

# ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА – 2018 г.



**ДМИТРИЙ БОДНАРЬ,**  
к.т.н., генеральный директор,  
АО «Синтез Микроэлектроника»

## МИРОВОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ РЫНОК

Ровно год назад в статье «Полупроводниковая микроэлектроника – 2017 г.» автор отмечал динамичный рост мирового рынка полупроводников в 2017 г., который превзошел все самые оптимистичные прогнозы аналитиков [1]. При темпах роста более 20% мировой рынок стремительно преодолел рубеж в 400 млрд долл., высоко подняв планку для 2018 г. Именно поэтому аналитики компании Gartner прогнозировали в 2018 г. рост мирового полупроводникового рынка всего на 4%. Но ожидаемые показатели 2018 г. опять будут выше прогнозов. Компания WSTS считает, что рост мирового рынка полупроводников в 2018 г. составит 15,9%, и объем рынка достигнет 477,936 млрд долл. в 2018 г. и 490,142 млрд долл. – в 2019 г. (см. табл. 1) [2]. Таким образом, если не случится мировой экономической кризис, то рубеж в 500 млрд долл. будет взят в 2020 г., а на преодоление планки с 400 до 500 млрд долл. потребуются всего три года. Феноменальные коммерческие результаты!

Как и в 2017 г., рост полупроводникового рынка наблюдается во всех сегментах и во всех регионах. Двухзначные темпы роста рынка мировых полупроводников значительно превышают темпы всей мировой экономики с показателями 2–4%. Как и в прошед-

*2018 г. ознаменовался ставшими уже привычными двухзначными темпами роста мировой полупроводниковой микроэлектроники, технологическими инновациями в передовом 7-м процессе, в технологии и материалах широкозонных полупроводников. Российская микроэлектроника вместе с отечественной экономикой продолжает стагнацию, которая только усиливает глубокие системные проблемы экономики и страны.*

шем 2017 г., самый большой рост в 33,2% – в сегменте микросхем памяти. Однако еще в том году аналитики прогнозировали насыщение рынка памяти в 2018 г. и его последующее снижение. Эти прогнозы начинают оправдываться со второй половины 2018 г. Рост рынка и контрактных цен оперативной памяти наблюдался девять кварталов подряд. Однако в I кв. 2018 г. начался спад спотовых цен, т. е. цен текущей мгновенной

сделки [3]. А в III кв. 2018 г. произошло 10-% снижение контрактных цен, которое продолжится и в I кв. 2019 г. Виной тому – перепроизводство ИС памяти и затоваривание складов. В 2019 г. ожидается 20-% снижение цен на микросхемы памяти. Еще одним дополнительным фактором снижения рынка и цен на запоминающие устройства является падение спроса на системы для майнинга криптовалют. Доли мирово-

Таблица 1. Мировой рынок полупроводников, 2017–2019 гг.

Регионы, продукты	Сумма, млрд долл.			Рост за год в процентах		
	2017	2018	2019*	2017	2018	2019*
Америка	88,494	105,823	107,343	35,0	19,6	1,4
Европа	38,311	43,387	44,231	17,1	13,2	1,9
Япония	36,595	40,099	41,108	13,3	9,6	2,5
Азиатско-Тихоокеанский регион	248,821	288,628	297,460	19,4	16,0	3,1
Итого в мире, млрд долл.	412,221	477,936	490,142	21,6	15,9	2,6
Дискретные п/п приборы	21,651	24,194	25,144	11,5	11,7	3,9
Оптоэлектроника	34,813	38,715	41,354	8,8	11,2	6,8
Сенсоры	12,571	13,402	14,091	16,2	6,6	5,1
Интегральные микросхемы	343,186	401,625	409,553	24,0	17,0	2,0
Аналоговые	53,070	58,803	61,039	10,9	10,8	3,8
Микропроцессоры	63,934	68,041	70,093	5,5	6,4	3,0
Логические	102,209	109,672	113,879	11,7	7,3	3,8
Память	123,974	165,110	164,543	61,5	33,2	-0,3
Итого по всем изделиям, млрд долл.	412,221	477,936	490,142	21,6	15,9	2,6

\* Прогноз.

