

Наперегонки с «Мерседесом»

В журнале «Электронные компоненты» (№ 6'2004) была опубликована статья под названием «Мерседес силовой электроники», посвященная достижениям фирмы SEMIKRON — одного из мировых лидеров в производстве компонентов силовой электроники. Высокий уровень этой фирмы несомненен и вызывает заслуженное уважение, но и в России сегодня есть фирмы, обладающие высоким научно-техническим потенциалом в этой области и способные составить достойную конкуренцию «Мерседесу».

Сергей Волошин

voloshin@orel.ru

Сила SEMIKRON и других крупных зарубежных компаний — в широкой номенклатуре изделий, перекрывающей весь спектр возможных применений силовой электроники, высоким качестве, в хорошей технической поддержке развиваемых направлений. Немаловажным фактором являются значительные финансовые ресурсы этих компаний. Российские компании-производители силовых полупроводников, стремящиеся к успеху в этой сфере, обязаны предложить своим партнерам, работающим в области создания различных систем электротехники (источники питания, частотные преобразователи, конверторы электроэнергии, силовые коммутаторы, регуляторы мощности и т. д.), такой же уровень качества, сервиса, широчайшую номенклатуру изделий, как и ведущие западные компании. В силу вполне объективных, а иногда и субъективных причин крупнейшие производители силовых полупроводников — предприятия, созданные еще во времена «развитого социализма», сегодня не имеют возможности предложить все это отечественным разработчикам и производителям. Но тем не менее интеллектуальный потенциал отечественных разработчиков позволяет новым молодым компаниям активно заниматься этим направлением и добиваться в нем значительных успехов. Одной из ведущих отечественных фирм, активно развивающей производство силовых полупроводников, является компания «Электрум АВ» из Орла. Образовавшись чуть более двух лет назад на базе коллектива разработчиков изделий микроэлектроники и силовой электроники, фирма спроектировала и организовала производство около 500 типов различных устройств силовой электроники.

Основная цель предприятия — обеспечение отечественных производителей и разработчиков силовой электроники по низким ценам полупроводниковыми элементами высочайшего качества с параметрами, соответствующими или превосходящими лучшие мировые образцы. На предприятии используется единая система обеспечения качества для промышленных приборов и приборов военного назначения с контролем качества на каждой технологической операции.

Использование технологий тонкопленочных и толстопленочных гибридных сборок и полупроводниковых элементов цифровой, аналоговой и оптоэлектроники позволяет создавать уникальные элементы с па-

раметрами, соответствующими лучшим зарубежным образцам или даже превосходящими их.

Малые габариты элементов силовой электроники позволяют встраивать их в исполнительные устройства электротехнических систем (двигатели, клапаны, насосы и т. д.), обеспечивая их высокий технический уровень.

Предприятие проводит разработки элементов силовой электроники как общепромышленного, так и специального применения в системах вооружений и других ответственных отраслях.

Тенденцией развития современной элементной базы силовой электроники является переход от дискретных компонентов к функционально законченным модулям с интегрированными в них элементами управления и защиты. Это позволяет существенно повысить удельную мощность на единицу объема, снизить паразитные эффекты, увеличить частоты преобразовательных процессов, снизить стоимость конечного изделия. Производство таких приборов базируется на технологиях микроэлектроники:

- тонкопленочная гибридная технология;
- толстопленочная гибридная технология;
- технология создания керамических подложек с толстой (до 300 мкм) медной металлизацией с рисунком высокого разрешения (до 0,3 мкм);
- технология разработки и изготовления цифроаналоговых БИ-КМОП, интегральных схем на основе высоковольтного (± 15 В) БМК;
- технология многокристального монтажа полупроводниковых элементов (до 200 элементов на подложке 30×40 мм) с разваркой кристаллов алюминиевой или золотой проволокой;
- технология поверхностного монтажа;
- технология сборки силовых узлов с применением пайки мягкими припоями и разварки алюминиевой проволокой до 500 мкм;
- технология корпусирования с применением высокоадгезионных кремнийорганических компаундов;
- технология корпусирования в стандартные и нестандартные металлостеклянные корпуса;
- технология изготовления нестандартных металлостеклянных корпусов герметичной конструкции;
- технология химического фрезерования деталей с разрешением до 10 мкм, в том числе изготовление трафаретов для поверхностного монтажа и «выводных рамок» из стали, никеля и меди тол-

щиной до 300 мкм для монтажа полупроводниковых приборов;

- технология низкоомных (<1 мОм) безындуктивных резисторов большой мощности (до 100 Вт).

