

## Реальные перспективы технологии арсенид-галлиевых цифровых ИС<sup>1</sup>

### Обзор

Бернард К. Коул

После множества невыполненных обещаний поставщики арсенид-галлиевых ИС нашли путь к успеху; цифровые GaAs-схемы постепенно начинают завоевывать рыночные позиции, тесня кремниевые биполярные ИС. Этого удалось достигнуть благодаря изменению рыночной стратегии фирм-изготовителей и внедрению новых усовершенствованных технологических процессов.

Технология цифровых арсенид-галлиевых ИС вновь находится на подъеме и опять бросает серьезный вызов высокопроизводительным кремниевым биполярным микросхемам. Целый ряд поставщиков арсенид-галлиевых ИС (в основном это чрезвычайно активные молодые американские компании) уже предлагают своим потребителям приборы с увеличенным быстродействием, высоким уровнем интеграции и новыми интерфейсами, обеспечивающими совместимость с кремниевыми ИС.

Упомянутые разработки знаменуют собой новые эру и надежды для технологии арсенид-галлиевых ИС, которая в начале нынешнего десятилетия утратила значительную часть первоначального доверия со стороны отрасли. Это объясняется чрезмерно оптимистическими прогнозами сбыта. Недавно арсенид-галлиевая технология испытывала большие трудности в связи с тем, что, как считают многие специалисты, ряд новых фирм, стремясь привлечь вкладчиков вентурного капитала, значительно преувеличил ее рыночные перспективы. По этой причине цифровые арсенид-галлиевые ИС приобрели неважную репутацию и крупные электронные компании прекратили свои работы в данной области, предоставив новым фирмам самостоятельно разрабатывать это лишь зарождающееся направление электронной техники. Те из них, кто сумел выстоять в конкурентной борьбе, в настоящее время определяют прогресс в данной области полупроводниковой техники,

следуя существенно переработанным стратегиям создания арсенид-галлиевых ИС.

Эти новые стратегии предусматривают освоение второго поколения технологических процессов изготовления цифровых арсенид-галлиевых ИС, модернизацию рыночной политики и создание новых изделий, способных поколебать позиции кремниевой технологии в области серийных высокопроизводительных кремниевых интегральных схем. Уже сегодня небольшое, однако постоянно увеличивающееся число потребителей ИС, которые в свое время ориентировались только на кремниевую технологию, всерьез рассматривают арсенид-галлиевые приборы в качестве вполне приемлемой альтернативы кремниевым кристаллам. Многие из них заменяют кремниевые ЭСЛ ИС их новыми функциональными аналогами, изготовленными по арсенид-галлиевой технологии с принципиально более высоким быстродействием.

На карту поставлен весь современный рынок сверхбыстродействующих логических ИС и схем памяти, объем которого, как считают специалисты, должен вырасти с 1 млрд. долл. в 1987 г. до 2,5 млрд. в 1992 г. После многолетних обещаний технология цифровых GaAs ИС наконец выходит на такие позиции, с которых она может серьезно конкурировать с биполярными кремниевыми ИС. Об этом говорит целый ряд ветеранов полупроводниковой промышленности, так или иначе связанных с новыми фирмами — изготовителями арсенид-галлиевых кристаллов.

В авангарде этой группы новых фирм находятся такие компании, как Anadigics, Gain Electronics, GigaBit Logic, Tachonics Triguint Semicon-

<sup>1</sup> Bernard C. Cole. This time, GaAs in for real, No. 12, pp. 65—72.

ПОСТАВЩИКИ ТОВАРНЫХ АРСЕНИД-ГАЛЛИЕВЫХ ЦИФРОВЫХ ИС

|                         | Стандартные логические ИС | Стандартные ЗУ | Схемы на вентилях матрицах или стандартных элементах | GaAs-мастерская |
|-------------------------|---------------------------|----------------|--|-----------------|
| Anadigics               | ●                         | —              | —  | ●               |
| Gain                    | —                         | —              | ●  | ●               |
| Gazelle                 | ●                         | —              | —  | —               |
| GigaBit Logic           | ●                         | ●              | ●  | ●               |
| Harris Microwave        | ●                         | —              | ●  | —               |
| Microwave Semiconductor | ●                         | —              | —  | ●               |
| NEC                     | ●                         | —              | —  | —               |
| Oki Electric            | ●                         | —              | —  | —               |
| Tachonics               | ●                         | —              | ●  | —               |
| TriQuint                | ●                         | —              | ●  | ●               |
| Vitesse                 | ●                         | ●              | ●  | ●               |
| Всего изделий           | ~ 70                      | ~ 5            | н. д.  | н. д.           |
| Всего разработок        |                           |                | ~ 40—50  | ~ 20—30         |

Источник: фирма GigaBit, журнал Electronics

ductor и Vitesse Semiconductor. Новые изделия выпущены также некоторыми фирмами, давно ведущими работы в данной области, например компанией Harris Microwave. Более того, компании Microwave Semiconductor, NEC и Oki Electric уже выпускают целую гамму стандартных арсенид-галлиевых логических схем малого, среднего и большого уровней интеграции и схем памяти, а также полужаказных кристаллов (см. таблицу).

