

О Т З Ы В

на диссертацию Шунайлова Сергея Афанасьевича «Разработка малогабаритных сильноточных устройств для исследований в пикосекундной электронике больших мощностей» на соискание ученой степени доктора технических наук в виде научного доклада по специальности 1.3.13 Электрофизика, электрофизические установки

Диссертационная работа С. А. Шунайлова выполнена в области мощной импульсной электроники и посвящена исследованию и разработке компактных генераторов коротких высоковольтных сильноточных электрических импульсов, исследованию процессов формирования с помощью таких импульсов сильноточных электронных пучков, на этой основе – мощных сверхкоротких импульсов СВЧ-излучения, а также исследованию некоторых быстропротекающих явлений при импульсном пробое газов. Отличительной частью работы является продвижение в субнаносекундный и пикосекундный диапазоны длительностей или времен нарастания импульсов напряжения, электронного тока, СВЧ-излучения. При столь коротких временах в процессах коммутации, волновой передачи энергии, формирования электронных пучков и импульсов электромагнитного излучения возникают особенности, что, с одной стороны, представляет большой интерес с физической точки зрения, а с другой – определяет специфику функционирования и конструкций самих импульсных устройств.

Таковыми устройствами, в течение многих лет создаваемыми при ключевом участии диссертанта в Институте электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, являются импульсные генераторы РАДАН, а также источники СВЧ-излучения различных типов на их основе. Эти доведенные до инженерного совершенства, удобные в эксплуатации инструменты для электрофизических и междисциплинарных научных исследований заслужили самую высокую оценку у экспериментаторов. Более двух десятков импульсных генераторов РАДАН нескольких модификаций с дополнительными устройствами были за время выполнения диссертационной работы поставлены в исследовательские организации России и многих других стран.

Выполненные диссертантом уникальные разработки позволили ему сделать ценные экспериментальные ценные наблюдения и получить новые результаты, относящиеся к физике различных быстропротекающих электрофизических явлений. Выделю результаты, относящиеся к физике сильноточных электронных пучков и мощной импульсной СВЧ-электронике. Диссертантом продемонстрированы новые возможности для управления током субнаносекундных электронных пучков. Показано, что увеличение тока трубчатого пучка в коаксиальном вакуумном диоде возможно при подаче короткого импульса напряжения с опережением менее 1 нс, либо при наличии наносекундного предимпульса за счёт ранней автоэмиссионной подготовки катода и наработки взрывоэмиссионной плазмы. Показано, что большое увеличение тока происходит вследствие зарядовой нейтрализации пучка в плазменном канале остаточного газа. Также показано, что при скорости нарастания напряжения в вакуумном диоде более 10^{15} В/с на обостренном фронте тока пучка происходит формирование электромагнитного импульса, содержащего спектральные компоненты вблизи полос усиления релятивистских ламп обратной волны 8-мм диапазона. Формируемый вместе с фронтом тока с высокой стабильностью, этот импульс при достаточной мощности обеспечивает стабильное по фазе возбуждение таких СВЧ-приборов, что, в частности, дает возможность синхронизации колебаний нескольких таких

приборов. Реализованная диссертантом техника формирования коротких трубчатых электронных пучков позволила провести уникальные эксперименты по получению импульсов сверхизлучения СВЧ в 8-мм диапазоне длин волн и компрессии таких импульсов до единиц периодов колебания.

Достоверность и обоснованность результатов экспериментальных исследований не вызывает сомнений, поскольку диссертант использовал современные методы регистрации быстропротекающих электрофизических процессов с должной калибровкой датчиков, а где возможно – с использованием альтернативных способов измерений. Также отмечу продуктивное сопровождение экспериментов численным моделированием.

Научные результаты и разработки С. А. Шунайлова хорошо известны в мире, подробно представлены на большом числе профильных российских и зарубежных научных конференций. Результаты диссертационной работы опубликованы в виде большого числа статей в авторитетных российских и зарубежных рецензируемых изданиях, поэтому защита диссертации в виде научного доклада не вызывает возражений. Показателем новизны и научной ценности результатов работы является то, что за период ее выполнения они много раз входили в число наиболее важных результатов российских ученых по физике, представляемых в ежегодных докладах РАН Правительству Российской Федерации.

Во все составляющие работы диссертантом внесен принципиальный вклад.

Считаю, что диссертационная работа «Разработка малогабаритных сильноточных устройств для исследований в пикосекундной электронике больших мощностей» выполнена на высоком научно-техническом уровне, содержит новые научно обоснованные технические решения, вносящие значительный вклад в развитие импульсной техники, вакуумной электроники, включая методы генерирования потоков заряженных частиц, а также релятивистской высокочастотной электроники, а ее автор Шунайлов Сергей Афанасьевич достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.13 Электрофизика, электрофизические установки.

Отзыв составил:



Пегель Игорь Валериевич,
доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории теоретической физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН). Российская Федерация, 634055, г. Томск, просп. Академический, д. 2/3, pegel@lfe.hcei.tsc.ru

Подпись Пегеля И. В. удостоверяю.

Заместитель директора
по научной работе ИСЭ СО РАН
к.ф.-м.н.

М.П.



А. В. Батраков

03.03.2025