

# И МОРЕ ДРОЖЬ ЗЕМЛИ НАКРЫЛО К ПОСЛЕДСТВИЯМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ЯПОНИИ

М.Макушин mmackushin@gmail.com

События в Японии показали не только уязвимость современной цивилизации перед природной стихией. Выяснилось, что значительная часть производства полупроводниковых приборов и конечных электронных систем, по экономическим причинам перемещенная в Азиатско-Тихоокеанский регион (АТР), оказалась в зоне высокой сейсмической активности. Какие последствия (в том числе для производственной политики и планирования размещения новых производств) окажет землетрясение в Японии на конъюнктуру рынка электроники? Попробуем оценить.

## ОБЩАЯ СИТУАЦИЯ

По данным маркетинговой корпорации ISH iSuppli, сбои в предложении ИС, связанные с землетрясением и цунами в Японии 11 марта этого года, могут привести к росту средних продажных цен (СПЦ) на некоторые типы ИС. Это, в свою очередь, вызовет больший, чем ожидалось, рост мирового рынка полупроводниковых приборов в стоимостном выражении – объем продаж в 2011 году составит, как минимум, 325,2 млрд. вместо 320,1 млрд. долл. (т.е. темпы прироста не менее 7%, а не ранее прогнозируемые 5,8%). При этом увеличение продаж будет наблюдаться в секторах рынка, в которых доля японских корпораций достаточно велика. Росту СПЦ будет способствовать и сокращение выпуска исходных (необработанных) кремниевых пластин, выпускаемых японскими фирмами, поскольку Япония – один из основных их поставщиков (более 60% мировых отгрузок), а также крупный производитель ряда химических веществ и материалов, используемых в полупроводниковом и электротехническом производстве. Поквартальные доходы от продаж полупроводни-

ковых приборов в 2011 году предсказываются на уровне 76,06 млрд.; 78,03 млрд.; 85,5 млрд. и 86,62 млрд. долл., соответственно [1].

Последняя катастрофа в Японии оказала на мировую полупроводниковую промышленность по всем сегментам и многим поставщикам самое большое воздействие за всю ее историю. В целом, по оценкам японских специалистов, от катаклизма в большей степени пострадали предприятия, расположенные в северной части острова Хонсю. Значительная часть производственной базы полупроводниковой промышленности Японии расположена южнее (см. рисунок), где степень повреждений меньше. По данным различных СМИ, основная часть повреждений после первого удара стихии и последовавшей серии подземных толчков была устранена к началу апреля. Однако многие крупнейшие заводы по обработке пластин, а также по изготовлению кремния (пластин, слитков) в течение нескольких месяцев не смогут возвратиться на уровень производства "до события" [2]. Стоит отметить, что собственно на японских островах в основном остались современные произ-

водства ИС с высокой добавленной стоимостью. Более "зрелые" производства давно выведены в Китай и другие страны АТР. Обращает на себя внимание и тот факт, что многие полупроводниковые заводы Японии выпускают логические схемы.

Единственная "безвозвратная" высокотехнологичная жертва землетрясения – завод по обработке 150-мм пластин в г. Сендай, принадлежащий компании Freescale Semiconductor. Он оказался слишком близко к эпицентру. Этот завод, выпускавший ИС для автомобильного, сетевого и промышленного оборудования, до землетрясения работал на полную мощность, несмотря на планы материнской корпорации закрыть его в конце текущего года. Теперь его просто не будут восстанавливать [3].

**НОВЫЕ ТОЛЧКИ – НОВЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОТКЛАДЫВАЕТСЯ...**

После землетрясения 11 марта Япония пережила еще более двухсот подземных толчков. Магнитуда некоторых из них, например 8, 11 и 15 апреля, составляла от 6 до 7,1 балла. В связи с этим ряд японских электронных компаний были вынуждены вновь заявить о приостановке производства. Это – Fujitsu, Renesas Electronics, Sony, Elpida Memory, Toshiba, Nikon и Tokyo Electron.

**Производство полупроводниковых приборов**

После первого землетрясения в 9 баллов, а также цунами компании Fujitsu удалось возобновить работу завода по выпуску ИС в префектуре Ивата, теперь она приостановлена. Проверяется также работоспособность завода по сборке и корпусированию ИС в префектуре Мияги, завода по выпуску ПК и принтеров в префектуре Фукусима.