Однако явно видно, что среди поставщиков товарных цифровых арсенид-галлиевых ИС нет нескольких мощных электронных компаний, которые в свое время планировали создание и выпуск подобных изделий. На сегодняшний день компании Honeywell, Texas Instruments и Ford Microelectronics заморозили свои планы сбыта цифровых GaAs ИС на рынке. Тем не менее они продолжают лабораторные исследования и разработки данных технологии. Такие первопроходцы в области арсенид-галлиевой технологии, как компании Rockwell International и McDonnell Douglas, а также TI и Honeywell, продолжают направлять свои основные усилия на выполнение заказов по аналоговым и цифровым схемам военного назначения. Однако из компании Rockwell сообщают, что она планирует вновь «попытать счастья» на товарном рынке. Вскоре компания предполагает выделить из своего отделения полупроводниковых

приборов специальное подразделение, которое будет заниматься производством цифровых арсенид-галлиевых ИС как военного, так и промышленного назначения, а также кремниевых ИС военного назначения.

Вместе с тем и в области ЭСЛ-схем также создан целый ряд изделий с очень высокими параметрами. В числе их создателей такие сторонники кремниевой технологии, как Advanced Micro Devices, Motorola, National Semiconductor, Plessey Semiconductor, Raytheon, Signetics, Siemens, TI и некоторые другие; они планируют дальнейшее повышение быстродействия товарных кремниевых ИС. Все они добиваются увеличения быстродействия кремниевых приборов путем разработанных комбинированных БиКМОП- и ЭСЛ-технологий нового поколения, которые предназначены для создания ИС, не уступающих арсенид-галлиевым схемам по быстродействию и превосходящих их по плотности упаковки.

Для большинства крупных электронных компаний цифровые арсенид-галлиевые ИС представляют собой весьма важное техническое направление, однако часто это еще и вопрос распределения ресурсов. «Для таких недавно созданных фирм, как GigaBit и Vitesse, вопрос стоит так: или арсенид-галлиевые ИС, или ничего», — отмечает Дейвид Уитмир, управляющий разработками цифровых арсенид-галлиевых ИС в объединении военных систем и электроники компании TI (Даллас). Он добавил, что такие компании, как TI, должны тщательно продумывать вопрос о том, куда именно следует вкладывать деньги: в кремниевые ЭСЛ-схемы, искусственный интеллект или другие развивающиеся или уже существующие технологии и виды техники. На данный момент компания TI предпочла заниматься дальнейшим повышением быстродействия кремниевых приборов, а работы по арсенид-галлиевым схемам ограничить рамками лабораторий.

Но в отличие от прежних радужных дней, когда в прогнозах назывались миллиардные объемы рынков арсенид-галлиевых приборов, сегодня поставщики этих ИС более трезво оценивают рыночный потенциал данной технологии. По словам Луиса Томасетты, президента фирмы Vitesse Semiconductor Corp. (Камарилло, шт. Калифорния), главным препятствием на пути цифровых арсенид-галлиевых ИС к серийному производству вовсе не была сама эта технология — дело в том, что многие специалисты считают, что упомянутый рынок носит слишком специальный характер, основанный исключительно на высоком быстродействии приборов.

«Когда мы оглядываемся назад, то представляется, что величайшим просчетом было мнение о том, что само по себе повышенное быстродействие может стать вполне достаточным основанием для формирования нового рынка сбыта под

