



## НОВОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ОТ IBS

### NEW SOLUTION FOR ION IMPLANTATION DEVELOPED BY IBS

DOI: 10.22184/1993-8578.2018.83.3.198.200



Французская компания IBS (Ion Beam Services) хорошо известна в России и во всем мире своими системами ионной имплантации для легирования полупроводниковых пластин и эпитаксиальных структур. До 85% оборудования IBS поставляется на экспорт, в том числе в нашу страну. Системы серии IMC для мелко- и среднесерийного производства, а также исследований и опытно-конструкторских разработок отлично зарекомендовали себя в Новосибирске, Зеленограде, Москве. Также компания выпускает установки плазменной иммерсионной ионной имплантации PULSION, которые характеризуются сочетанием низкой энергии ионов и высокой дозы, стабильности процесса и возможности точного контроля глубины легирования. В 2017 году IBS представила новую разработку – платформу FLEXion, о которой нашему журналу рассказал первый заместитель генерального директора, д-р Жиль Матье.

The French company IBS (Ion Beam Services) is well known in Russia and around the world for its ion implantation systems for doping semiconductor wafers and epitaxial structures. Up to 85% of equipment manufactured by IBS is exported, including to Russia. IMC systems for small- and medium-scale production, as well as for R&D have proven themselves in Novosibirsk, Zelenograd, Moscow. Also, the

company offers PULSION plasma immersion ion implantation systems, which are characterized by a combination of low ion energy and high dose, process stability and the possibility of precise control of the depth of doping. In 2017, IBS introduced a new development – the FLEXion platform. The first deputy general director, Dr. Gilles Mathieu, explains the features of this system.

**Господин Матье, какие преимущества обеспечивает новая система ионной имплантации?**

Во-первых, FLEXion позволяет выполнять имплантацию однозарядных ионов с энергиями до 400 кеВ, что в два раза выше, чем в установках серии IMC. Я считаю это значение максимальным для практического использования, поскольку дальнейшее увеличение энергии приведет к высокому нагреву и возникновению сильного рентгеновского излучения. Во-вторых,

если ранее в нашем оборудовании разрешение по массе  $M/\Delta M$  составляло 100 единиц, то теперь оно увеличено до 150. При этом FLEXion позволяет имплантировать большинство элементов периодической таблицы. Третье преимущество новой системы – увеличенное время эксплуатации источника ионов между обслуживаниями. Если раньше этот период не превышал 40 ч, то теперь, благодаря новой конструкции с размещением нити катода вне ионизационной камеры,

он достигает 300 ч. И, наконец, четвертое преимущество новой модели – примерно на 20% более высокий ток ионного пучка. Следует особо отметить, что наряду с расширенными возможностями и улучшенными характеристиками, новая модель имеет меньшую цену, чем у оборудования конкурентов.

### **На какие сегменты рынка ориентирована новая система?**

FLEXion оптимальна для научных исследований, разработки новых приборов, прототипирования, выпуска пробных, малых и средних серий продукции. Одна такая система уже установлена, вторая будет введена в эксплуатацию в Китае, третья – в Индии.

### **В каких направлениях планируется развивать оборудование и технологии IBS?**

Одна из наших целей – стать ведущим поставщиком систем ионной имплантации для производства приборов на карбиде кремния. Этот сегмент рынка сравнительно мал, но имеет устойчивую тенденцию к росту, причем после 2020 года его развитие может резко ускориться. Вместе с тем, производство приборов на карбиде кремния характеризуется специальными требованиями к оборудованию и технологиям, что обособливает эту нишу и делает ее малоинтересной для разработчиков оборудования, ориентирующихся на крупные фабы и массовое производство. Мы же готовы предложить действительно эффективные решения для ионного легирования карбида

кремния, в том числе на базе новой платформы FLEXion.

Вторая интересная область для нас – ионная имплантация 3D-структур. Традиционные технологии ионной имплантации ориентированы на планарные системы и при обработке трехмерных структур сталкиваются с рядом проблем. Мы располагаем опытом создания оборудования на базе плазменной иммерсионной ионной имплантации, которая позволяет контролируемо легировать в том числе боковые стенки сложных наноструктур.

Думаю, что указанные направления обеспечат новые импульсы для развития как отрасли в целом, так и нашей компании.

### **Как вы оцениваете перспективы развития российского полупроводникового рынка?**

Я считаю, что российские предприятия вряд ли смогут быть конкурентоспособными в области массового производства приборов для бытовой электроники, поэтому им целесообразно сосредоточить свои усилия на высокотехнологичных решениях. Россия – один из мировых лидеров в области исследований полупроводников, и разработка новых приборов на основе модифицированных материалов может стать действительно прорывным направлением. Мы и наши партнеры из компании "Техноинфо" приложим максимум усилий, чтобы содействовать развитию научных институтов и предприятий российской микро- и нанoeлектроники.

*Интервью: Дмитрий Гудилин*

### **Mr. Mathieu, what are the advantages of the new ion implantation system?**

First, FLEXion allows implantation of singly charged ions with energies up to 400 keV, which is twice as high as in the equipment of IMC series. I consider this value to be the maximum for practical use, since a further increase in energy will lead to high heating and the appearance of strong X-ray radiation. Secondly, if earlier in our equipment the mass resolution  $M/\Delta M$  was 100 units, now it is increased to 150. In this case,

FLEXion allows to implant most of the elements of the periodic table. The third advantage of the new system is the extended lifetime of the ion source between services. If earlier this period did not exceed 40 hours, now, thanks to a new design with placement of the cathode outside the ionization chamber, it reaches 300 hours. And, finally, the fourth advantage of the new model is about 20% higher ion beam current. It should be specially noted that, along with expanded features and improved capabilities, the new model has a

lower price than that of competitors' equipment.

