

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БАЗА МИРОВОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

М.Макушин mmackushin@gmail.com

В связи с мрачными предсказаниями о замедлении развития полупроводниковой промышленности и скором прекращении действия закона Мура все важнее становятся решения проблем производственной базы отрасли. Непрерывный рост издержек на разработку новых технологических процессов и сооружение современных заводов по обработке пластин приводит к тому, что многие традиционные производители интегральных микросхем (ИМС), не выдержав груза затрат, либо уходят с рынка, либо превращаются в чистых разработчиков (fabless), не производящих разработанные схемы. В промышленности увеличивается роль контрактного производителя (foundry), выпускающего в соответствии с контрактом ИМС по спецификации заказчика с предоставлением ему широкого спектра услуг по использованию инструментальных средств компаний-союзников для проектирования микросхемы. Контрактные производители могут разрабатывать новейшие технологические процессы, но собственные конструкции ИМС, как правило, не разрабатывают. Рост затрат на новые технологии и производство сдерживает темпы развития промышленности. А это требует разработки специальных методик и мероприятий для преодоления этой тенденции [1]. Как отметил председатель компании Microchip Technology Стив Санги, бизнес-модель полупроводниковой промышленности приходит в негодность. Промышленности необходимо ее менять: деньги надо делать сегодня, завтра будет поздно. Так что же сегодня происходит в полупроводниковой промышленности?

Сегодня в связи с отказом традиционных вертикально организованных производителей ИМС полного цикла (IDM) от производства собственных изделий развивается практика перехода на промежуточную фазу производства – fab-lite, или фазу "легких активов". В этой фазе компания на собственных мощностях продолжает производство

только новейших ИС (с высокой добавленной стоимостью) по наиболее передовым процессам, а производство ИС со средним и меньшим уровнем добавленной стоимости передает контрактному производителю (foundry) в рамках модели fabless-foundry [2].

Тенденция к сокращению капиталовложений в новые полупроводниковые заводы

и модернизацию технологических процессов привела к росту средних продажных цен (СПЦ) ИМС. Пример – схемы ДОЗУ, производство которых достигло максимальной концентрации: после поглощения в июле 2013 года корпорацией Micron Technology (США) компании Elpida (Япония) в мире осталось только три крупных производителя ДОЗУ: Samsung, SK Hynix (Южная Корея) и Micron Technology. Сейчас в этом секторе наблюдается стабилизация капиталовложений. В результате в 2013 году СПЦ ДОЗУ увеличилась на 40%, тогда как объем их продаж, по оценкам аналитической компании Gartner, вырос на 28%. Компании с меньшим объемом производства схем памяти, или производители второго уровня (такие как Nanya, Powerchip и Winbond), для выживания вынуждены уходить в нишевые секторы рынка [1].

Затратный переход к меньшим топологическим нормам вынуждает производителей рассматривать возможности использования методик 2,5- и 3D-интеграции, позволяющих использовать наборы микросхем, выполненных по более зрелым технологиям, и при этом добиваться не худших результатов, чем для однокристалльных схем с меньшими размерами элементов [3]. В результате производительность 3D-схем значительно улучшается, а потребляемая ими энергия уменьшается до уровня современных микросхем.

ОБЩАЯ СИТУАЦИЯ

По мере того как действие закона Мура близится к окончанию в связи с физическими ограничениями полупроводниковой технологии, возникают новые, не встречавшиеся ранее на протяжении 40 лет проблемы. Закон Мура обусловил взаимосвязь научно-технического прогресса и роста затрат при производстве приборов по новейшим технологическим процессам. Масштабирование микросхем позволяет изготавливать все более эффективные, быстродействующие и малоразмерные приборы. Однако при этом существенно растут издержки производства, связанные как с созданием новейшего производственного оборудования для изготовления новых приборов, так и с разработкой базовых технологических процессов (рис.1).

Постоянный рост ассигнований на сохранение лидирующих позиций в области полупроводникового производства вынуждает изготовителей полупроводниковых приборов планировать увеличение затрат на оборудование на 15% при переходе к каждому новому "узлу" (минимально

достижимому размеру топологических элементов для данной технологии) технологического процесса. Но такое увеличение под силу далеко не всем компаниям, и fabless-компании постоянно пополняются за счет IDM.

Специалисты компании Gartner утверждают, что затраты на производственное оборудование, необходимое для изготовления современных полупроводниковых приборов, увеличиваются на 7–10% в год в зависимости от основного (базового) процесса. К 2016 году минимальный объем капиталовложений, необходимых для строительства нового завода по обработке пластин и изготовлению логических приборов, составит 8–10 млрд. долл., схем ДОЗУ – 3,5–4,5 млрд. долл., флеш-памяти NAND-типа – 6–7 млрд. долл. К 2020 году существующие темпы роста затрат приведут к тому, что стоимость нового завода по обработке пластин будет в среднем составлять от 15 млрд. до 20 млрд. долл. Gartner также предсказывает, что при современном уровне капиталовложений в последующие несколько лет строительство новейших заводов по обработке пластин смогут позволить себе не более четырех-восьми компаний [4].

Тем не менее рынок оборудования для производства изделий микроэлектроники до 2013 года должен был расти, несмотря на сокращение (на 3,5%) капиталовложений в технологическое

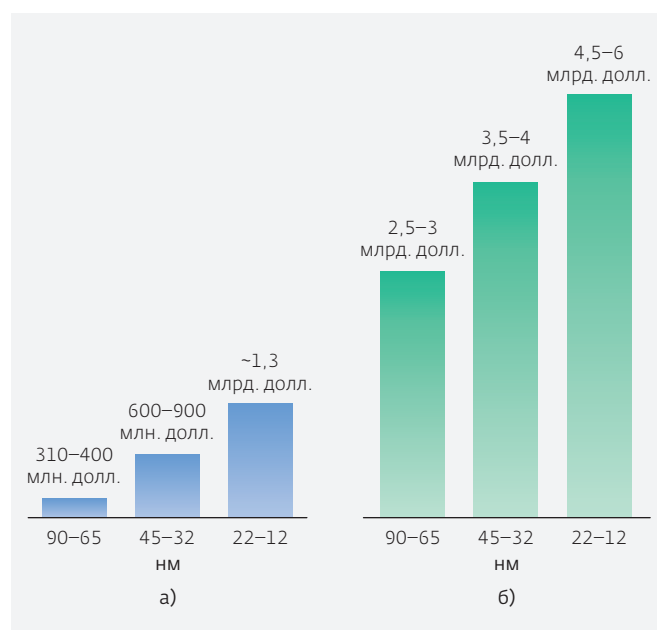


Рис.1. Рост затрат по мере масштабирования технологий на НИОКР (а) и на строительство новых заводов (б)

