

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации А.Г.Горобчука "Математическое моделирование плазмохимических технологий микроэлектроники", представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертация Горобчука А.Г. посвящена разработке математических моделей плазмохимических технологий травления в микроэлектронике, эффективных численных методов их моделирования, а также поиску современных способов оптимизации и управления соответствующими физическо-химическими процессами в промышленных реакторах. Плазмохимическое травление является одним из важнейших технологических процессов при изготовлении интегральных схем. В настоящее время переход на новые топологические нормы формирования функциональных элементов микросхем, а также увеличение размеров обрабатываемых пластин ужесточает требования к основным показателям плазмохимических технологий (скорости и однородности травления, наличие дефектов и т.д.). Получение качественных изделий и обеспечение высокой производительности промышленных установок невозможно без глубокого понимания сложного комплекса физико-химических процессов в низкотемпературной плазме и на поверхности обрабатываемого изделия. Для этого необходимы адекватные реальности математические модели, отражающие существенные стороны этих технологических процессов и позволяющие исследовать и подбирать оптимальные параметры в численных экспериментах, которые могут существенно дополнить дорогостоящие физические эксперименты. Поэтому диссертация Горобчука А.Г., посвящённая разработке новых современных высокоэффективных плазменных технологий микроэлектроники, является несомненно актуальной и практически важной.

Разработанная в диссертации обобщенная физико-математическая модель для технологических процессов плазмохимического травления в двумерной постановке включает многокомпонентную кинетику газофазных и гетерогенных реакций, сложный теплообмен с учетом ИК-излучения многоатомных молекул, термодиффузию и ряд других процессов, ранее не рассматривавшихся при моделировании плазменного травления, и является одним из наиболее значимых результатов диссертанта. Модель позволяет исследовать тонкие физические эффекты плазменного травления, показывая, как следует из автореферата, хорошее совпадение результатов расчета с известными экспериментальными данными.

Автором диссертации получен ряд важных и интересных результатов, позволяющих детализировать особенности рассматриваемых технологических процессов. В частности, как следует из автореферата, результаты работы позволили:

- определить особенности механизма возникновения характерной неравномерности травления в реакторах индивидуального травления;
- выявить влияние выбора модели химической кинетики в CF_4 при травлении кремния в радиальном реакторе;
- объяснить значительное увеличение скорости травления кремния в смеси CF_4/O_2 по сравнению с чистым тетрафторметаном и наличие эффекта гистерезиса для зависимости скорости травления от концентрации кислорода;
- показать процесс полимеризации и связанное с ним снижение скорости травления в смеси CF_4/H_2 ;
- определить влияние структуры ВЧ-разряда на производство активных частиц и качество травления образцов в CF_4/O_2 .

Полученные автором результаты обладают научной новизной и практической значимостью. Основные результаты работы достаточно полно опубликованы в известных научных изданиях, а также трудах российских и международных конференций и симпозиумов. Научные положения, выносимые на защиту, достаточно хорошо аргументированы и достоверны. Как следует из автореферата, разработанная физико-математическая модель и реализующие ее пакеты программ представляют интерес для организаций и специалистов, занимающихся проектированием технологического оборудования для производства интегральных схем, и найдут практическое применение при совершенствовании технологии производства интегральных микросхем.

Считаю, что представленная работа Горобчука А.Г. соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Зам. директора по научной работе
ИПМ им. М.В.Келдыша РАН
д.ф.-м.н., профессор

06 февраля 2017 г.

Г.К. Боровин

Подпись Г.К. Боровина заверяю:

Ученый секретарь ИПМ им. М.В.Келдыша РАН
к.ф.-м.н.

А.И. Маслов