

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Цыбина Николай Николаевича "Многослойные абсорбционные фильтры для астрономии и проекционной литографии экстремального ультрафиолетового диапазона", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Создание многослойных абсорбционных фильтров необходимо для решения задач в области солнечной астрономии и проекционной литографии. Если в первом случае решаются задачи наблюдения за Солнцем в режиме реального времени в мягком рентгеновском и экстремальном ультрафиолетовом диапазонах длин волн, то во втором случае решается задача снижения термической нагрузки и фильтрация излучения в диапазоне длин волн, к которому максимально чувствительны фоторезисты. С этой позиции создание многослойных абсорбционных фильтров с повышенной термической и механической стойкостью является безусловно актуальным.

Принимая это во внимание, тема диссертации связана с развитием методов изготовления и изучения свойств тонкопленочных свободновисящих структур с целью создания на их основе абсорбционных тонкопленочных фильтров, соответствующих требованиям рентгеновской астрономии и проекционной литографии в экстремальном ультрафиолетовом диапазоне длин волн. В работе решены следующие важные научные задачи:

1. Развита методика изготовления ультратонких толщиной 40-200 нм с рекордно высокой апертурой до 160 мм свободновисящих тонкопленочных спектральных фильтров экстремального ультрафиолетового диапазона.
2. Экспериментально показано, что оптимизированные многослойные фильтры, состоящие из чередующихся слоёв металла нанометровых толщин и упрочняющих прослоек существенно превосходят по прочности однослойные фильтры из того же металла при сравнимой общей толщине плёнки. Эффект упрочнения связан с зависимостью размеров кристаллитов и внутренних напряжений от толщины металлических слоёв.
3. Продемонстрирована эффективность применения Ru, MoSi<sub>2</sub> защитных покрытий для увеличения устойчивости фильтра к долговременному тепловому воздействию.

Однако необходимо сделать ряд замечания к автореферату диссертационной работы:

- (1) На второй странице автореферата в первой строке после слова "выполнена" отсутствует предлог "в".
- (2) Часть подписи к рис. 3 переехала с 16 на 17 страницу.
- (3) В первом основном результате работ поставлено избыточное количество запятых.
- (4) Желательно было бы сделать анализ (испытание) поведения абсорбционных многослойных фильтров в реальных космических условиях в реальных экспериментах.
- (5) Не хватает анализа (оценки) поведения фильтров в реальных ЭУФ наностепперах: термическая стойкость, изменение оптических свойств, временная деградация и т. д.

Вместе с тем, перечисленные замечания не снижают общей положительной оценки представленной работы.

Диссертация по объему полученных результатов, их новизне, актуальности, практической и научной значимости соответствует требованиям Положения ВАК о порядке присуждения научным работникам ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор, Цыбин Николай Николаевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Заместитель директора ИПТМ РАН  
по научной работе, д.ф.-м.н.,

Д.В. Рощупкин

Подпись д.ф.-м.н. Рощупкина Д.В. заверяю  
Ученый секретарь ИПТМ РАН, д.ф.-м.н.

А.Н. Редькин



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов Российской академии наук (ИПТМ РАН).

Ул. Академика Осипьяна, д. 6, г. Черноголовка, Московская область, 142432, Россия  
Рабочий телефон: 8-496-52-440-58  
E-mail: [rochtch@iptm.ru](mailto:rochtch@iptm.ru)