полупроводниковое оборудование (табл.1), так как основные изготовители из-за относительной вялости рынка опасались расширять производство. Однако в ближайшие годы (за исключением 2016) ожидается, что рост капиталовложений возобновится. Их наименьший спад произошел в производстве логических приборов в 2013 году: -2% по сравнению со спадом капиталовложений на производство ИМС в целом. Это вызвано агрессивными инвестициями нескольких крупнейших изготовителей ИМС, ускоренно разворачивавших производство изделий с топологическими нормами менее 30 нм. В то же время капиталовложения изготовителей ДОЗУ снизились до уровня, требуемого лишь для технического обслуживания производственного оборудования. Затраты изготовителей схем флеш-памяти NAND-типа в оборудование будут незначительно сокращаться до тех пор, пока на рынке не восстановится баланс между спросом и предложением. Единственные производители, которые в 2013 году увеличили ассигнования на производственное полупроводниковое оборудование, – это контрактные компании, в то время как IDM и поставщики услуг сборки и тестирования (SATS) их сократили [5].

Согласно данным исследовательской корпорации IC Insights, продажи контрактных производителей ИМС в 2013 году достигли 42,8 млрд. долл., что на 14% выше результата 2012, при этом на долю 13 ведущих контрактных производителей

пришелся 91% всех продаж контрактных изделий (табл.2). Европейские компании – X-Fab Silicon Foundries и LFoundry – в 2013 году не вошли в список 13 ведущих контрактных производителей.

Предполагается, что в 2014 году контрактный рынок увеличится еще на 14% при росте рынка ИМС на 7%. Ожидается, что за 2013–2018 годы совокупные среднегодовые темпы роста (CAGR) продаж контрактных производителей составят 12% (при 6% для рынка ИМС в целом) [6].

Собственно рынок продаж контрактных производителей образуют сектор "чистых" контрактных фирм и сектор IDM-компаний, оказывающих услуги контрактного производства на своих мощностях. К таким компаниям IC Insights относит Samsung, IBM, Powerchip, Fujitsu, а также Intel. В 2013 году продажи контрактных производителей увеличились на 16% (до 36,2 млрд. долл.), а продажи изделий IDM-компаний, выпускаемых по контрактам, – на 2% (до 6,6 млрд. долл.). Предполагается, что в 2014 году доля IDM в объеме продаж изделий, производимых по контрактам, увеличится на 3% (до 6,8 млрд. долл.).

Бесспорный лидер среди контрактных производителей – компания Taiwan Semiconductor Manufacturing Co. (TSMC), не только контролировавшая в 2013 году почти половину контрактного рынка (46,3%), но и увеличившая отрыв от занимающих второе и третье места GlobalFoundries и United Microelectronics Corp. (UMC). По объему продаж она возглавляет группу из пяти контрактных

Таблица 1. Прогноз ассигнований на полупроводниковое оборудование (2012–2017 годы)

Вид оборудования	Затраты, млрд. долл. (прирост по отношению к предыдущему году, %)					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Капиталовложения, всего	58,743 (-11,9)	56,705 (-3,5)	64,746 (14,2)	71,306 (10,1)	68,790 (-3,5)	72,399 (5,2)
Капитальное	37,833 (-16,1)	35,762 (-5,5)	42,591 (19,1)	47,489 (11,5)	44,712 (-5,8)	48,580 (8,7)
По производству на уровне пластины	31,446 (-17,8)	29,901 (-4,9)	35,293 (18,0)	40,400 (14,5)	38,868 (-3,8)	42,179 (8,5)
Для заводов по обработке пластин	29,644 (-18,5)	27,957 (-5,7)	32,832 (17,4)	37,750 (15,0)	36,344 (-3,7)	39,215 (7,9)
Сборки и корпусирования						
на уровне пластины	1,802 (-3,1)	1,943 (7,9)	2,462 (26,7)	2,650 (7,6)	2,523 (-4,8)	2,963 (17,5)
на уровне кристалла	3,867 (-10,5)	3,504 (-9,4)	4,259 (21,6)	3,923 (-7,9)	3,232 (-17,6)	3,548 (99,8)
Автоматического тестирования	2,520 (0,4)	2,357 (-6,5)	3,039 (28,9)	3,166 (4,2)	2,612 (-17,5)	2,853 (9,2)
Прочие отчисления	20,910 (-3,1)	20,943 (0,2)	22,143 (5,7)	23,815 (7,6)	24,401 (2,5)	24,067 (-1,4)

компаний Тайваня, доходы которых в 2013 году превысили 26 млрд. долл. При этом по отношению к TSMC компании группы, занимающие в рейтинге шестое и седьмое место, являются поставщиками второго уровня.

Интерес здесь представляет компания Powerchip Semiconductor (с 2010 года Powerchip Technology Corp., PTC), "перескочившая" в 2013 году в списке крупнейших контрактных производителей мира с восьмого на шестое место, обогнав такие компании, как Tower Semiconductor и Dongbu Hitek.

До 2011 года компания Powerchip была одним из тайваньских поставщиков ДОЗУ второго уровня, конкурирующих с Samsung и SK Hynix. С 2011 года, когда она прекратила продавать ДОЗУ под собственным товарным знаком, передав по контракту их выпуск японской корпорации Elpida, компания

медленно, но уверенно преобразовывалась в крупного контрактного производителя ИМС различного назначения, в том числе драйверов ЖКД, КМОП-формирователей сигнала изображения, флеш-памяти и схем управления режимом электропитания. После банкротства Elpida и поглощения ее корпорацией Micron Technology Powerchip полностью перешла на модель "чистого" контрактного производителя. Результат этого перехода – 88%-ный рост ее доходов в 2013 году. В 2014 такой рост вряд ли повторится. Благодаря переходу только к контрактному производству Powerchip за счет роста доходов получила возможность обновить производственное оборудование и приблизиться к освоению новейших технологических процессов.

Крупнейшая IDM-компания, предоставляющая контрактные услуги, – по-прежнему Samsung.

