

НОВЫЕ СИЛОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ MITSUBISHI ELECTRIC

Стремление к миниатюризации даже самых сложных и ответственных узлов силового оборудования смещает интерес компаний-производителей в область новых возможностей корпусирования.

В последнее время стала популярна технология литьевого прессования, при которой медная рама выполняет функции как проводника, так и радиатора. Кроме того, эта технология позволяет отказаться от предварительного корпусирования кристаллов IGBT и драйверов. Расскажем о новинках компании Mitsubishi Electric, выполненных по последним технологиям.

НОВЫЙ IGBT-МОДУЛЬ НА НАПРЯЖЕНИЕ 1700 В

Новые модули серии А (рис.1), рассчитанные на рабочее напряжение 1700 В, – эффективное и недорогое решение для систем управления электродвигателями, блоков бесперебойного питания, сварочных аппаратов и сервоприводов.

В модулях совмещены новаторские достижения фирмы: технология изготовления кристалла пятого поколения CSTBT (Carrier Stored Trench Bipolar Transistor – биполярный транзистор с накоплением носителей заряда и затвором-канавкой) объединена с LPT-технологией изготовления пластины (Light Punch Through – эпитаксиальная структура, выполненная по технологии "легкого" прокола базы). Результатом стало создание модуля с низким напряжением насыщения (2,2 В при номинальном токе коллектора и температуре перехода 125°C), малыми потерями на переключение и высокой стойкостью к току короткого замыкания. В корпусе модуля размещены два IGBT.

Новые IGBT-модули имеют низкую индуктивность выводов (рис.2). По сравнению с аналогичными 1700-В модулями, представленными на рынке силовых модулей, изолирующая AlN-подложка имеет малое термосопротивление. Благодаря контролируемой при производстве толщине припоя между основной и AlN-подложкой (рис.3) модули новой серии от-

А.Корнев, менеджер по продукции Mitsubishi Electric, Платан Компонентс
kornev@platan.ru

личаются улучшенными параметрами термоциклирования. И, наконец, в результате применения новой технологии крепления кристалла увеличена мощность модулей.

Модули серии А на 1700 В дополняют линейку IGBT-модулей прежней серии, рассчитанной на максимальное напряжение 1200 В, и предназначены для оборудования с линейным напряжением 575 и 690 В. Номинальная токовая нагрузка новых модулей – от 75 до 400 А (табл.1).

Модули соответствуют требованиям RoHS (не содержат свинца).

ОДНОКРИСТАЛЬНЫЙ ИНВЕРТОР В КОРПУСЕ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

Еще одна новинка компании Mitsubishi – однокристалльный инвертор M81500FP мощностью 90 Вт, предназначенный для управления бесколлекторными электродвигателями. До сих пор производители стиральных машин, компрессоров или насосов – бытовой техники с электроприводом небольшой мощности – воздерживались от применения электронного управления двигателями из-за больших габаритов электронных модулей и их высокой цены. Теперь, используя M81500FP, разработчики могут значительно сократить стоимость и мощность, потребляемую бытовой аппаратурой. Кроме того, техника сможет работать тише.

Новый инвертор нормирован на 500 В/1 А. В его небольшом корпусе (рис.4) объединены схемы управления, питания и защиты. Силовые цепи реализованы на n-канальных IGBT с горизонтальной структурой по 1,3-мкм технологии SOI (Silicon

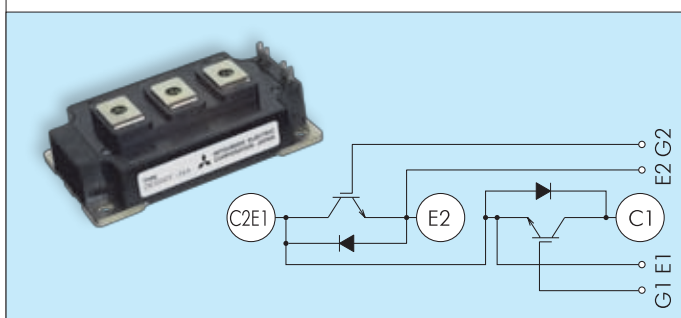


Рис.1. Модуль серии А

Таблица 1. Основные параметры IGBT-модулей на напряжение 1700 В

| Наименование | Номинальный ток, А | Напряжение изоляции, кВ | Мощность, кВт |
|--------------|--------------------|-------------------------|---------------|
| CM75DY-34A | 75 | 3,5 | 0,78 |
| CM100DY-34A | 100 | 3,5 | 0,96 |
| CM150DY-34A | 150 | 3,5 | 1,6 |
| CM200DY-34A | 200 | 3,5 | 1,98 |
| CM300DY-34A | 300 | 3,5 | 2,9 |
| CM400DY-34A | 400 | 3,5 | 3,78 |

