

Отставание американских изготовителей К / МОП БИС от японских¹

Джон Поса

Редактор по интегральным схемам

Рассмотрено положение в области К/МОП-технологии, выявившееся весьма отчетливо на Международной конференции по ИС 1981 г. Оно состоит в том, что японские полупроводниковые компании заметно опередили американские в области высококачественной К/МОП-технологии и уже успешно выпускают К/МОП БИС и СБИС с минимальными размерами элементов всего 2 мкм. В то же время большинство американских компаний, специализирующихся в области К/МОП-схем, только сейчас переходит от технологии с 5-мкм минимальными размерами на технологию с 3-мкм размерами, при этом многие из них совсем недавно освоили К/МОП-технологию с кремниевыми затворами.

Международная конференция по интегральным схемам 1981 г., состоявшаяся в феврале в Нью-Йорке, ясно продемонстрировала два важных момента. Один из них — это то, что комплементарные МОП-схемы должны занять ведущее положение среди всех полупроводниковых БИС, что, видимо, произойдет еще до конца предстоящего десятилетия. Второй же состоит в том, что некоторые японские компании заметно опередили в области К/МОП-технологии своих американских конкурентов, и это — главная причина того, что некоторые американские изготовители БИС, похоже, утрачивают свое лидерство в данной сфере.

Нынешняя Международная конференция по ИС совершенно очевидно продемонстрировала ожидаемый рост популярности К/МОП-схем. На одной из вечерних публичных дискуссий, на которой речь шла о сравнении п-канальных и К/МОП-схем с точки зрения их использования при создании СБИС, даже самые скептически настроенные ее участники согласились с тем, что для СБИС потребуются обе эти технологии. Однако большинство выступавших утверждали, что в скором времени МОП БИС и СБИС будут изготавливаться в основном по К/МОП-технологии. Это мнение прозвучало даже в выступлении участника дискуссии Ричарда Пашли из фирмы Intel Corp. (Санта-Клара, шт. Калифорния), од-

ного из наиболее выдающихся американских разработчиков п-канальных МОП ЗУ.

Но если фирмы Toshiba, Hitachi, Oki, Sharp и другие японские компании успешно изготавливают свои схемы при помощи различных разновидностей высококачественной К/МОП-технологии второго поколения с 2-мкм минимальными размерами элементов, то традиционные американские поставщики К/МОП-приборов только сейчас переходят с 5-мкм на 3-мкм размеры. Действительно, некоторые еще даже не перешли от алюминиевых затворов к поликремниевым, что необходимо для обеспечения достаточно большой плотности упаковки схем.

Запоздалый переход на кремниевые затворы представляет собой всего лишь внешнее проявление более серьезной проблемы; дело в том, что американские компании в целом не смогли воспользоваться достижениями, касающимися повышения плотности упаковки и быстродействия, которые были получены разработчиками п-канальных МОП БИС. Причина здесь в том, что каждая компания обычно концентрировала свои усилия только на одной из этих технологий; и даже в тех фирмах, где одновременно развивались оба этих направления, работы слишком часто велись независимо и разобщенно.

Исключение составляет компания National Semiconductor Corp. На ее производственном предприятии в Солт-Лейк-Сити (шт. Юта), работающем исключительно на 100-мм пластинах, освоена К/МОП-технология с двумя уровнями поликремния (П²К/МОП-технология) и мини-

¹ John G. Posa. Are U.S. C-MOS makers falling behind? pp. 97, 98.