го рынка DRAM компаний Samsung, SK Hynix, Micron равны 43,6 29,9 и 21,6%, соответственно. В 2018 г. значительно увеличился объем производства оперативной памяти. Однако все эти три компании столкнулись с серьезной проблемой. Против них был подан иск в США, а затем в Китае начато расследование обвинения в ценовом сговоре. Результатом антимонопольного расследования в Китае может оказаться крупный штраф в 8 млрд долл. Китай давно и с переменным успехом пытается освоить технологии и начать массовое производство китайских ИС памяти. С этой целью предполагалось приобретение американской компании Micron, но эту сделку заблокировало американское правительство.

Мировой рынок флэш-памяти также рос в 2018 г. В III кв. он достиг 17 млрд долл, но сопровождался снижением цен на 10–15%, как и на рынке оперативной памяти. Снижение продолжится и в I кв. 2019 г. приблизительно на 10% [4].

Снижению спроса на микросхемы DRAM и NAND также способствовали проблемы компании Intel с производством и создавшимся дефицитом микропроцессоров. Производители систем перестали покупать ИС памяти, которые оказались бесполезными без микропроцессоров.

В 2018 г. окончательно расстроилась сделка по приобретению компанией Qualcomm компании NXP, которая должна была стать самой крупной в истории мировой полупроводниковой отрасли стоимостью 44 млрд долл. [5]. Сделка стала заложником и жертвой торговой войны между США и Китаем. В качестве ответа на увеличение американцами торговых пошлин на ввозимые в США товары и на санкции в отношении китайской компании ZTE китайские регулирующие органы не одобрили эту сделку. После достигнутых договоренностей между президентами США и Китая на саммите G20 администрация Белого дома обратилась к руководству Qualcomm о продолжении переговоров по покупке. Однако Qualcomm заявила, что время для покупки ушло, и отказалась от нее. При этом Qualcomm вынуждена выплатить NXP неустойку 2 млрд долл. Чтобы успокоить своих инвесторов, компания выкупит свои акции на 30 млрд долл.

2018 г. ознаменовался резким ростом и таким же обвалом стоимости криптовалют. Спекулятивный спрос на майнинг криптовалют позволил некоторым компаниям-производителям электронных комплектующих для систем майнинга значительно увеличить продажи. Главными бенефициарами этого процесса стали производители памяти SK Hynix

(рост – 41%), Micron (41%), Samsung (26%), WD/SanDisk (21%), Toshiba (16%), а также ведущий производитель видеокарт NVIDIA (37%). Однако ажиотаж сменился снижением спроса, затовариванием складов и падением цен на все, что связано с криптовалютами. Едва ли в 2019 г. эта ситуация улучшится.

В 2018 г. производство электромобилей начало переходить в фазу массового промышленного производства. В настоящее время практически все крупные автопроизводители с разным успехом осваивают производство электромобилей. Испытывающая большие финансовые проблемы и убытки компания Tesla в III кв. достигла запланированных объемов производства и заявила о начале строительства под Шанхаем завода по производству электромобилей. Однако возможно, что в 2019 г. испытывающую большие финансовые трудности Tesla может поглотить компания Apple, у которой обозначился некоторый «кризис жанра». Apple начала испытывать трудности в результате широкомасштабного давления рынка в сегменте мобильных телефонов сначала со стороны Samsung, а затем китайской Huawei. К строительству завода в Китае на 300 тыс. электромобилей в год под Шанхаем приступил также Volkswagen. Китайские автопроизводители при поддержке государства давно работают над этими программами, а это значит, что в ближайшие годы следует ожидать значительного увеличения потребности в электронных компонентах для электромобилей.

#### РАЗВИТИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ

Развитие новых нанометровых технологий в 2018 г. ознаменовалось расхождением великолепной четверки – Samsung, TSMC, Intel, GlobalFoundries. Две первые компании ушли в отрыв в освоении массового производства по 7-нм процессу. Первой это сделала TSMC, чем привлекла заказы Apple, Qualcomm, MediaTek, Xilinx, NVIDIA и др. В настоящее время TSMC занимается усовершенствованием 7-нм технологии за счет использования литографии в жестком ультрафиолетовом диапазоне (EUV). Применение EUV позволит повысить производительность и снизить себестоимость производства по технологии 7 нм. В III кв. 2018 г. TSMC увеличила доход на 8,1% до 8,49 млрд долл. Однако наиболее примечательным по финансовому отчету III кв. TSMC является то, что доля 7-нм техпроцесса в доходе составила 11%, а в IV кв. должна достигнуть 20% [6]. Доли техпроцессов 10, 16/20 нм составили в доходе 6 и 25%, соответственно, а всех процессов с нормами 28 нм

и менее – 61% от дохода III кв. Увеличению выпуска заказов по норме 7 нм помешал компьютерный вирус в производственных системах, из-за чего TSMC выполнила только 75% заказов по этому процессу. TSMC ожидает, что в IV кв. доход составит 9,45 млрд долл. и произойдет рост производства по нормам 7 нм. Однако недавно появились сообщения, что Apple и Qualcomm уменьшают объемы заказов в IV кв. по 7-нм технологии, что может помешать реализации этих планов [7]. Поскольку ни одна из сторон комментариев не дает, все прояснится после опубликования финансового отчета TSMC за IV кв. 2018 г.

В октябре TSMC сообщила о завершении подготовки и передачи в производство первой микросхемы по норме 5 нм [8]. Начало первого пробного производства запланировано на апрель 2019 г. Как показало тестирование ядра ARM Cortex-A72, новая технология на 14,7–17,7% повышает быстродействие и в 1,8–1,86 раз снижает площадь кристалла в сравнении с техпроцессом 7 нм. Суммарная стоимость разработки и освоение производства техпроцесса 5 нм составит 200–250 млн долл. Переход к процессу 5 нм, похоже, TSMC совершит раньше, чем прогнозировалось в прошлом году. Этому способствовало решение TSMC технических и производственных проблем по 7-нм процессу и по литографии EUV, что позволило создать хороший задел для 5 нм. Бурный рост рынка микросхем памяти усилил интерес TSMC к этим изделиям. Поскольку TSMC является контрактным производителем и не располагает собственными завершенными изделиями, компания стала рассматривать покупку и поглощение тайваньских производителей памяти. Наиболее вероятным кандидатом называют компанию Nanya Technology [9]. Насколько верным окажется это решение (если оно состоится) в начале падения спроса на микросхемы памяти, покажет время.

Компания Samsung на один–два квартала отстает от TSMC в освоении процесса 7 нм. В 2017 г. из-за потери заказчиков и их перехода к TSMC компания Samsung даже заявила о планах разработки 6-нм процесса вместо технологии 7 нм. Тем не менее, в III кв. 2018 г. Samsung заявила о завершении разработки и начале производства продукции по нормам 7 нм с использованием литографии EUV [10]. В отличие от TSMC, у Samsung нет препятствий для выпуска собственной продукции по таким нормам, но вернуть заказчиков, уже выбравших TSMC, можно только более привлекательными условиями и ценами. Если TSMC не решит упомянутые проблемы с выполнением заказов,

пользу от сложившейся ситуации получит Samsung.

Борьба за новые рынки и лидерство побуждает компанию Samsung искать новые пути. Таким направлением компания видит развитие технологии искусственного интеллекта. До 2020 г. Samsung намерена вложить в это направление гигантскую сумму в 22 млрд долл. [11]. У всей корпорации Samsung Electronics III кв. 2018 г. оказался не очень впечатляющим. Несмотря на рост выручки на 5,5% до 57,4 млрд долл., продажи выросли только в подразделении полупроводникового производства, а в подразделениях связи и потребительской электроники снизились [12]. Дополнительными проблемами являются скандалы и аресты руководства Samsung. Очевидно, что, по мнению руководства компании, новое направление искусственного интеллекта позволит развивать в комплексе все подразделения корпорации. Пока что в 2018 г. рост рынка микросхем памяти и серьезные проблемы Intel позволяют Samsung удерживать первую строчку в списке мировых полупроводниковых компаний.

Samsung также анонсировала стратегический план разработки техпроцессов до 3 нм. Поэтапное освоение 6-, 5-, 4-, 3-нм технологий предусматривает использование текущей FinFET-структуры транзистора до 4 нм. Уже в 2020 г. запланировано освоение собственной новой 4-нм технологии MBCFET (multi-bridge-channel FET), которая должна заменить FinFET [13].

