



НОВОЕ В НАНОПОЗИЦИОНИРОВАНИИ. ШЕСТИКООРДИНАТНАЯ ЛЕВИТИРУЮЩАЯ ПЛАТФОРМА PIMag 6D

А.Горобинский*, к.ф.-м.н. / info@eurotek-g.com

Для развития современных технологий высокоточного приборостроения необходимы прецизионные системы позиционирования. Миниатюризация элементной базы, улучшение технических параметров оборудования требуют изменений в технологических процессах производства, в частности при позиционировании. При решении задач перемещения в микро- и нанометровом диапазонах лидирующие позиции занимают приводы на пьезоэффекте. Вместе с тем, компания Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG развивает новое направление в нанопозиционировании, в основе которой лежит эффект магнитной левитации.

Такие системы могут быть востребованы наукой и промышленностью. Например, при обработке и контроле полупроводниковых пластин для микроэлектроники возникает задача высокоточного одновременного перемещения подложек по нескольким направлениям. Для этого часто используются системы с приводом, основанным на аэростатических подшипниках. Вместе с тем, новые технологии требуют точности позиционирования в нанометровом диапазоне, высоких динамических характеристик, адаптации для работы в вакууме. Также важно минимизировать количество посторонних частиц, контактирующих с поверхностью изделий на всех стадиях их производства. Для отвечающей таким требованиям системы позиционирования компания Physik Instrumente (PI) разработала шестикоординатную, левитирующую в магнитном поле, платформу (рис.1).

Магнитная левитация – метод подъема объекта с помощью магнитного поля. Исследования в данном направлении ведутся давно, но на рынке не представлены устройства, позволяющие перемещать объект с высокой точностью. В первую очередь это связано со сложностью установления динамической устойчивости подвижной платформы.

Система PIMag 6D состоит из статора и подвижной платформы. Магнитное поле создается при помощи

SETTING TRENDS IN NANOPositionING TECHNOLOGY. SIX-AXIS LEVITATING PLATFORM PIMag 6D

A.Gorobinsky*, PhD / info@eurotek-g.com

Development of modern technologies for high-precision instrument making requires precision positioning systems. Miniaturization of the electronic component and improvement of the technical parameters of the equipment demand changes in the technological processes, particularly, in positioning. The leading roles in solving the tasks of movement in the micro- and nanometer ranges belong to the drives based on the piezoelectric effect. At the same time, Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG develops a new direction in nanopositioning, which is based on the effect of a magnetic levitation.

Such systems can be of high demanded in science and industry. For example, in processing and control of the semiconductor plates for microelectronics there is a problem of high-precision simultaneous movement of substrates in several directions. For this purpose systems with a drive based on aerostatic bearings are often used. At the same time, new technologies demand accuracy of positioning in the nanometer range, high dynamic characteristics and adaptation for operation in vacuum. Besides, it is important to minimize the number of the extraneous particles contacting with the product's surfaces



Рис.1. Общий вид шестикоординатной, левитирующей в магнитном поле платформы PIMag 6D
Fig.1. General view of PIMag 6D platform, six-axis, levitating in a magnetic field

*ООО "Евротек Дженерал"