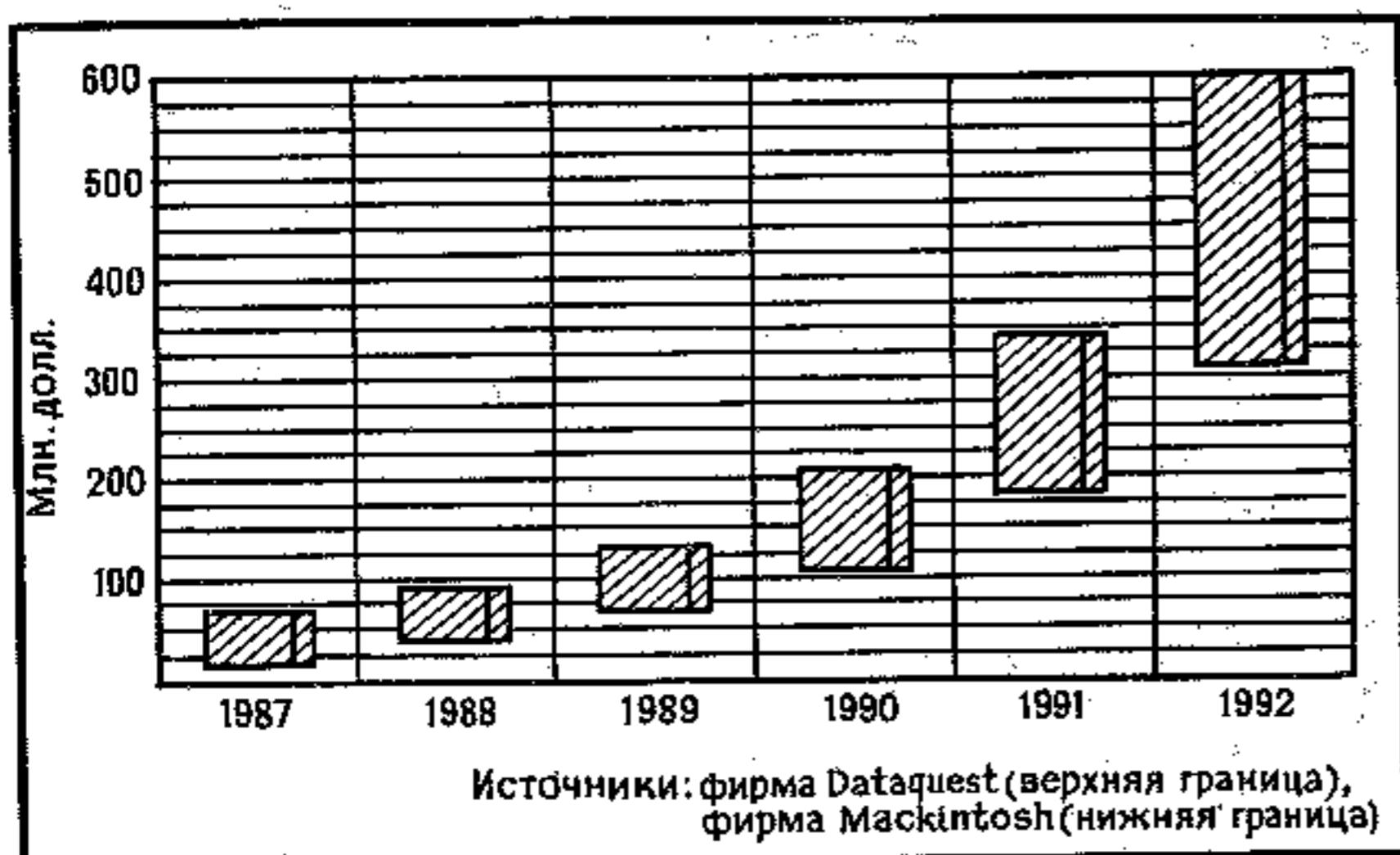


РИС. 1. Прогнозы сбыта цифровых GaAs ИС резко различаются.

лозунгом «быстродействие любой ценой», — говорит Томасетта. — Эти прогнозы обычно строились без учета непрерывного совершенствования конкурирующих технологий, прежде всего биполярных кремниевых ЭСЛ-схем». Он добавил, что серьезное изменение позиции поставщиков арсенид-галлиевых ИС состоит, однако, в том, что они поняли, что какой-то специальной группы заказчиков их продукции на рынке нет и их изделия должны быть в состоянии конкурировать с существующими кремниевыми приборами. Создатели цифровых арсенид-галлиевых ИС в настоящее время считают, что они сами и их технология и продукция вполне готовы отобрать часть рынка сбыта у быстродействующих кремниевых ИС. Особый интерес представляет то, что именно рост быстродействия кремниевых микропроцессоров со сложными системами команд (CISC) и микрокомпьютерных кристаллов с сокращенными системами команд (RISC) открыл цифровым GaAs ИС широкую дорогу на массовые рынки компонентов. В настоящее время создается целый ряд новых арсенид-галлиевых ИС, совместимых с кремниевыми схемами и предназначенных для устранения «узких мест» в вычислительных системах. Речь идет о цепях, на которых сказывается различие в быстродействии между процессорами и более медленными кремниевыми ЗУ и схемами связующей логики.

Одна из смелых новинок на упомянутом рынке представлена в июне 1988 г. фирмой Gazelle Microcircuits Corp. (Санта-Клара, шт. Калифорния), организованной всего два года назад. Эта фирма разработала свою специальную техническую стратегию, основанную на преднамеренном снижении быстродействия цифровых арсенид-галлиевых ИС, чтобы сделать их полностью совместимыми со стандартными TTL-схемами по входам и выходам. Фирма начинает свою дея-

тельность с создания первой в отрасли арсенид-галлиевой программируемой логической ИС (см. в этом номере «Первая GaAs ШЛИС фирмы Gazell»).

Ветеран кремниевой технологии Джерри Кроули, президент фирмы Gazelle, считает, что если другие поставщики также пойдут по пути создания приборов, совместимых с TTL-схемами, и направят свои усилия на устранение «узких мест» в вычислительных системах на RISC- и CISC-процессорах, то вполне можно рассчитывать на резкий рост объема продаж цифровых арсенид-галлиевых ИС.

