

В диссертационный совет 24.1.238.02 при Федеральном исследовательском центре "Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова" Российской академии наук 603087, Нижегородская область, Кстовский район, д. Афонино, ул. Академическая, д. 7.

Ученому секретарю совета, д.ф.-м.н., профессору РАН
Д. Ю. Водолазову

ОТЗЫВ на автореферат диссертации

Смертина Руслана Маратовича «Многослойные зеркала для безмасочной и проекционной рентгеновской литографии», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

1.3.2 – приборы и методы экспериментальной физики

Тема диссертационной работы Р.М. Смертина, посвященная разработке и развитию ключевых элементов проекционной экстремальной ультрафиолетовой (ЭУФ) литографии на длину волны актиничного излучения 11.2 и 13.5 нм, является весьма актуальной и своевременной, поскольку определяет развитие современной электроники.

Основу диссертационной работы Р.М. Смертина составляет разработка и комплексное изучение параметров многослойных рентгеновских зеркал (МРЗ) для ЭУФ-литографии нового поколения (на длину волны, равной 11.2 нм) и для систем 13.5-нанометрового традиционного актиничного излучения, как вариант «безмасочной» проекционной литографии. В последнем случае развивается подход использования устройств современной механотроники в виде МЭМС для создания динамических зеркальных проекционных систем ЭУФ-излучения. Это указывает на большую практическую значимость и несомненную новизну.

В работе получен ряд интересных результатов, среди которых хотелось бы выделить следующие:

1. Экспериментально показана возможность создания эффективных МРЗ для литографии нового поколения с излучением на длине волны ~ 11 нм. Расчетное значение оптической эффективности 12-ти зеркальной литографической установки на длине волны 11,2 нм на $\sim 36\%$ выше, чем у зеркальных систем литографических установок с длиной волны 13,5 нм.
2. Экспериментально получено бесстрессовое и диэлектрическое МРЗ C/Si, имеющее коэффициентом отражения $R \sim 11\%$ на длине волны 13,5 нм.
3. По моему мнению, впервые продемонстрирована возможность создания динамической маски, формируемой системой микрозеркал в сочетании с МЭМС, управляемой 13,5-нанометровым актиничным излучением. Показано также сохранение работоспособности данной МЭМС-системы в условиях близких к реальному литографу.

Автореферат изложен ясно и логично, дает достаточное представление о проделанной солидной работе. Основные положения, выносимые на защиту, полно обоснованы и хорошо сформулированы. Результаты диссертации очень хорошо апробированы, включая высокорейтинговые реферируемые журналы и патент РФ на изобретение.

В качестве замечания можно отметить отсутствие в тексте автореферата объяснения или обсуждения причины разницы временной деградации между многослойными рентгеновскими зеркалами Ru/Be и МРЗ Mo/Ru/Mo/Be.

Сделанное замечание ничуть не снижает ценности работы.

Диссертационная работа Смертина Руслана Маратовича «Многослойные зеркала для безмасочной и проекционной рентгеновской литографии» соответствует паспорту специальности 1.3.2 – приборы и методы экспериментальной физики и требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 (с последующими изменениями), а ее автор, Руслан Маратович Смертин, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – приборы и методы экспериментальной физики.

Ершов Алексей Валентинович

кандидат физ.-мат. наук, доцент, 01.04.10 . - Физика полупроводников и диэлектриков, доцент кафедры физики полупроводников, электроники и наноэлектроники физического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Тел.+7(831)4623306. Электронная почта: erшов@phys.unn.ru

Почтовый адрес: 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, корп 3.

10 сентября 2025 г.