Специалисты «Электрум АВ», в совершенстве владеющие этими технологиями, активно используют их при создании новых устройств силовой электроники.

Применение этих технологий позволяет осваивать и выпускать следующие типы приборов:

1. Тиристорно-диодные модули (рис. 1–2) на базе кристаллов со средним током на 1 кристалл от 10 до 250 (1000) А с малым падением напряжения (1 В), высокой частотой коммутации (до 3 кГц), большими значениями dU/dt (1000 В) и большими пробивными напряжениями (не менее 1200 В), с малыми токами управления (не более 3 мА), а также аналогичные модули с оптронными развязками по цепям управления (ток управления не более 15 мА, напряжение изоляции — 4000 В пикового значения или 2500 В среднеквадратичного значения).

Структура:

- 1) тиристор-тиристор (10...1000 А);
- 2) тиристор-диод (10...1000 А);
- 3) тиристор-тиристор во встречном включении (10...1000 А);
- 4) тиристор-тиристор во встречно-параллельном включении (10...1000 А);
- 5) однофазный тиристорный мост (10...250 А);
- 6) однофазный полууправляемый мост (10...250 А);
- 7) трехфазный тиристорный мост (10...250 А);
- 8) трехфазный полууправляемый мост (10...250 А);
- 9) трехфазный тиристорный инвертор (10...250 А);
- 10) три встречно-параллельных тиристорных пары 10...50 А).



Рис. 1. Силовой IGBT-модуль



Рис. 2. Силовой тиристорно-диодный модуль

2. Однофазные и трехфазные мосты на диодах Шоттки с напряжением 100, 200, 600, 800 В на выпрямленный ток от 10 до 400 А.
3. Драйвер мощных тиристоров до 5000 А с гальванической изоляцией до 7500 В пикового значения и максимальной частотой до 1кГц. Устойчивость драйверов к dU/dt не менее 15 кВ/мкс.
4. Коммутаторы нагрузок (твердотельные реле) постоянного и переменного тока с гальванической (оптронной с напряжением изоляции до 4000 В пикового значения) или трансформаторной развязкой (до 7500 В пикового значения) на токи от 10 до 250 А с током управления не более 15 мА.



Рис. 3. Твердотельное реле на ток до 120 А

5. Твердотельные контроллеры нагрузки (ТКН) и цепей питания являются высокоинтегрированными гибридными сборками, включающими цифро-аналоговые схемы управления и контроля, встроенный источник питания с гальванической изоляцией не менее 1000 В, мощные силовые ключи на полевых или IGBT-транзисторах со схемами управления затворами, токоизмерительный низкоомный (до 0,5 мОм) шунт и схемы ограничения напряжения и тока. Прибор позволяет контролировать токовую характеристику цепей питания, обеспечивая защиту по току и температуре цепей питания и нагрузок.



Рис. 4. Сборка интеллектуального контроллера цепей питания и нагрузок

6. Драйверы IGBT и полевых транзисторов с гальванической развязкой цепи управления для одиночных транзисторов и полумостов с рабочими напряжениями до 4500 В и рабочими токами до 2000 А с частотой коммутации до 100 кГц и полным набором защитных функций. Устойчивость драйверов к dU/dt не менее 15 кВ/мкс. Драйверы обеспечивают следующие функции контроля и защиты транзисторов:



Рис. 5. Драйвер IGBT со встроенным DC/DC-преобразователем для управления транзисторами до 2000 А, 4500 В



Рис. 6. Модуль драйвера IGBT со встроенным DC/DC-преобразователем для управления транзисторами до 2000 А, 4500 В