Бывший лидер рынка Intel продолжает испытывать не только системные проблемы, связанные с сегментацией рынка. Многолетняя неспособность Intel освоить даже производство по 10-нм техпроцессу привела к тому, что ее процессоры по этим нормам появятся на рынке только в 2019 г., а по непод-

твержденным слухам – в конце следующего года. Эти проблемы уже дали фору основному конкуренту компании AMD, запланировавшей выпуск процессоров по технологии 7 нм в 2019 г. Акции AMD начали расти и, если Intel не решит проблем освоения уже не 10, а 7-нм процесса, то конкурентную борьбу в 2019 г. проиграет.

GlobalFoundries, четвертая компания из некогда «великолепной четверки», официально заявила о сходе с дистанции технологической гонки. Ранее компания планировала в IV кв. 2018 г. начать выпуск микросхем по технологии 7 нм. Этот срок постоянно переносился, что делали также и другие компании из четверки. Однако у GlobalFoundries имеется договор о стратегическом партнерстве с AMD. Напомним, GlobalFoundries ранее выделилась в самостоятельную компанию именно с чипового подразделения AMD, и AMD рассматривалась как основной заказчик GlobalFoundries. Однако не без оснований AMD начала разрабатывать свое первое 7-нм изделие под техпроцесс TSMC. В AMD решили, что следует воспользоваться проблемами Intel и опередить ее в выводе на рынок 7-нм микропроцессоров. С учетом проблем GlobalFoundries по срокам освоения 7-нм технологии, выход на TSMC выглядит оправданным.

В конце августа GlobalFoundries официально заявила о смене своей стратегии развития. Компания прекращает разработку технологии 7 нм, а также консервирует все НИОКР по техпроцессам 5 и 3 нм [14]. Компания пока не вышла из альянса IBM Research по созданию новых поколений технологий, но очевидно, сделает это в ближайшем будущем, т. к. пока не планирует применение этих технологий. Компания сократит 5% персонала и будет вынуждена (не по своей инициативе) пересмотреть соглашение о стратегическом партнер-

стве с AMD. GlobalFoundries окончательно сошла с дистанции освоения передовых техпроцессов и отказалась от конкуренции с TSMC и Samsung. Компания решила развиваться не вглубь, а расширить возможности имеющихся процессов 14-нм и более, развивать системы на их основе. В декабре GlobalFoundries заявила о создании технологии SiGe по нормам 90-нм на пластинах диаметром 300 нм [15].

Тем не менее, на рынке появились упорные слухи, что компания ATIC из ОАЭ, которая владеет 90% акций GlobalFoundries, из-за необходимости больших инвестиций и изменения стратегии компании ищет для нее нового покупателя. Однако найти его на столь дорогие активы будет непросто. Еще ранее некоторые источники сообщили, что GlobalFoundries, намереваясь продать 300-нм фабрику в китайском городе Чэнду, обратилась с соответствующим предложением к китайцам, а также к компаниям Samsung и UMC. И хотя GlobalFoundries опровергает эти слухи, очень вероятно, что в 2019 г. эта фабрика сменит владельца.

2018 г. внес окончательное разделение в «великолепную четверку», выделив из нее две компании – TSMC и Samsung, которые продолжают гонку к субнанометровым нормам. Но если GlobalFoundries можно как минимум на ближайшие пять лет вычеркнуть из этого списка, то Intel, многолетний лидер мировой полупроводниковой отрасли, еще не сказала своего последнего слова. Эта компания способна сделать опережающий скачок в своем развитии.

Ускорение в освоении передовых нанометровых технологий сдерживает нехватка оборудования для литографии в жестком ультрафиолетовом диапазоне. Все большая потребность в таком оборудовании связана также с тем, что TSMC и Samsung планируют перевод техпроцессов 10–14 нм с иммерсионной литографии на EUV. Это позволит значительно повысить производительность и снизить себестоимость производства. Европейская компания ASML, единственный производитель EUV-систем, продолжает извлекать максимальную пользу из своего монопольного положения, прогнозируя рост годовых продаж к 2020 г. до 13 млрд евро вместо ранее планировавшихся 11 млрд евро [16]. Такие прогнозы и результаты приводят к росту стоимости акций ASML.

