

# 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

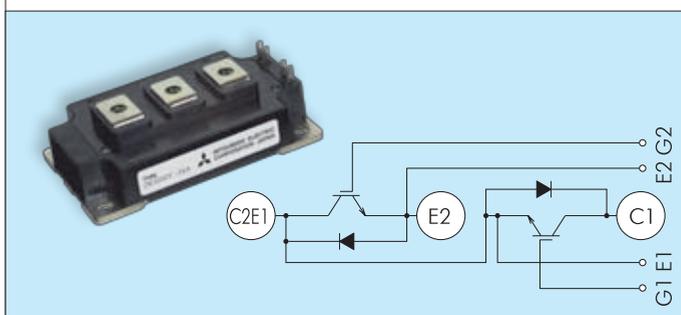


Рис.1. Модуль серии А

**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

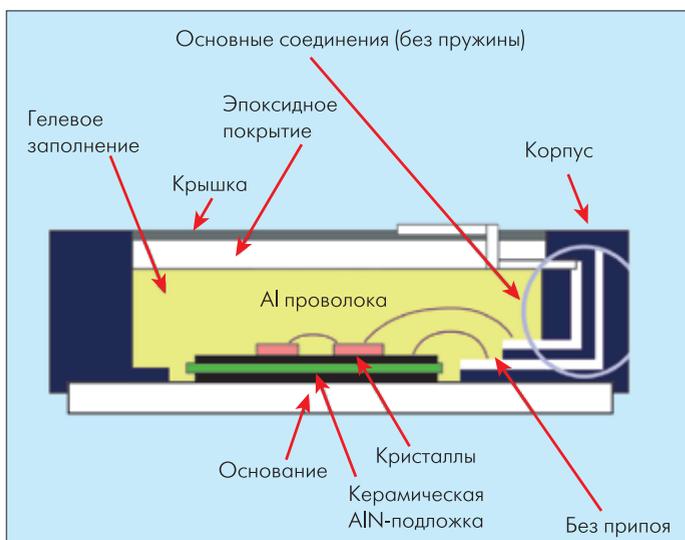
On Insulator – кремний на изоляторе). Схема управления построена по 24-В КМОП-технологии.

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.

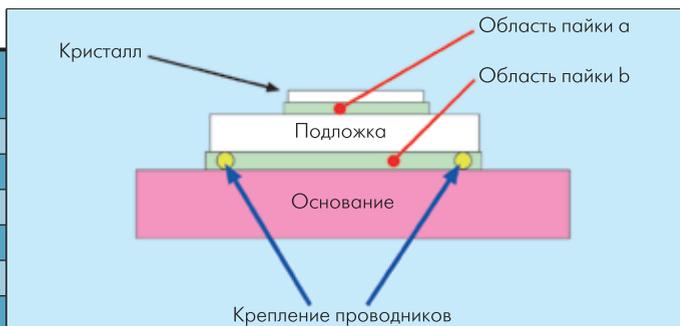
Для создания готового модуля управления электроприводом на базе M81500FP требуется минимальное число внешних пассивных компонентов: керамический бутстрепный конденсатор, шунтовой резистор типоразмера 1206 и керамический конденсатор для подключения к выводу питания. Поскольку входы M81500FP совместимы 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 мм<sup>2</sup>) 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.

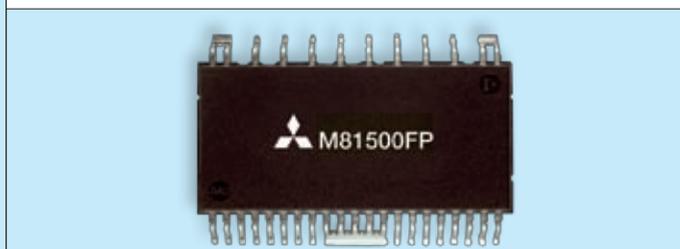
Номинальные показатели потерь новых модулей почти не отличаются от аналогичных показателей модулей других производителей. Типичное напряжение насыщения не превышает 3 В при номинальном токе коллектора и температуре перехода 125°C.