Специалисты фирмы GigaBit Logic Inc (Ньюбери-Парк, шт. Калифорния) полагают, что мировой объем продаж цифровых арсенид-галлиевых ИС вырастет с нынешних 100 млн. долл. в год до 500 млн. долл. в 1992 г. Оценки объема этого рынка на сегодняшний день весьма сильно различаются: максимальную цифру (600 млн. долл. на 1992 г.) дает фирма Dataguest Inc. (Сан-Хосе, шт. Калифорния), тогда как фирма Macintosh Consultants Inc. (Сан-Хосе) прогнозирует объем чуть больше 300 млн. долл. (рис 2).

Однако в хорошо укрепленном лагере сторонников кремниевых ЭСЛ-схем, в который входят не только крупнейшие полупроводниковые компании, но и агрессивные новички, никто не собирается уступать позиций без боя. Их не смущает появление на рынках сбыта «ниш» для арсенид-галлиевых приборов. Сторонники кремниевой технологии уверены, что они в скором времени сумеют настолько ее усовершенствовать, что их кристаллы смогут соперничать в быстродействии с арсенид-галлиевыми ИС в пикосекундном диапазоне, имея при этом в 2—4 раза более высокий уровень интеграции при одинаковых проектных нормах.

Джордж Уилсон, президент недавно органи-

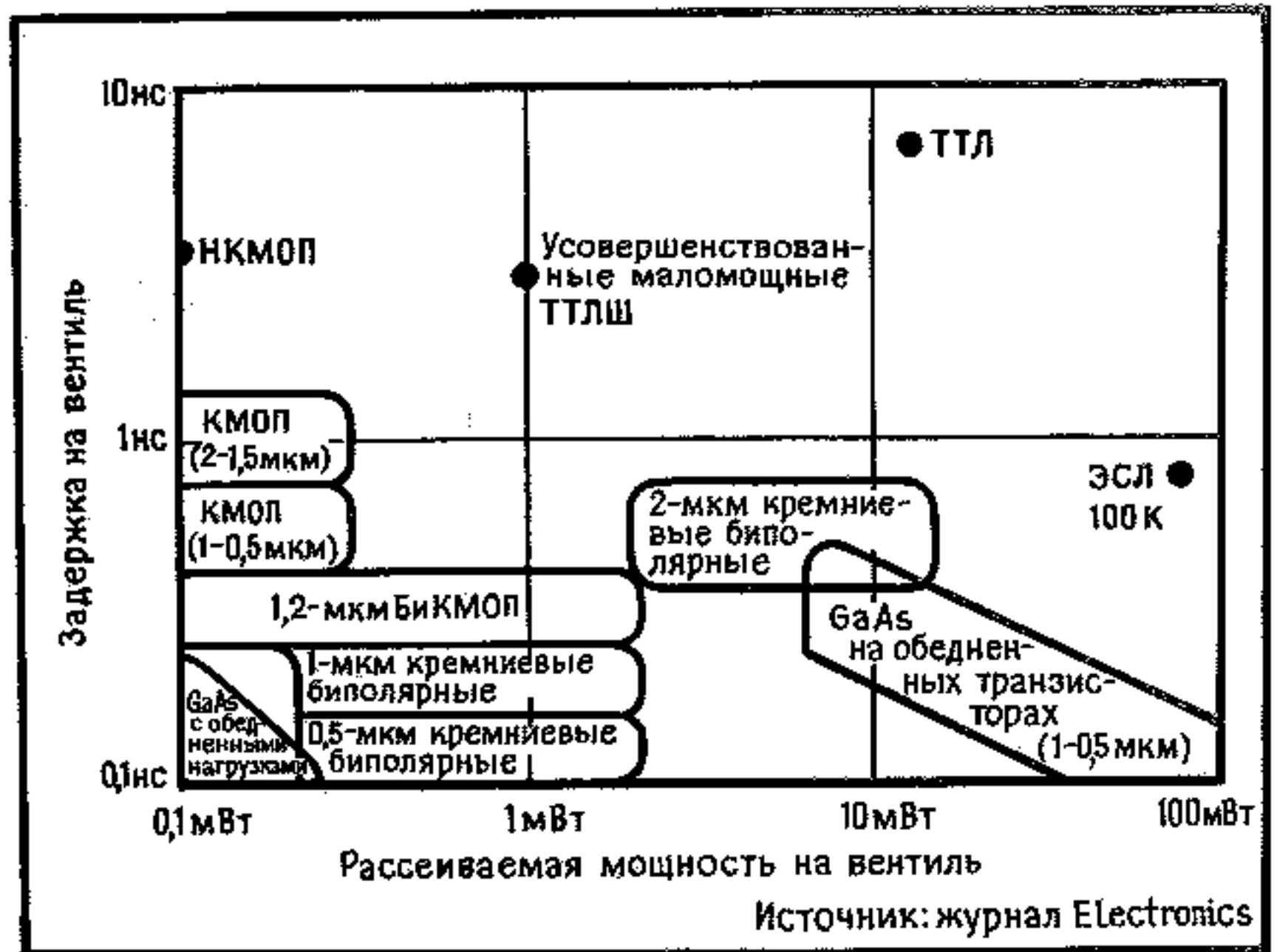


РИС. 2. Сравнительный анализ параметров GaAs и кремниевых ИС.