Таблица 2. Рейтинг контрактных производителей по состоянию на 2013 год

Место		Компания (страна)	Объем продаж, млрд. долл.			Прирост по отношению к предыдущему году, %	
2012	2013		2011	2012	2013	2012	2013
1	1	TSMC (Тайвань)	14,299	16,951	19,850	19	17
2	2	GlobalFoundries (США)	3,195	4,013	4,261	26	6
3	3	UMC (Тайвань)	3,760	3,730	3,959	-1	6
4	4	Samsung* (Южная Корея)	2,192	3,439	3,950	57	15
5	5	SMIC** (КНР)	1,320	1,542	1,973	17	28
8	6	Power Technology Corp. (Тайвань)	0,374	0,625	1,175	67	88
9	7	Vanguard (Тайвань)	0,520	0,582	0,713	32	23
6	8	Huahong Grace*** (КНР)	0,619	0,677	0,710	9	5
10	9	Dongbu (Южная Корея)	0,500	0,540	0,570	8	6
7	10	TowerJazz (Израиль)	0,611	0,639	0,509	5	-20
11	11	IBM* (США)	0,420	0,433	0,485	3	12
12	12	MagnaChip (Южная Корея)	0,350	0,400	0,411	14	3
13	13	WIN (Тайвань)	0,304	0,381	0,354	25	-7
Объем продаж 13 ведущих компаний			28,464	33,951	38,920	19	15
Мировой объем продаж контрактных производителей			31,910	37,620	42,840	18	14
Доля ведущих компаний в мировом объеме продаж, %			89	90	91	–	–

* IDM-компания, оказывающая контрактные услуги.

** За 2012–2013 годы не учтены продажи находящейся под управлением SMIC компании Wuhan Xinxin Semiconductor Manufacturing Corp. (ныне XMC).

*** Образована в 2012 году в результате слияния компаний Hua Hong Semiconductor Ltd. и Grace Semiconductor Manufacturing Corp. В объеме продаж не учтены продажи Shanghai Huali Microelectronics Corp., держателями акций которой являются и Hua Hong, и Grace.

По оценкам IC Insights, в 2014 году она может нарастить продажи контрактных услуг до 5,4 млрд. долл. Успех Samsung во многом обусловлен производством прикладных процессоров для смартфонов и планшетных ПК компании Apple. При этом из-за постоянных патентных и других судебных тяжб с Samsung компания Apple намерена передать заказы на производство этих приборов "чистым" контрактным производителям – TSMC, GlobalFoundries или UMC. В свою очередь, Samsung, чтобы не терять темпов роста контрактного производства, укрепляет сотрудничество с корпорацией Google. Активную борьбу за заказы от Apple уже не первый год ведет GlobalFoundries. Осуществив значительные вложения в новейшие производственные мощности, она нуждается в возврате вложенных средств. Если под натиском перспективной продукции TSMC, Samsung и Intel ей не удастся получить заказы Apple, возникнет риск уступить второе место в списке ведущих контрактных производителей компании UMC [7].

Вторым по темпам роста продаж в 2013 году стал крупнейший контрактный производитель КНР – компания Semiconductor Manufacturing International Corp. (SMIC). К тому же ей удалось добиться значительного технологического успеха и войти в число компаний, способных производить ИМС по 28-нм процессу как с поликремниевым затвором и диэлектриком SiON (технология PolySiON, PS), так и с металлическим затвором и диэлектриком с высоким значением диэлектрической проницаемости (HKMG). Этим SMIC не только подтвердила звание самого передового контрактного производителя в КНР, но и на шаг приблизилась к ведущим мировым производителям. В январе 2014 года SMIC объявила об успешном освоении услуг по производству на одной пластине опытных ИМС, созданных по тому или иному 28-нм процессу разными заказчиками или группами специалистов (Multi Project Wafer services, MPW-услуги). Возможность при этом совместно применять различные фотомаски позволяет удешевить выпуск малых серий небольших устройств, разделив затраты между десятками заказчиков. При MPW-изготовлении ИМС использовались более ста сложно функциональных (СФ) блоков независимых разработчиков, а также СФ-блоки, созданные разработчиками SMIC. Считается, что наибольший интерес к 28-нм MPW-услугам SMIC будут проявлять быстро развивающиеся китайские проектировщики ИМС – как компании, не располагающие собственным производством ИМС, так и конструкторские бюро. Первые 28-нм MPW-проекты

SMIC были начаты в конце 2013 года и полученные в их рамках опытные ИМС уже переданы для верификации. В 2014 году планируется расширять MPW-услуги за счет увеличения числа проектов и числа выполняемых в соответствии с потребностями заказчика новых, диверсифицированных технологических решений [8]. По данным исследовательской компании IHS Technology, совокупные среднегодовые темпы роста прибыли контрактных производителей, освоивших производство 28-нм ИМС для мобильных средств вычислительной техники и потребительской электроники, за период с 2012 по 2017 годы составят 19,4%.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДО 2021 ГОДА

В очередном долгосрочном прогнозе развития полупроводниковой промышленности корпорации IC Insights отмечается, что вследствие роста сложности ИМС и увеличения производства схем с высокой добавленной стоимостью средняя продажная цена ИМС в 2011–2021 годы будет расти. В результате при некотором замедлении роста объема отгрузок схем в натуральном выражении совокупные среднегодовые темпы роста продаж в стоимостном выражении увеличатся (табл.3).

Рост темпов роста продаж связан со следующими факторами:

- сокращением ввода в строй по мере масштабирования технологии новых заводов по обработке пластин и, соответственно, снижением объемов избыточного инвестирования;
- сосредоточением значительной части новых производственных мощностей у контрактных производителей, а также у вертикально-интегрированных изготовителей, оказывающих услуги контрактного производства, что также ведет к меньшему избыточному вложению капитала в эти мощности;
- сокращением изготовителями ИМС капиталовложений в основные средства (с 21% от доходов от продаж в 2011 году до 19% к концу текущего десятилетия) вследствие концентрации производства. В результате на совершенствование технологических процессов и увеличение выхода годных выделяется больше средств;
- задержкой перехода на обработку пластин диаметром 450 мм, что сопровождается снижением издержек на производство схем благодаря совершенствованию технологических процессов и увеличению выхода годных на линиях по обработке пластин диаметром 300 мм и меньше [9].