*Eurotek General

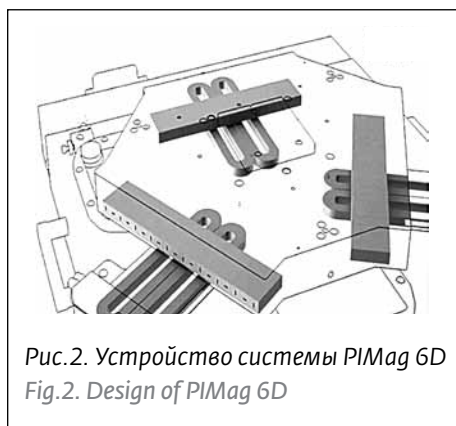


Рис.2. Устройство системы PIMag 6D
Fig.2. Design of PIMag 6D

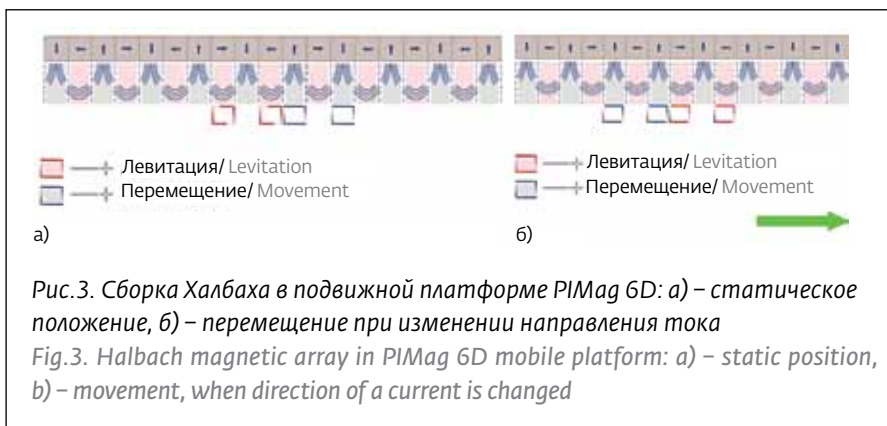


Рис.3. Сборка Халбаха в подвижной платформе PIMag 6D: а) – статическое положение, б) – перемещение при изменении направления тока
Fig.3. Halbach magnetic array in PIMag 6D mobile platform: a) – static position, b) – movement, when direction of a current is changed

шести электромагнитных катушек, попарно расположенных в статоре (рис.2).

Направление векторов намагниченности в элементах сборки обозначено синими стрелками. Компоненты ее сориентированы так, чтобы повторялась последовательность направлений вектора намагниченности (вниз, влево, вверх, вправо и так далее). В результате суперпозиции магнитных полей происходит компенсация магнитного потока с одной стороны сборки и его усиление с другой.

Сборки Халбаха в системе PIMag 6D ориентированы так, чтобы создаваемое магнитное поле взаимодействовало с полем электромагнитных катушек. Каждая сборка взаимодействует с двумя катушками. В статическом положении направления тока в катушках противоположны, его величина определяет положение платформы вдоль вертикальной оси. Изменения направления тока позволяют осуществить перемещение вдоль осей XY (рис.3б).

Применение в подвижной платформе магнитной сборки Халбаха позволило увеличить нагрузочную способность системы и минимизировать энергопотребление создающих магнитное поле катушек. Наличие в подвижной платформе только пассивных элементов,

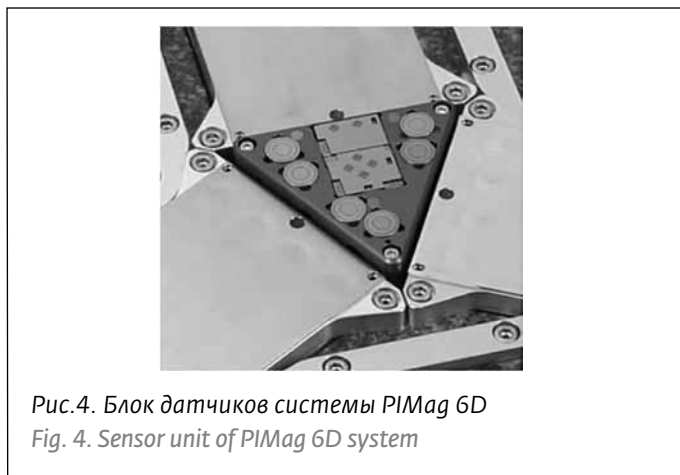


Рис.4. Блок датчиков системы PIMag 6D
Fig. 4. Sensor unit of PIMag 6D system

at all the stages of their manufacture. Physik Instrumente has developed six-axis levitating in the magnetic field – PIMag 6D platform, which meets such requirements to a positioning system (Fig.1).

Magnetic levitation is a method of lifting of an object by means of a magnetic field. Researches in the given direction have been going on for a long time, but the devices allowing us to move an object with high accuracy are still not available in the market. First of all this is due to the complexity of achievement of a dynamic stability of a mobile platform.

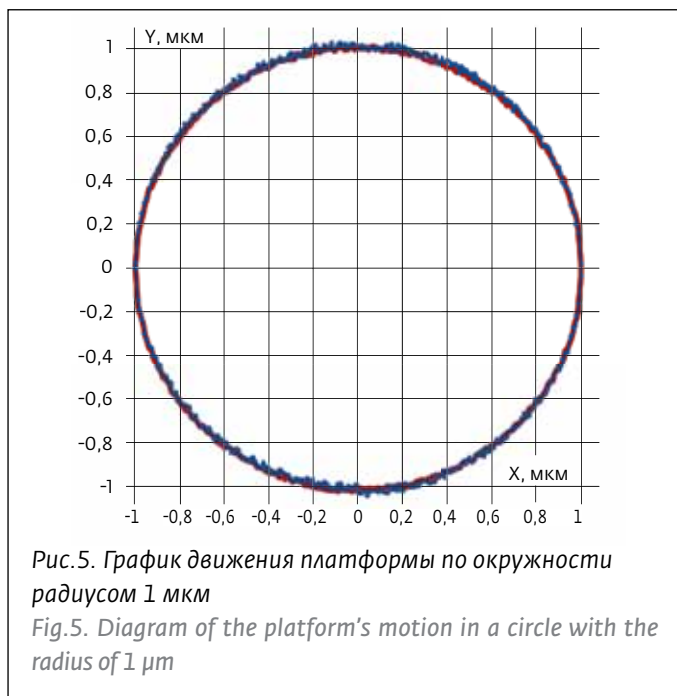
PIMag 6D system consists of a stator and a mobile platform. A magnetic field is created by means of six electromagnetic coils located in the stator in pairs (Fig.2).

