

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Ю.С. Опариной «МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИМПУЛЬСНЫХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 - Радиофизика

Диссертационная работа Опариной Ю. С. посвящена разработке новых подходов, направленных на реализацию источников мощных импульсов когерентного электромагнитного излучения терагерцового частотного диапазона, основанных на ондуляторном и циклотронном излучении сильнооточных релятивистских электронных пучков. Актуальность диссертации объясняется активным развитием техники создания ускорителей, формирующих сильнооточные электронные импульсы (включая фотоинжекторные электронные источники), а также целым рядом важных научных и технических приложений, в которых востребованы источники мощных терагерцовых импульсов.

В диссертации автор сосредотачивается на решение двух принципиальных проблем, возникающих при разработке источника, работающего в терагерцовом диапазоне и рассчитанном на использование короткоимпульсного электронного пучка - обеспечение индуцированного характера излучения, а также достижение селективности (одномодовости) генерации. В диссертации, в трех ее главах, исследованы случаи (i) предельно коротких (порядки или даже короче длины излучаемой волны) плотных электронных сгустков, относительно протяженных (несколько длин волн) сгустков (ii), и (iii) случай относительно длинноимпульсного сильнооточного релятивистского электронного пучка. Диссертация носит чисто теоретический характер. При этом, однако, важно, что все три случая «опираются» на реально существующие источники электронных импульсов. В первых двух случаях рассматриваются электронные сгустки с параметрами, характерными для современных фотоинжекторных источников и, в частности, для фотоинжекторного ускорителя, который создается в настоящее время в ИПФ РАН. Кроме того, диссертант имеет опыт совместных работ с коллегами из университета г. Ариэль (Израиль), где также в ближайшее время будет «запущен» фотоинжекторный электронный источник. В третьем случае автор ориентируется на уникальный сильнооточный длинноимпульсный ускоритель, который разрабатывается в ИЯФ СО РАН и на котором уже запланирована серия экспериментов, в основе которых лежат теоретические работы автора диссертации.

В первой главе диссертации автор сосредоточился на проблемах реализации источников, основанных на обеспечении и длительном поддержании режима когерентного спонтанного излучения электронного сгустка, который реализуется, когда его длина короче длины волны излучения. Предложено и детально исследовано несколько подходов, направленных на решение проблемы сохранения фазового размера сгустка при его движении по протяженной системе электронно-волнового взаимодействия в условиях воздействия на сгусток как собственных (и весьма больших) полей пространственного заряда, так и полей излучения. В частности, автором обнаружен и описан новый физический эффект – компрессия сгустка собственным полем когерентного спонтанного излучения. Кроме того, исследованы методы стабилизации электронного сгустка, основанные на использовании движения частиц в ондуляторе в режиме отрицательной массы, а также в случае циклотронного излучения коротких электронных сгустков. В последнем случае автором обнаружен эффект автокомпенсации кулоновского расталкивания в пространстве циклотронных фаз частиц сгустка относительно излучаемой волны.

Во второй главе диссертации исследуется ситуация, когда электронный сгусток достаточно велик в масштабе длины рабочей терагерцовой волны. Здесь рассматриваются режимы, основанные на генерации вспомогательной низкочастотной волны, присутствие которой может обеспечить или компрессию сгустка, или (в случае относительно протяженного сгустка) группировку частиц внутри его, что обеспечивает старт когерентной генерации рабочей высокочастотной волны.

Наконец, третья глава «ориентирована» на относительно электронный пучок, формируемый в упомянутом выше сильноточном длинноимпульсном ускорителе (ИСЭ СО РАН). Описана идея организации селективной сверхразмерной системы, основанная на возбуждении в ней фиксированного набора мод (высокодобротной супермоды). Предложен метод описания иерархии взаимно ортогональных супермод. Решена проблема конкуренции разных супермод, возбуждаемых электронным пучком на одной и той же частоте. В расчетах исследованы возможности использования данного подхода для реализации сильноточного МСЭ-генератора терагерцового частотного диапазона.

Достоверность полученных результатов подтверждается тем, что они отражены в достаточно большом количестве публикаций в весьма высокорейтинговых журналах, а также в материалах крупных международных конференций. Часть результатов подтверждено независимым моделированием на основе т.н. «полных» кодов а также на основе кодов, разработанных зарубежными соавторами диссертанта.

Я полагаю, что в настоящее время Опарина Ю. С. является самостоятельным квалифицированным специалистом в области релятивистской высокочастотной электроники. Ее работа, несомненно, заслуживает оценки «отлично». Более того, эта выпускная аспирантская работа может быть рассмотрена как диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, причем как диссертация очень высокого уровня.

27.09.2021г

Доцент, доктор физико-математических наук,
зав. лаб. 112 отдела 110 ИПФ РАН
e-mail: savirov@appl.sci-nnov.ru



А.В. Савилов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН). Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, Бокс-120, ул. Ульянова 46.

Подпись д.ф.-м.н. А.В. Савилова удостоверяю
Ученый секретарь ИПФ РАН
кандидат физико-математических наук



И.В. Корюкин