Таблица 3. Темпы роста рынка ИМС за 1996, 2011 и 2021 годы

Год	Отгрузки, млрд. шт.	Объем продаж, млрд. долл.	СПЦ, долл.
1996	49,4	122,8	2,49
2011	192,7	264,0	1,37
2021 (прогноз)	380,0	573,8	1,51
CAGR, %			
1996–2011	9,5	5,2	-4,0
2011–2021 (прогноз)	7,0	8,0	1,0

СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БАЗЫ

Согласно прогнозу состояния мирового полупроводникового производства Международной ассоциации производителей полупроводникового оборудования и материалов (SEMI), число заводов по изготовлению ИМС на пластинах различного диаметра сократится с 464 в 2012 году до 441 в 2017 (рис.2) [10]. Прежде всего, это связано с закрытием устаревших заводов по обработке пластин диаметром 200 мм и менее, а также некоторых первых заводов по обработке 300-мм пластин. При этом доля микросхем, выпущенных на 300-мм пластинах, будет по-прежнему расти. Так, если в первом квартале 2009 года в пересчете на эквивалент

200-мм пластин из всех поступивших на обработку пластин за неделю 50,1% представляли собой 300-мм пластины, то в четвертом квартале 2011 года доля 300-мм пластин уже составляла 68,2% (рис.3). Доля обрабатываемых 200-мм пластин за этот же период сократилась с 37,8 до 24,5%, а пластин диаметром менее 200 мм – с 12,1 до 7,3% [11].

По данным SEMI, отчисления на ввод в строй заводов по обработке пластин (всех размеров) на начальных этапах производства (FEOL), включая формирование транзисторных структур, в 2012 году с учетом затрат на их сооружение и стоимость оборудования, составляли 59–60 млрд. долл., что примерно соответствует уровню 2011 года. В 2013 отчисления

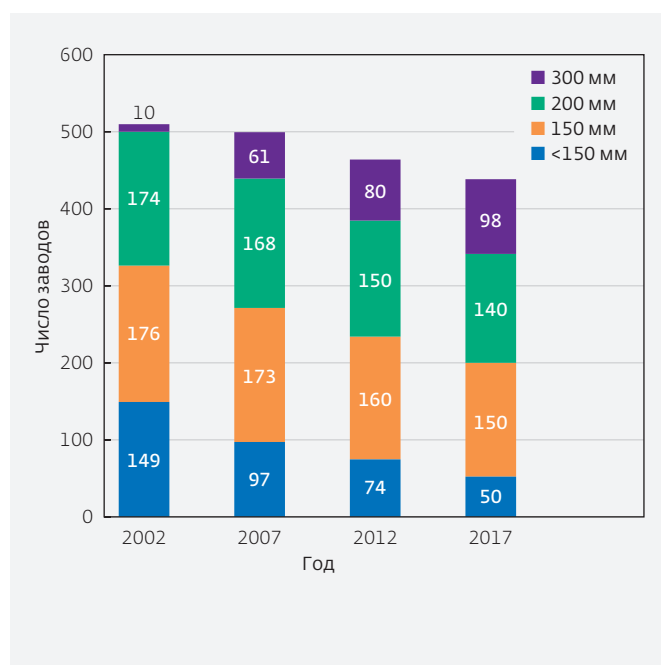


Рис.2. Динамика изменения числа заводов по обработке пластин

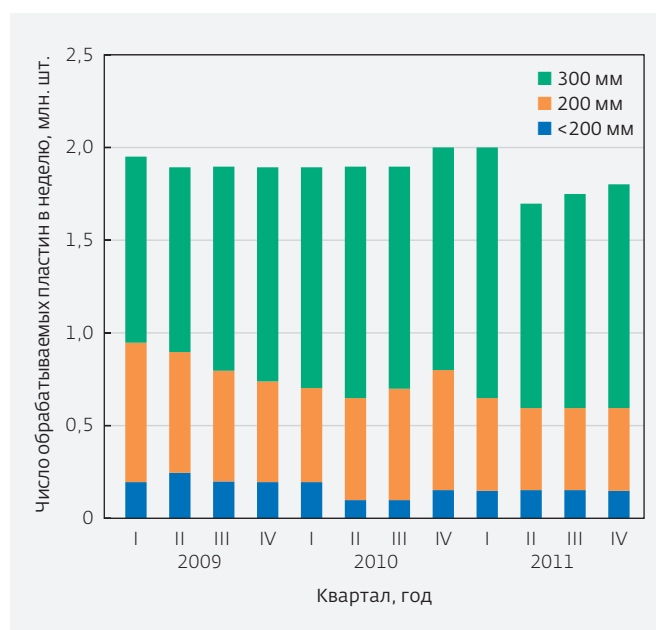


Рис.3. Производственные мощности по изготовлению МОП-приборов на пластинах разного диаметра в эквиваленте 200-мм пластин.

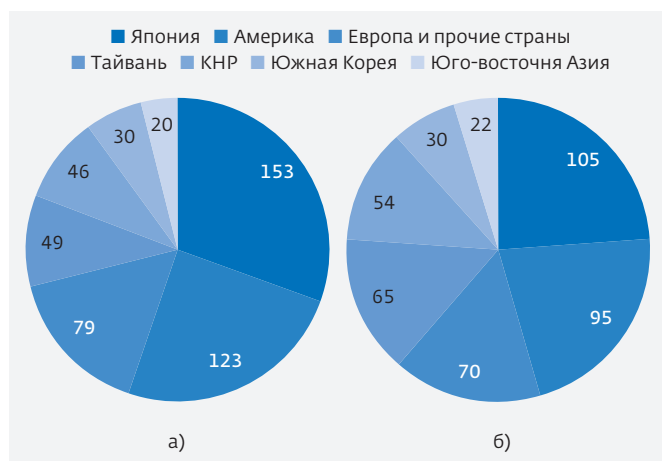


Рис. 4. Число контрактных производителей в 2007 (а) и 2017 году (б)

на подобные цели должны были увеличиться до 61–63 млрд. долл. (рост – 2–5%). Общие отчисления на оборудование заводов по обработке пластин, включая заводы, выпускающие дискретные

Таблица 4. Географическая структура установленных мощностей по обработке пластин (в эквиваленте структур диаметром 200 мм) (по состоянию на 2011 год)

Страна/регион	Объем производства установленных в стране/регионе мощностей, млн. пластин/месяц	Доля от объема производства всего парка, %
Америка (оба континента)	1,995	14,7
Европа	1,109	8,1
Япония	2,683	19,7
Южная Корея	2,293	16,8
Тайвань	2,858	21,0
КНР	1,209	8,9
Прочие страны	1,469	10,8
Всего	11,618	

Примечание. Производство компании Samsung America, филиала южнокорейской корпорации Samsung, со штаб-квартирой в Остине рассматривается как американское. К прочим странам относятся Сингапур, Израиль, Малайзия, а также Россия, Белоруссия, Индия, ЮАР и Австралия.

