

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ТОРЦЕВОГО ХОЛЛОВСКОГО УСКОРИТЕЛЯ

Шамшуров П. Ю., Голосов А. Д., Аюпов В. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Завадский С. М. – канд. техн. наук, доцент

В работе представлены результаты моделирования магнитных полей торцевого холловского ускорителя с помощью программы COMSOL Multiphysics. Результаты позволили рассчитать индукцию магнитного поля постоянных магнитов для использования в области магнитронном распылении.

Ионные источники – устройства для получения направленных потоков ионов. Ионные источники применяются в ускорителях, масс-спектрометрах, ионных микроскопах, установках разделения изотопов, ионных ракетных двигателях. Быстро расширяющаяся область технологических применений источников ионов – это оборудование ионно-лучевой обработки материалов. В ходе моделирования необходимо, в первую очередь, решить следующие задачи: анализ механизма работы ионного источника, анализ программных продуктов, расчет конструкции и исследование характеристик ионного источника.

Для исследования была выбрана программа COMSOL Multiphysics, позволяющую добавлять произвольные уравнения, характеризующие свойства материалов, вводить граничные условия и отдельные члены уравнений и даже системы уравнений в частных производных.

Торцевой холловский ускоритель, моделирование которого производится, имеет блок питания постоянного тока (300 В, 9,0 А). Для компенсации пространственного заряда ионного пучка используется накальный компенсатор (катод), который представляет собой проволоку из торрированного вольфрама диаметром 0,5 мм, свитую в виде спирали диаметром 10 мм и шагом 5 мм. Питание компенсатора осуществляется от источника постоянного тока (30 В, 25,0 А). Степень ионизации продуктов испарения с учетом кратности заряда ионов изменяется в пределах от 15% до 80%, причем большие значения относятся к тугоплавким металлам, а средняя энергия ионов составляет величину ~10 - 250 эВ. Расходимость ионного пучка: > 45°. Ионный источник стабильно работает при потоках рабочего газа 2-30 мл/мин. При этом давление в камере находится в пределах от 0,008-0,06 Па. Ток разряда ионного источника достигает до 6,5 А. Габаритные размеры торцевого холловского ускорителя: $\varnothing 114 \text{ мм} \times 219 \text{ мм}$. Масса 4,5 кг.

КОНСТРУКЦИЯ ТОРЦЕВОГО ХОЛЛОВСКОГО УСКОРИТЕЛЯ

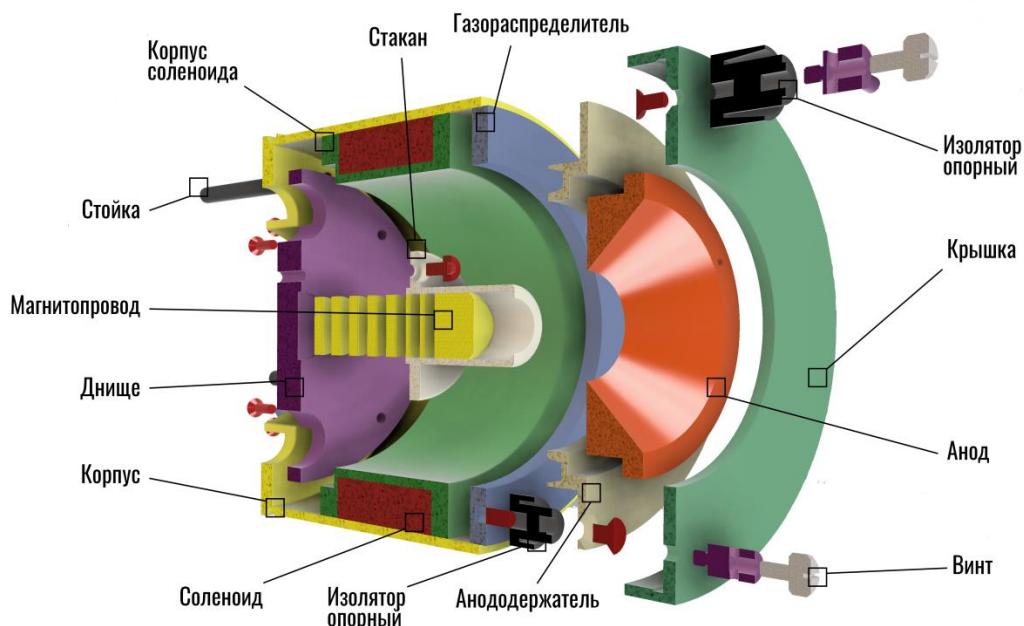


Рисунок 1 – Конструкция торцевого холловского ускорителя

На первой стадии конструкция ионного источника моделировалась в программе Autodesk Inventor. Модель была упрощена в некоторых местах, в связи с их бесполезностью при расчетах, а также упрощало создание моделей (рисунок 1). Далее смоделированная конструкция экспортировалась в COMSOL Multiphysics в понятном ему формате. Для моделирования полей нужно было задать особые условия среды и материала конструкции и отдельных компонентов ионного источника. После в специальном режиме программы задавались начальные данные для расчетов. Результата был выдан после определенного времени, потраченного на расчет (рисунок 2).