On Insulator – кремний на изоляторе). Схема управления построена по 24-В КМОП-технологии.

Инвертор имеет защиту от низкого напряжения, блокировки, короткого замыкания и повышенной рабочей температуры. При этом защита от короткого замыкания способна отключить питание схемы за 1 мкс.

Для создания готового модуля управления электроприводом на базе M81500FP требуется минимальное число внешних пассивных компонентов: керамический бутстрепный конденсатор, шунтовой резистор типоразмера 1206 и керамический конденсатор для подключения к выводу питания. Поскольку входы M81500FP совместимы с логикой на 3 и 5 В, инвертор можно напрямую подключать к микроконтроллеру или цифровому сигнальному процессору. Все это позволяет на 55% уменьшить площадь платы (менее 210 мм²) по сравнению с дискретными решениями на транзисторах в корпусе DPAK и высоковольтных микросхемах в корпусе SO-8.

Благодаря уникальной технологии корпусирования с высокой теплопроводностью Mitsubishi Electric удалось создать не только самый миниатюрный инвертор мощностью 90 Вт (размером 17,5×11,93 мм), но и адаптировать корпус под SMD-монтаж, облегчив и удешевив процесс сборки готовых изделий на автоматизированных линиях.

Знакомству с новой разработкой поможет демонстрационная плата EVBM81500FP (рис.5) размером всего 59×38 мм, на которой уже размещен микроконтроллер (NEC μPD78F0712).

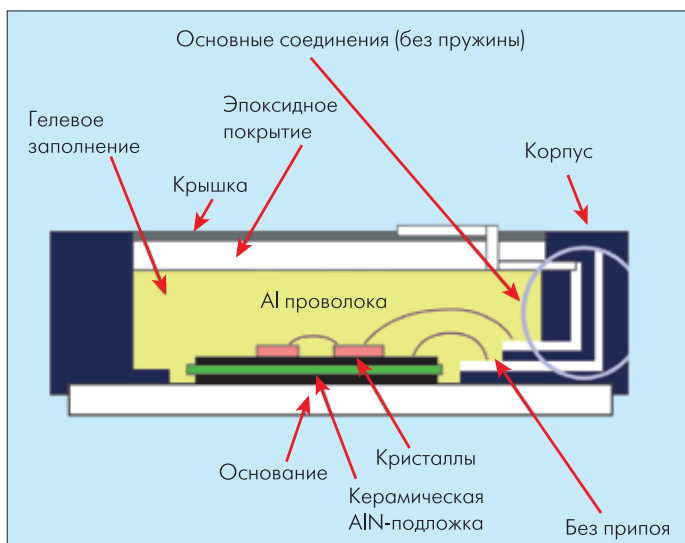


Рис.2. Конструкция выводов модуля серии A

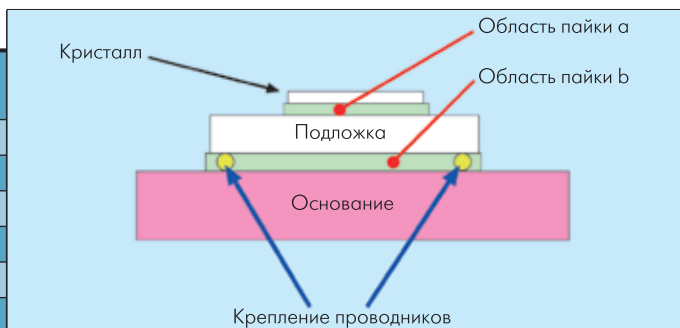


Рис.3. Способ подключения выводов к кристаллу

НОВАЯ СЕРИЯ МОДУЛЕЙ NFM НА ЧАСТОТУ 30 кГц

Линейка серии NFM пополнилась новым модулем, рассчитанным на напряжение 1200 В и работу на средних частотах.