полупроводниковые приборы, в 2012 году достигли 38,9 млрд. долл., а в 2013-м, по оценкам, вырастут на 20% до 46,8 млрд. долл.

Несмотря на проблемы, с которыми в последние годы сталкивается японская полупроводниковая промышленность, у нее по-прежнему больше заводов по обработке пластин разного диаметра, чем в любом другом регионе. В 2017 году эта ситуация сохранится, правда разрыв между Японией и Америкой (оба континента) за десятилетие сократится с 29 до 10 предприятий (рис. 4) [10].

Если же рассматривать не число заводов, а объем установленных мощностей, то на первом месте окажется Тайвань, который, по оценкам IC Insights, в июле 2011 года занял первое место (и остается на нем и в 2013) по объему мощностей по обработке пластин, впервые обогнав Японию и Южную Корею (табл. 4).

По оценкам IC Insights, на долю Тайваня в 2011 году приходилось 25,4% мировых мощностей по обработке 300-мм пластин, 18,7% – 200-мм пластин и 11,4% – 150-мм пластин. В 2013 году структура тайваньских мощностей по обработке пластин была следующей: 300-мм пластин – 64,6% установленного парка оборудования; 200-мм пластин – 29,2%; 150-мм пластин – 6,1%. Кроме того, на острове сосредоточен крупнейший в мире парк оборудования по производству схем по "не самым новейшим технологиям" – с топологическими нормами от 60 до 40 нм [12].

Переход полупроводниковой промышленности к модели fabless-foundry с использованием многими компаниями модели fab-lite внес значительные изменения в основные характеристики отрасли. В дальнейшем влияние этого фактора будет усиливаться. При этом мощности контрактных производителей наращиваются в основном за счет линий по изготовлению ИМС по новейшим технологическим нормам. Так, по состоянию на июль 2012 года по суммарной площади сформированных микросхем (в миллионах квадратных дюймов) 22,3% мощностей предназначались для выпуска ИМС семейств с топологическими нормами 28 нм (32/28 нм) и 20 нм (22/20 нм) (рис. 5). Предполагается, что к концу 2013 года доля этих семейств достигнет 26–28%, а в 2014 превысит 30%.

Хотя выход годных и производительность при обработке пластин по 28-нм и 20-нм технологиям по-прежнему соответствуют раннему этапу их развития, время выхода используемого оборудования на рабочий режим как минимум не уступает этому показателю для предшествующих поколений

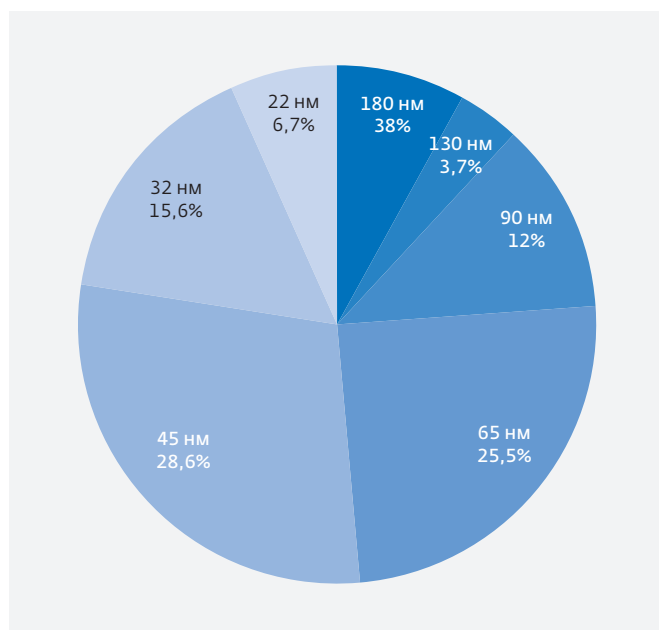


Рис.5. Структура производства ИС с различными проектными нормами (по состоянию на июль 2012 года)

ИМС с 40/45-нм и 65-нм топологическими нормами (рис.6). Соответственно, наблюдавшийся в 2012 году и начале 2013 дефицит мощностей при производстве 28-нм ИМС был преодолен во второй половине 2013 года, и контрактные производители стали активно побуждать своих заказчиков в большей мере реализовывать конструкции с проектными нормами 28 нм и 20 нм. Надо отметить, что некоторые процессы изготовления микросхем с нормами 28 и 20 нм существенно различаются. Например, при 20-нм технологии используется метод "двойного формирования рисунка", предусматривающий двукратное экспонирование пластины. Метод достаточно дорог и продолжителен, но с технической точки зрения он сравнительно прост, хотя требует повышенной точности совмещения – не хуже 2 нм. Правда, современное капитальное оборудование по большей части пригодно для выполнения двух операций экспонирования. Учитывая поточно-массовый характер обработки пластин на заводах контрактных компаний, традиционные сроки освоения новой продукции и доступность большого парка оборудования, можно констатировать возможность проведения этими компаниями все более агрессивной ценовой политики (снижение цен). В результате fabless-, а также и fab-lite компании в целях обеспечения конкурентоспособности продукции по себестоимости или для реализации ее новых свойств будут стремиться переводить конструкции своих "зрелых" ИМС на 28-нм

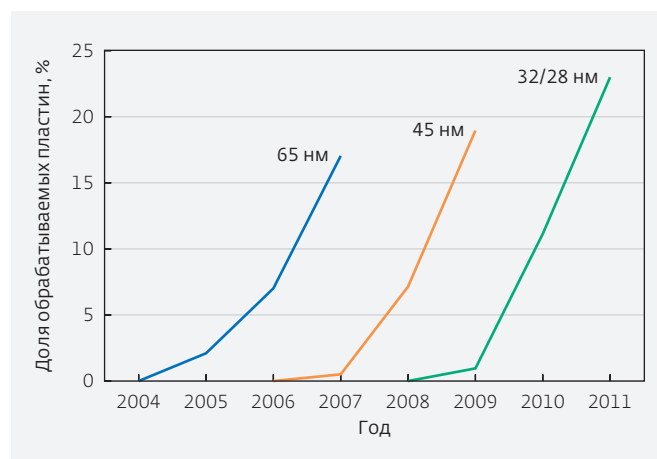


Рис.6. Темпы освоения производства ИМС с различными проектными нормами в первые три года

нормы. Освоение рентабельной обработки пластин контрактными заводами также будет стимулировать разработку новых конструкций, которые до сих пор невозможно было выполнить из-за высокой стоимости обработки пластин. Это означает, что в отрасли наступает период значительного роста активности проектирования длительностью как минимум в два года.

