

# НОВЫЙ ВЗГЛЯД на солнечную энергетику:

## как сделать фотогальваническое производство энергии более интеллектуальным и эффективным?

Алексей Архипов

За шесть часов Земля получает столько солнечной энергии, что ее хватило бы для удовлетворения общемирового энергетического спроса в течение года. При таком огромном количестве свободно доступной и «чистой» энергии фотогальваническая технология (PV) стала символом экологического движения. Но фотогальваническая/солнечная энергия остается энергией будущего уже три десятилетия, и при этом на ее долю приходится менее 0,5% общемирового объема выработки электроэнергии.

Преращение этого источника энергии из «перспективного» в основной таит в себе немало проблем, но при этом и множество возможностей. Несмотря на огромное количество солнечной энергии, она далеко не бесплатна, поскольку фотогальваническое оборудование стоит недешево, а его эффективность оставляет желать лучшего. Наиболее простое решение данной проблемы — использование управляющих полупроводниковых компонентов. На данный момент основными факторами, стимулирующими развитие фотогальванических преобразователей,

являются льготы, соответствующая политика и капиталовложения в виде «микрокредитов». Мало кто сомневается, что в будущем энергия Солнца по цене приблизится к энергии, вырабатываемой из углеводородного топлива. С точки зрения системного подхода установка огромного числа солнечных панелей требует совершенно новой концепции поставки электроэнергии с учетом таких проблем, как поведение сети, пиковые нагрузки и другие вопросы практического характера. Это означает, что солнечная энергетика находится на переломном рубеже (или близка к нему), и ее успех сейчас во многом зависит от достижений в области полупроводниковых технологий.

Современная солнечная энергетическая установка содержит довольно простой набор компонентов, а ее эффективность составляет примерно 10–15%, когда все идет по плану. Широкий спектр цифровых и HPMS (High Performance Mixed Signal — «высо-

### Солнечная электроника

Специализированная ИС NXP с низким энергопотреблением, предназначенная для реализации функции MPPT (Maximum Power Point Tracking — «отслеживание точки максимальной мощности») в сочетании с патентуемым в настоящее время алгоритмом, способна извлекать на 30% больше энергии из солнечной панели, чем традиционные контроллеры в таких приложениях, как устройства для заряда аккумуляторных батарей. С конструктивной точки зрения архитектура NXP Delta Converter обеспечивает работу каждой солнечной панели с оптимальной эффективностью. Компания NXP Semiconductors первой представила MOSFET на базе нитрида галлия, которые потребляют значительно меньше энергии, чем традиционные решения на базе IGBT, благодаря более высоким частотам коммутации и низкому сопротивлению открытого канала.

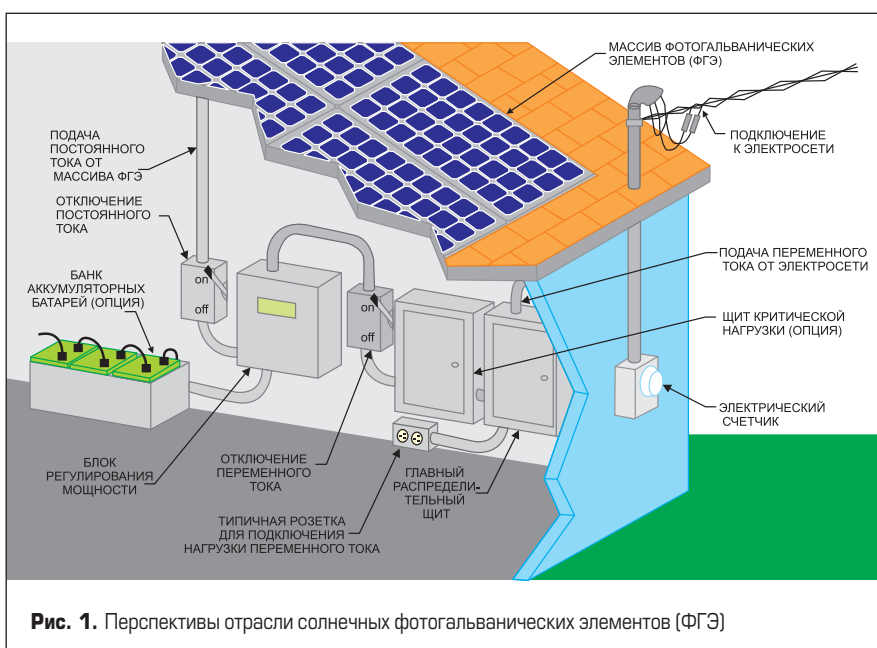


Рис. 1. Перспективы отрасли солнечных фотогальванических элементов (ФГЭ)

копроизводительных смешанных цифро-аналоговых сигналов») полупроводниковых технологий позволяет создавать новые революционные архитектуры. Такие архитектуры лучше адаптируются к изменениям внешних факторов, снижающих эффективность фотопреобразователей, а также оптимизируют количество вырабатываемой энергии за счет мониторинга отдельных компонентов системы и корректировки их рабочих характеристик.

