

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Глазунова Павла Сергеевича «Распространение электромагнитных волн в плоскостойких средах с неоднородными металлическими пленками», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика.

Диссертационная работа П.С. Глазунова посвящена изучению явления распространения электромагнитных волн в плоскостойких структурах, включающих в свой состав нанометровые металлические пленки. Значительное внимание уделяется как теоретическому, так и экспериментальному исследованию характеристик таких структур, в частности, зависимостей оптических коэффициентов и удельной проводимости пленки от ее толщины.

Исследования, проведенные в диссертации, несомненно, являются актуальными, поскольку они представляют значительный интерес для целого ряда современных прикладных задач. Во-первых, нанометровые металлические пленки могут с успехом использоваться в качестве прозрачных электродов и служить заменой оксиду индия олова, который обладает такими недостатками как необходимость отжига при высоких температурах, хрупкость и плохая адгезия к гибким подложкам, а также высокая стоимость. Во-вторых, большую роль имеет задача оптимизации параметров нанометровых контактов при проектировании топологий интегральных микросхем, при решении которой необходимо учитывать паразитные эффекты. К их числу относится размерный эффект проводимости – уменьшение удельной проводимости металла при уменьшении его толщины до нанометровых размеров. Наконец, при оптимальном подборе толщины металлической пленки она способна играть роль поглотителя электромагнитного излучения и использоваться в качестве детектора в болометрах и интерферометрах.

В диссертации П.С. Глазуновым были получены новые теоретические результаты, представляющие собой существенный вклад в теорию распространения волн в плоскостойко-неоднородных средах. В частности, автором был разработан новый итеративный метод расчета матрицы рассеяния произвольной плоскостойкой среды, который может быть использован, когда общепринятые подходы, такие, например, как метод ВКБ, приближение геометрической оптики и метод характеристической матрицы дают большие ошибки или неприменимы. Были выведены формулы для расчета погрешностей оптических коэффициентов, позволяющие оценить точность  $N$ -ой итерации предлагаемого подхода как для отдельно стоящих пленок, так и для тонкопленочных многослойных структур. С помощью предлагаемого подхода у ультратонких металлических пленок были теоретически обнаружены антибликовые свойства, которые затем были подтверждены экспериментально. Было показано, что тонкие металлические пленки могут быть использованы, в частности, в поглотителях излучения. Кроме того, был разработан бесконтактный способ измерения проводимости тонких пленок. В диссертации автор теоретически рассмотрел также и нелинейные эффекты, которые могут возникать за счет теплового нагрева пленок в вышеописанных структурах при зависимости их диэлектрической проницаемости от температуры. Показано, что при распространении видеоимпульсов с достаточно большой пиковой мощностью в таких структурах проявляется конкуренция двух нелинейных эффектов: сначала пиковая

мощность импульса растет, а затем рост ограничивается из-за формирования ударной электромагнитной волны. Это является новым результатом, который может быть использован при проектировании нелинейных длинных линий.

Основные результаты диссертации П.С. Глазунова опубликованы в 13 печатных работах, в том числе в 7 статьях в рецензируемых научных журналах, удовлетворяющих «Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова» и 6 публикациях в сборниках тезисов конференций. Из автореферата и статей, опубликованных автором, можно заключить, что диссертация П.С. Глазунова выполнена на высоком научном уровне и является завершённым исследованием, содержащим ряд новых подходов и научных результатов.

Автореферат диссертации П.С. Глазунова соответствует содержанию диссертации и критериям, определённым пп. 2.1–2.5 «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова». Автореферат оформлен согласно приложениям № 8 и 9 «Положения о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова».

Считаю, что автор диссертации Глазунов Павел Сергеевич несомненно заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. «Радиофизика».

Кандидат физико-математических наук,  
(кандидатская диссертация по специальности 01.04.03 - Радиофизика (физ.-мат. науки)),  
старший научный сотрудник Государственного астрономического института им. П.К.  
Штернберга, отдел гравитационных измерений

\_\_\_\_\_ Кулагин Виктор Владимирович

04.10.2024

119234, Москва, Университетский проспект, д. 13  
Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ  
Телефон: +7 (495) 939-30-3  
E-mail: director@sai.msu.ru

Подпись В.В. Кулагина заверяю:

директор ГАИШ МГУ

\_\_\_\_\_ К.А. Постнов