Каковы неизбежные последствия влияния уменьшения удельных затрат на обработку пластин на средние продажные цены полупроводниковых приборов? Очевидно, они будут снижаться, а за ними будут снижаться затраты на создание требуемого оборудования и его цена или как минимум будет происходить наращивание функциональных возможностей оборудования без изменения цены. Это может привести к этапу производства ИМС, в первую очередь, схем ДОЗУ и флеш-памяти NAND-типа, которые наиболее просты в изготовлении и на которых отрабатываются

новые технологии. Поэтому при освоении новых технологий цены таких ИМС менее подвержены колебаниям, чем цены более сложных схем, в том числе систем на кристалле. Фирмы-изготовители конечных электронных систем могут столкнуться с некоторыми трудностями при извлечении выгод из складывающейся ситуации, так как им придется изменять конструкции своей продукции. Возможно, такое ценовое давление рынка произойдет при увеличении капиталовложений изготовителей ИМС до уровня, сопоставимого с инвестициями контрактных производителей, на что может потребоваться время. Тем не менее, что бы ни случилось, уже осуществленные капитальные вложения гарантируют, что 28-нм и 20-нм технологии будут одними из наиболее "плодородных" поколений в истории полупроводниковой промышленности. Инновации в сфере проектирования и производства будут стимулировать дальнейший рост активности в области конструирования, агрессивного увеличения выхода годных и других мер, направленных на повышение эффективности производства. Все это может привести к появлению следующей волны новых приложений, видов изделий и услуг.

Итак, несмотря на некоторую озабоченность относительно спроса на полупроводниковые приборы в краткосрочной перспективе, инновационные процессы проектирования полупроводниковых приборов в ближайшие два года обречены на ускорение [13].

СОСТОЯНИЕ МОЩНОСТЕЙ ПО ОБРАБОТКЕ 300-мм ПЛАСТИН

По данным IHS Technology, объем обрабатываемых пластин диаметром 300 мм в период 2010–2015 годов возрастет почти в два раза, так как изготовители ИМС будут все больше использовать пластины такого размера при производстве более старых, зрелых изделий. Эта тенденция наблюдается и сейчас (первоначально, в 2001–2003 годах, на 300-мм пластинах изготавливались ИМС с самыми передовыми на тот период топологиями – 45–32 нм). Дело в том, что и контрактные производители, и IDM убедились в том, что обработка пластин такого диаметра наиболее рентабельна при производстве зрелой продукции.

В 2015 году на 300-мм пластинах контрактными производителями и IDM будут изготовлены ИМС общей площадью 8,753 млрд. квадратных дюймов по сравнению с 4,799 млрд. квадратных дюймов в 2010 году. CAGR за пятилетний период составят 12,8% [14].

По данным IC Insights, основные компании, обрабатывающие 300-мм пластины – изготовители схем памяти и контрактные производители. В 2012 году 74,4% установленных в мировой полупроводниковой промышленности мощностей пришлось на долю шести ведущих компаний, выполнявших обработку таких пластин (табл.5). В 2013 году этот показатель должен несколько снизиться (до 74%), однако в долгосрочной перспективе ожидается развитие процесса слияния/поглощения компаний и уменьшения их числа при увеличении размеров по финансово-экономическим показателям.

Лидер по объему обработки 300-мм пластин – компания Samsung, которая в 2012 году по этому показателю на 61% опередила ближайшего конкурента – SK Hynix. Единственной компанией, у которой темпы роста установленных мощностей к концу 2012 года выражались двузначным показателем, стала корпорация Intel.

Из десяти ведущих компаний, обрабатывающих 300-мм пластины, четыре представляют собой контрактных производителей (TSMC, GlobalFoundries, UMC и SMIC). По оценке IC Insights, в 2017 году эти компании удвоят свои мощности по обработке 300-мм пластин [12].

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕХОДА К ОБРАБОТКЕ ПЛАСТИН ДИАМЕТРОМ 450 ММ

По данным SEMI, первые предприятия по серийному производству полупроводниковых приборов на пластинах диаметром 450 мм будут введены в строй в 2017 году и начнут наращивать производство в 2018-м. В отрасли уже реализуются несколько проектов по разработке инструментальных средств для обработки 450-мм пластин, которую намерены освоить ведущие изготовители ИМС с целью увеличения числа микросхем на пластине, и, следовательно, рентабельности производства [7]. Обработка пластин диаметром 450 мм позволит снизить удельную себестоимость микросхемы на 30%. Однако при этом не только в течение трех-четырех лет будут увеличиваться затраты на оборудование, но неизбежной станет задержка освоения новых технологий. Правда, возможно, новые технологии, которые появятся в дальнейшем, будут способствовать замедлению роста расходов.

Один из самых интересных 450-мм проектов – Global 450 Consortium (G450C) с бюджетом 4,8 млрд. долл. Ассигнуемые на проект государственные и промышленные инвестиции будут затрачены на демонстрацию в Нанотехнологическом комплексе Олбани возможностей обработки 450-мм

пластин. Проект поддерживают такие "тяжеловесы" полупроводниковой промышленности, как Intel, IBM, GlobalFoundries, Samsung Electronics и TSMC. Но, несмотря на то что ведущие компании стремятся перейти на обработку 450-мм пластин как можно быстрее, сроки окончания опытно-конструкторских работ и число поставщиков ИМС, которые перейдут на обработку таких пластин, до сих пор не установлены. Даже сторонники перехода к пластинам большего диаметра считают, что широкое освоение процессов обработки 450-мм пластин произойдет не ранее 2018 года, а то и 2019–2020 годов.