- контроль напряжения насыщения на коллекторе управляемого транзистора;
 - регулировку порога защитного отключения по напряжению насыщения;
 - регулировку длительности запрета контроля напряжения насыщения на время активного состояния управляемого транзистора от 2,8 до 100 мкс;
 - запрет контроля напряжения насыщения на силовом транзисторе при активном состоянии управляемого транзистора на минимальное время 1 мкс (с возможностью регулирования времени);
 - регулировку времени включения-выключения управляемого транзистора;
 - контроль уровня питающих напряжений драйвера (встроенный компаратор с порогом 11 В);
 - блокировку управления на время аварии ($U_{кз} > U_{МС\ крит}$);
 - регулировку длительности блокировки от 1 до 500 мс на время аварии;
 - автосброс схемы по управляющему сигналу (без времени блокировки);
 - наличие инверсного входа управления;
 - наличие входов регулировки задержки переключения верхнего и нижнего плеча;
 - регулировку задержки переключения от 1 до 100 мкс верхнего и нижнего плеча;
 - блокировку одновременного включения верхнего и нижнего плеча;
 - наличие встроенного DC/DC-преобразователя;
 - плавное аварийное выключение управляемого транзистора и регулировку времени плавного аварийного выключения от 1 до 15 мкс.
7. Модули на полевых n- и p-канальных транзисторах или IGBT с напряжением «исток-сток»: 60, 100, 200, 400 В, «эмиттер-коллектор»: 600, 1200 В, с количеством транзисторов

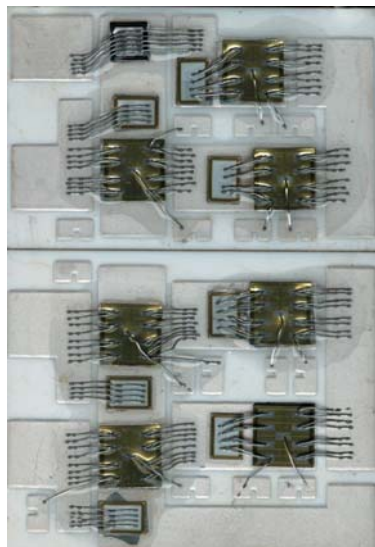


Рис. 7. Сборка силовой части трехфазного IGBT-инвертора

ров в модуле 1, 2 (полумост), 4 (H-мост), 6 (3-фазный инвертор), 7. В состав модуля могут входить ограничители напряжения затворной цепи 20 В и ограничители напряжения «исток-сток» необходимой мощности, а также драйверы управления затворами и схемы ШИМ-контроллеров.

8. Модули управления двигателями постоянного тока являются высоко интегрированными гибридными сборками, включающими цифро-аналоговую монолитную схему управления, встроенный источник питания с гальванической развязкой не менее 1000 В, мощные выходные ключи на полевых или IGBT-транзисторах с оптронными схемами управления затворами транзисторов, обеспечивающих гальваническую развязку не менее 4000 В. Приборы позволяют управлять как трехфазными двигателями постоянного тока с датчиками Холла (МОУД3), так и коллекторными двигателями постоянного тока (МОУД1), обеспечивая изменение скорости вращения двигателя, торможение двигателя, контроль тока через двигатель, контроль температуры самого модуля и двигателя, выдачу сигнала «авария» в критических ситуациях.

МОУД содержит следующие функциональные блоки: декодер положения ротора, логику управления (направление вращения, система фазирования, динамическое торможение, разрешение и останов), драйверы управления затворами выходных полевых или IGBT-транзисторов, выходные транзисторы, включенные по схеме 3-фазного инвертора или по схеме H-моста, генератор пилообразного сигнала с изменяемой частотой, схему регулировки (изменения и стабилизации) скорости вращения ротора двигателя, содержащую усилитель сигнала рассогласования для систем с обратной связью, и компаратор ШИМ; схему контроля и ограничения тока двигателя; источники изолированного питания для элементов и узлов прибора, в том числе источник опорного напряжения с высокой температурной стабильностью; схемы контроля температуры прибора и необходи-

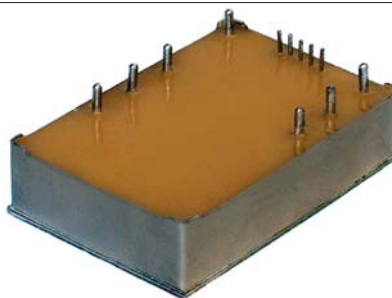


Рис. 8. Модуль управления 3-фазным двигателем 1 кВт

мых уровней питающих напряжений для обеспечения безотказной работы прибора. Также в состав МОУД входит гальванически изолированный формирователь сигнала аварии в управляемом двигателе.