Китайские полупроводниковые компании последовательно и упорно продвигаются к освоению передовых технологий. Несмотря на ограничения по передаче Китаю самых современных техпроцессов, ведущий китайский производитель SMIC уже в 2019 г. нач-

Таблица 2. Применяемые материалы в изделиях микроэлектроники

Типы изделий		GaAs	Si	SiC	GaN	SiGe
СВЧ	Транзисторы	+, до 70 ГГц	+, до 6 ГГц	+, до 8 ГГц	+, до 110 ГГц	+, до 10 ГГц
	Диоды	+	+	+	+	+
	ИС	+	+	–	+	+
Силовая электроника	Транзисторы	–	+	+	+	–
	Диоды	–	+	+	+	–
	Модули	–	+	+	+	–
	Драйверы	–	+	–	+	–
СБИС	–	+	–	+	+	
Светодиоды	–	–	–	+	–	
МЭМС	–	+	–	+	–	
Солнечные элементы	+	+	–	–	–	
Радиационно-стойкие ИЭТ	+	+	+	+	+	

нет пилотное производство по 14-нм технологии FinFET. SMIC разместила у ASML заказ на поставку оборудования EUV стоимостью 120 млн долл. в 2020 г., а также начала подготовку к освоению технологии 7 нм, выделив на эти цели 2,3 млрд долларов. Еще одна компания – Huali Microelectronics – завершает монтаж оборудования на новой фабрике для 300-мм пластин. Учитывая дефицит оборудования EUV, для производства пластин по 14-нм технологии будет использоваться иммерсионная литография, а переход на EUV будет выполнен постепенно. Главная задача китайцев – запустить фабрики, т. к. рынок готов к их загрузке. Стратегической задачей китайского правительства в микроэлектронике является увеличение доли продуктов, выпускаемых для собственного потребления и экспорта. А рынок потребления полупроводников в Китае давно превышает половину мирового рынка.

Кроме кремниевых технологий в прошедшем 2018 г. дальнейшее ускоренное развитие получили технологии и изделия на основе широкозонных полупроводников и, в первую очередь, на нитриде галлия на кремниевой подложке. Более подробно эта тема освещена в [17]. GaN-Si становится не менее универсальным материалом, чем кремний для применения в самых разных типах изделий и технологий полупроводниковой микроэлектроники (см. табл. 2). Феноменальные результаты, достигнутые в изделиях силовой электроники по применению технологии GaN-Si в преобразователях, источниках питания, проводных и беспроводных зарядных устройствах, делают нитрид галлия на кремнии наиболее перспективным материалом полупроводниковой микроэлектроники на ближайшие годы.

### РОССИЙСКАЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА – 2018 г.

О мизерном рынке, гиперзависимости отечественной микроэлектроники от государственного финансирования, мировой цены на нефть написано много, в т. ч. автором настоящей статьи. В 2018 г. в лучшую сторону ничего не изменилось. Наоборот, добавилось несколько отягчающих факторов. Главным среди них стало продолжение экономического кризиса в стране, падение спроса и усиливающиеся санкции.

Опрос среди руководителей предприятий показал, что более половины опрошенных считают падение спроса основным фактором, ограничивающим рост производства в обрабатывающей промышленности, а еще более 40% такими причинами видят неопределенность экономической ситуации и высокий уровень налогообложения. Эти же причи-

ны сдерживают внедрение инноваций во всех отраслях, включая электронную промышленность. Более того, около 15% работодателей прогнозируют снижение зарплат работников уже в I кв. 2019 г. Это свидетельствует не о временном, а о глубоком системном кризисе российской экономики и государства.