Медицинское и сварочное оборудование, индукционные нагреватели и резонансные схемы должны работать с мягким включением и жестким выключением. Скорость выключения у большинства IGBT достаточно мала, поэтому они редко использовались в таких устройствах. Однако за счет применения CSTBT-технологии пятого поколения и LPT-технологии изготовления пластин новые модули имеют высокую скорость срабатывания при малом падении напряжения в открытом состоянии.

Номинальные показатели потерь новых модулей почти не отличаются от аналогичных показателей модулей других производителей. Типичное напряжение насыщения не превышает 3 В при номинальном токе коллектора и температуре перехода 125°C.

Модули из двух IGBT (рис.6а) выпускаются на номинальное напряжение 1200 В и ток в диапазоне 100–300 А. Однокристалльные модули (рис.6б) на 1200 В имеют только две модификации на более высокие токи: 400 и 600 А (табл. 2).

Благодаря использованию стандартного для европейских производителей корпуса модули серии NFM максимально совместимы и способны легко заменить аналогичные устройства. Все модули соответствуют требованиям директивы RoHS.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МОДУЛИ СЕРИИ L В ПОРТАТИВНЫХ КОРПУСАХ

Ассортимент интеллектуальных модулей (IPM), куда входили модули третьего поколения серий V и S, а также модули четвертого поколения – серии S-DASH, пополнился новинкой – серией модулей L пятого поколения с улучшенными параметрами.

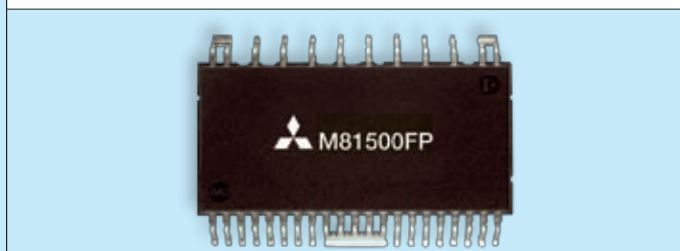


Рис.4. Инвертор M81500FP

Таблица 2. Линейка модулей серии NFM

| Наименование | Максимальные параметры | | | | Электрические характеристики | | | | | | | | Обратный диод | Температурные характеристики | | | |
|---------------|------------------------|--------------------|--|-------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|---------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | U _{ces} , В | I _c , А | U _{ce(нас)} , В (T _j = 25°C) | | C _{res} , нФ | C _{oes} , нФ | C _{res} , нФ | Максимальное время переключения | | | | U _f , В | | Q _{гг} , мкКл | t _{гг} , нс | IGBT R _{th(j-c)} , °C/Вт | Диод R _{th(j-c)} , °C/Вт |
| | | | Тип. | Макс. | | | | T _{d(on)} , нс | t _r , нс | t _{d(off)} , нс | t _f , нс | | | | | | |
| CM100DC-24NFM | 1200 | 100 | 3 | 4,5 | 16 | 1,3 | 0,3 | 100 | 50 | 250 | 200 | 3 | 6 | 120 | 0,186 | 0,28 | 0,02 |
| CM150DC-24NFM | 1200 | 150 | 3 | 4,5 | 24 | 2,0 | 0,5 | 150 | 80 | 400 | 200 | 3,3 | 7 | 130 | 0,130 | 0,28 | 0,02 |
| CM200DC-24NFM | 1200 | 200 | 3 | 4,5 | 32 | 2,7 | 0,6 | 300 | 80 | 500 | 200 | 3 | 12 | 170 | 0,093 | 0,14 | 0,02 |
| CM300DC-24NFM | 1200 | 300 | 3 | 4,5 | 47 | 4,0 | 0,9 | 300 | 80 | 500 | 200 | 3,3 | 14 | 180 | 0,066 | 0,14 | 0,02 |
| CM400HC-24NFM | 1200 | 400 | 3 | 4,5 | 63 | 5,3 | 1,2 | 300 | 100 | 500 | 200 | 3 | 13 | 500 | 0,046 | 0,07 | 0,02 |
| CM600HC-24NFM | 1200 | 600 | 3 | 4,5 | 95 | 8,0 | 1,8 | 400 | 120 | 700 | 200 | 3,3 | 28 | 210 | 0,034 | 0,07 | 0,02 |