Over the coils in the mobile platform there are Halbach magnetic arrays, a special configuration of constant magnets, the specific feature of which is that due to a special arrangement of the elements a magnetic field on one side of the arrays is practically non-existent (Fig.3).

The direction of the magnetization vectors in the array elements is marked by blue arrows. Its components are oriented in such a way that the sequence of directions of the magnetization vector (downwards, to the left, upwards, to the right) is repeated. Due to a superposition of the magnetic fields there is a compensation of a magnetic flux on one side of the array and its strengthening on the other.

Halbach arrays in PIMag 6D system are oriented in such a way that the created magnetic field interacts with the field of the electromagnetic coils. Each array interacts with two coils. In a static position the directions of the current in the coils are opposite, and its size determines position of the platform along the vertical axis. Changes of the direction of the current allow us to carry out movement along XY axes (Fig.3b).

Application of Halbach magnetic arrays in a mobile platform allowed to increase the loading capacity of the system and to minimize the power consumption of the coils, which create the magnetic field. Availability in the



Основные технические характеристики PIMag 6D
Basic technical characteristics of PIMag 6D

Характеристика Characteristics	Значение Values	Ед. измер. Units of measurement
Диапазон перемещений, X, Y Travel range, X, Y	100 × 100	мм mm
Диапазон перемещений, Z Travel range, Z	0,15	мм mm
Вращение вокруг осей X, Y, Z Rotation around axes X, Y, Z	0,25	°
Разрешение X, Y Resolution X, Y	10	нм nm
Максимальная скорость Maximum speed	100	мм/с mm/s
Максимальное ускорение Peak acceleration	2	мм/с ² mm/s ²
Нагрузочная способность Load capacity	0,5	кг kg

не требующих подключения кабелей питания, позволяет повысить точность позиционирования.

Для высокой точности позиционирования система оснащена шестью оптическими и емкостными датчиками (рис.4). Оптический 2D-сенсор имеет разрешение 10 нм и позволяет отслеживать линейные перемещения вдоль осей X, Y и вращение вокруг вертикальной оси на угол $\pm 0,25^\circ$.

На рис.5 представлен график движения платформы PIMag 6D по окружности радиусом 1 мкм. Красная линия – целевое положение платформы, синяя линия – положение платформы, измеренной при помощи внешних приборов. Видно, что отклонение от траектории составляет всего несколько нанометров.

Для отслеживания перемещения по вертикальной оси и вращения вокруг осей X, Y используются емкостные датчики. Система оснащена цифровым контроллером, позволяющим реализовать гибкий поход для задания траектории движения.

PIMag 6D обладает наибольшей скоростью и точностью позиционирования среди систем, работающих на основе магнитной левитации (см. таблицу). Следующий шаг в ее развитии – тщательный учет требований заказчиков и повышение наиболее важных технических характеристик.

ООО "Евротек Джeneral" – эксклюзивный представитель
компании Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG
115114, г. Москва, Павелецкая наб., д.8, стр.6, офис 401.
Тел./факс: +7 (495) 600 40 84
info@eurotek-g.com; www.eurotek-general.com

mobile platform of only passive elements, which do not require connection of power cables, allows us to raise the accuracy of positioning.

For a higher accuracy of positioning the system is supplied with six optical and capacitance sensors (Fig.4). Optical 2D sensor has resolution of 10 nm and allows us to trace the linear movements along X and Y axes and rotation about the vertical axis by angle $\pm 0.25^\circ$.

Fig.5 presents PIMag 6D platform's motion in a circle with the radius of 1 micrometer. The red line is the target position of the platform, the blue line is the position of the platform measured by means of external instruments. It is visible, that the deviation from the trajectory is not more than several nanometers.

For tracing the movement along the vertical axis and rotation around X and Y axes the capacitance sensors are used. The system is equipped with a digital controller, allowing us to realize a flexible approach to setting of a trajectory movement.

PIMag 6D has the greatest speed and accuracy of positioning among the systems operating on the magnetic levitation principle (see Table). The next step in its development is a thorough account of the customer's requirements and further advancement of its most important technical characteristics.

Eurotek General is the exclusive representative of
Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG
8, Paveletskaya nab., str.6, Office 401, Moscow, 115114, Russia
Tel/Fax: +7 (495) 600 40 84
info@eurotek-g.com; www.eurotek-general.com