зованной фирмы Bipolar Integrated Technology Inc. (Бивертон, шт. Орегон), специализирующейся на ЭСЛ-схемах, признает, что арсенид-галлиевые ИС уже захватили участок на рынке быстродействующих цифровых ИС малого и среднего уровней интеграции. В то же время он говорит, что по крайней мере еще в течение десяти лет подавляющее большинство высокопроизводительных СБИС будет изготавливаться по кремниевой биполярной технологии.

«На уровне СБИС-кристаллов сложностью более 10 тыс. вентиляей арсенид-галлиевая технология пока не имеет никаких позиций», — говорит Уилсон. Вместе с тем, по его словам, даже при 2-мкм проектных нормах современная биполярная технология первого поколения фирмы ВIT позволяет создавать схемы сложностью до 20 тыс. вентиляей с задержками порядка 200 пс/вентиля и мощностью потребления не более 250—300 мВт/вентиля<sup>1</sup>.

Однако руководящие работники новых компаний, занимающихся GaAs, считают, что их технология в настоящее время весьма успешно прогрессирует. Джеймс О. Брай, президент фирмы GigaBit Logic, говорит, что темпы роста этого рынка сегодня выше, чем темпы роста рынка ЭСЛ-схем в первые годы их становления. Он полагает, что объем продаж [GaAs] ИС превысит уровень 300 млн. долл. в год через десять лет после появления первой компании — изготовителя цифровых арсенид-галлиевых ИС, т. е. примерно на пять лет быстрее, чем в свое время вышла на

этот уровень отрасль, выпускавшая биполярные ЭСЛ ИС.

Брай также предсказывает, что в ближайшие несколько лет контингент потребителей цифровых арсенид-галлиевых ИС в корне изменится. Если сегодня две трети этого рынка приходится на заказчиков из военных и авиакосмических компаний, то в 1992 г. три четверти выпускаемого объема будет потреблять промышленность. Доля рынка, приходящаяся на цифровые арсенид-галлиевые ИС военного назначения, вероятно, будет снижаться. Отчасти это связано с тем, что в США сокращаются и будут сокращаться военные ассигнования на научные исследования (см. в этом номере «Военное ведомство теряет интерес к полупроводниковым приборам из арсенида галлия»).

Алан Д. Пэц, президент фирмы TriQuint Semiconductor Inc. (Бивертон, шт. Орегон), филиала компании Tektronix, говорит, что весьма значительное увеличение темпов роста сбыта обусловлено тем, что после трех или четырех лет ожидания в серийном производстве наконец освоен целый ряд разработок. «Похоже, что эти темпы растут буквально день ото дня», — сказал он.

Пэц добавил, что многих заказчиков, стремящихся получить максимальное быстродействие, чрезвычайно удивляет то снижение потребляемой мощности, которое дают арсенид-галлиевые ИС по сравнению с ЭСЛ-схемами. В качестве примера он называет выпущенную недавно фирмой TriQuint арсенид-галлиевую логическую матрицу TQ3000 сложностью в 3000 эквивалентных вентиляей, которая изготавливается по технологии

<sup>1</sup> В оригинале явная опечатка, следует читать 250—300 мкВт/вентиля. — Прим. перев.

Q-ED схем с обедненными нагрузками, разработанной в упомянутой фирме. Эта матричная БИС характеризуется номинальной мощностью рассеяния 0,75 мВт/вентиль, что в 2—3 раза меньше по сравнению с конкурирующими ЭСЛ-приборами серий 10К и 100К.

Брай из фирмы GigaBit Logic говорит, что другой важнейший фактор, определяющий перспективы расширения рынка сбыта арсенид-галлиевых ИС, — это достижение ими паритета [с кремниевыми ИС] по комбинации цена — производительность. Он также считает, что в области малых и средних ИС большинство поставщиков цифровых арсенид-галлиевых ИС уже сумели достичь такого паритета, однако в области БИС это вряд ли произойдет раньше конца 1988 г. Брай добавил, что в промышленности в настоящее время уже получены вдохновляющие результаты по выходу годных, которые для специализированных ИС среднего уровня интеграции находятся в пределах 40—50 %.