Компания Renesas прекратила производство микроконтроллеров на двух заводах. Больше других пострадал завод в г. Нака (префектура Ибараки). Его ввод в строй планируется не ранее июля этого года. Ведутся ремонтные работы на пяти заводах начальных этапов обработки пластин (формирование транзисторных структур ИС и т. п.).

Заводы Sony на севере Японии (префектура Мияги) по производству оптических приборов, ИС-карт и других изделий прекратили работу из-за повреждения линий электропитания. Частично работа была возобновлена 28 марта, но в апреле эти заводы вновь пришлось остановить. Остановлен также входящий в группу компании Sony завод фирмы Shiroishi Semiconductor (префектура Мияги), выпускающий лазерные диоды, хотя в конце марта он был введен в строй.

Единственный японский изготовитель микросхем ДОЗУ – Elpida – прекратил производство на своем заводе в г. Акита. Хотя оборудование не повреждено, предприятию не удастся восстановить подачу электричества. Заводы компании в Хиросиме не пострадали.

Компания Toshiba планировала еще 11 апреля восстановить производство микроконтроллеров на заводе в Китакама (префектура Иватэ), но последние подземные толчки отодвинули сроки его пуска по крайней мере на месяц.

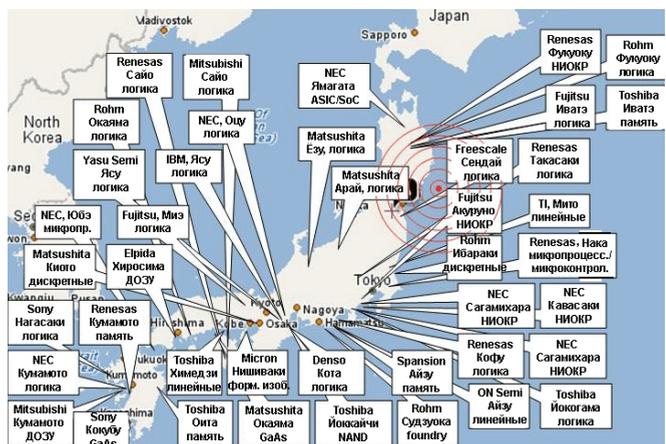
**Производство оборудования для полупроводниковой промышленности**

Два завода корпорации Nikon в префектуре Мияги, изготавливающие блоки для сканеров и степперов, предназначенных для производства ИС и ЖК-дисплеев, должны были возобновить работу в конце марта, но в апреле их снова пришлось остановить.

Компания Tokyo Electron Ltd (TEL) **остановила** работу трех заводов в префектурах Мияги и Иватэ по выпуску оборудования травления, а также опытного производства Института технологических разработок в г. Сендай, выпускающего RLSA-системы травления (с радиально линейной щелевой антенной) [4, 5].

**Производство полупроводниковых материалов**

Восстановление производства материалов для полупроводниковой промышленности также идет с перебоями. Так, корпорация Mitsubishi Gas Chemical – практически монополист по производству бисмалеимида триазина (bismaleimide triazine,



Дислокация заводов-изготовителей полупроводниковых приборов в Японии. Завод Micron в Нишиваки (под Kobe, низ рисунка) выпускает формирователи сигналов изображения

ВТ), одного из основных материалов для корпусирования ИС, используемых в планшетных ПК, а также подложек корпусов полупроводниковых приборов – намерена была выйти на уровень "до землетрясения" в начале мая, однако сейчас реализация этих планов под вопросом [6].

Правда, у ряда предприятий, особенно находящихся не очень близко к эпицентру землетрясения, ситуация оптимистичнее. Например, компания MEMC Electronic Materials частично восстановила работу завода по изготовлению необработанных кремниевых пластин диаметром 300 мм в г. Уцусема. Выход на полную мощность намечен на май. По данным банковско-инвестиционной компании FBR Capital Markets, при землетрясении было повреждено 25–30% мировых мощностей по производству исходных пластин различного диаметра. Пострадали и заводы, выпускающие литий-ионные батареи, смолы бисмалеимида триазина и эпоксидную, применяемые при изготовлении ИС.

