БЕЗМАСКОВАЯ ЛИТОГРАФИЯ НА НОВОМ УРОВНЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

MASKLESS LITHOGRAPHY AT NEW LEVEL OF PRODUCTIVITY

DOI: 10.22184/1993-8578.2018.80.1.20.22

Безмасковая лазерная литография позволяет упростить производство полупроводниковых приборов благодаря исключению из технологического процесса операций, связанных с изготовлением, использованием и хранением фотошаблонов. Технологическим лидером в области разработки и производства лазерного оборудования для прямого экспонирования и литографии уже более четверти века является компания Heidelberg Instruments. На выставке SEMICON Europa 2017 немецкая компания анонсировала новую модель установки безмасковой литографии MLA300, которая работает с рекордной производительностью – до 60 пластин/ч. Об этой и других разработках Heidelberg Instruments рассказал директор по продажам в Европе д-р Свен Пройс.

Maskless laser lithography makes it possible to simplify the production of semiconductor devices due to the exclusion from the workflow of operations related to the manufacture, use and storage of photomasks. The technological leader in the development and production of laser equipment for direct exposures and lithography for more than a quarter of a century is the Heidelberg Instruments. At the SEMICON Europa 2017, the German company announced a new MLA300 system, which has a throughput of up to 60 wafers per hour. Dr. Sven Preuss, Sales Director Europe, told us about this and other developments of Heidelberg Instruments.

Господин Пройс, в каких направлениях ведутся разработки в области лазерных систем прямого экспонирования и литографии?

Направления разработок определяются ростом требований пользователей к скорости и точности работы систем лазерного экспонирования. Один из наших ответов на эти вызовы – система безмасковой лазерной литографии MLA300, которую планируется вывести на рынок в 2018 году. Это автоматическая установка, предназначенная для подложек размером до 300×300 мм. Максимальная производительность MLA300 достигает 60 пластин в час, что является абсолютным рекордом для оборудования этого класса.

Наши разработки в области повышения разрешения воплотились в представленной в 2017 году усовершенствованной системе DWL 66+, которая теперь имеет опцию экспонирования с разрешением 300 нм.

Возможно ли дальнейшее повышение разрешения и скорости экспонирования?

Критическим параметром для скорости экспонирования является мощность лазера. Поскольку лазерная техника постоянно улучшается, можно прогнозировать, что и производительность лазерных экспонирующих установок будет повышаться. Разрешение ограничено законами физики, поэтому вряд ли следует рассчитывать на существенное улучшение этого параметра.

Развитие электронно-лучевой литографии может стать вызовом для производителей лазерных систем?

Электронно-лучевая литография предназначена для другого сегмента рынка. Ее использование целесообразно, если требуется получить структуры с размером элементов в десятки нанометров, а скорость экспонирования не принципиальна. Мы предлагаем оборудование, которое имеет меньшее разрешение, чем электронно-лучевые системы, но существенно более высокую производительность, и может применяться не только в исследованиях и разработках, но и в серийном и массовом производстве полупроводниковых приборов.

Как вы оцениваете объем рынка для систем лазерного экспонирования?
С разработкой серии MLA потенциальный рынок значительно увеличился, поскольку появилась реальная перспектива постепенной замены нашим оборудованием традиционных литографических систем. Если раньше заказчики покупали одну систему для лазерного экспонирования фотошаблонов на несколько единиц традиционного литографического оборудования, то теперь тенденцией становится постепенный отказ от морально уста-

Mr. Prouss, what are the areas of development of laser systems for direct exposures and lithography?
Areas of development are determined by increasing user requirements for the throughput and accuracy of laser exposure systems. One of our answers to these challenges is the MLA300 laser system for maskless lithography, which is planned to be launched on the market in 2018. This is an automatic equipment designed for substrates up to 300×300 mm. Maximum throughput of MLA300 reaches 60 wafers per hour, which is an absolute record for equipment of this class. Our developments in the field of resolution enhancement were embodied in the advanced DWL 66+ system introduced in 2017, which now has a 300 nm resolution mode.

Is it possible to further increase the resolution and speed of exposure?
The critical parameter for the exposure rate is the laser power. As laser technology is constantly improving, it can be predicted that the throughput of laser exposure systems will increase. The resolution is limited by the laws of physics, so one should hardly expect a significant improvement in this parameter.

The development of electron-beam lithography can be a challenge for manufacturers of laser systems?
Electron beam lithography is intended for another market segment. Its use is advisable if it is required to obtain structures with a topology size of tens of nanometers, and the speed of exposure is not important. We offer equipment that has a lower resolution than electron beam systems, but much higher throughput, and can be used not only in research and development, but also in mass production of semiconductor devices.

How do you estimate the volume of the market for laser exposure systems?
With the development of the MLA series, the potential market has significantly increased, since there is a real prospect of a gradual replacement of traditional lithographic systems with our equipment. Previously, customers bought one system for mask making to several units of traditional lithographic equipment, but now the trend is gradually phasing out obsolete photolithography systems in favor of our solutions for direct writing.

What are the advantages of Heidelberg Instruments' equipment in comparison with analogues?
Our company is distinguished from competitors, firstly, by 30 years of experience in the market of laser exposure systems, and secondly, by the fact that we ourselves develop all the main components, including optics and electronics, as well as software, and can offer to our customers really unique solutions. As a result, more than 800 units of our equipment are installed in more than 50 countries of the world, and such developments as the MLA300 and the new DWL 66+ are virtually unmatched.

