высокопроизводительная версия кода rpb для определения границы плазмы в установках токамак на основе графических процессоров

Зотов И.В., Высоцкий Л.И.

Факультет ВМК, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, iv-zotov@cs.msu.ru , vysotskylev@yandex.ru

Работа современных установок токамак невозможна без системы эффективного контроля границы плазмы в процессе разряда. Задаче определения границы плазмы на основе дискретных магнитных измерений посвящен значительный ряд работ (см., например [1 – 4]). С математической точки зрения задача сводится к задаче Коши для двумерного однородного эллиптического уравнения МГД-равновесия плазмы (однородного уравнения Грэда-Шафранова). К решению поставленной плохо обусловленной (некорректной) математической задачи применяются различные вычислительные подходы – метод гармонического разложения по специальным функциям (код EFIT), метод точечных филаментов, метод распределенных филаментов, метод интегральных уравнений (код RPB – Reconstruction of Plasma Boundary). Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки.

В данной работе рассмотрен метод определения границы плазмы на основе интегральных уравнений. Разработан быстродействующий параллельный код восстановления границы RPB, использующий графические процессоры (GPU). Рассмотрены различные варианты распараллеливания алгоритма решения задачи. Показана возможность обработки магнитных измерений в режиме реального времени эксперимента.

Представлены результаты имитационного моделирования системы электромагнитной диагностики на различных графических процессорах для строящейся в настоящее время установки токамак Т-15М. Представлены результаты сравнения однопроцессорной и многопроцессорной программной реализации на различных устройствах GPU. Исследована зависимость времени решения задачи от числа магнитных датчиков при использовании одинарной и двойной точности. Моделирование проводилось как на видеокартах NVidia с высокими параметрами (Tesla C2075, Tesla K20c, Tesla K40c), установленных в суперкомпьютерном комплексе факультета ВМК МГУ, так и на обычных серийных устройствах (GeForce GTX 730M, GTX 970M, GTX 1050Ti). Показано, как технические параметры графических ускорителей (такие как число ядер, размер шины данных, объем встроенной памяти) влияют на быстродействие кода.

Было обнаружено, что эффективность параллельного кода позволяет выбирать параметры регуляризации по критерию квазиоптимальности в каждый момент времени, при этом решая задачу с частотой, близкой к частоте проведения измерений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 17-07-00544-а, 17-07-00883-а).

Литература

1. Belov A.G., Zotov I.V., Sychugov D.Yu. 2012 SCET2012 – Spring World Congress on Engineering and Technology (Xi’an, China, 2012), p. 278 – 280 ([http://www.scirp.org](http://www.scirp.org/)).
2. Зотов И.В., Белов А.Г. Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, т. 37 (2014), вып. 1, с. 97 – 102.
3. Faugeras B. – Fusion Science and Technology, 2016, 69 (2), p. 495 – 504.
4. Zotov I.V., Melnikov A.V., Sychugov D.Yu., Lukash V.E., Khayrutdinov R.R. 43rd EPS Conf. on Plasma Phys. and Contr. Fus. (Leuven, Belgium, 2016) P2.035.