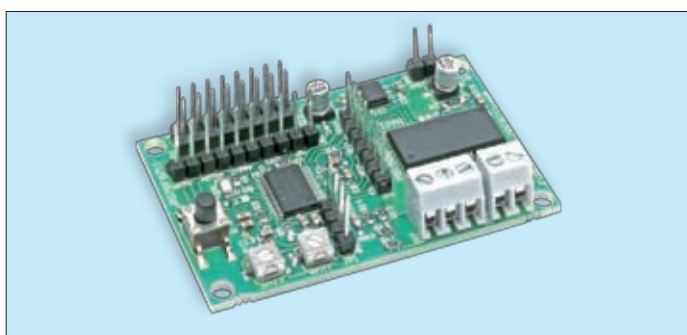


Рис.5. Макетная плата с инвертором M81500FP и микроконтроллером μ PD78F0712

Основная область применения новых модулей – системы управления электродвигателями (инверторы 220 В/440 В АС и сервоприводы), источники бесперебойного питания. Разработчиками серии L были учтены повышенные требования к мощности, малым потерям. Корпус модулей (рис.7а) сделан компактным (на 32% меньше по сравнению с предыдущим поколением), а подключение – удобным. Модули не содержат вредных для окружающей среды материалов.

В модуль встроены драйверы затвора и схема защиты, которая измеряет параметры сигнала непосредственно на кристалле IGBT, гарантируя высокую скорость срабатывания.

Таблица 3. Модули серии L на 600 В

| Схема | Выходы | Ток коллектора, А | | | | | |
|--|----------|-------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 300 |
| 3-фазный инвертор | Винты | PM50CLA060 | PM75CLA060 | PM100CLA060 | PM150CLA060 | PM200CLA060 | PM300CLA060 |
| | Штыревые | PM50CLB060 | PM75CLB060 | – | – | – | – |
| 3-фазный инвертор с тормозным транзистором | Винты | PM50RLA060 | PM75RLA060 | PM100RLA060 | PM150RLA060 | PM200RLA060 | PM300RLA060 |
| | Штыревые | PM50RLB060 | PM75RLB060 | – | – | – | – |

Таблица 4. Модули серии L на 1200 В

| Схема | Выходы | Ток коллектора, А | | | | |
|--|----------|-------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| | | 25 | 50 | 75 | 100 | 150 |
| 3-фазный инвертор | Винты | PM25CLA120 | PM50CLA120 | PM75CLA120 | PM100CLA120 | PM150CLA120 |
| | Штыревые | PM25CLB120 | PM50CLB120 | PM75CLB120 | – | – |
| 3-фазный инвертор с тормозным транзистором | Винты | PM25RLA120 | PM50RLA120 | PM75RLA120 | PM100RLA120 | PM150RLA120 |
| | Штыревые | PM25RLB120 | PM75RLB120 | PM75RLB120 | – | – |

Предусмотрена защита от короткого замыкания, перегрева и понижения напряжения. Сигнал ошибки выводится на отдельный контакт. Имеется также температурный датчик, расположенный непосредственно на кристалле транзистора.

Технология изготовления кристаллов CSTBT позволила максимально снизить напряжение насыщения $V_{ce(sat)}$ до 1,5 В для модулей на 600 В и до 1,9 В – для модулей на 1200 В (при температуре перехода 125°C).

Благодаря новой монолитной микросхеме драйвера удалось также сократить наводки и мощность рассеяния путем управления скоростью включения силовых ключей. Кроме того, увеличен номинальный ток разрыва цепи.

Интеллектуальные модули серии L рассчитаны на ток в диапазоне 50–500 А при напряжении 600 В, и на ток 25–450 А при 1200 В. Модули «7-в-1» имеют номинальные параметры 300 А/600 В и 150 А/1200 В (табл. 3–5).