Представители компании Shin-Etsu Chemical заявили, что продолжают проверку оборудования на крупнейшем своем заводе в префектуре Фукусима, выпускающем исходные кремниевые пластины. Предполагается, что компания может увеличить их выпуск на других заводах, не пострадавших от стихии. Продолжается осмотр оборудования на заводе по производству поливинил-хлорида в г. Камацу (префектура Ибараки).

Корпорация Sumco частично восстановила работу завода по производству исходных кремниевых пластин в г. Йонезава, используя не пострадавшее оборудование [7].

## АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ КАТАСТРОФЫ

Корпорация Semico Research, оценивая последствия землетрясения и цунами, пришла к неоднозначным выводам. С одной стороны, ее специалисты ожидают, что спрос на электронику (сотовые телефоны, планшетные ПК) не изменится. В то же время возможно негативное воздействие на конъюнктуру тех сегментов рынка, где велик удельный вес японских изготовителей. Действительно, на полупроводниковые приборы для автомобильных систем приходится 10% мировых продаж полупроводниковых приборов. Доля японских изготовителей на этом сегменте рынка превышает 30%, т.е. вполне вероятны продолжительные сбои и разрывы цепей поставок. В свою очередь, это вынудит такие фирмы, как Taiwan Semiconductor Manufacturing Co (TSMC), Intel и Samsung увеличить производственные мощности для минимизации последствий японской трагедии. Так, TSMC,

крупнейший в мире кремниевый завод, рассчитывает инвестировать на эти цели в текущем году 7,8 млрд. долл., причем 81% капиталовложений будут направлены на развитие 65-, 40- и 28-нм технологических процессов.

Подобным же образом третий по мощности кремниевый завод GlobalFoundries, к числу заказчиков которого относятся компании AMD, Qualcomm, Infineon Wireless и STMicroelectronics, намерен вдвое (до 5,4 млрд. долл.) увеличить бюджет капиталовложений этого года. Подавляющая часть инвестиций будет направлена на модернизацию и расширение производственного комплекса в Дрездене (ранее принадлежавшего AMD), переименованного в Fab 1, а также на ввод в строй в середине года завода Fab 8 в штате Нью-Йорк (оба по обработке 300-мм пластин с топологиями 45, 32 и 28 нм).

Оценивая воздействие японской катастрофы на ситуацию с цепями поставок в мировой электронной промышленности, корпорация IHS iSuppli отмечает перебои по всей цепочке – от материалов и производственного оборудования для полупроводниковой промышленности до ИС и конечных электронных систем. Корпорации со штаб-квартирами в Японии, большая часть производства которых и сосредоточена в этой стране, контролируют ~21% мировых цепей поставок полупроводниковых приборов. Кроме того, здесь расположены заводы многонациональных компаний – Texas Instruments, Freescale, ON Semiconductor. В результате возможное воздействие землетрясения на эти цепи увеличится до 22–23%.

Хотя на Японию приходится чуть больше 14% мирового производства электронного оборудования, присутствие японских поставщиков полупроводниковых приборов и систем в Азиатско-Тихоокеанском регионе значительно, поскольку расположенные в регионе изготовители широко применяют компоненты, изготовленные в Японии. Таким образом, фактическое воздействие катастрофы на ситуацию в области производства полупроводниковых приборов несколько больше приводимого аналитиками.

Интересы крупнейших мировых кремниевых заводов не пострадали – у них в Японии только сбытовые центры и центры по работе с клиентами. На работе заводов тайваньских компаний TSMC и United Microelectronics Corp. (UMC), а также сингапурского отделения кремниевого завода GlobalFoundries землетрясение не отразилось. Кроме того, у GlobalFoundries покупки кремниевых пластин хорошо диверсифицированы за счет ис-

пользования КНИ-пластин, большую часть которых ей поставляет фирма Soitec (Франция).