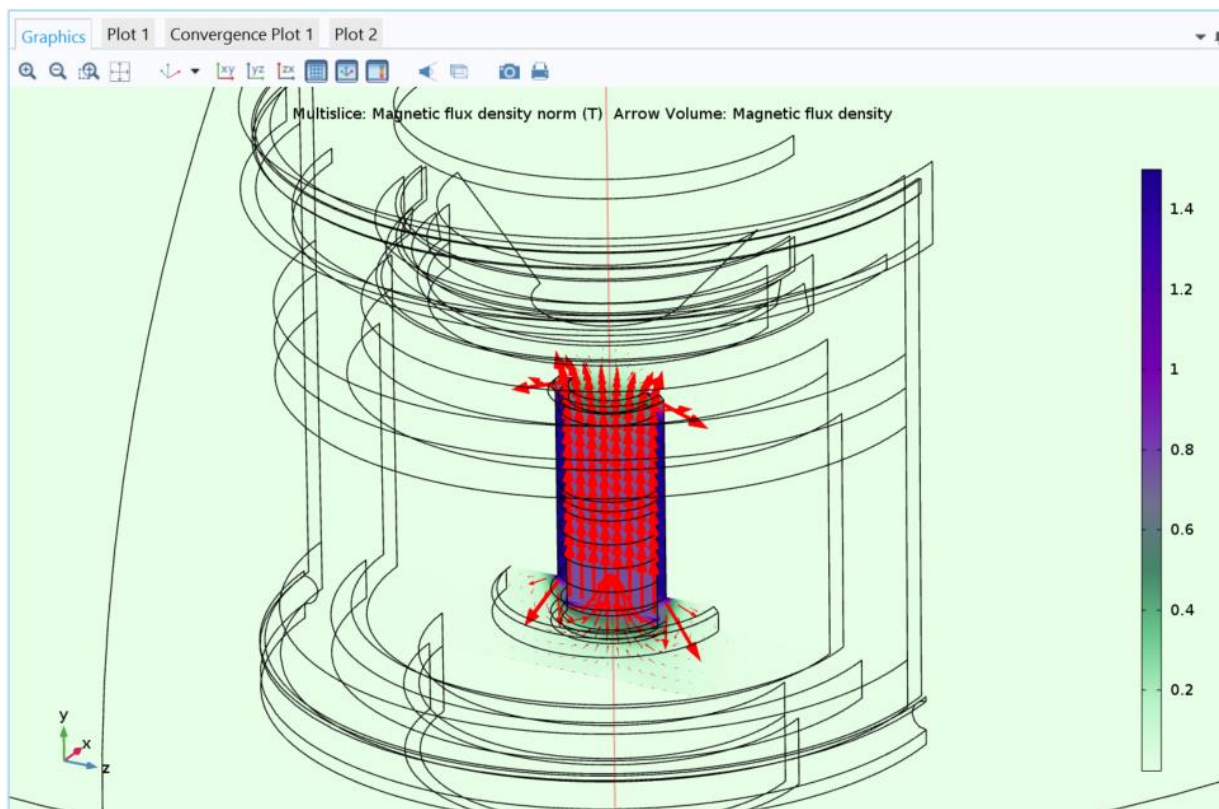


Рисунок 2 – Результат моделирования магнитного поля

Из полученных данных можно отметить, что измерения магнитной индукции незначительно отличались от измерений с помощью магнитометра. Это обуславливается тем, что на измерения трехмерной модели не влияют многие факторы, которые присутствуют в реальном мире, такие как несовершенство оборудования, погрешность расчета, неточность сборки устройства и многие другие. Все же стоит отметить, что возможности программного пакета позволяют создавать приближенные процессы (в данной работе магнитное поле) и рассчитывать их.

Список использованных источников:

1. Морозов, А.И. Плазменные ускорители / А.И. Морозов. – Минск: Наука и техника, 1974. – 400 с.
2. Крейндел, Ю.Е. Плазменные источники электронов / Ю.Е Крейндел. – Минск: Атомиздат, 1977. – 145 с.