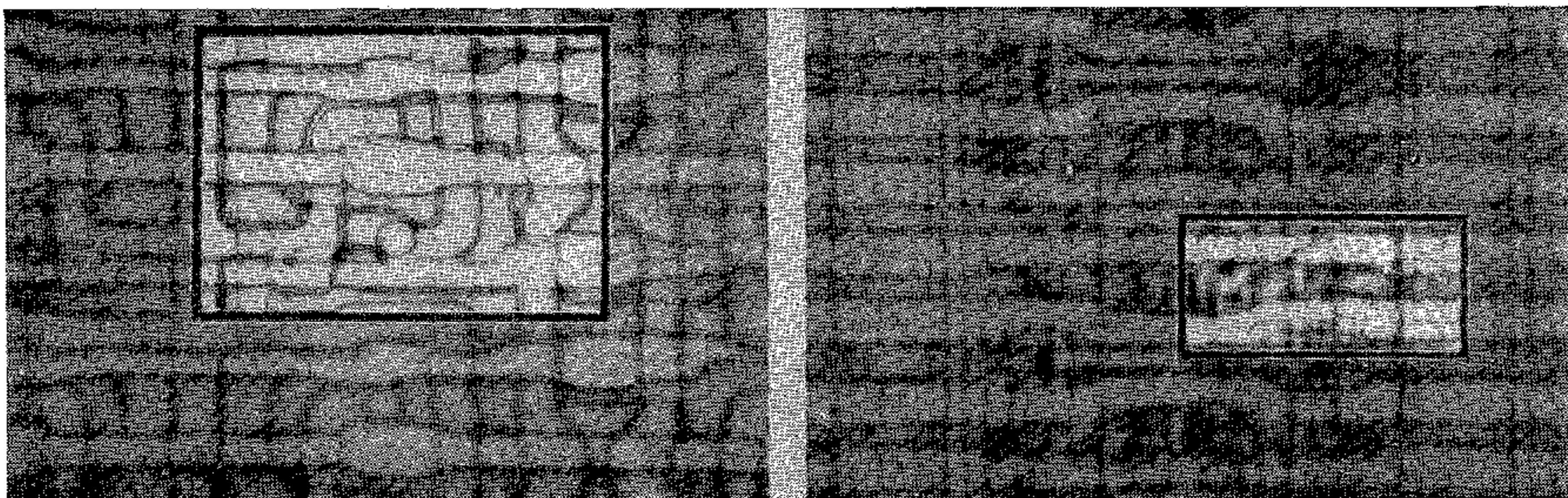


РИС. 1. В 1978 г. фирма Hitachi с помощью своей технологии Hi-C-MOS реализовала запоминающий элемент размером 28×40 мкм и статическое ЗУПВ емкостью 4К (слева). И хотя американские компании казались более заинтересованными в К/МОП-технологии благодаря обе-

спечиваемой ею малой потребляемой мощности, фирма Hitachi первой модернизировала свою технологию путем уменьшения размеров и получила, используя новую технологию Hi-C-MOS II, элемент памяти размером всего 14×28 мкм.

мальными размерами элементов 2 мкм, которая позволяет изготавливать К/МОП-схемы, конкурирующие с п-канальными МОП-схемами по быстродействию и плотности упаковки. «Мы можем достаточно легко переводить свои п-канальные МОП-схемы — и даже приборы, работающие в собственном режиме (native), — на К/МОП-технологии», — заявляет Эндрю Варади, вице-президент по МОП ИС в фирме National (Санта-Клара, шт. Калифорния). Эта фирма в настоящее время выпускает ЗУПВ емкостью 4К, но еще до конца нынешнего, 1981 г. собирается анонсировать приборы емкостью 16К как для микропроцессорной, так и для быстродействующей оперативной памяти.

Серьезным конкурентом в данной области является объединение Harris Semiconductor (Мелберн, шт. Флорида) — крупнейший в США поставщик статических К/МОП ЗУПВ емкостью 4К, — вообще не выпускающее п-канальных МОП БИС. Эта компания в течение более трех лет работала исключительно по К/МОП-технологии с кремниевыми затворами. (В сущности, фирма American Microsystems всегда использовала К/МОП-технологии с кремниевыми затворами). И хотя фирма Harris еще не начала производство статических ЗУПВ емкостью 16К, она, по словам Джеймса Таунсенда, занятого планированием перспективных изделий, намерена в дальнейшем развернуть производство полной серии приборов памяти емкостью 16 и 64К с 8-, 4- и 1-бит словами.

