



ФОТОННЫЕ И РАДИОФОТОННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ РЫНКА InP-ПЛАСТИН

Е. Догмус¹, Хонг Лин²

¹Yole, Power & Wireless division at Yole Développement, Лиль, Франция

²Yole, Compound Semiconductors division at Yole Développement, www.yole.fr, Лион, Франция

Технологии фотоники – телекоммуникации, устройства передачи данных, лидары, датчики – стали источником роста и развития современного рынка пластин из фосфида индия. Производство перспективных полупроводниковых приборов для фотонных и радиофотонных применений требует использования эпитаксиальных и InP-пластин. Подобные подложки обеспечивают переход технологий приемопередающих устройств к более высоким скоростям передачи данных. По прогнозам аналитиков, компании Yole Développement, за 2018–2024 годы рынок InP-пластин возрастет до 172 миллионов долларов, увеличиваясь со среднегодовыми темпами прироста в 14% в значениях Compound Annual Growth Rate (CAGR).

Статья поступила в редакцию 07.03.2019. Статья принята к публикации 14.03.2019

СРЕДСТВА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ КАК ДВИЖУЩИЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ РЫНКА InP-ПЛАСТИН

InP – старый, но по-прежнему почетный член семейства сложных полупроводников. Основное преимущество этого материала – способность излучать и принимать на длинах волн более 1000 нм, что делает его весьма подходящим для использования в фотонике. Также InP обеспечивает высокое быстродействие и малые помехи в высокочастотной области радиотехники. Несмотря на конкуренцию со стороны GaAs и SiGe, широко используемых в массовом производстве недорогих применений, InP остается главной альтернативой выбора для нишевых рынков, ориентирующихся на высокую производительность. Эти ниши занимают средства связи военного назначения, радары и радиометры, а также оборудование автоматического тестирования. Кроме того, различные промышленные фирмы (например, Skyworks, GCS и IntelliEPI) следят за развитием InP-технологии, рассчитывая использовать ее для развертывания сетей 5G.

В настоящее время реальный импульс развитию рынка InP-пластин дают применения

в сфере фотоники. В области оптических средств связи InP предлагает высокие эксплуатационные характеристики по многим параметрам, включая излучение, фотодетектирование, модуляцию и микширование, что часто проблематично для других полупроводниковых платформ из-за высокой стоимости материала. При этом InP по-прежнему остается базовым материалом при создании лазерных диодов для приемопередающих устройств, используемых производителями телекоммуникационного оборудования и средств передачи данных.

Специфическая особенность рынка коммуникаций – это цикличность его развития, связанная с периодическим переходом к новым связанным технологиям (сегодня уже идет речь о грядущем развертывании сетей 5G). Соответственно, можно выделить периоды массовой реализации инвестиционных планов и периоды приостановки таких проектов. Как ожидается, рынок InP-пластин для телекоммуникационного оборудования в 2024 году достигнет примерно 53 миллионов долларов США (рис. 1). Высокую активность проявляют китайские фирмы (в частности, China Telecom). Кроме того, в рынок средств передачи данных намерены вложить значительные средства такие Интернет-гиганты, как Google, Amazon, Alibaba и прочие.

Развитие глобальной экономики сопряжено с передачей все больших объемов данных с большими же скоростями. Если в период с ноября 2007 года по июнь 2010 года рабочая группа

* *Примечание редактора:* материал перевода отчета компании Yole Développement «InP Wafer and EpiWafer Market – Photonics and RF Application», анонсированного 28.01.2019 года, размещен в выпуске информационного бюллетеня «Зарубежная электронная техника» № 5 (6679) от 07.03.2019 и публикуется с разрешения издателя – АО «ЦНИИ «Электроника».



IEEE одновременно со стандартом 40GbE разрабатывала стандарт 100GbE (100-гигабитный Ethernet, обеспечивающий скорость передачи данных 100 Гбит/с), то с апреля 2013 года уже разрабатывался стандарт Ethernet 400GbE (400-гигабитный Ethernet, обеспечивающий скорость передачи данных 400 Гбит/с). В связи с этим технологии приемопередачи переходят к стандартам (100GbE и 400GbE), и использование InP для них видится наиболее предпочтительным. Рынок пластин для средств передачи данных обещает продемонстрировать взрывообразные темпы роста – CAGR за период 2017–2024 годов составит 14% (CAGR – Compound Annual Growth Rate). И последнее, но не менее важное: потенциальные возможности, открываемые лидарными технологиями, могут оказаться перспективными и для InP-технологии. Повышение рабочей длины волны лидаров, обеспечиваемое InP-технологией (λ до 1,5 мкм), может сделать их практически безопасными для глаз человека (водителя, летчика, оператора) – стекловидное тело человеческого глаза почти полностью состоит из воды, поэтому оказывается почти

непрозрачным для лидара (вода поглощает электромагнитное излучение). Однако НИОКР в этой области находится пока на ранних этапах реализации.

