

Преимущества переноса производства микросхем малой степени интеграции на кремниевые пластины большего диаметра

Карина Абагян (АО «Микрон»), Андрей Денисов (НПК «ТЦ»)

Исторически производство кремниевой микроэлектроники развивалось от пластин меньшего диаметра к большему по мере освоения технологий выращивания монокристаллического кремния. На сегодняшний день производство на пластинах 75–150 мм перешло от кремниевых подложек на гетероструктурные материалы, такие как арсенид галлия, ниобат лития, нитрид галлия, карбид кремния и другие. Работа со 100-миллиметровыми кремниевыми пластинами осталась в основном для учебных и исследовательских целей, в вузах и лабораториях, среди которых Tyndall National Institute, Unisonic Technologies, Universal Semiconductor Technology, Inc. (USTI), университеты Калифорнии, Мичигана, Висконсина. С 2012 г. в мире новые фабрики строятся только под пластины диаметром не менее 200 мм.

В России данная тенденция также прослеживается, хоть и появилась с небольшой задержкой. В настоящее время со 75–100-мм пластинами работают 4 малосерийных завода с наследованными технологиями и продуктами, и, по аналогии с мировой дорожной картой развития, данные производства можно перенести на масштабные промышленные площадки с улучшением экономических показателей, таких как ресурсоёмкость, стоимость, технологическая стабильность и коэффициент выхода годной продукции. Ниша производств на 100-миллиметровых пла-

стинах – аналоговые и логические микросхемы низкой интеграции.

Сравним основные показатели производства микроэлектроники на 100-миллиметровых и 200-миллиметровых пластинах.

Съём чипов на единицу площади пластины

В силу технологии выращивания кремниевых монокристаллических пластин имеет круглую форму, а чипы – прямоугольную, поэтому краевые зоны пластины не могут полностью использоваться под размещение

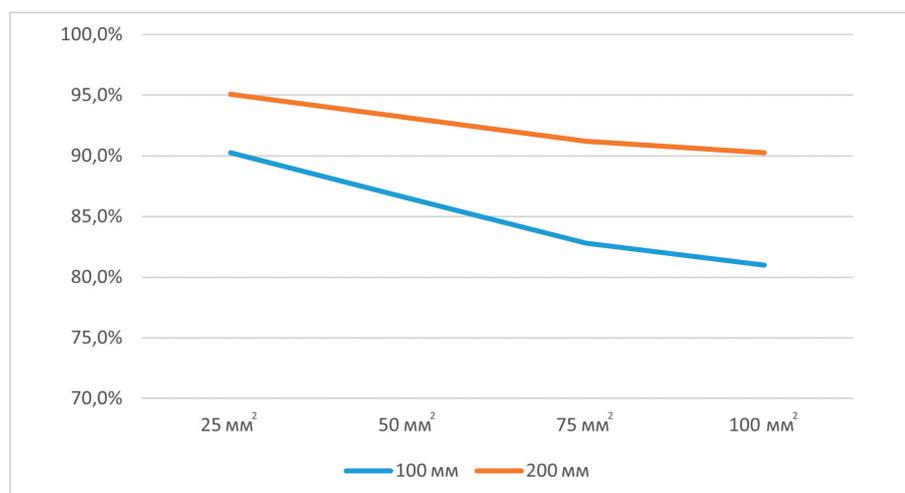


Рис. 1. Отношение: площадь, используемая для рабочих чипов / полная площадь пластины для 100-мм и 200-мм пластин

чипов. Соответственно, действуют две закономерности: чем больше диаметр пластины, тем больше процент эффективной (используемой под рабочие чипы) площади, и чем больше размер самого чипа, тем сильнее выражается этот эффект. В табл. 1 указано, как увеличивается эффективная площадь в зависимости от диаметра пластины. На рис. 1 – влияние размера чипа на зависимость между диаметром пластины и эффективной площадью.

Таким образом, использование 200-мм пластин вместо 100-мм даёт увеличение съёма чипов с пластины на 5–9% и более, что напрямую отражается на себестоимости чипов.

Снижение стоимости единицы площади чипа

На 2023 г. в мире не осталось действующих фабрик, работающих на 100-миллиметровых кремниевых пластинах.