Первые средства разработки и тестирования лабораторных образцов ИМС, выполненных на 450-мм пластинах, могут появиться в конце 2014 или начале 2015 года, первые производственные инструментальные средства – не ранее 2016 или 2017 года. Существует множество мнений относительно трудности или легкости перехода к обработке 450-мм пластин. Однако пока не начнется обработка таких пластин и испытание созданных устройств, невозможно точно оценить, насколько

гладко пройдет переход к пластинам большего размера в жестких условиях полупроводникового производства.

Разброс оценок затрат на НИОКР в области разработки инструментальных средств для обработки 450-мм достаточно велик: от 10 млрд. до 25–40 млрд. долл. По мнению экспертов корпорации Gartner, общие затраты на такие НИОКР в период с 2013 по 2016–2017 годы составят 17 млрд. долл. Из них около 2 млрд. долл. было выделено в 2013 году. Но, по единогласному мнению экспертов, переход к 450-мм пластинам неизбежен и 80% затрат на соответствующие НИОКР понесут 10 ведущих поставщиков оборудования обработки пластин. Для того чтобы выдержать такие затраты, ведущие изготовители ИМС идут на тесное взаимодействие. Так, корпорация Intel объявила о планах приобретения в рамках акционерного инвестирования в НИОКР 15% акций (на сумму 4,1 млрд. долл.) компании ASML Holding, крупнейшего поставщика инструментальных средств литографии. Цель сделки – ускорить разработку

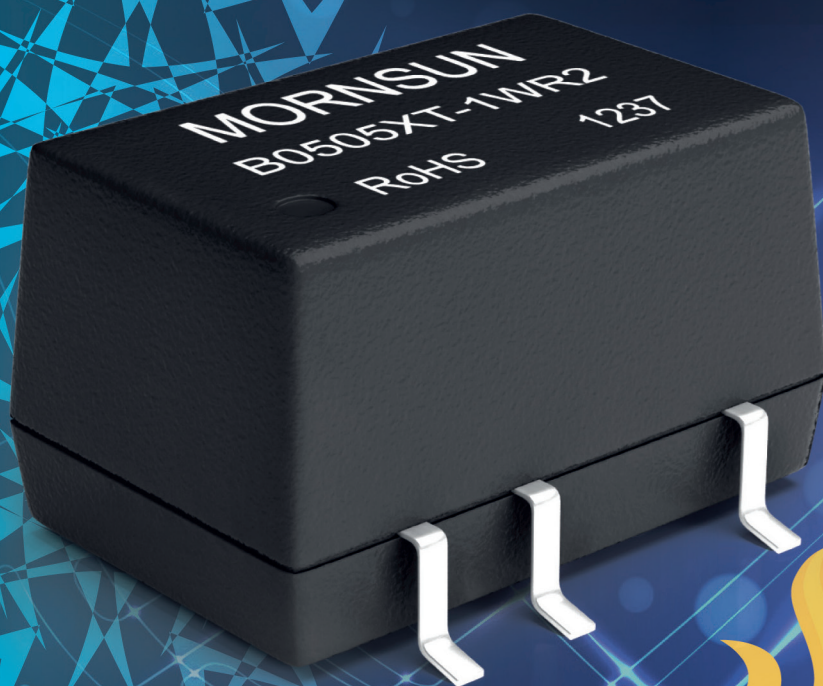
Таблица 5. Рейтинг компаний, обрабатывающих пластины диаметром 300 мм

Местов в 2013 финансовом году	Компания	Мощность, тыс. пластин/мес		Прирост, %	Доля, %	
		2012	2013 (оценка)		2012	2013 (оценка)
1	Samsung	675	717	6,2	18,8	18,4
2	Micron-Elpida	512	536	4,7	14,3	13,8
3	SK Hynix	420	450	7,1	11,7	11,6
4	Intel	388	441	13,7	10,8	11,3
5	TSMC	356	414	16,3	9,9	10,7
6	Toshiba/SanDisk	320	320	0	8,9	8,2
7	GlobalFoundries	125	150	20,0	3,5	3,9
8	Nanya	125	127	1,6	3,5	3,3
9	UMC	97	115	18,6	2,7	3,0
10	Powerchip	125	90	-28,0	3,5	2,3
11	Texas Instruments	51	60	17,7	1,4	1,5
12	SMIC	51	57	11,8	1,4	1,5
Показатели 12 ведущих компаний		3245	3477	7,1	90,4	89,5
Показатели прочих компаний		346	410	18,5	9,6	10,5
Всего		3591	3887	8,2	100,0	100,0

MORNSUN®

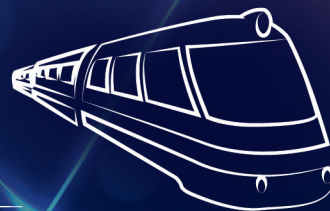
DC-DC преобразователи 2-го поколения

-40°C



+105°C

- Долговременная защита от КЗ
- Прочность изоляции 1500 V
- Высокий КПД при малых нагрузках
- Рабочая температура -40 ... +105 °C



Официальный дистрибьютор



ЭКО
электронные
компоненты

тел.: (495) 287-77-90

www.e-co.ru

инструментальных средств EUV-литографии для обработки 450-мм пластин. А правительство Бельгии в Межуниверситетском центре микроэлектроники IMES намерено финансировать сооружение чистой комнаты для опытной линии обработки пластин диаметром 450 мм.

Пол Фаррар, генеральный директор проекта G450C, отметил, что для решения задач, стоящих на пути нового технологического перехода, консорциум G450C заключил контракты с 12 крупными мировыми поставщиками оборудования и уже начал получать соответствующие инструментальные средства. Поставки будут продолжаться до конца 2015 года.

Фаррар полагает, что в ближайшие шесть-семь лет полупроводниковая промышленность будет развивать и вводить в строй линии по обработке и 300-мм, и 450-мм пластин. К сроку освоения 10-нм технологии в 2016 году изготовители должны быть готовы начать обработку 450-мм пластин (если смогут) [16].

О планах самостоятельного строительства 450-мм производств уже объявили Intel, Samsung и TSMC. Правительство Тайваня одобрило планы TSMC по строительству в центральной части острова завода по обработке 450-мм пластин стоимостью 8-10 млрд. долл. Строительство начнется в 2014 году, а с 2019 года завод будет поставлять ИМС, созданные на таких пластинах, на 6,7 млрд. долл. в год.

Кроме того, планы создания 450-мм производств вынашивает ЕС, а ряд фирм, примыкающих к крупнейшим, рассматривают возможность создания консорциумов и совместных предприятий.

