

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Антонова Андрея Сергеевича  
«Разработка методов увеличения пропускания и разрешающей способности  
малогабаритных статических масс-анализаторов»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.04 – «Физическая электроника»

Несмотря на стремительное развитие современной безмагнитной масс-спектрометрии высокого разрешения, по-прежнему сохраняются области физики, требующие использования статических масс-спектрометров. В частности, практически безальтернативно использование статиков в изотопном анализе. Вместе с тем, общие требования к повышению чувствительности и разрешающей способности, уменьшению масс-габаритных характеристик приборов охватывают и область магнитных спектрометров, разработка подходов и конкретных схем, позволяющих удовлетворить указанным требованиям, чрезвычайно актуальны.

В работе А.С. Антонова предложены идеи и методы решения всех перечисленных выше задач, приведены подтверждающие расчеты. Так, для снижения масс-габаритных характеристик рассмотрена новая схема масс-спектрометра, включающая компактный магнит-призму и два электрических цилиндрических конденсатора. Расчет призмы в этом случае потребовал более детального учета влияния краевых полей. Автором найден критерий проверки точности учета искажений траектории заряженной частицы в краевых полях, позволивший гарантировать справедливость проведенных расчетов. Предложен новый класс малогабаритных ионно-оптических систем с двойной фокусировкой на базе электростатических дефлекторов в комбинации с двумерными магнитными полями, сохраняющих разрешающую способность при существенном снижении массы и габаритов. Предложен метод повышения чувствительности масс-спектрографов, предусматривающий увеличение обрабатываемого фазового объема источника, за счет правильного коллимирования пучка для его согласования с аксептансом прибора при сохранении разрешающей способности последнего.

Работа содержит большой объем новых результатов, демонстрирует высокую квалификацию автора как специалиста в области физической электроники. Для теоретиков диссертация интересна новыми идеями и продуктивными подходами. Для разработчиков приборов диссертация ценна новыми схемами масс-спектрометров, имеющими по ряду параметров преимущества перед существующими. При этом следует особо отметить глубину проработки приведенных в работе А.С. Антонова примеров масс-анализирующих приборов, что легко объяснить прекрасным владением автором наряду с аналитическими методами также и техниками современного компьютерного моделирования. Имеющееся хорошее согласие результатов теории и расчетов с использованием ряда

специализированных пакетов численного моделирования подтверждает достоверность полученных соискателем результатов.

Замечания. Поскольку проблема правильного учета влияния краевых полей при моделировании ионно-оптических систем чрезвычайно важна, логично было бы видеть в работе проверку на удовлетворение найденному автором критерию точности помимо программы ISIOS также и других использованных в диссертации программных средств, в частности, пакета COSY Infinity.

В автореферате (стр. 17) говорится о моделировании ионно-оптической системы прибора, включающего магнитную призму, в программе SIMION. Если речь идет о сквозном моделировании всей системы, желательно было бы оценить корректность использования данной программы при моделировании элементов магнитостатики с учетом того, что предполагается движение ионов пучка в непосредственной близости от полюсных наконечников.

Высказанные замечания являются, скорее, пожеланиями, не снижающими общую высокую оценку уровня и содержания работы, а также мнение о высокой квалификации соискателя. Автореферат полностью отражает результаты диссертации.

Таким образом, диссертация А. С. Антонова полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Андрей Сергеевич Антонов, безусловно, заслуживает, присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 физическая электроника.

Доктор физико-математических наук,  
профессор Высшей инженерно-физической школы  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»  
Краснова Надежда Константиновна

Кандидат физико-математических наук,  
доцент Высшей инженерно-физической школы  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»  
Соловьев Константин Вячеславович