Таким образом, с одной стороны, ситуация, сложившаяся после землетрясения в Японии, может привести к нарушениям в цепях поставок, что вынудит потребителей искать поставщиков в более безопасных местах. С другой стороны, спрос конечных потребителей (как оптовых, так и розничных) не снизится, что может привести к росту цен. Кроме того, предпринимаемые сейчас крупнейшими кремниевыми заводами меры по наращиванию производства для удовлетворения ажиотажного спроса по некоторым типам изделий через некоторое время, когда ажиотаж прекратится, могут привести к возникновению избыточных производственных мощностей и к новому циклу стагнации в мировой полупроводниковой промышленности [8, 9].

Япония – один из лидеров мировой GaAs-микроразрешительной индустрии. На нее приходится 50% поставок монокристаллических подложек, 18-20% мирового производства полуизолирующих GaAs-эпитаксиальных подложек и до 1/5 мирового рынка GaAs-приборов. Ведущие поставщики GaAs-подложек и приборов – компании Hitachi Cable, Renesas и Sumitomo Chemical.

Хотя, по данным английской исследовательской корпорации Strategy Analytics, цепи поставок таких материалов, как галлий, мышьяк, полуизолирующие подложки из-за землетрясения не пострадали и большинство мощностей по производству GaAs-приборов также не были затронуты, поставки таких приборов из Японии могут испытать на себе воздействие тех же факторов, что и электронная промышленность. К ним относятся нарушения электропитания, проблемы с логистикой, а также опасения относительно доступности ряда материалов, используемых при сборке и корпусировании ИС. Сейчас японские поставщики эпитаксиальных подложек работают на полную мощность, но в их цепях поставок уровень товарно-материальных запасов очень низок. Поэтому есть опасения, что рост спроса на GaAs-эпитаксиальные подложки в апреле-июне приведет к увеличению сроков поставки и "выстраиванию очереди" из конечных потребителей [10].

Относительно японского катаклизма поступают все новые сведения. Так, по данным компании IHS iSuppli, нарушения в цепях поставок повлияли на отгрузки кварцевых генераторов, используемых в сотовых телефонах и ПК, ежегодный объем отгрузок которых превышает 2 млрд. штук. В апреле, по сравнению с мартом, срок от оформления зака-

за на микросхемы киллогерцевого и мегагерцевого диапазонов до его фактического получения покупателем увеличился на 50% (до 12 недель). Японские компании Epson, NDK и Citizen – крупнейшие в мире поставщики кварцевых генераторов. Значительная часть их производственных мощностей оказалась вблизи эпицентра землетрясения и на побережье, подвергшемся воздействию цунами. Соответственно, цены на их продукцию в ближайшие недели будут расти.

Кроме того, пострадали, правда, в меньшей степени, заводы по производству фильтров электромагнитных помех, что также привело к увеличению длительности выполнения заказов на них. При этом полностью размер последствий должен был определиться только после апреля, когда истощатся товарно-материальные запасы заводов [11].

Отмечается, что последствия землетрясения заставляют японских изготовителей ускорять программы реструктуризации и менять производственную политику. Так, корпорация Panasonic объявила о сокращении в ближайшие два года 17 тыс. рабочих мест. В прошлом году уже было сокращено столько же рабочих мест. В итоге, после ликвидации дублирующих друг друга производств и структурных подразделений общая численность занятых в корпорации сократится до 350 тыс. человек. Общие затраты на реструктуризацию составят 1,3 млрд. долл. в 2012 году и 612 млн. долл. – в 2013.

В рамках реструктуризации отделение корпорации Panasonic по производству литий-ионных батарей будет переведено в КНР. На это в 2013 финансовом году будет затрачено 673 млн. долл. (с учетом затраты на строительство нового завода в провинции Цзян-Су. Panasonic также увеличит закупки ЖК-панелей у сторонних поставщиков и переведет свою третью производственную линию по изготовлению плазменных панелей из префектуры Хёго в КНР [12].

### ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ДЕФИЦИТА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Пожалуй, самыми взвешенными и достоверными можно считать оценки японской маркетинговой компании Nomura Securities, специалисты которой знают ситуацию «изнутри». По мнению экспертов компании, последствия землетрясения могут привести к дефициту исходных пластин и микроконтроллеров в цепи поставок электронной промышленности. Ожидавшееся в мае частичное возобновление полномасштабного производства

на заводе корпорации Shin-Etsu Handotai в г. Широкава, на который приходится 20% мирового производства исходных пластин диаметром 300 мм, откладывается на неопределенный срок. Альтернативные производства не смогут полностью компенсировать потери мощностей этого завода.