Этот кризис имеет все признаки хронического и многолетнего (как минимум с 2012 г.). Проблемы усугубляются постоянно расширяющимися американскими и европейскими санкциями, которые больше всего бьют по наукоемким высокотехнологичным отраслям, к которым относится электронная промышленность. И дело даже не в обладании современными нанометровыми техпроцессами, на которые 10 лет назад нацелились правительство и частный бизнес («Микрон» и «Ангстрем»). С определенными издержками и задержками, но новые технологии и производства у этих компаний появились. Однако системное развитие от разового скачка отличается тем, что оно требует соединения воедино трех признаков: современных технологий, рынков сбыта и инноваций. Это составляющие трезубца развития, которые работают только вместе. Если убрать хотя бы одно звено, то положительный результат не будет достигнут. Наиболее важным в этой тройке являются рынки сбыта. Именно рост рынков сбыта стимулирует создание новых технологий и инноваций, что наглядно демонстрирует мировая полупроводниковая микроэлектроника. Однако это звено является самым проблемным в отечественной электронной промышленности. Российская микроэлектроника с мизерными объемами рынка в 2–2,5 млрд долл. и долей 0,5–0,7% от мировой отрасли не имеет шансов хорошего развития, даже если у нее сегодня появится технология 7 и даже 5 нм. Неспособность нашего правительства создать не просто стратегический план развития отрасли, а трезубец развития, полностью лишает нас шансов и перспектив. Не зря же разработкой этого плана развития отечественной микроэлектроники начал заниматься не Минпромторг Правительства РФ, а общественная организация Ассоциация разработчиков и производителей электроники (АРПЭ) и энтузиаст Иван Покровский [18]. Последние 20 лет государство ничего не делает в формировании и развитии рынков сбыта микроэлектроники, ограничиваясь задачей денег предприятиям под видом неэффективных целевых программ. При этом отрасль все больше милитаризируется. Военная тематика с подавляющим преимуществом продолжает доминировать в продукции отечественных пред-

приятий микроэлектроники, не оставляя никаких шансов на появление конкурентной гражданской продукции. При этом руководство страны декларирует лозунги об очередной конверсии и увеличении доли гражданской продукции за счет снижения доли военной продукции. Однако никаких механизмов реализации этих предложений и даже простых «дорожных карт» не предлагается. Все понимают, что ничего не будет исполнено и никто не понесет ответственность.

В 2018 г. продолжилось фактическое огосударствление отрасли. Ранее автор прогнозировал постепенный переход «Микрона» под государственный контроль. Именно так и следует воспринимать еще не заверченный формально процесс создания совместного производства «Микрона» и «Ростеха». И хотя он еще юридически не завершен, нет сомнений, что «Микрон» переходит под контроль государства. А если к этому добавить, что в ноябре частный «Микрон» официально купил (или к нему присоединили) частное предприятие «Светлану» из Санкт-Петербурга [19], испытывающее большие экономические проблемы, то складывается вся картина. Такие проблемные активы по своей воле покупают только в двух случаях – при наличии хорошего потенциала и перспективной продукции у проблемного предприятия, требующих новых управленческих решений и инвестиций, или для последующего банкротства, использования недвижимости и земли в коммерческих целях.

Но первый случай – не для этой истории. Вся продукция «Светланы» давно устарела, а передача части изделий «Микрона» для производства на «Светлану» сомнительна из-за недозагруженности самого «Микрона» и отсутствия перспектив резко увеличить загрузку в условиях кризиса нашей экономики. Кроме того, освоение продукции на другом предприятии требует больших капитальных и финансовых затрат, осложненных давно устаревшими технологиями и производствами «Светланы». Перепрофилировать и полностью закрыть «Светлану» не позволит государство, хотя формально речь идет о сделке между двумя частными компаниями. Вероятнее всего, это было вынужденное и инициированное сверху решение, от которого покупатель не смог отказаться. «Светлану», разделенную на несколько предприятий, давно раздирали противоречия между акционерами, у которых разные интересы. Если судить по информационным источникам, то более половины доходов «Светланы» формируется за счет аренды недвижимости. Многих акционеров не интересует производство

электронной продукции – наибольший интерес для них представляют земля и недвижимость в хорошем районе Санкт-Петербурга. В то же время весомую альтернативу для электронного производства отечественный сжимающийся рынок, Министерство обороны и правительство предложить не могут. Таким образом, в Минпромторге решили передать в «Микрон» то, что осталось от некогда четвертого по статусу предприятия полупроводниковой промышленности СССР. «Светлана» повторяет историю распада некогда крупнейшего и первого–второго по статусу (в зависимости от того, кто оценивает) в электронике СССР воронежского НПО «Электроника». Поскольку правительство РФ не занимается формированием рынка микроэлектроники в стране, это не последняя подобная история. Следом придет черед группы компаний «Ангстрем», у которой не меньше проблем, а весь список предприятий–кандидатов может оказаться довольно длинным.