Неудачи. Если говорить о конкретных изделиях, то, например, попытки американских компаний развернуть производство К/МОП-вариантов однокристальных микрокомпьютеров типа широко распространенного прибора 8048 оказа-

лись неудачными. А тем временем компания Nippon Electric Co. объявила о создании такого прибора, фирма Toshiba Corp. начнет в нынешнем году выпускать опытные образцы подобного прибора, а фирма Oki Electric Industry Co., судя по сообщениям, ненамного от них отстала. Кроме того, японские фирмы являются в настоящее время единственными в мире изготовителями статических К/МОП ЗУПВ емкостью 16К как с одноразрядной, так и с байтовой организацией¹.

В программу самого первого заседания Международной конференции по ИС 1981 г., посвященного статическим ЗУПВ, входили пять докладов, четыре из которых были представлены японскими специалистами. Более того, в первых двух речь шла о созданных фирмой Toshiba и Центральной исследовательской лабораторией фирмы Hitachi Ltd. двух К/МОП ЗУПВ емкостью 4К со сверхмалыми типовыми временами выборки — всего 18 нс. Американским компаниям будет весьма нелегко создать приборы памяти с таким же быстродействием по п-канальной МОП-технологии с уменьшенными размерами элементов, а ведь предполагается, что п-канальные МОП-приборы обеспечивают более высокое быстродействие по сравнению с К/МОП-приборами.

Это первое заседание конференции резко ухудшило настроение ее американских участников. Один технолог из фирмы Rockwell International Corp. (Анахайм, шт. Калифорния) сказал: «Я никогда не видел сразу столько подавленных и огорченных людей в одном месте. Японские специалисты портят нам все настроение».

¹ Электроника, 1980, № 27, с. 74.

Наиболее часто в качестве причины использования К/МОП-технологии для создания СБИС называют малое потребление мощности. Компания Hewlett-Packard Co. (Форт-Коллинз, шт. Колорадо) представила на Международную конференцию по ИС доклад о своем исключительно интересном и впечатляющем 32-разрядном микропроцессоре, изготовленном по п-канальной МОП-технологии. Это связано, вероятно, с недавним решением фирмы приостановить разработку высококачественной технологии К/МОП-схем на сапфировых подложках¹. И хотя в трудах конференции это не было указано, при прослушивании доклада выяснилось, что потребляемая кристаллом мощность составляет 7 Вт. В то же время 32-разрядный К/МОП-микропроцессор фирмы Bell Laboratories (Марри-Хилл, шт. Нью-Джерси) рассеивает всего 500 мВт мощности. Правда, в состав кристалла фирмы Bell входит 100 тыс. транзисторов, что составляет менее одной четвертой количества транзисторов в СБИС фирмы HP, однако специалисты фирмы Bell утверждают, что в их кристалле реализовано больше функций, необходимых для настоящего центрального процессора.

В области средств связи, как заявили участники соответствующей публичной дискуссии, К/МОП-технология несомненно займет лидирующее положение, и никто из присутствовавших в аудитории им не возразил. «Причина, — говорит Дональд Уоллесон, управляющий фирмой American Microsystems Inc. (Санта-Клара, шт. Калифорния), — носит технический характер, но достаточно проста. На основе п-канальных МОП-схем просто невозможно реализовать токовое зеркало (генератор пропорционального тока) с питанием от положительного источника». Без такой схемы дифференциальные усилители получаются с худшими характеристиками, а эти схемные блоки представляют собой основу для построения операционных усилителей и линейных схем в целом.

Но говорить, что американские специалисты не имеют достаточного опыта работы и возможностей в области К/МОП-технологии, было бы абсурдным. Однако «американские компании, работающие с К/МОП-приборами, слишком долго занимались производством стандартных К/МОП ИС, — говорит один разработчик ЗУ из фирмы Mostek Corp. (Карролтон, шт. Техас). — Некоторые специалисты этих компаний до сих пор считают, что для каждого п-канального транзистора в этих схемах надо обязательно иметь р-канальную нагрузку. Но это просто неправильно. Ведь при таком подходе не только расходуется площадь кристалла, но и снижается быстродействие схем».

