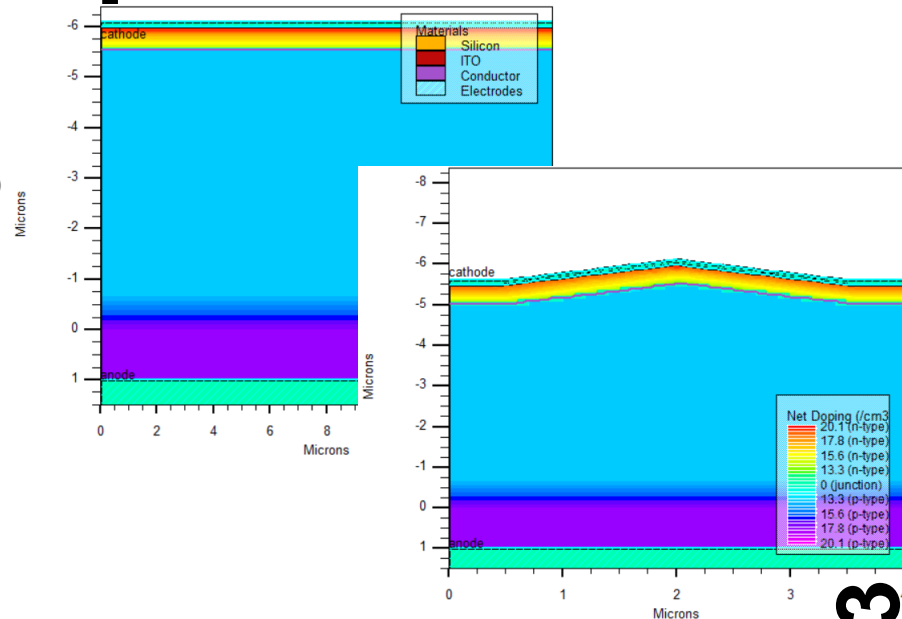
МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА
С РЕГУЛЯРНЫМ РЕЛЬЕФОМ ПОВЕРХНОСТИ СТРУКТУРЫ
В САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Методика эксперимента

Проводится моделирование солнечного элемента на подложке из кремния, легированного бором (10^{14} см^{-3}). С обратной стороны формируется сильнолегированная область для контакта анода (10^{18} см^{-3}). Нижний контакт напыляется из прозрачного проводящего металлооксида ИТО (толщина 0,5 мкм).

В верхней части кристалла методом ионной имплантации фосфора создается область p-типа проводимости (10^{20} см^{-3} на поверхности) толщиной порядка 0,5 мкм. На нее наносится тонкий прозрачный проводящий слой катода из ИТО (толщиной 0,1 мкм).

Для каждой структуры настраивались специфические параметры материалов. Для кремния была задана подвижность носителей заряда, типичная для поликристаллического материала солнечных элементов ($\mu_{n300}=20$, $\mu_{p300}=1.5$). Заданы ширина запрещенной зоны ($eg_{300}=1.9$) и концентрация собственных носителей заряда ($nc_{300}=2.5e20$ $nv_{300}=2.5e20$). Для расчета спектральных характеристик ИТО в модель прикреплялась таблица из базы Sopra.



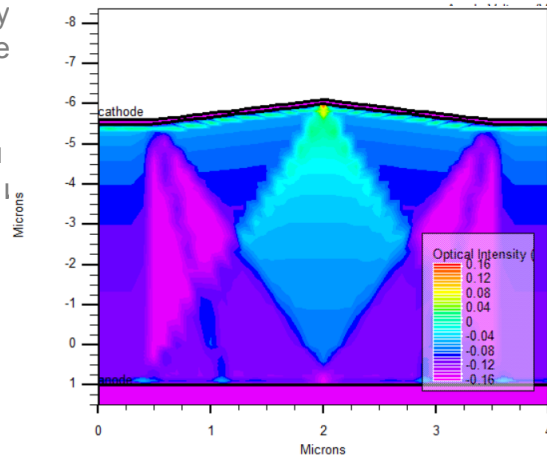
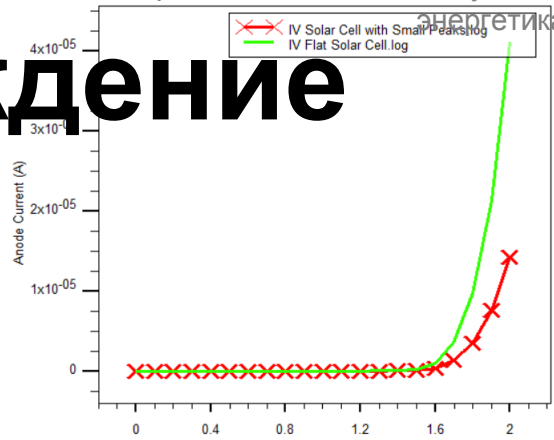
Результаты и обсуждение

При формировании прямоугольных канавок максимальная мощность, выдаваемая СЭ, ухудшилась по сравнению с плоской структурой ($1.51 \text{ Вт} \cdot 10^{-9}$ и $2.01 \text{ Вт} \cdot 10^{-9}$, соответственно).

Когда на поверхности формировалась jagged structure of various depths, максимальная мощность возрастала на $0.1 \text{ Вт} \cdot 10^{-9}$ по сравнению с плоским. Аналогичный рост продемонстрировали и другие конфигурации рельефа. Наилучший результат из всех построенных структур показал солнечный элемент с small peaks на поверхности структуры. Подбор у при вершине пирамиды обеспечил наибольшее поглощение падающе света.

Для всех структур напряжение холостого хода оставалось практически неизменным, тогда как ток короткого замыкания менялся значительной степени. Следовательно, менялась конфигурация ВАХ и кривая мощности. На рисунке сравниваются исходный плоский СЭ и наиболее оптимизированный СЭ с мелкими пиками. Расхождения значений соответствуют рассчитанным величинам тока короткого замыкания.

«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»





«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Выводы

Лучшие показатели по мощности получили от СЭ с мелкими и крупными пиками, получив при этом выигрыш в мощности в 7,5 % и 7 % соответственно, по сравнению с плоской структурой. Иные варианты поверхности тоже дают повышение мощности из-за увеличения эффективной площади поверхности на единицу длины СЭ, а также из-за подбора оптимального отражения и поглощения, правда не в настолько значительной степени.



Спасибо за внимание