НОВОЕ СЕМЕЙСТВО СИВ-МОДУЛЕЙ НА НАПРЯЖЕНИЕ 600 И 1200 В

СИВ-модули (Converter, Inverter, Brake – преобразователь, инвертор, тормозной транзистор), созданные в 1994 году для управления приводами мощностью до 3,7 кВт, сегодня широ-



Таблица 5. Параметры модулей серии L

| Наименование | Напряжение к-э, В | Номинальный ток коллектора, А | Рассеиваемая мощность (коллектор), Вт | Напряжение насыщения, В | Прямое напряжение диода, В |
|--------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| PM100CLA060 | 600 | 100 | 462 | 1,5 | 2,2 |
| PM100CLA120 | 1200 | 100 | 781 | 1,8 | 2,5 |
| PM100RLA060 | 600 | 100 | 462 | 1,5 | 2,2 |
| PM100RLA120 | 1200 | 100 | 781 | 1,8 | 2,5 |
| PM150CLA060 | 600 | 150 | 625 | 1,5 | 2,2 |
| PM150CLA120 | 1200 | 150 | 1041 | 1,8 | 2,5 |
| PM150RLA060 | 600 | 150 | 625 | 1,5 | 2,2 |
| PM150RLA120 | 1200 | 150 | 1041 | 1,8 | 2,5 |
| PM200CLA060 | 600 | 200 | 781 | 1,5 | 2,2 |
| PM200CLA120 | 1200 | 200 | 1041 | 1,9 | 2,8 |
| PM200RLA060 | 600 | 200 | 781 | 1,5 | 2,2 |
| PM25CLA120 | 1200 | 25 | 150 | 1,8 | 2,5 |
| PM25CLB120 | 1200 | 25 | 150 | 1,8 | 2,5 |
| PM25RLA120 | 1200 | 25 | 150 | 1,8 | 2,5 |
| PM25RLB120 | 1200 | 25 | 150 | 1,8 | 2,5 |
| PM300CLA060 | 600 | 300 | 1041 | 1,5 | 2,2 |
| PM300CLA120 | 1200 | 300 | 1562 | 1,9 | 2,8 |
| PM300RLA060 | 600 | 300 | 1041 | 1,5 | 2,2 |
| PM450CLA060 | 600 | 450 | 1041 | 1,8 | 2,6 |
| PM450CLA120 | 1200 | 450 | 2500 | 1,9 | 2,8 |
| PM50CLA060 | 600 | 50 | 131 | 1,5 | 2,2 |
| PM50CLA120 | 1200 | 50 | 480 | 1,8 | 2,5 |
| PM50CLB060 | 600 | 50 | 131 | 1,5 | 2,2 |
| PM50CLB120 | 1200 | 50 | 480 | 1,8 | 2,5 |
| PM50RLA060 | 600 | 50 | 131 | 1,5 | 2,2 |
| PM50RLA120 | 1200 | 50 | 480 | 1,8 | 2,5 |
| PM50RLB060 | 600 | 50 | 131 | 1,5 | 2,2 |
| PM50RLB120 | 1200 | 50 | 480 | 1,8 | 2,5 |
| PM600CLA060 | 600 | 600 | 1785 | 1,8 | 2,6 |
| PM75CLA060 | 600 | 75 | 390 | 1,5 | 2,2 |
| PM75CLA120 | 1200 | 75 | 595 | 1,8 | 2,5 |
| PM75CLB060 | 600 | 75 | 390 | 1,5 | 2,2 |
| PM75CLB120 | 1200 | 75 | 595 | 1,8 | 2,5 |
| PM75RLA060 | 600 | 75 | 390 | 1,5 | 2,2 |
| PM75RLA120 | 1200 | 75 | 595 | 1,8 | 2,5 |
| PM75RLB060 | 600 | 75 | 390 | 1,5 | 2,2 |
| PM75RLB120 | 1200 | 75 | 595 | 1,8 | 2,5 |

ко распространены благодаря низким показателям суммарных потерь и высокой надежности в эксплуатации. Однако рынок требует все более компактных устройств, с меньшими потерями и себестоимостью производства.