Для решения этой задачи поставщики цифровых арсенид-галлиевых ИС обычно прибегают к помощи одной из двух апробированных технологий — технологии быстродействующих ИС на обедненных MeП-транзисторах и технологии менее быстрых, менее энергопотребляющих, но и значительно более плотноупакованных ИС на обогащенных переключательных и обедненных нагрузочных MeП-транзисторах. Так как в GaAs-транзисторах подвижность электронов намного превосходит этот показатель в кремниевых транзисторах, то неудивительно, что в большинстве конструкций арсенид-галлиевых ИС применяются приборы на основных носителях с активными областями n-типа.

В основном цифровые арсенид-галлиевые схемы выполняются на полевых MeП-транзисторах, которые, однако, дополняются барьером Шотки, представляющим собой нелинейный логический элемент или устройство сдвига уровня. Обедненные MeП-транзисторы — это лучше всего изученный и отработанный класс элементов для цифровых арсенид-галлиевых ИС, обеспечивающий получение вентилях с задержками от 50 до 100 пс. Таким схемам присуща максимальная мощность потребления (десятки милливольт на вентиль) при их изготовлении с шириной линий 1 мкм.

При создании более плотноупакованных БИС сложностью от 3000 до 6000 вентилях большинство поставщиков цифровых арсенид-галлиевых ИС обращаются к технологии MeП-схем с обедненными нагрузками. При этом за повышение плотности упаковки и снижение мощности потребления им приходится расплачиваться заметным усложнением технологического процесса и быстродействием. В типовых БИС вентилях на MeП-транзисторах с обедненными нагрузками имеют за-

держки от 100 до 400 нс при рассеиваемой мощности 10—100 мВт/вентиль.

Кроули из фирмы Gazelle считает, что помимо проблемы выбора правильного технологического процесса перед поставщиками арсенид-галлиевых ИС стоит также трудная задача убедить заказчиков, что эта технология в данный момент представляет собой уже не лабораторную экзотику, сложную в практическом применении. «Успех в этом деле зависит не только от правильного определения отношения цена/производительность, но и от разработки такого изделия и такой стратегии его маркетинга, которые бы убедили потенциальных заказчиков заплатить лишние деньги за ту дополнительную производительность, которую можно получить от арсенид-галлиевых ИС», — говорит он.

Если по вопросу технологии существует некоторое согласие, то по поводу правильного выбора изделия и стратегии его маркетинга единодушия намного меньше. Например, такие компании, как Harris Microwave и Microwave Semiconductor, основная деятельность которых связана с приборами военного назначения и СВЧ-устройствами, проявляют относительную осторожность и консерватизм в своих подходах. Предлагаемые ими цифровые ИС — это в основном стандартные логические схемы малого и среднего уровней интеграции, изготавливаемые по какой-либо из разновидностей технологии обедненных MeП-приборов.

Более решительную позицию как в области технологии, так и в сфере номенклатуры пред-