В текущем году в российской полупроводниковой отрасли активизировалась деятельность по созданию технологической линии для проектных норм 28 нм. У автора двойное отношение к этой деятельности. С одной стороны, появление новой технологии и дополнительных возможностей можно только приветствовать. Ее освоение не сократит тот разрыв в зарубежных и отечественных технологических возможностях, который увеличился после запуска линии 180 нм на «Микроне». За это время зарубежная микроэлектроника продвинулась намного дальше, чем отечественная. Наличие процесса 28 нм позволит нам хотя бы не увеличить этот разрыв. Однако новые технологии являются только средством достижения определенных целей. А с этими целями у нас проблемы.

Чего мы хотим достигнуть любой ценой – изготовить несколько тысяч микросхем для Министерства обороны, не считаясь с затратами и используя новую технологию всего на несколько процентов? При таком подходе мы никогда не достигнем технического и ценового конкурентного уровня даже не самых передовых зарубежных компаний. Лозунг «Мы за ценой не постоим» уже многократно и очень дорого обходился нашей стране. Эту тему автор подробно рассматривал в [20].

Оценивая российскую микроэлектронику в 2018 г., мы сознательно не стали оперировать цифрами и показателями. Как и вся отечественная экономика, полупроводниковая отрасль страны испытывает глубокие системные трудности, без преодоления которых нельзя рассчитывать на динамичное развитие.

Мы обратили внимание только на некоторые из них. К сожалению, особых достижений у отрасли в 2018 г. нет, а проблемы только усиливаются.

#### ЧТО ГОД ГРЯДУЩИЙ НАМ ГОТОВИТ?

В российской экономике и микроэлектронике не произойдут какие-либо положительные значимые события, а продолжится кризис, сопровождаемый новыми санкциями, ускоренной инфляцией и непредсказуемостью.

В 2019 г., как следует из прогноза WSTS, продолжится рост мировой полупроводниковой микроэлектроники. Однако темпы ее роста уже не будут измеряться двухзначными цифрами, а составят всего 2,6%. Уменьшится объем рынка и цены на ИС памяти. Этот процесс уже начался во втором полугодии 2018 г.

В технологическом развитии увеличится отрыв Samsung и TSMC от остальных компаний. Между этими двумя компаниями будет ожесточенная борьба за заказчиков. Samsung и в 2019 г. сохранит за собой место мирового лидера по объемам продаж на рынке полупроводников. Снижение объемов продаж микросхем памяти лишит Samsung ее основного инструмента, с помощью которого она добилась этого лидерства.

Мы увидим дальнейшее развитие и рост рынка продукции интернета вещей и носимой электроники. Следует ожидать качественного скачка в продукции и технологии кремниевой фотоники, потенциал которой еще полностью не проявился. Технологии и системы искусственного интеллекта ближе к 2020 г. заявят о себе довольно громко. Получит бурное развитие рынок электромобилей и электронных комплектов к ним, в т. ч. на базе новых материалов GaN, SiC. Однако рост этого рынка, усложненный развивающимися технологиями сланцевой добычи нефти, грозит серьезными проблемами нефтедобывающим странам и России из-за постепенного падения спроса на нефть для автотранспорта. Это не короткий, а долготелый процесс, который не смогут остановить даже соглашения стран ОПЕК+. Россия будет не в состоянии подготовиться к такому развитию событий и повлиять на этот процесс.

Самыми быстрыми двухзначными темпами будет расти рынок новых изделий силовой электроники по технологии GaN-на-кремнии. Однако этому положительному сценарию развития мировой полупроводниковой микроэлектроники и всей мировой экономики может помешать «мина замедленного действия», заложенная в 2018 г. Этой миной является не противостояние и «холодная война» между Россией и условным Западом, а возможная эскалация торговой

войны между США и Китаем. Ее начало может втянуть всю мировую экономику в затяжной кризис, гораздо более тяжелый, чем в 2008 г., из которого будет трудно выбраться. Достоверно спрогнозировать такой сценарий едва ли кто осмелится. Остается надеяться на благоразумие руководителей этих стран – не стоит мир делать заложником их амбиций, т. к. пострадают все.