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 <sub>ces</sub> , В	I <sub>c</sub> , А	U <sub>ce(нас)</sub> , В (T <sub>j</sub> = 25°C)		C <sub>res</sub> , нФ	C <sub>oes</sub> , нФ	C <sub>res</sub> , нФ	Максимальное время переключения				U <sub>f</sub> , В		Q <sub>гг</sub> , мкКл	t <sub>гг</sub> , нс	IGBT R <sub>th(j-c)</sub> , °C/Вт	Диод R <sub>th(j-c)</sub> , °C/Вт
			Тип.	Макс.				T <sub>d(on)</sub> , нс	t <sub>r</sub> , нс	t <sub>d(off)</sub> , нс	t <sub>f</sub> , 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

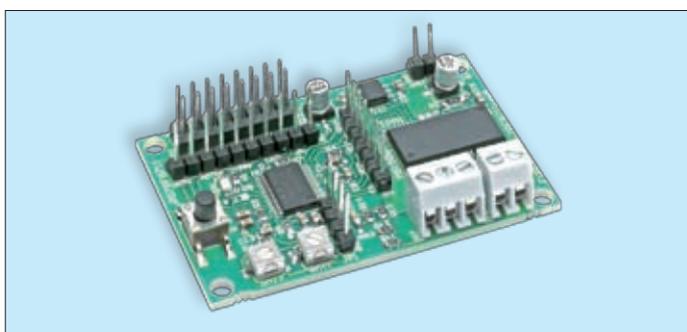


Рис.5. Макетная плата с инвертором M81500FP и микроконтроллером PD78F0712

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<sub>ce(sat)</sub> 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

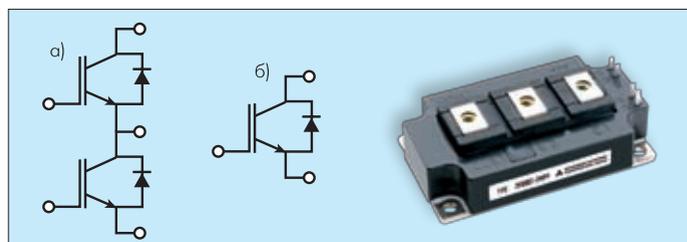
СИВ-модули (Converter, Inverter, Brake – преобразователь, инвертор, тормозной транзистор), созданные в 1994 году для управления приводами мощностью до 3,7 кВт, сегодня широ-

**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

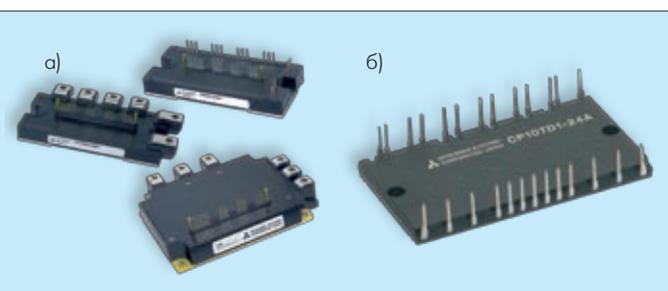
ко распространены благодаря низким показателям суммарных потерь и высокой надежности в эксплуатации. Однако рынок требует все более компактных устройств, с меньшими потерями и себестоимостью производства.

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.

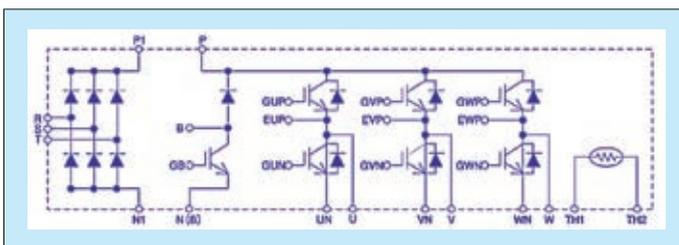


Рис.8. Схема СiВ-модулей с тормозным транзистором

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 расплавленного 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 технологической 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 магнетомягких 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