9. Безындуктивные низкоомные токоизмерительные резисторы от 0,1 до 100 мОм.



Рис. 9. Токоизмерительные резисторы 0,1...100 мОм 100 Вт на керамических основаниях



Рис. 10. Керамическая подложка с толстой медной металлизацией

В настоящее время «Электрум АВ» является российской фирмой, производящей полупроводниковые приборы силовой электроники по номенклатуре и параметрам, практически полностью перекрывающим весь спектр потребностей современной промышленности в этой области. Высокий уровень достижений фирмы был по достоинству оценен посетителями выставки «ЭкспоЭлектроника-2004» — около стенда фирмы от самого открытия до завершения выставки всегда было многолюдно. Из важнейших новинок, представленных на выставке, можно выделить:

- низкоомные (от десятых долей миллиома до ста миллиом) безындуктивные малогабаритные мощные токоизмерительные резисторы, предназначенные для поверхностного монтажа (SMD) — до 2 Вт, и на керамическом теплопроводном основании для монтажа на охладитель — до 200 Вт;
- серия четырех-, шести- и семиключевых IGBT-модулей на высокоэффективных быстродействующих ($f_{\text{КОМ}} \leq 100$ кГц) транзисторах с малыми потерями ($U_{\text{КЭ}} = 2,5$ В), со встроенными драйверами для ШИМ-

управления в системах маломощного привода коллекторных, вентильных, индуктивных и асинхронных двигателей;

- универсальные модули управления, реализующие функцию управления коллекторными, вентильными, асинхронными и шаговыми двигателями с применением модулей IGBT или полевых транзисторов и соответствующих драйверов, предназначенных для реализации привода любой мощности от единиц ватт до сотен киловатт;
- регуляторы мощности нагрузок переменного тока до 250 А по сигналам стандартного интерфейса 4–20 мА, 0–5 В/0–10 В.

Вся представленная продукция находит широкое применение в электротехнических системах промышленного назначения (в энергетике, на железнодорожном транспорте, станочном оборудовании и т. д.). Помимо этого предприятие имеет аттестацию «Военэлектронсерта» на разработку и производство систем силовой электроники для отечественных систем авиации, аэрокосмического комплекса, атомной промышленности и т. д.

Фирменным стилем «Электрум АВ» является очень плотная работа с каждым клиентом, всесторонняя техническая поддержка, помощь в решении технических вопросов, связанных как с применением собственных элементов, так и с построением систем в целом. Поставки элементов комплектуются необходимыми вспомогательными элементами:

- охладителями;
- вентиляторами;
- клемниками;
- защитными элементами и т. д.

На предприятии имеется современное оборудование для SMD-монтажа, на котором могут изготавливаться печатные платы для оборудования заказчиков и других клиентов.

К сожалению, последние 10–15 лет привели к тому, что были потеряны многие достижения в технической сфере, которыми мы заслуженно гордились, образовалось значительное недоверие и неверие в возможности отечественных производителей. «Электрум АВ» пытается своей деятельностью опровергнуть это, завоевать заслуженное техническое признание у специалистов силовой электроники, аналогичное признанию ведущих зарубежных фирм. Для этого мы приглашаем всех заинтересованных разработчиков и производителей силовой электроники к сотрудничеству. В лице «Электрум АВ» вы найдете квалифицированного и надежного партнера.

На улицах Москвы встречается рекламный плакат одного из банков, на котором у ног огромного льва развизит крошечный львенок. Под плакатом надпись: «Никто не рождается сильным». Как мне кажется, этот плакат мог бы стать иллюстрацией к статье. Но статья таким сильным непростое. Многие из сегодняшних «финансистов» вышли из технической среды 80-х, как и автор этих строк. Если кто-либо из них разделяет стремление «Электрум АВ» к развитию рынка современных высококачественных элементов, приглашаю их к совместной работе на рынке безграничной емкости, которым является рынок силовой электроники.