РЫНОК InP-ТЕХНОЛОГИИ СИЛЬНО ФРАГМЕНТИРОВАН

В InP-индустрии работает большое количество фирм, использующих различные бизнес-модели. При этом от уровня производства пластин до уровня производства приборов на основе InP степень концентрации рынка заметно различается. На уровне производства приборов, по данным Yole Développement (www.yole.fr), насчитывается более 30 специализированных на InP-технологии кремниевых заводов и IDM, большинство из них в настоящее время сосредоточены на фотонных ИС. Такие производства расположены по всему миру – от стран Азиатско-Тихоокеанского региона до Европы и США, в основном это IDM, производящие собственную продукцию. Они обладают собственными производственными мощностями по изготовлению эпитаксиальных пластин или подраз-

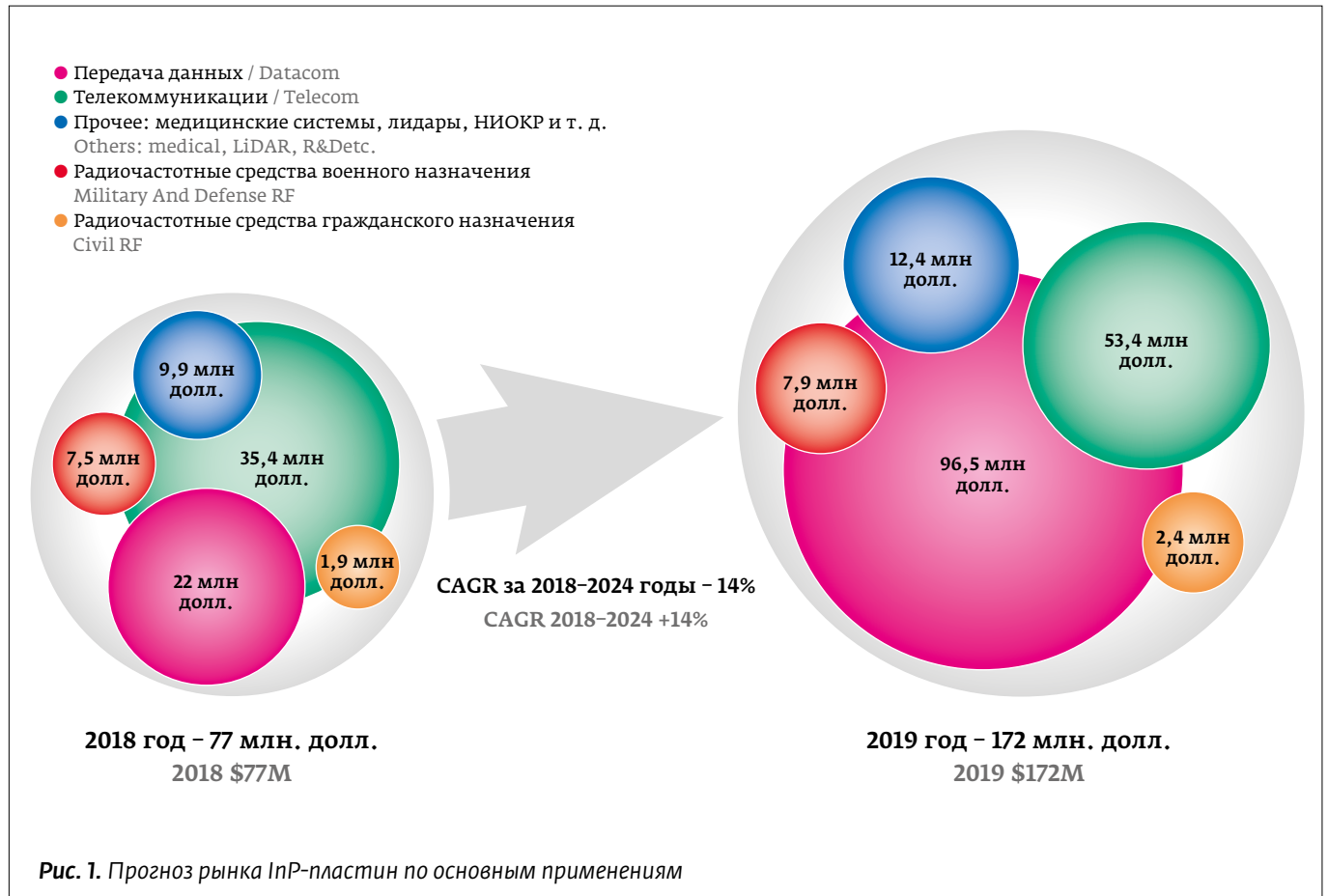


Рис. 1. Прогноз рынка InP-пластин по основным применениям

делениями НИОКР, а также аутсорсинговыми подразделениями для производства эпитаксиальных пластин. Также существуют использующие InP-технологию производства, покупающие необходимые им эпитаксиальные пластины на открытом рынке. По оценкам отраслевых специалистов, нет признаков того, что доля аутсорсинговых фирм на данном рынке будет быстро увеличиваться.

В отличие от сектора производителей приборов, сектор открытого рынка эпитаксиальных пластин высоко монополизирован. Лидер здесь – компания Landmark, ориентирующаяся на фотонные применения. Другой ведущий игрок – компания IQE, которая, помимо