What is the sales structure of Heidelberg Instruments' equipment?
Approximately two thirds of our sales come from scientific and educational institutions and one third from industry. But industrial enterprises often use our equipment for research and development, as well as for the manufacture of experimental series of products. The launch of the MLA300 system will certainly strengthen our position in the industrial segment.

How do you assess the position of Heidelberg Instruments on the Russian market?
Russia is a fairly dynamic market, where our solutions are in a strong demand. Currently, about 50 laser exposure systems have been installed, and we highly appreciate the results of cooperation with our Russian partner, MINATEH.

Interview: Dmitry Gudilin

ревших систем фотолитографии в пользу наших решений для прямого экспонирования.

Каковы преимущества оборудования Heidelberg Instruments по сравнению с аналогами?
Нашу компанию отличают от конкурентов, во-первых, 30-летний опыт работы на рынке систем лазерного экспонирования, во-вторых, тот факт, что мы сами разрабатываем все основные компоненты, включая оптику и электронику, а также программное обеспечение, и можем предлагать заказчикам действительно уникальные решения. Как результат, в более чем 50 странах мира установлено свыше 800 единиц нашего оборудования, а такие разработки, как MLA300 и обновленная DWL 66+, фактически не имеют аналогов.

Какова структура продаж оборудования Heidelberg Instruments?
Примерно две трети наших продаж приходится на научные и образовательные учреждения и одна треть – на промышленность. При этом промышленные предприятия нередко используют наше оборудование для исследований и разработок, а также изготовления опытных серий изделий. Вывод на рынок системы MLA300, безусловно, укрепит наши позиции в промышленном сегменте.

Как вы оцениваете позиции Heidelberg Instruments на российском рынке?
Россия – достаточно динамичный рынок, на котором наши решения пользуются устойчивым спросом. В настоящее время установлено уже около 50 систем лазерного экспонирования, и мы высоко оцениваем результаты сотрудничества с нашим российским партнером – компанией "МИНАТЕХ".

Интервью: Дмитрий Гудилин

РАЗРАБОТАНА НОВАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ "ОПТИЧЕСКИХ ГРЕБЕНОК" В ОПТИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРАХ

Год назад ученые под руководством профессора физического факультета МГУ и научного директора РКЦ Михаила Городецкого разработали метод, помогающий контролировать количество солитонов в так называемых оптических резонаторах. Резонатор представляет из себя кольцевую ловушку для света, в которой фотон движется по кругу, отражаясь от стенок.

Солитоны – локализованные волны, которые рождаются в резонаторах, если показатель преломления материала, составляющего резонатор, является нелинейным и определенным образом зависит от длины волны. При выполнении данных условий лазерный луч дробится на отдельные солитоны (происходит автофокусировка в сверхкороткие фемтосекундные импульсы). Ученых особенно интересует получение так называемых "оптических гребенок" – солитонов с характерным, похожим на расческу оптическим спектром, в котором расстояние между соседними пиками соответствует времени обхода светом полного круга. Такие системы могут найти применение для решения множества прикладных задач.

Проблемой является то, что при возникновении гребенок в резонаторах, которые изготавливаются на основе фторида магния MgF_2, плавленого кварца или других материалов, возникает ряд вредных эффектов. К ним относится так называемое комбинационное рассеяние (эффект Рамана), связанный с собственными колебаниями отдельных молекул вещества, в результате которых падающий свет переизлучается уже на другой длине волны. Этот пороговый эффект зависит от интенсивности излучения, состава самого вещества и проявляется в разрушении солитонов и искажении их спектра. Ранее при расчетах резонаторов ученые учитывали это явление, вводя некоторую поправку.

В новой работе изучена природа явления и предложена математическая модель, описывающая генерацию оптических гребенок при точном учете комбинационного рассеяния. Эта модель позволила предсказать ряд новых, ранее неизвестных эффектов. Так, оказалось, что в случае нормальной дисперсии из-за комбинационного рассеяния импульсы искажаются гораздо сильнее: они разрушаются, начинают раздваиваться и т.д. Полученный математический аппарат необходим ученым, чтобы понимать, как получать оптические гребенки в средах с нормальной дисперсией, которой характеризуется большинство известных нам веществ. В дальнейшем эксперименты должны показать правильность полученных выводов на примере платиконов – импульсов, вершина спектра которых похожа на плато.

"Солитонными гребенками занимаются в нескольких лабораториях мира, но мы со швейцарскими коллегами были первыми, кто их в свое время продемонстрировал. В последнее время оптические гребенки находят все более широкое применение в сверхточной спектроскопии, для повышения скорости передачи информации в телекоммуникационных сетях, в лидарах, – пояснил М.Городецкий. – Недавно немецкие ученые при помощи оптических гребенок смогли с высокой точностью измерить то, как пуля меняет свою форму в полете из-за сопротивления воздуха".

В перспективе оптические гребенки позволят ученым разработать оптические генераторы на основе всего одного чипа, способные создавать излучение с любой заранее заданной частотой. Кроме того, они могут применяться в миниатюрных спектрометрах для анализа веществ, с которым в настоящее время могут справиться лишь громоздкие приборы.

Исследование проводилось совместно с учеными из Российского квантового центра, Университета ИТМО и Университета Бата (Великобритания).

МГУ имени М.В. Ломоносова