Одно из следствий увеличения затрат при масштабировании ИС и связанного с этим ростом стоимости владения собственным производством – формирование рыночного сегмента крупных владельцев производственного оборудования, от которых во все большей степени зависят остальные игроки на рынке. Фактически формируется производственная олигополия. Действительно, владение производственными мощностями становится конкурентным преимуществом и напрямую отражается на бизнесе компаний, не имеющих собственного производства, и их партнеров. Например, дефицит 28-нм производственных мощностей у TSMC в 2012 году почти на полгода задержал выпуск на рынок новейших ИМС корпорации Broadcom, понесшей из-за этого крупные убытки.

С другой стороны, благодаря возникающим вокруг производственных мощностей экосистемам fabless-фирм, поставщиков СФ-блоков и разработчиков инструментальных средств САПР появляются возможности ускорения научно-технического прогресса, снижения издержек производства за счет распределения и ускорения разработки продукции и вывода ее на рынок. Правда, при этом возможно формирование не существовавших до сих пор суперкорпораций.

Таким образом, основными тенденциями развития производственной базы микроэлектроники можно назвать концентрацию производства, ускорение разработки новейших технологических процессов, расширение существующих и формирование новых экосистем, подготовку отрасли к переходу на обработку 450-мм пластин.

ЛИТЕРАТУРА

1. After 43 years, DRAM market finally reaches maturity. – Advanced Packaging News, 2013, Aug.12.
2. **Макушин М.** Домаштабировались? Экономика уменьшения топологий. – Электроника: НТБ, 2014, №3, с.134-147.
3. **Beinglass I.** Moore's Law, the bifurcation of the semiconductor industry and 3-D integration. – EE Times, 2011, June 16.
4. **Mokhoff N.** Chip fab costs hampering industry growth. – EE Times, 2012, Oct.3.
5. Global semiconductor manufacturing equipment spending to decline in 2013, Gartner says. – Solid State Technology, 2013, June 20.
6. **Clarke P.** Foundries grow faster than IC market, says IC Insights. – EE Times Europe, 2014, Jan. 28.
7. **Clarke P.** Former DRAM vendor climbs foundry ranking. EE Times Europe, 2014, Jan.29.
8. SMIC unveils 28nm readiness. – Solid State Technology. – The Pulse, 2014, Jan. 28.
9. **Fuller B.** Fab lite, fewer startups could fuel IC growth rate. – EE Times, 2012, Sept. 19.
10. **McGrath D.** First 450-mm fabs to ramp in 2017, says analyst. – EE Times, 2012, July 10.
11. Q4 2011 Semiconductor International Capacity Statistics (SICAS). – SEMI, 2012, March.
12. **Clarke P.** Taiwan now the world's leading chip maker. – EE Times, 2012, Jan. 13.
13. **Rhines W.** Predictable semiconductor cycle ahead? – EE Times, 2012, Sept. 17.
14. IHS: 300-mm manufacturing set to double. – EE Times, 2011, Aug. 23.
15. **Clarke P.** Six firms dominate 300-mm wafer capacity in 2013. – Solid State Technology, 2013, Feb. 20.
16. **Singer P.** 450mm in 2017: It's coming. – Solid State Technology, 2013, May 01.

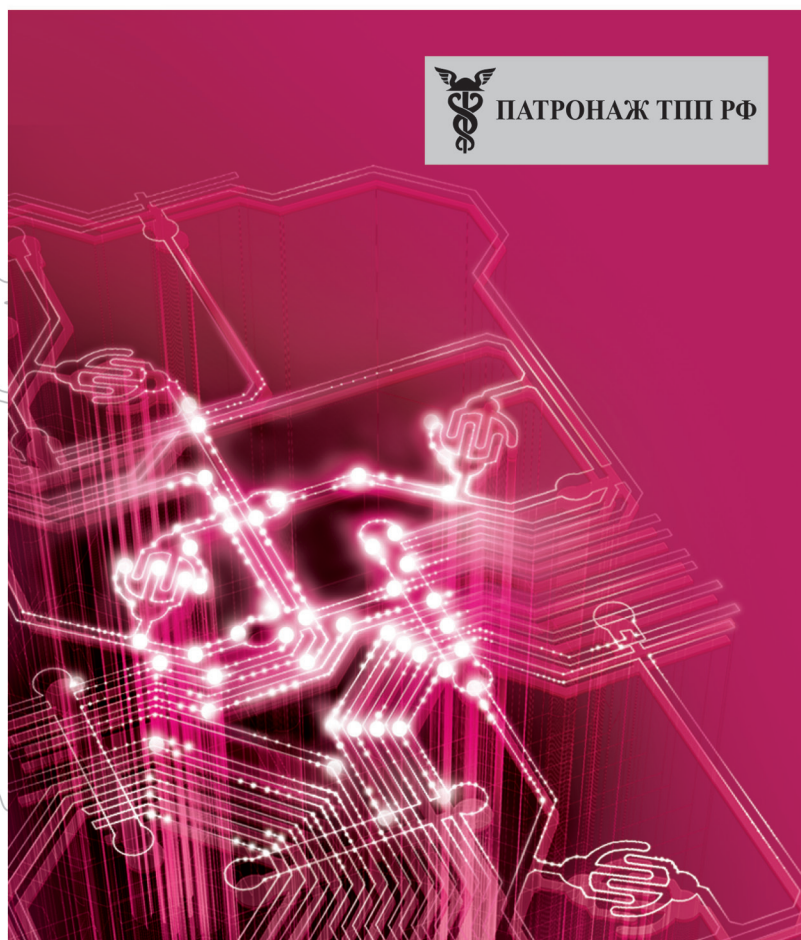


РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

XIV МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ПАТРОНАЖ ТПП РФ



- Электронные компоненты
- Комплектующие
- Печатные платы
- Светотехника
- Материалы
- Конструктивы
- Технологии
- Промышленное оборудование и инструменты
- Контрольно-измерительные приборы и лабораторное оборудование

Организаторы выставки:



FairEXPO
PROFESSIONAL EXHIBITION & CONGRESS ORGANIZER



www.farexpo.ru/radel
тел.: +7 (812) 777-04-07

Место проведения: Санкт-Петербург, СКК, пр. Ю. Гагарина, 8, м. «Парк Победы»

28-30 октября 2014

Санкт-Петербург, СКК