¹ Электроника, 1980, № 20, с. 91.

Современные технические решения. В частности, для схем памяти японские специалисты еще на ранней стадии работ обнаружили, что на К/МОП-схемах следует делать только их периферийные блоки; матрицу запоминающих элементов для получения максимальной плотности упаковки лучше всего оставить п-канальной, особенно если ее нагрузочные приборы выполняются из поликремния второго уровня. А тем

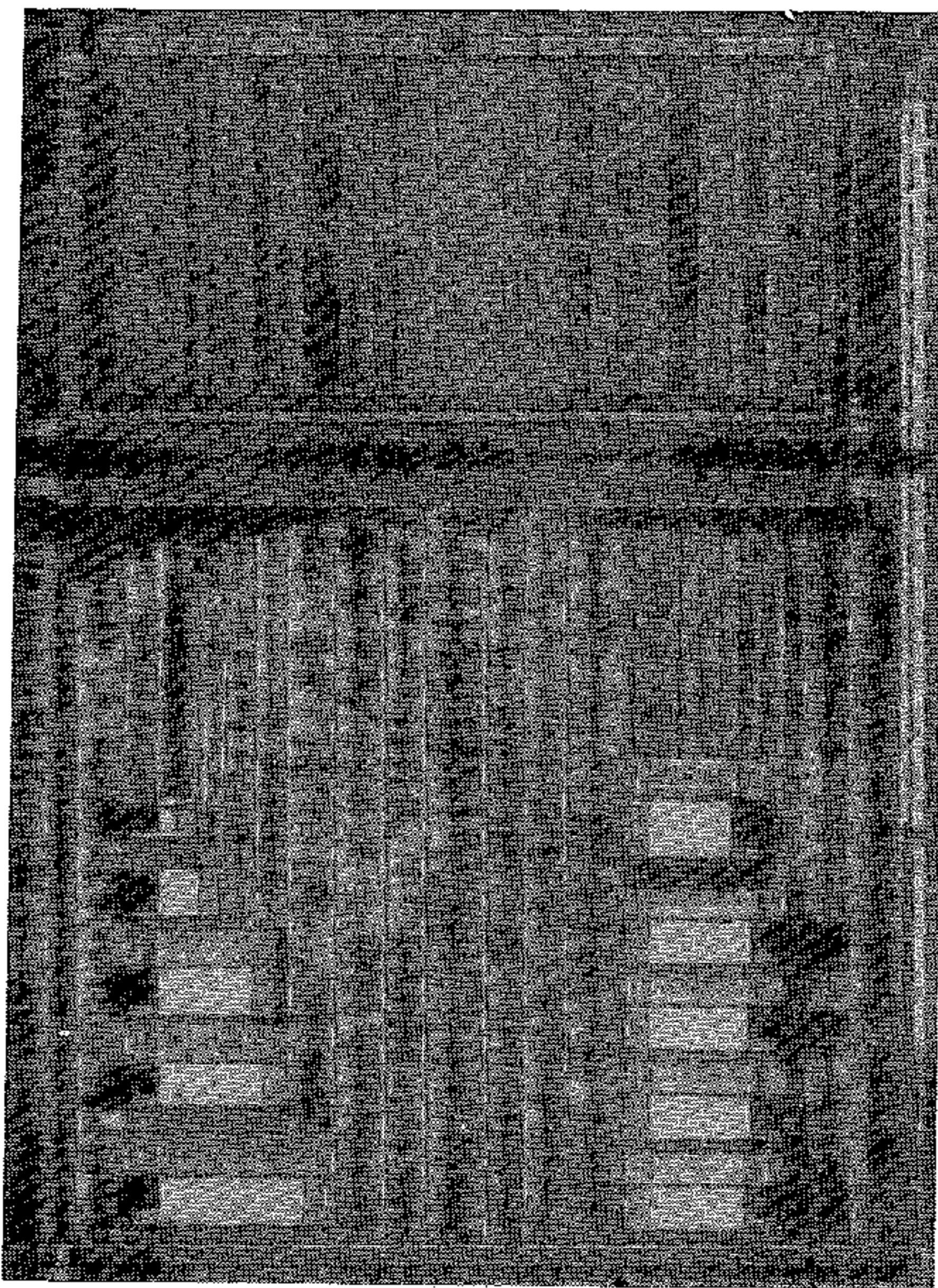


РИС. 2. Этот 32-разрядный К/МОП-микропроцессор фирмы Bell Labs свидетельствует о том, что некоторые американские компании готовы к конкурентной борьбе с японскими изготовителями К/МОП БИС.