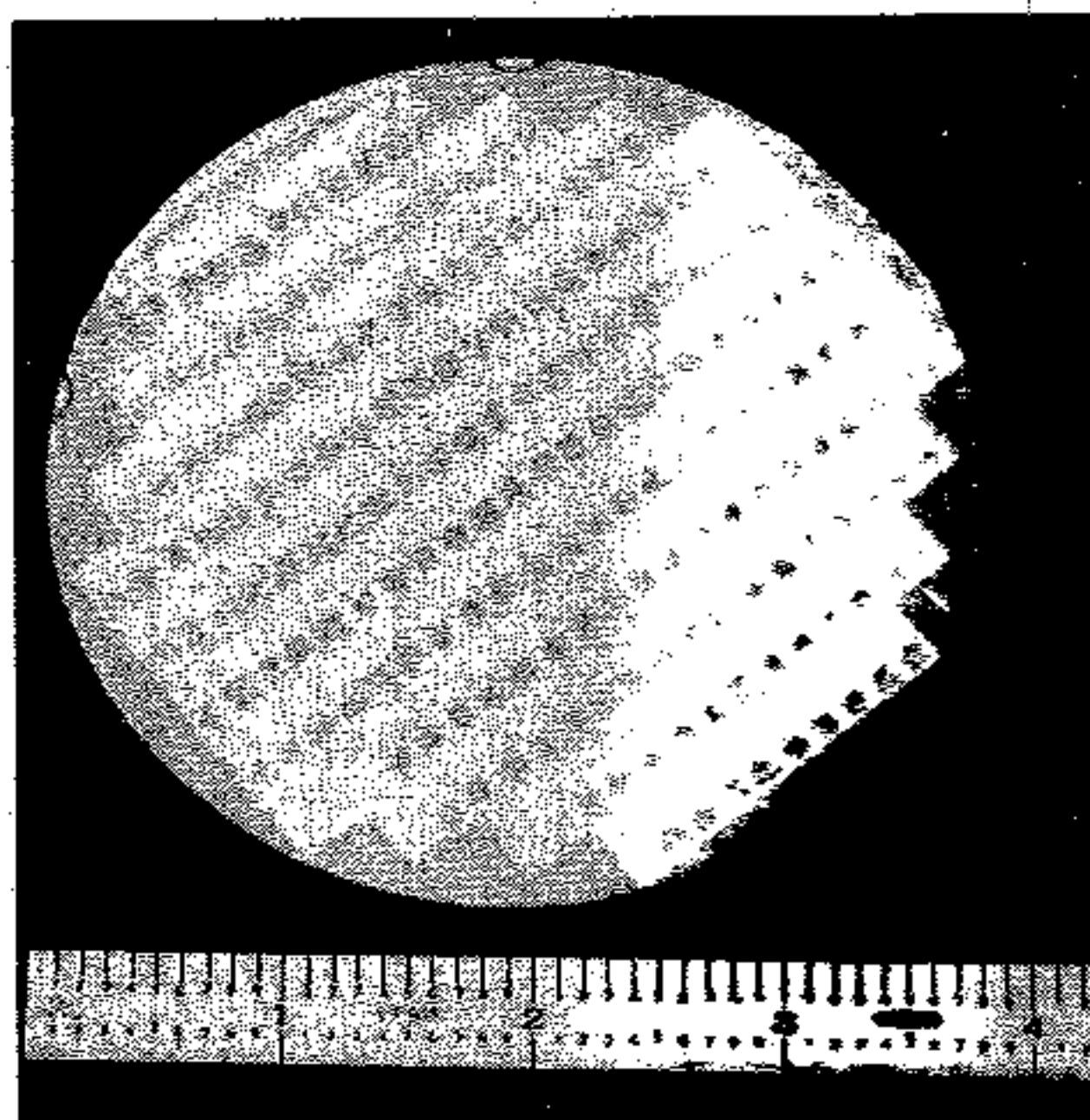


РИС. 3. По мере повышения качества поставляемого арсенида галлия фирма TriQuint решительно переходит на производство цифровых ИС на 100-мм пластинах.

лагаемых изделий занимает фирма GigaBit Logic. Данная компания располагает одним из самых обширных arsenalов как по технологическим процессам, так и по гамме выпускаемых изделий. Среди них малые и средние стандартные логические ИС, стандартные логические БИС, статические ЗУПВ, полужаказные ИС на стандартных элементах и вентилях матрицах. Фирма предлагает изделия с 1-мкм проектными нормами с четырьмя вариантами элементной базы: на обедненных транзисторах, на обедненных транзисторах с пониженной потребляемой мощностью, на обогащенных переключательных и обедненных нагрузочных транзисторах и оригинальный вариант схем на обогащенных переключательных и обедненных нагрузочных транзисторах с повышенными запасами работоспособности. Сложность технологических процессов составляет от 6 слоев (малые и средние ИС) до 12—13 слоев (специализированные ИС и статические ЗУПВ).

Брай говорит, что при использовании технологии схем с обедненными нагрузками доступный уровень интеграции соответствует статическим ЗУПВ емкостью 4К (см. в этом номере «ЗУПВ емкостью 4К с 3-нс быстродействием компании GigaBit Logic»). Новые арсенид-галлиевые структуры для схем с обедненными нагрузками, например самосовмещенный транзистор с подгоняемым порогом, позволяют создавать полужаказные логические матрицы или схемы на стандартных элементах сложностью 3—6 тыс. вентилях.

Примерно такую же широкую номенклатуру изделий предлагает и фирма Vitesse. Она достаточно своевременно сконцентрировала свои усилия на технологиях схем на MeП-транзисторах с обедненными нагрузками, ориентированных на сложные БИС и СБИС (см. в этом номере «Большой успех фирмы Vitesse»). Цель состояла в том, чтобы получить или превзойти быстродействие кремниевых биполярных ЭСЛ-схем (задержки 100 пс/вентиль), однако при значительно меньшей рассеиваемой мощности (200 мВт/вентиль и менее). Основное отличие технологии фирмы Vitesse — это применение настоящих тугоплавких металлов для затворов вместо золотых затворов, позаимствованных из технологии полевых СВЧ-транзисторов.

По словам Томасетты, использование золотых затворов позволяет расширить допуски на технологические процессы, однако их применение сопряжено с более высокой рассеиваемой мощностью в схемах. Новая технология фирмы Vitesse ближе к кремниевым технологиям, чем конкурирующие процессы: она также предусматривает изоляцию защитным окислом, применение алюминиевых межсоединений и стандартных диэлектрических слоев из двуокиси и нитрида кремния.

«Применение алюминия представляет собой особенно важный момент для получения высокого выхода годных БИС и СБИС,— говорит он,— поскольку позволяет воспользоваться хорошо отработанными стандартными промышленными методами осаждения пленок, широко используемыми при производстве кремниевых ИС сложностью 100 тыс. вентилях».