Установленная солнечная станция должна поставлять в сеть как можно больше энергии, это критически важно по двум причинам. Во-первых, потому что энергия, вырабатываемая фотогальваническими элементами, но не поступающая в сеть, ничего не дает потребителю, а во-вторых, потому что повышение эффективности эксплуатации помогает сократить выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу, так как сэкономленные киловатт-часы избавляют от необходимости устанавливать дополнительные солнечные панели.

Развивая аппаратные и программные технологии, NXP Semiconductors добилась повышения эффективности преобразования энергии. Компания продолжает разрабатывать алгоритмы для адаптации солнечных панелей к изменениям внешней среды, а также для учета индивидуальных особенностей самих фотогальванических модулей.

Кроме того, NXP предлагает ряд микроконтроллеров, драйверов, MOSFET и другие компоненты с ультранизким энергопотреблением специально для солнечной энергетики, которые обеспечивают более высокую мощность и эффективность по сравнению с конкурирующими технологиями.

### Первая причина энергопотерь: воздействие окружающей среды

Любые успехи в повышении эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую вызывают интерес в основном потому, что средняя эффективность коммерческих версий фотогальванических элементов по-прежнему не превышает 10–20% (в зависимости от технологии элемента). Но в конечном итоге намного важнее эффективность системы в целом, а этот показатель может резко снижаться даже из-за таких банальных причин, как неравномерное затенение отдельных панелей, опавшие листья, грязь или птичий помет.

В большинстве современных архитектур сбор энергии осуществляют солнечные панели, соединенные последовательно. Каждая панель вырабатывает номинальное напряжение постоянного тока порядка 30 В. Так как панели подключены последовательно, напряжения суммируются. Типичная конфигурация может содержать 10 панелей, каждая из которых дает 30 В, итого около 300 В. В некоторых системах это напряжение поступает на батарею, которая запасает электроэнергию для последующего преобразования в переменный ток с помощью инвертора или для непосредственного использования в виде постоянного тока. Большинство установок в жилых домах/

солнечных энергоцентрах не содержат батареи, и выходной переменный ток инвертора поступает непосредственно в сеть.

В теории предполагается, что все панели ведут себя абсолютно одинаково. На самом деле такое бывает редко. Дело в том, что из-за отклонений в производственном процессе уровень тока, вырабатываемого разными фотогальваническими элементами панели, немного варьируется. Еще большее значение имеют внешние факторы, такие как тень и грязь. Загрязненные, затененные или неисправные элементы поглощают меньше солнечного света и, как следствие, генерируют меньше энергии и более низкий ток. Различия между фотогальваническими элементами/панелями приводят к существенному сокращению выходной мощности системы. При 10%-ном затенении поверхности панели общая выходная мощность может упасть более чем на 30%.

### Вторая причина энергопотерь: недостаток информации

Эффективность преобразования энергии фотогальваническим элементом зависит от многих параметров, включая интенсивность солнечного света, температуру, эксплуатационный режим и теоретическую пиковую эффективность. Анализируя эти параметры, можно определить оптимальный режим эксплуатации солнечной панели. Датчики, микроконтроллеры и другие ИС могут отслеживать и регулировать рабочее напряжение (параметр, который разработчикам систем контролировать проще всего), увеличивая выработку энергии более чем на 10–15% при определенных условиях. Это лишь один пример того, как информационно-коммуникационные технологии помогают повысить эффективность солнечной энергетики. Они предоставляют и другие преимущества, например более высокий уровень безопасности, снижение сложности установки, возможность для более качественного и простого обслуживания.

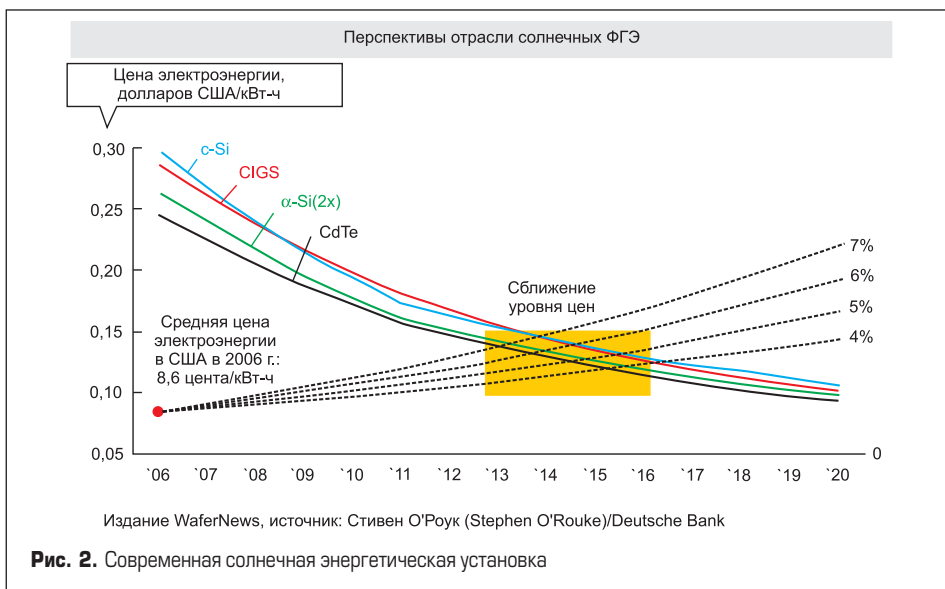
Отрасль стоит на пороге новой эры, и нам еще предстоит определить, какая архитектура