### **On which market segments is the new system oriented?**

FLEXion is optimal for scientific research, development of new devices, prototyping, production of small and medium series of products. One such system has already been installed, the second will be put into operation in China, the third – in India.

### **What are the areas of development of IBS' equipment and technologies?**



One of our goals is to become a leading supplier of ion implantation systems for the production of silicon carbide devices. This segment of the market is relatively small, but it has a stable tendency to grow, and after 2020 its development can dramatically accelerate. At the same time, the production of silicon carbide devices is characterized by special requirements for equipment and technologies, which detaches this niche and makes it less interesting for developers of equipment that focus on large fabs and mass production. We are ready to offer really effective solutions for ion doping of silicon carbide, including, on the basis of the new FLEXion platform.

The second interesting area for us is the ion implantation of 3D structures. Traditional ion implantation technologies are oriented to planar systems, and when dealing with three-dimensional structures they face a number of problems. We have experience in creating equipment based on plasma immersion ion implantation, which allows you to control the doping process, including in the side walls of complex nanostructures.

I think that these areas will provide new impulses for the development of both the industry as a whole and our company.

### How do you assess the prospects for the development of the Russian semiconductor market?

I believe that Russian enterprises are unlikely to be competitive in the mass production of consumer electronics devices, so they should focus their efforts on high-tech solutions. Russia is one of the world leaders in semiconductor research, and the development of new devices based on modified materials can become a truly breakthrough area. We and our partners – TechnoInfo Ltd. will do our best to promote the development of scientific institutes and enterprises of Russian micro- and nanoelectronics.

*Interview: Dmitry Gudilin*

## В МГУ И МАИ ВЕДУТСЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ВАКУУМНОГО МАСЛА В КОСМОСЕ

Сотрудники Научно-исследовательского института механики МГУ имени М.В.Ломоносова и Центра новых космических технологий МАИ описали поведение свободной жидкой пленки в открытом космосе.

Устойчивость пленки жидкости в обычных условиях зависит в основном от того, как она взаимодействует с окружающим воздухом. Наиболее существенный эффект – так называемая неустойчивость Кельвина-Гельмгольца – возникает из-за трения жидкости о воздух, когда разность скоростей двух сред приводит к появлению на поверхности жидкости ряби, возникновению волн, срыву капель и т.д. Авторы нового исследования теоретически изучили, как будет вести себя свободная пленка жидкости в вакууме, когда отсутствует взаимодействие с окружающей средой. Исследование проведено на примере так называемого вакуумного масла – жидкости, у которой вязкость, теплопроводность и поверхностное натяжение существенно зависят от температуры (такие жидкости используются, например, в паромасляных насосах).

На практике знание поведения жидкостей в условиях открытого космоса необходимо для развития новых технологий охлаждения космических аппаратов. В перспективе на космических аппаратах длительного действия могут начать применять так называемые капельные радиаторы-охлаждатели, в которых жидкость системы охлаждения пропускается через специальные форсунки и каплями выбрасывается в открытый космос. За счет большой суммарной поверхности мелких капель удастся достичь высокой эффективности охлаждения жидкости. В то же время возникает проблема сбора капель и возврата жидкости на борт космического аппарата. Одно из решений – попробовать собирать остывшие капли на специальную жидкую пленку. Проблема устойчивости течения такой пленки в открытом космосе и посвящено исследование специалистов МГУ и МАИ.

"Обычно жидкие струи и пленки очень быстро разбиваются на капли из-за неустойчивости Кельвина-Гельмгольца, связанной с трением

о воздух. В космосе эта неустойчивость исчезает, поэтому необходимо исследовать другие возможные причины фрагментации жидкости. Мы выяснили, какие еще неустойчивости могут проявиться в жидкой пленке в условиях, когда нет окружающего воздуха, но течение существенно неизолированное из-за излучения тепла с поверхности пленки", – рассказал профессор Александр Осипцов, заведующий лабораторией механики многофазных сред НИИ механики МГУ.

С помощью классических подходов теории гидродинамической устойчивости исследователи математически описали поведение пленки вакуумного масла в открытом космосе. Оказалось, что в отсутствие трения о воздух начинают проявляться неустойчивости, связанные с градиентами вязкости и поверхностного натяжения. Вследствие излучения тепла возникает неоднородность температуры как на поверхности, так и внутри пленки, что приводит к неоднородности вязкости и поверхностного натяжения и является причиной появления новых механизмов неустойчивости.

Исследователи математически описали возникновение неустойчивостей в потоке жидкости, изучили, каким образом коротковолновые и длинноволновые возмущения развиваются во времени, определили наиболее опасные типы возмущений. В дальнейшей работе ученые планируют продолжить развитие теоретической модели и описать более сложные процессы, которые могут возникать в системе.

"Пока мы исследовали малые возмущения и нашли условия, при которых они изменяются или стабильны, определили критерии неустойчивости. В дальнейшем нужно решать более сложные задачи, исследовать как развиваются возмущения на нелинейной стадии, за какое время в пленке возникают неоднородности толщины и "дырки", как быстро пленка может распадаться на капли, а главное – необходимо научиться управлять процессом и стабилизировать устойчивый режим течения", – добавил А.Осипцов.

[www.msu.ru](http://www.msu.ru)