#### ВЫВОДЫ

1. Бурный рост мировой полупроводниковой микроэлектроники в 2018 г. двухзначными темпами, значительно превышающими рост мировой экономики, продолжил этап непрерывного шестилетнего подъема.
2. В развитии передовых нанометровых техпроцессов микроэлектроники окончательно сформировался дуэт компаний Samsung и TSMC, конкуренция между которыми за заказчиков продолжится в 2019 г.
3. Разработка новых техпроцессов с нормами до 3 нм проходит быстрее, чем ожидалось в 2017 г.
4. Китайская микроэлектроника последовательно продвигается к освоению самых передовых технологий 7–14 нм и обеспечению их производственной загрузки.
5. Технологии и приборы на основе широкозонных полупроводников и, в первую очередь, GaN-на-кремнии, становятся универсальным материалом для микроэлектроники.
6. Российская микроэлектроника, как и вся отечественная экономика, испытывает глубокие системные трудности, выход из которых не просматривается.
7. Сценарии и прогноз развития мировой микроэлектроники в 2019 г. положительные.
8. Главной угрозой кризиса мировой экономики и микроэлектроники в 2019 г. является возможная эскалация торговой войны между США и Китаем. ◻

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитрий Боднар. Полупроводниковая микроэлектроника – 2017 г. Электронные компоненты. 2017. № 11.
2. WSTS Semiconductor Market Forecast Autumn 2018. November 27. 2018//www.wsts.org.
3. DRAM, NAND Flash Price//www.dramexchange.com.
4. Contract Prices of NAND Flash Products to Drop Further in 1H19. December 17. 2018//www.dramexchange.com.
5. Qualcomm sees no prospect for NXP acquisition. Reuters. December 3. 2018//www.reuters.com.
6. TSMC Reports Third Quarter EPS of NT\$3.44. October 18. 2018//www.tsmc.com.

9. Apple, Qualcomm Reduce TSMC 7 nm Node Orders – Report. DigiTimes. December 6, 2018//www.digitimes.com.

10. 5 nm Technology//www.tsmc.com.

11. TSMC может прикупить какого-нибудь производителя чипов памяти. Время электроники. 14 сентября 2018//www.russianelectronics.ru.

12. Samsung Electronics Starts Production of EUV-based 7 nm LPP Process. October 18. 2018//www.samsung.com.

13. Samsung to invest \$22 bln in AI by 2020. November 7. 2018//www.reuters.com.

12. Samsung Electronics Announces Third Quarter 2018 Results. October 31. 2018//news.samsung.com.

13. Evolution of Advanced Foundry Technology to Push Boundaries for the Industrial Revolution 4.0. December 4. 2018//news.samsung.com.

14. GlobalFoundries Reshapes Technology Portfolio to Intensify Focus on Growing Demand for Differentiated Offerings. August 27. 2018//www.globalfoundries.com.

15. For GlobalFoundries Announces Industry's First 300mm SiGe Foundry Technology to Meet Growing Data Center and High-Speed Wireless Demands. November 29. 2018//www.globalfoundries.com.

16. ASML Provides Strategy and Financial Update at Investor Day in Veldhoven – Growth Opportunity Continues. November 8. 2018//www.asml.com.

17. Дмитрий Боднарь. Нитрид галлия – премьер среди новых материалов полупроводниковой микроэлектроники. Компоненты и технологии. 2018. № 4.

18. Электронщики предлагают государству нарастить объем отрасли до \$100 млрд в год без дофинансирования//www.cnews.ru.

19. «Микрон» консолидирует производство микроэлектроники: в состав группы вошел завод «Светлана – полупроводники». 15 ноября 2018//www.mikron.ru.

20. Дмитрий Боднарь. Погоня российской микроэлектроники за нанометрами в отсутствие рынков сбыта. Электронные компоненты. 2017. № 1.