Свою собственную стратегию избрала и проводит компания TriQuint. Она тоже выпускает целый ряд стандартных малых и средних ИС, однако основные усилия компании направлены на выполнение функций арсенид-галлиевой мастерской по выпуску широкой гаммы аналоговых, цифровых и СВЧ-изделий, по которым она накопила большой опыт. Фирма TriQuint рассчитывает в течение двух лет довести уровень интеграции своих кристаллов до 20 тыс. вентилях.

В конце мая 1988 г. этот филиал компании Tektronix анонсировал ввод в действие первой в отрасли арсенид-галлиевой мастерской по изготовлению ИС на 100-мм пластинах (рис. 3). Пэц говорит, что данное мероприятие позволит компании TriQuint удвоить количество снимаемых с каждой пластины схем по сравнению со стандартными для отрасли 75-мм пластинами. На уровне собранных и испытанных приборов это означает возможность со временем снизить на 30 % стоимость по сравнению с приборами, изготавливаемыми на линиях по обработке 75-мм пластин.

Компания TriQuint развернула у себя линии по обработке 100- и 125-мм пластин, предвидя появление на рынке более крупных GaAs-пластин, которые пока поступают от четырех поставщиков. Пэц говорит, что на 100-мм пластинах должен быть и более высокий выход годных, чем на 75-мм, поскольку качество арсенида галлия в настоящее время повышается. «Интересно отметить, что компании — изготовители современных кремниевых биполярных ЭСЛ-схем по-прежнему работают на 100-мм пластинах,— говорит Пэц.— Поэтому мы сегодня оказываемся с ними на равных по таким показателям, как обработка пластин».

Помимо 1-мкм технологии схем на обедненных MeП-транзисторах, предназначенной для изготовления комбинированных аналого-цифровых ИС, и более новой 0,5-мкм технологии схем на обедненных транзисторах компания располагает и 1-мкм технологией QED (схем с обедненными нагрузками), которая представляет собой ее главный инструмент для изготовления цифровых ИС. Данная технология позволяет делать вентиля с частотой переключения триггерных схем до 1 ГГц, задержками около 100 пс и мощностями около 75 мВт.

Несколько более консервативный подход избрала фирма Tachonics Corp. (Плейнсборо,

шт. Нью-Джерси). Эта компания работает с технологией схем на обедненных MeP-транзисторах и с двумя библиотеками 1-мкм элементов. По словам Стивена Гудспида, вице-президента по разработке цифровых изделий, библиотека SC1000 содержит комбинацию аналоговых и цифровых элементов, что позволяет сочетать на одном кристалле аналоговые СВЧ- и цифровые функции на элементах с задержками 90 пс/вентиль и мощностями 5 мВт/вентиль. Библиотека SC5000 состоит только из цифровых элементов с несколько более высоким быстродействием и меньшей мощностью. Для нее типовые задержки составляют 75 пс/вентиль, а типовые значения мощности 2 мВт/вентиль.

«Если проанализировать предлагаемые на рынке арсенид-галлиевые вентильные матрицы и матричные ЭСЛ-кристаллы, то видно, что по быстродействию они не сильно отличаются друг от друга, — говорит Гудспид. — Избранный поставщиком арсенид-галлиевых вентильных матриц подход пришлось строить так, чтобы основное внимание уделить не повышению быстродействия, а снижению мощности. Мы же концентрируем свое внимание на быстродействии, жертвуя при необходимости мощностью. Мы считаем также, что для некоторой данной технологии можем обеспечить, используя стандартные элементы, дополнительное повышение быстродействия на 30—40 %».

Для многих крупных электронных компаний, выпускающих изделия на рынок, большое разно-

образие арсенид-галлиевых технологий и характеристик приборов представляет собой главный фактор развития товарных рынков ИС. Сами они продолжают уделять почти все свое время и ресурсы разработкам приборов военного назначения. Компания Honeywell в 1986 г. прекратила производство цифровых арсенид-галлиевых ИС на продажу, однако продолжает вести научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в данной области. Об этом сообщил Дейвид Фалкерсон, управляющий отделением электроники в лаборатории обработки сигналов компании Honeywell (Блумингтон, шт. Миннесота). Он говорит, что по уровню технологии его компания сегодня на 2—6 лет обгоняет любую другую работающую над созданием цифровых арсенид-галлиевых ИС. Он утверждает, что фирма Honeywell уже через несколько месяцев сможет продемонстрировать матричный кристалл на 14 тыс. вентилях, изготовленный по технологии 1-мкм схем с обедненными нагрузками. «Я совершенно уверен, что арсенид-галлиевая технология очень скоро распространится на область СБИС, — говорит он. — На освоение производства матричных кристаллов на 10 тыс. вентилях и более можно рассчитывать уже через два года, а GaAs-микропроцессоров — через четыре года».

*Дополнительный материал для этой статьи подготовили Уэсли Айверсен, Дж. Роберт Лайнбек, Тобайас Нагеле и Ларри Уоллер.*