Отгрузки пластин корпорациями Sumco и MEMC на уровень «до землетрясения» начнутся не ранее конца мая.

Отдельно рассматривается ситуация с корпорацией Renesas Electronics, на долю которой приходится ~30% мирового производства микроконтроллеров, в том числе 45% рынка микроконтроллеров для автомобильной электроники. Предполагается, что завод в г. Нака, поставляющий на мировой рынок 25% микроконтроллеров для автомобильной электроники, не оправится от последствий землетрясения до конца текущего года. Это может вызвать дефицит таких приборов и рост цен на них. Недавно компания Renesas заявила о возможности передачи производства микроконтроллеров кремниевым заводам компаний GlobalFoundries и TSMC. Однако их аттестация потребует определенного времени, поэтому немедленного результата от этого решения ожидать нельзя.

Аналитики корпорации Nomuga также отметили, что к "проблемным" относится и производство перекиси водорода. Согласно оценкам, завод Mitsubishi Gas Chemical в Касима должен был возобновить ее ограниченное производство не ранее конца апреля [12].

Кроме того, в конце апреля корпорация Toshiba предупредила своих заказчиков о сокращении в мае-июне на 50% выпуска флеш-памяти NAND-типа вследствие дефицита необработанных пластин и прочих материалов. Это может сказаться на производственных планах корпораций, выпуска-

ющих планшетные ПК, нетбуки и сотовые телефоны, а в планшетных ПК iPad и смартфонах iPhone корпорации Apple используется большой объем флеш-памяти NAND-типа [13].

### ДЕЛО НЕ ТОЛЬКО В ЯПОНИИ

Последствия землетрясения в Японии еще не самые страшные для мировой электроники и современной информационной инфраструктуры. В настоящее время значительная часть производств полупроводниковых приборов и конечных электронных систем расположена в Азиатско-Тихоокеанском регионе. В то же время, именно здесь расположено и "огненное кольцо Тихого океана" – большинство действующих вулканов планеты находятся именно на его обрамлении (прибрежные районы, подводные разломы).

Так сложилось, что первые полупроводниковые предприятия США возникли в Кремниевой долине в штате Калифорния, который входит в "огненное кольцо Тихого океана". Сейчас по экономическим соображениям, а также в связи с политикой поощрения высокотехнологичных отраслей правительствами Японии, Тайваня, Республики Корея и КНР, значительная часть мировой производственной базы микроэлектроники сосредоточилась в этом регионе. И сегодня, по оценкам исследовательской корпорации IC Insights, около 2/3 мировых полупроводниковых производственных мощностей, в том числе более 90% мощностей кремниевых заводов, расположено в высокосейсмичных районах (см. таблицу). По-видимому, только сейчас, по прошествии длительного времени, изготовители ИС и их заказчики начинают осознавать эту ситуацию, когда землетрясение в Японии привело к остановке более 15 полупроводниковых заводов. Многие из этих предприятий к середине апреля либо вновь

Характеристика предприятий по производству ИС, расположенных в сейсмически опасных зонах в 2010 году

Страна/регион	Общий объем мощностей*	Объем мощностей*, расположенных в сейсмически активных зонах	Доля мощностей, расположенных в сейсмически активных зонах, %
Япония	32,52	32,52	100
Тайвань	31,92	31,92	100
Южная Корея	22,56	0	0
Америка**	21,72	2,61	12
Прочие страны мира	15,00	11,70	78
КНР	12,48	12,48	100
Европа	12,00	2,16	18
Всего	148,20	93,39	63

\* В миллионах стартовых пластин в год в пересчете на 200-мм эквивалент.

\*\* Оба континента.

приступили к работе, либо хотя бы частичного восстановили производства. Однако некоторые заводы (а также питающие их электростанции) получили достаточно тяжелые повреждения и их ввод в строй может быть отложен еще на несколько недель или месяцев. Кроме того, в первые две недели апреля было зафиксировано еще несколько подземных толчков с магнитудой 6–7 баллов, причинивших дополнительные повреждения.