фотоники, уделяет серьезное внимание радиочастотным применениям. При рассмотрении рынка InP-пластин оказывается, что он отражает ситуацию на рынке эпитаксиальных пластин, с точки зрения концентрации. Более 80% продаж на рынке контролируют Sumitomo Electric Industries (SEI) и AXT, третье место занимает JX Nippon Group. Другие поставщики либо представляют собой опытно-производственные линии, поставляющие малые партии пластин,

либо занимаются проведением НИОКР. На рис. 2 представлен ландшафт рынка InP-технологии, охватывающий производителей InP-пластин и эпитаксиальных пластин, кремниевые заводы и IDM.

КРЕМНИЕВАЯ ФОТОНИКА И БУДУЩЕЕ INP ФОТОННЫХ ИС

Концепция фотонных ИС не нова. Впервые она была представлена в 1969 году, и с тех пор ее изучали и разрабатывали на основе различных платформ, включая InP, кремниевую фотонику и фотонику на основе полимеров. Фотонные ИС на основе InP широко изучены: InP обеспечивает излучение на длинах волн $\lambda > 1000$ нм, что соответствует нескольким окнам прозрачности телекоммуникационных систем (диапазоны O и S около $\lambda \approx 1,3$ мкм и диапазоны C и L около $\lambda \approx 1,55$ мкм), а также необходимо для ряда других применений. По мнению отраслевых специалистов, существуют вопросы, касающиеся определения монокристаллических InP фотонных ИС. К примеру, лазер с модуляцией на основе электропоглощения (Electro-absorption Modulated Laser, EML) представляет собой монокристаллический при-