Согласно данным TechInsights, минимальная себестоимость 1 см² 100-мил-

Таблица 1. Отношение: площадь, используемая для рабочих чипов / полная площадь пластины

Размер чипа, мм²	100-мм пластина	200-мм пластина
5×5	90,3%	95,1%
10×10	84,6%	92,2%
15×15	81,0%	90,3%

Таблица 2. Сравнение структуры себестоимости пластин КМОП, 2 металла на 100-мм и 200-мм пластинах

	200-мм	100-мм
Подложка	10,5%	7,3%
Трудозатраты	23,0%	38%
Амортизация	6,4%	0%
Обслуживание оборудования	5,6%	3,2%
Непрямые трудозатраты	9,7%	24,1%
Инфраструктурные системы	30,9%	15,9%
Расходные материалы	13,8%	11,5%



Рис. 2. Структура себестоимости, 200-мм пластина, КМОП, 350 нм, 2 металла



Рис. 3. Структура себестоимости, 200-мм пластина, КМОП, 2 мкм, 2 металла

лиметровый пластины по техпроцессу КМОП из двух металлов составляет \$2013; 200-мм пластины по техпроцессу КМОП из двух металлов – \$765. Почти трёхкратная разница в затратах на производство обусловлена более высоким уровнем автоматизации и лучшей воспроизводимостью (рис. 2, 3).

Общие трудозатраты на производство 100-мм пластины составляют 68,1% против 32,9% для 200-мм, что объясняется высокой долей ручного труда при обработке и измерениях. Для микроэлектроники, требующей высокой чистоты сред производства, минимизация участия людей в техпроцессе является критической задачей, непосредственно влияющей на уровень дефектности и долю брака. Второй фактор, по которо-

му 100-миллиметровые пластины уступают 200-миллиметровым в 2 раза – это затраты на инфраструктурные системы: очищенную воду, электричество, кондиционирование, подачу химических реактивов. Более высокая материалоемкость и энергоёмкость производства на 100-мм обусловлена значительно устаревшим и неэнергоэффективным оборудованием, а также малой серийностью производства (табл. 2).

Таким образом, основными причинами неконкурентоспособности стоимости 100-миллиметровых пластин в сравнении с 200-мм являются низкая автоматизация производства (высокие трудозатраты) и высокая ресурсоемкость оборудования (высокие затраты на инфраструктурное обеспечение).

Выводы

Перенос производства интегральных микросхем низкой степени интеграции со 100-миллиметровых на 200-миллиметровые пластины обеспечит снижение себестоимости чипов и рост их качества и надёжности. При этом производство на 200-мм требует более высокой серийности чипов, и перенос целесообразно сопровождать универсализацией чипов сходного функционала через настраиваемые и программируемые параметры. Исследование проведено в рамках выполнения НИОКР в НПК «Технологический центр» при финансовой поддержке Министерством науки и высшего образования РФ.



НОВОСТИ МИРА

Японцы вкладывают огромные средства, чтобы доминировать на рынке чипов. Renesas покупает Altium почти за \$6 млрд

Японский производитель полупроводников Renesas Electronics заявил, что покупает зарегистрированную в Сиднее компанию по разработке программного обеспечения Altium за 9,1 миллиарда австралийских долларов (5,89 миллиарда долларов) наличными, поскольку компания стремится оптимизировать процесс проектирования электроники.

Японский производитель микросхем, который будет финансировать сделку за счёт банковских кредитов и наличных денег, заявил, что приобретение позволит ему лучше управлять проектированием электроники для клиентов, поскольку основным бизнесом Altium является создание инструментов для проектирования печатных плат.

Япония серьёзно настроена вернуть себе глобальное лидерство и доминирование в



мировой экосистеме производства чипов, заявил CNBC Джеспер Колл, экспертный директор Monex Group, подчеркнув, что японские фирмы располагают огромными резервами незадействованного капитала.

Колл сказал, что «корпорации имеют на своих балансах почти \$5 трлн денежных резервов / нераспределённой прибыли в сочетании с де-факто финансированием с нулевой процентной ставкой со стороны

правительства», что помогает финансировать приобретения и создавать комплексную экосистему чипов.

Совершенно разумно прогнозировать, что к 2028–2030 году Япония будет владеть и управлять одной третью глобальной экосистемы производства чипов, что более чем вдвое превышает её нынешнюю долю, добавил Колл.

industry-hunter.com