Для того чтобы решить поставленные задачи (компактность, низкие потери и высокая надежность), специалисты

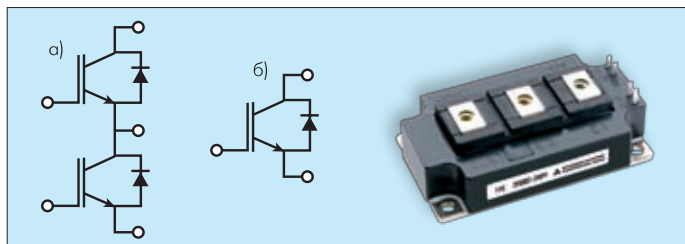


Рис.6. Модули NFM: двухкристалльные (а) и однокристалльные (б)

компании Mitsubishi Electric использовали не только современную технологию изготовления кристаллов (CSTBT), но и технологию литьевых форм, которая была успешно внедрена еще пять лет назад в производстве интеллектуальных силовых модулей. Результатом дальнейшего совершенствования технологии литьевых форм стали новые SiB-модули, рассчитанные на напряжение 600 В и ток 20–30 А, и модули на 1200 В и ток 10–25 А, а также специализированные высоковольтные микросхемы управления – HVIC (табл.6).

Новые модули предназначены для управления электроприводами общего промышленного назначения мощностью до 5,5 кВт. Компактная конструкция корпуса (рис.7б) (на 50% меньше места на плате, чем прежние устройства), низкое термосопротивление (на 20% ниже, чем у других модулей аналогичной мощности) при сохранении хорошей элек-

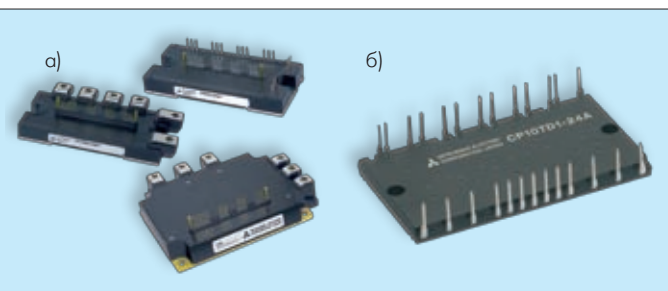


Рис.7. Корпуса модулей серии L (а) и SiB-модулей (б)

трической изоляции и радиаторы специальной формы полностью удовлетворяют международным стандартам безопасности UL508 и IEC664-1. Как и многие современные силовые компоненты, модули имеют полный набор функций защиты.

СiВ-модули содержат трехфазный входной выпрямитель, трехфазный инвертор, тормозной транзистор и термистор для измерения температуры основной подложки (рис.8). Модули имеют топологию с открытым эмиттером.

Специально разработанная высоковольтная микросхема (1200 В) с двухсторонней схемой преобразования напряжения имеет отдельные выводы для включения, выключения и удерживания IGBT в закрытом состоянии. Такая микросхема служит для развязки между контроллером и СiВ-модулем.

Для тестирования модулей выпускаются демонстрационные платы. Все модули выпускаются в бессвинцовом исполнении.

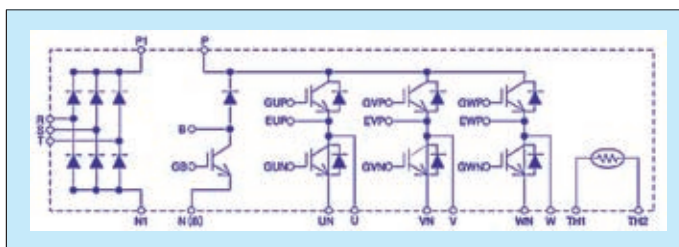


Рис.8. Схема СiВ-модулей с тормозным транзистором

Таблица 6. Основные параметры СiВ-модулей

| Наименование | Номинальное напряжение, В/ток, А | Мощность электропривода, кВт/рабочее напряжение, В AC |
|--------------|----------------------------------|---|
| CP10TD1-24A | 1200/10 | 1,5/440 |
| CP15TD1-24A | 1200/15 | 2,2/440 |
| CP25TD1-24A | 1200/25 | 3,7/440 |
| CP20TD1-12A | 600/20 | 1,5/220 |
| CP30TD1-12A | 600/30 | 2,2/220 |

Объединяющая роль российской науки

На первом после летних каникул заседании Президиума РАН, состоявшегося 10 сентября 2007 года, был поднят один из острейших вопросов, являющийся предметом продолжительной научной дискуссии российского и международного экспертных сообществ: "Возможна ли новая холодная война между Россией и США?". Эта дипломатическая тема напрямую затрагивает политику в сфере промышленности и научно-технического сотрудничества с зарубежными странами в условиях стабилизации экономики России, восстановления и укрепления научных и производственных связей, в частности со странами СНГ, ЕС, АТЭС, когда возникновение конфронтации может негативно сказаться на инновационном развитии как РФ, так и ряда мировых регионов.

