

**Отзыв научного руководителя  
на диссертационную работу К.А. Богоносова  
«Высокоскоростная кристаллизация меди и ее соединений в  
низкотемпературной лазерной плазме», представленную на  
соискание учёной степени кандидата технических наук по  
специальности 05.27.06 «Технология и оборудование для  
производства полупроводников и материалов электронной  
техники»**

В диссертации К.А. Богоносова представлены результаты цикла работ, которые выполнялись автором в 2009-2013 гг. в рамках нескольких научно-исследовательских проектов (РФФИ, Фонд Бортника и др.), и которые объединяются общей целью изучения механизмов протекания высокоскоростной кристаллизации металлов и их соединений в низкотемпературной плазме, образованной при импульсном лазерном воздействии. Поиск новых механизмов высокоскоростной кристаллизации металлов подложках в последнее время развивается наиболее интенсивными темпами (особенный интерес к разработкам подобного рода проявляется за рубежом), что связано с огромным количеством прикладных применений исследований данного направления. Поисковые исследования в данной области еще далеки до своего завершения.

В данной диссертационной работе перед диссертантом ставилась задача изучения процессов кристаллизации наноструктурированных металлов и их соединений и разработка принципиально новых методик выращивания таких структур с воспроизводимыми свойствами. Также целью работы диссертанта являлась описание физических механизмов выращивания кристаллов металлов на аморфных подложках. В результате поиска в качестве основного был отобран метод взрывной кристаллизации в лазерной плазме, образованной при импульсном лазерном воздействии, а также предложена схема установки для его реализации. В ходе дальнейшей работы автор провел серию экспериментов, что позволило отобрать наиболее

оптимальные режимы работ лазера, а также наиболее оптимальные механизмы нанесения раствора на подложку. К моменту завершения работы над диссертацией отобранный метод был экспериментально протестирован, а также разработаны прикладные приложения – среди которых особо стоит выделить защиту ценных бумаг и пластиковых карт путем нанесения на их поверхность изображений из металлсодержащих кристаллитов. Подробное изучение кристаллитов показало, что наряду с чистым металлом, может быть получено полудрагоценное соединение металла, которое в других условиях получается лишь при высоких давлениях и температурах в замкнутых системах. Высокая степень повторяемости результатов позволяет говорить о достоверности полученных в диссертационной работе результатах.

Диссертант справился с поставленной перед ним задачей, проведя полное изучение механизмов высокоскоростной кристаллизации металлов, а также построение достоверной физической модели данных процессов, подбор необходимых режимов работы лазерной установки и способов нанесения раствора химического реагента, а также интерпретация и объяснение полученных результатов.

Во время выполнения диссертационной работы К.А. Богоносков в течении 4 лет активно участвовал в научно-исследовательских проектах, связанных с изучением новых механизмов высокоскоростной кристаллизации и их практическим применением. При этом он написал составные части научно-технических отчетов, рассчитал энергетические и временные характеристики процесса кристаллизации меди на аморфных подложках, а также несколько последних лет являлся ответственным исполнителем указанных НИР. Все это говорит о способности диссертанта самостоятельно решать сложные научно-прикладные задачи и о его широком кругозоре в области применения новых механизмов кристаллизации на практике. О высокой научной квалификации диссертанта



также свидетельствуют наличие 10 публикаций по теме исследований.

Диссертация является завершенным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно, а также на высоком научно-техническом уровне. Полученные результаты можно квалифицировать как решение задачи поиска нового механизма высокоскоростной кристаллизации и ее изучение, что в конечном итоге имеет существенное значение в области разработки новых технологий получения металлов и их соединений. Результаты работы достоверны и обладают новизной, а выводы в достаточной обоснованы.

Считаю, что диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор К.А. Богоносков заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 «Технология и оборудование для производства полупроводников и материалов электронной техники».

В.н.с. управления НИД  
МГУТУ им. К.Г. Разумовского,  
д.т.н., профессор

С.Н. Максимовский

Подпись Максимовского С.Н. заверяю

Заместитель директора  
правового и кадрового  
Ачмизова Н.М.

