

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, профессора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

"Санкт-Петербургский государственный университет"

Девдариани Александра Зурабовича

на диссертацию Бабенко Павла Юрьевича - «Торможение, рассеяние и распыление при столкновениях атомов кэВ-энергий с твердым телом», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.5. - «Физическая электроника».

**Актуальность** исследования элементарных процессов на границе различных сред обусловлена как внутренним развитием фундаментальных знаний о природе и специфике взаимодействия атомных частиц, так и развитием современных технологий, связанных, например, с ионной имплантацией и распылением материалов в установках термоядерного синтеза.

В качестве основного метода исследования в диссертации используется компьютерное моделирование. В отличие от обычно принятых представлений, что такой подход хорош для конкретных расчетов, но не для широких обобщений, автору удалось получить результаты общего характера. Оказалось, что хорошо известные в атомных столкновениях в газовой фазе процессы образования автоионизационных состояний, оже-переходы, радужное рассеяние играют основную роль и в столкновениях в пристеночных областях, но в модифицированном виде, учитывающим многократность столкновений и существенно отличающимся от обычно используемых для описания рассеяния в изолированных парных столкновениях.

Отмечу наиболее интересные, по моему мнению, результаты. В третьей главе диссертации обсуждается непрерывный спектр электронов, которые образуются в процессе столкновения атомного пучка с поверхностью, и постулируется существование двух механизмов формирования спектра для низкоэнергетической и высокоэнергетической составляющих спектра. По-видимому, здесь проявляется установленная Демковым и Друкаревым (напр., Г.Ф. Друкарев «Столкновения электронов с атомами и молекулами» (Москва, «Наука», 1978г.) особенность S-матрицы на границе выхода дискретного уровня в сплошной спектр, когда образованию квазистационарного состояния предшествует образование виртуального уровня. В четвертой главе при рассмотрении электронных тормозных потерь при атомных столкновениях в твердом теле установлено, что при высоких энергиях соударения

основная часть тормозных потерь связана с уносимой энергией электронов. Учет кратности столкновений привел к согласию с результатами экспериментов в геометрии обратного рассеяния. Специфика рассеяния поверхностью твердого тела особенно проявляется при скользящих углах падения пучка атомов. Установлено (глава седьмая), что зависимость углового распределения при радужном рассеянии от энергии столкновения не может быть описана известными моделями двухатомных потенциалов. Предложено аналитическое выражение, которое позволяет получить оценку коэффициента распыления от энергии соударения.

Считаю, что диссертационная работа Бабенко Павла Юрьевича "Торможение, рассеяние и распыление при столкновениях атомов кэВ-энергий с твердым телом" отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.5 "физическая электроника" согласно Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, а ее автор Бабенко П.Ю. заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

Публикации П.Ю. Бабенко, положенные в основу диссертационной работы, хорошо известны и цитируются в российских и зарубежных изданиях, а сам автор пользуется заслуженным авторитетом в международном сообществе специалистов по атомной физике.

Автореферат и публикации автора достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

Девдариани Александр Зурабович, официальный оппонент,  
доктор физико-математических наук по специальности 01.04.05 – "оптика" и 01.04.02 – "теоретическая физика", профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет",  
199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7-9  
e-mail: snbrn2@yandex.ru  
Телефон: +7 (812) 363-60-00

Личную подпись  
*А.З. Девдариани*  
заведую  
И.О. начальника отдела кадров  
И.И. Константинова



*А.З. Девдариани*  
А.З. Девдариани