Одно из оснований для неотложного рассмотрения проблемы – испытание в России самой мощной в мире вакуумной бомбы (ВБ), которая по своим возможностям и эффективности сопоставима с ядерным оружием (ЯО). При этом в отличие от ЯО загрязнения окружающей среды не происходит. Действие ВБ основано на эффекте разрушения в результате значительного повышения температуры и возникновения сверхзвуковой воздушной ударной волны при взрыве в воздухе облака из распыленного горючего вещества. Испытания показали, что радиоактивного и химического загрязнения почвы не происходит. Поэтому созданную ВБ можно отнести к классу, не запрещенному к применению международными договорами. Использование нанотехнологий при создании ВБ позволило получить взрывчатое вещество гораздо мощнее тротила.

Наличие в США бомбы весом 14 т, сопоставимой по характеристикам объемного взрыва с российской ВБ, свидетельствует о высокой степени конкуренции России и США на рынке технологий двойного назначения.

Пример гражданского применения высоких технологий, используемых и в военной продукции, – XXVII международная исследовательская дисплейная конференция (проходившая в здании Президиума РАН с 17 по 20 сентября 2007 года) и Международная выставка "Евродисплей-2007" (состоявшаяся параллельно на территории выставочного центра на Красной Пресне)*. На "Евродисплее-2007" прозвучали десятки докладов таких институтов РАН, как Институт кристаллографии им. А.В.Шубникова, Института общей физики им. А.М.Прохорова, Физического института им. П.Н. Лебедева. Были заслушаны доклады специалистов Университета науки и техники Гонконга,

Наниангского технологического университета (Сингапур), Института физики полупроводников (Украина), Штуттгартского университета (Германия), Тегеранского университета (Иран), Исследовательского центра электроники Университета Шизуоки и Токийского Университета (Япония), а также ряда отечественных и зарубежных вузов и фирм – лидеров в области производства компонентов средств отображения информации. Особое внимание уделялось применению нанотехнологий при создании миниатюрных и гибких дисплеев.

Другой пример объединения усилий ученых для решения глобальных научных задач – XVIII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, состоявшийся 24–28 сентября в здании Президиума РАН. Во вступительном слове Президента РАН академика Ю.С.Осипова подчеркивалась важная роль химической науки для всех отраслей промышленности. Научная программа съезда, собравшего более трех тысяч участников и гостей, включала 14 секций и симпозиумов. На секции "Химия материалов, наноструктуры и нанотехнологии" был заслушан доклад, посвященный современным тенденциям в разработке новых органических и гибридных материалов для нанофотоники, наноструктурной организации растворов амфифильных веществ. Были затронуты различные аспекты технологий синтеза наноматериалов, синтеза наноразмерных порошков с формированием на их основе материалов электролита, катодов-катализаторов и анода топливных элементов. В фокусе участников и гостей съезда оказались вопросы, связанные с нанохимией смазочных материалов, самоорганизацией нанодисперсных компонентов в олигомерных средах, с фазовым составом и особенностями технологии наносистем на основе диоксида циркония. Темой ряда докладов были физико-химическая динамика структурированных нанодисперсных систем и материалов, механомеханический синтез как метод получения нанодисперсных частиц, физико-химические и наноструктурные подходы к созданию пленочных магнитомягких нанокомпозитов. Постановка в ходе выступлений задач по исследованию различных наноструктур, а также присутствие представителей многих академических институтов позволяют сделать вывод о том, что РАН обладает необходимым нанотехнологическим потенциалом, достаточным для создания секций по проблемам нанотехнологий, а в перспективе – специализированного отделения по нанотехнологиям.

Л. Раткин, к.т.н