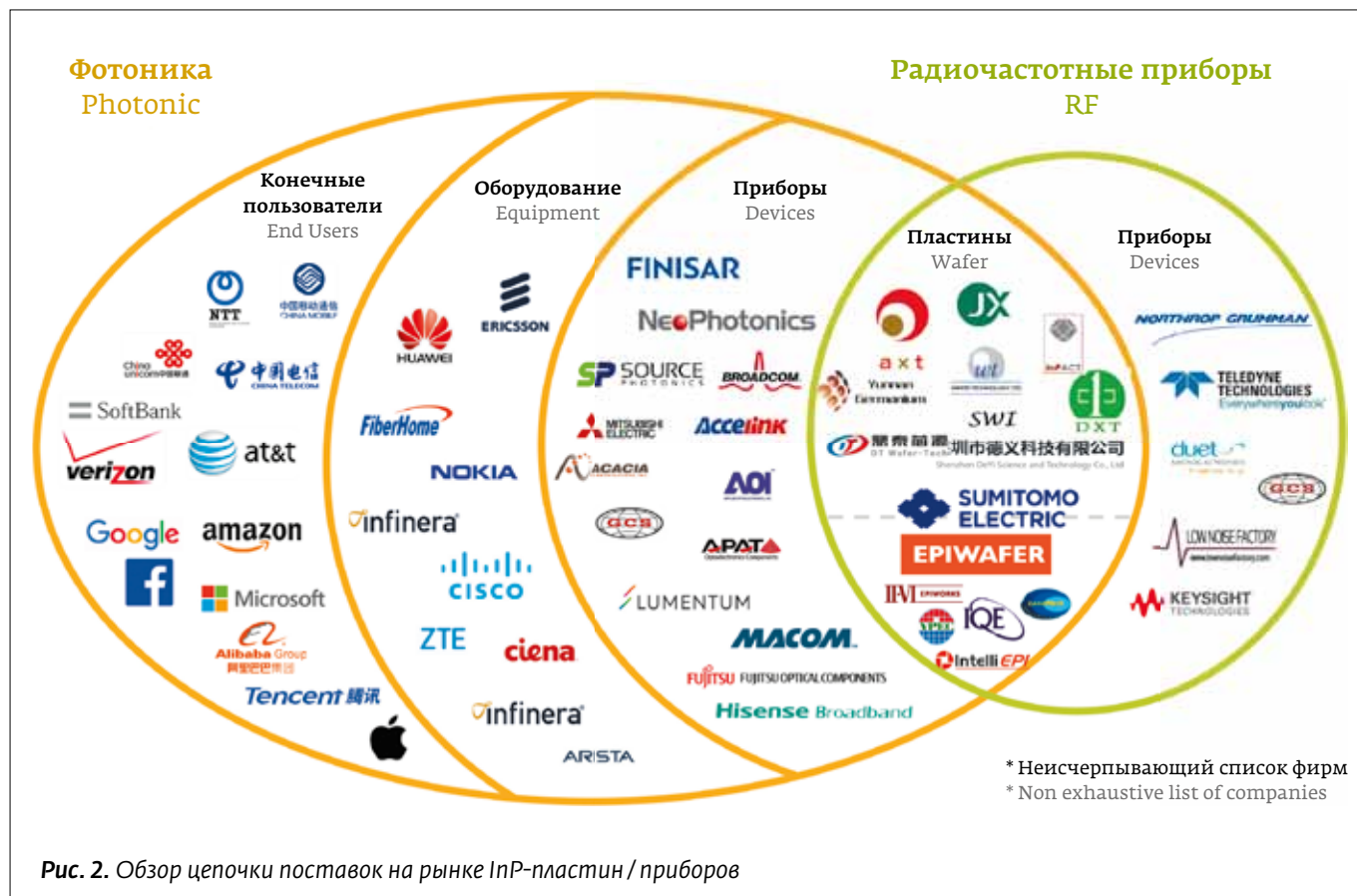


Рис. 2. Обзор цепочки поставок на рынке InP-пластин / приборов

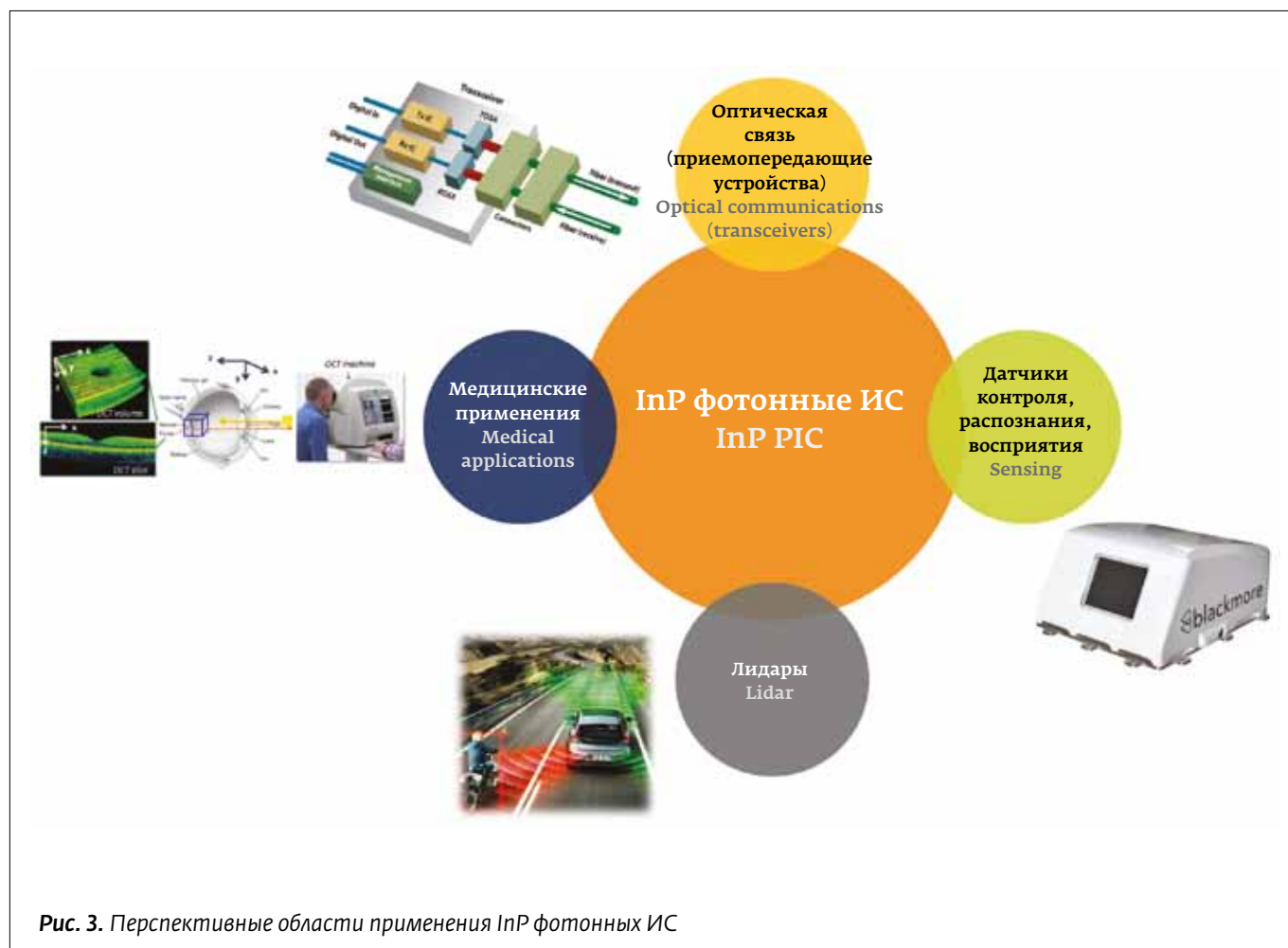


Рис. 3. Перспективные области применения InP фотонных ИС

бор. На самом деле все зависит от уровня интеграции. Полностью интегрированные приборы на основе InP по-прежнему мало доступны на рынке, несмотря на то, что уже имеются различные строительные блоки – пассивные компоненты, компоненты поляризации, фазовые модуляторы, лазеры, демодуляторы и т. п.

В последние годы InP фотонные ИС столкнулись с сильной конкуренцией со стороны кремниевой фотоники, в которую уже осуществили значительные инвестиции такие крупные корпорации, как Intel. Действительно, при сравнении кремниевой фотоники и InP фотонных ИС трудно отрицать ценовое преимущество первой для крупносерийного производства, рассчитанного на различные применения. Это обусловлено тем, что для кремниевой фотоники можно использовать высококачественные пластины большого диаметра (что и обеспечивает снижение удельной стоимости приборов). Однако, хотя InP-технология сталкивалась (и будет сталкиваться) с жесткой конкуренцией со стороны других мате-

риалов, рассматриваемых для фотонных применений, свойственная InP запрещенная зона с прямыми переходами делает этот материал уникальным выбором для ряда применений, в частности лазерных диодов (инжекционных лазеров). Таким образом, InP-лазеры будут существовать еще достаточно долго, по крайней мере для активных оптоэлектронных приборов. Более того, применение InP фотонных ИС имеет смысл на малых рынках, где решающее значение имеет не цена, а эксплуатационные характеристики. К таким применениям можно отнести медицинское оборудование, высококачественные лидары, датчики контроля, распознавания и восприятия, а также оптическую связь (рис. 3). Игроки в этих сегментах, похоже, извлекут выгоды для своего развития из существующей цепочки поставок производителей телекоммуникационного оборудования и средств передачи данных.

www.i-micronews.com/report/product/inp-wafer-and-epiwafer-market-photonic-and-rf-applications.html