временем американские изготовители, более всего стремящиеся реализовать потенциальные возможности К/МОП-технологии в части создания микромощных приборов, применяли в своих ЗУ полные шеститранзисторные статические запоминающие элементы. Они действительно получили малое потребление мощности, но заплатили за это значительным увеличением площади кристаллов и невысоким быстродействием своих приборов. А в итоге оказалось, что японские специалисты смогли снизить потребляемую мощность у своих приборов памяти.

Поэтому следует согласиться с мнением двух специалистов по К/МОП-технологии из фирмы Intel, согласно которому «американские изготовители рассматривали р-канальные приборы в К/МОП-схемах как нечто необходимое, а не как эффективное схемное средство». Один разработчик ЗУ из фирмы Mostek объясняет, что при разумном использовании р-МОП-приборы позволят отказаться от бутстрепных каскадов и реализовать усилители считывания с коэффициентами усиления порядка 10^4 . При помощи таких схемотехнических решений и приемов «К/МОП-приборы можно сделать более быстродействующими, чем п-канальные, независимо от любых различий в быстродействии, свойственных этим технологиям как таковым», — говорит он.

Только начало. Эти два технолога из фирмы Intel согласны с тем, что «компании США только теперь начали по-настоящему использовать входящие в состав К/МОП-схем р-канальные транзисторы». Интересно, что способы использования этих транзисторов разрабатываются изготовителями п-канальных МОП БИС. Ни одна из занимающихся производством К/МОП-приборов компаний (Harris, Intersil, Hughes, National, Motorola, RCA Corp. и AMI) не представила на Международную конференцию по ИС высококачественное К/МОП ЗУ. Это сделала фирма Intel Corp., которая разработала и изготовила статическое К/МОП ЗУ емкостью 4К с типовым временем выборки 25 нс, выполненное по технологии с карманами п-типа. Благодаря такой конструкции производство этого ЗУ можно достаточно легко освоить на технологических линиях по выпуску высококачественных п-канальных МОП БИС.

В других местах такой подход уже принят на вооружение. «Каждое новое К/МОП ЗУ будет изготавливаться по технологии с карманами п-типа», — заявляет Варади из фирмы National Semiconductor.

32-разрядный микропроцессор фирмы Bell Labs выполнен по так называемой К/МОП-технологии типа «домино» с карманами обоих типов, разработанной этой фирмой. Эта «двухкарманная» технология предусматривает формирование с помощью диффузии отдельных карманов п- и р-типов для одновременного изготовления р- и п-канальных транзисторов с наилучшими характеристиками. А термин «домино» относится к новому способу тактирования нескольких п-канальных переключательных транзисторов, соединенных с одной р-канальной нагрузкой. После предварительного заряда импульсы пробегают через вентили как по цепочке фишек домино, благодаря ему обеспечивается сочетание высокого быстродействия и малой потребляемой мощности. Такой способ использования К/МОП-схем весьма разумен; но ведь фирма Bell Labs до сих пор не была известна своими разработками в области К/МОП-приборов.

Другие компании США, явно продвинувшиеся дальше других в части освоения высококачественных вариантов К/МОП-технологии, тоже не относятся к числу известных поставщиков К/МОП-транзисторов. Фирма Motorola, купившая у фирмы Hitachi лицензию на ее технологию Ni-C-MOS, тоже собирается развернуть производство быстродействующих плотноупакованных приборов типа статических ЗУПВ емкостью 16К.