для солнечных электростанций окажется самой экономичной и энергоэффективной. Как бы там ни было, без системы распределенного управления питанием не обойтись. Ключевой вопрос заключается в том, что лучше: передавать энергию внутри системы в виде постоянного тока или использовать технологию микроинверторов, которые преобразуют постоянный ток в переменный на выходе каждой панели. Независимо от того, как сложится соотношение конкурентных сил, у компании NXP Semiconductors есть все предпосылки, чтобы стать лидером в области системных архитектур.

На обоих направлениях повышения эффективности фотогальванических преобразователей энергии — за счет изменения конструкции или за счет совершенствования характеристик полупроводниковых элементов — компания NXP уже добилась значительных успехов. Недавно она представила ИС MPT612 с низким энергопотреблением, предназначенную для реализации функции MPPT, которая позволяет оптимизировать выработку энергии солнечной батареей. ИС MPT612, благодаря патентуемому алгоритму NXP MPPT, способна извлекать на 30% больше энергии из солнечной панели, чем традиционные контроллеры, в таких приложениях, как зарядка батарей.

### Совершенствование конструкции и эксплуатационных характеристик

Компания NXP реализовала существенную конструктивную инновацию — использование DC/DC-преобразователей на уровне панели. «Дельта-преобразователь» компании NXP выравнивает напряжения на различных панелях в системе. В отличие от других представленных на рынке решений, которые обрабатывают всю генерируемую солнечной панелью энергию, дельта-преобразователь NXP выравнивает выходные напряжения между соседними панелями за счет обмена энергией между ними. Если разницы нет, преобразователь неактивен. Таким образом, уменьшаются потери энергии в процессе ее преобразования,



а также повышается надежность за счет того, что преобразователю не нужно работать постоянно.

Используя свой многолетний опыт создания высоконадежной электроники и высоковольтных полупроводниковых компонентов, компания NXP уже разработала и продолжает разрабатывать полупроводниковую продукцию, которая в перспективе может стать основой солнечной энергетики:

- микроконтроллеры для реализации алгоритма MPPT;
- микросхемы для передачи данных между панелями по беспроводной сети или по электросети;
- высоковольтные драйверы для DC/AC-преобразователей и низковольтные драйверы для DC/DC-преобразователей;
- контроллеры, силовые MOSFET, а также высоко- и низковольтные драйверы для эффективных DC/DC- и DC/AC-преобразователей;
- инновационные «обходные» (bypass) диоды;

- MOSFET на основе нитрида галлия, которые обеспечивают высокие частоты коммутации с низкими потерями на проводимость и на переключение и потому рассеивают меньше энергии, чем традиционные силовые решения, например на базе IGBT.

Эти инновации являются итогом многолетних усилий NXP по созданию технологичных высокопроизводительных смешанных цифро-аналоговых компонентов. Говоря коротко, высокопроизводительные смешанные цифро-аналоговые компоненты объединяют аналоговые и цифровые технологии, предоставляя инженерам-разработчикам необходимый простор для творчества при создании такой продукции, которая будет доминировать в следующем десятилетии.

### Технологический фундамент

Процессы производства полупроводниковых компонентов являются базовой технологией, которая позволяет разрабатывать высокопро-

изводительные смешанные цифро-аналоговые микросхемы, при этом для архитектур солнечных станций важны три процесса, созданные компанией NXP: EZ-HV, рассчитанный на небольшие устройства с напряжением до 700 В; ABCD9 и CO50PMU, которые уже установили ориентиры в области рабочих характеристик преобразователей при напряжениях до 120 В и позволяют создавать превосходные DC/DC-преобразователи; и, наконец, упомянутый выше процесс с применением нитрида галлия, используемый для создания силовых MOSFET с очень низкими потерями на переключение и на проводимость.

Интеграция микросхем и устройств, в основе которых лежит опыт разработки и производства высокопроизводительных смешанных цифро-аналоговых компонентов, будет способствовать дальнейшему значительному повышению эффективности солнечных панелей, сокращению периода их окупаемости и массовому применению в бытовых и промышленных приложениях.