У двух крупнейших в мире кремниевых заводов – TSMC и UMC – на Тайване расположены не только штаб-квартиры, но и большинство производственных мощностей. Остров находится в зоне повышенной сейсмической активности и тропических тайфунов и не раз переживал их последствия. Поэтому IC Insights отмечает, что разрушительные землетрясения и тайфуны на Тайване могут привести к серьезным последствиям для всей цепи снабжения электронной промышленности. Правда, до сих пор они не были катастрофическими.

Так как кремниевые заводы имеют большое число заказчиков (а для некоторых из них эти заводы – единственные поставщики широкого диапазона компонентов), последствия повреждений заводов по обработке пластин могут оказаться намного серьезнее, чем повреждения аналогичных производств отдельных IDM – интегрированных изготовителей приборов [14].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом прогнозов нарастания сейсмической активности в ближайшее десятилетие события в Японии уже не тревожный сигнал, а пожарная сирена, звучащая для всей мировой электронной промышленности. Если кремниевые заводы и другие изготовители не предпримут шаги по рассредоточению своих производственных предприятий, будущее промышленности станет непредсказуемым. А если принять во внимание увеличение частоты и силы разрушительных погодных явлений (смерчи, наводнения, засухи и т.п.), наблюдающихся практически повсеместно, то вероятность существенных нарушений цепей поставок только возрастает. Соответственно теперь при размещении новых производств необходимо учитывать не только чисто экономические факторы (издержки производства, затраты на рабочую силу, инфраструктурные вложения и инвестиции в создание новых производственных мощностей), но и тектонико-климатические риски.

Отмечается, что последствия землетрясения в Японии могут заставить изготовителей ИС, в частности ДОЗУ, пересмотреть свои производственные

цели, уделив особое внимание изделиям с более высокой добавленной стоимостью, а также ускорить переход к новым поколениям технологических процессов. Вероятно также, что японские изготовители пойдут на массовую технологическую модернизацию, что поможет им повысить свою конкурентоспособность. Перед ними встанет проблема более активного использования практики аутсорсинга для производства своих ИС на заводах в других странах. Это, в свою очередь, может стимулировать в Японии развитие компаний, занимающихся только разработкой, проектированием и маркетингом ИС (fabless).

Возможные решения о территориальной диверсификации производственной базы мировых изготовителей ИС, с одной стороны, могут дать хороший шанс привлечения современных микроэлектронных производств на территорию России. С другой стороны, временно от закупки технологического оборудования в Японии (в основном бывшего в употреблении), лучше воздержаться.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Clarke P.** Quake makes analyst raise IC market forecast. – EE Times, 4/5/2011.
2. **Takeshi Hattori.** Live from Japan: Nuclear crisis looms, chip firms map recovery. – <http://www.electroi.com>.
3. **Junko Yoshida.** Freescale Sendai fab is latest quake victim. – EE Times, 4/6/2011.
4. **McGrath D.** Several Japan fabs halted by aftershock. – EE Times, 4/8/2011.
5. **Clarke P.** Another major aftershock hits Japan. – EE Times, 4/11/2011.
6. **Clarke P.** BT resin in full production in May, says maker. – EE Times, 4/1/2011.
7. **McGrath D.** MEMC Japan plant back on line; rivals idle. – EE Times, 4/12/2011.
8. **Mutschler A. S.** Japan disaster calls capacity, supply into question. – EDN, April 12 2011.
9. **LaPedus M.** Watch out for foundry glut! – EE Times, 4/13/2011.
10. **Clarke P.** Analyst: GaAs supply chain robust after quake. – EE Times, 4/8/2011.
11. **Mokhoff N.** Japan earthquake rattles key components delivery. – EE Times, 5/4/2011
12. **LaPedus M.** Panasonic to cut 17,000 jobs. – EE Times, 4/28/2011
13. **Clarke P.** Nomura warns over wafer, MCU supplies. – EE Times, 4/20/2011.
14. **Clarke P.** Report: Toshiba forced to halve NAND output. – EE Times, 4/20/2011.
15. **McGrath D.** Study: 63% of IC fabs in earthquake zones. – EE Times, 4/19/2011.