

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Скалыги Вадима Александровича “Исследование электронно-циклотронного резонансного разряда с целью генерации интенсивных ионных пучков”, представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы

Диссертационная работа Вадима Александровича Скалыги посвящена изучению электронно-циклотронного резонансного (ЭЦР) разряда, поддерживаемого излучением с миллиметровым диапазоном длин волн, и генерации на основе такого разряда интенсивных ионных пучков. Прежде всего, отметим две основные особенности этой работы. Во-первых, именно применение уникальных приборов – мощных гиротронов, во многом стимулировало проведение этих исследований и определило возможность получения рекордных параметров плазмы разряда и формируемых на ее основе ионных пучков. Во-вторых, правильный выбор диссертантом направления исследований обеспечил получение результатов, уровень которых несомненно соответствует докторской диссертации.

Источники многозарядных ионов газов с яркостью, превышающей десятки  $A/(\pi \cdot \text{мм} \cdot \text{мрад})^2$ , источники ионов быстрораспадающихся радиоактивных изотопов, источники протонов с малой долей примеси молекулярных ионов водорода в пучке, развитию которых посвящена настоящая диссертация, широко применяются в качестве инжекторов в ускорители, а источники тяжелых изотопов водорода - для генерации нейтронных потоков. Вместе с тем, вопросы генерации ионных пучков на основе плазмы, нагреваемой излучением гиротрона в условиях ЭЦР, на момент начала исследований по этой диссертационной работе были изучены недостаточно. Таким образом, актуальность тематики диссертации обусловлена потребностью в современных ЭЦР ионных источниках, с одной стороны, и недостаточной исследованностью физических процессов в ЭЦР разряде для его широкого применения в задачах практики, с другой.

В диссертации достигнут существенный прогресс в вопросах физики и техники ионных пучков. Осуществлена генерация многозарядных низкоэмиттансных ионных пучков с рекордно высокой плотностью тока на основе электронно-циклотронного резонансного разряда в осесимметричных магнитных ловушках, поддерживаемого излучением суб-мегаваттных гиротронов с частотами излучения 37,5, 60 и 75 ГГц. Показано, что применение таких гиротронов и реализация квазигидродинамического режима удержания плазмы обеспечивает быстрый переход разряда в квазистационарный режим горения с высокими плотностью плазмы и температурой электронов. Получены протонные пучки и пучки ионов дейтерия с эмиттансом менее  $0,1 \pi \cdot \text{мм} \cdot \text{мрад}$  и плотностью тока уровня  $1 A/\text{см}^2$ , что является рекордными параметрами для ЭЦР источников и позволяет расширить область их применения, например, для задач бор-нейтронозахватной терапии онкологических заболеваний.

Выводы и результаты исследований, представленные в автореферате, являются обоснованными и они полно опубликованы в ведущих научных журналах. Автор диссертации - известный специалист и, безусловно, внес определяющий вклад в работы, отраженные в диссертации.

В качестве замечаний по автореферату следует отметить следующее:

1. В автореферате не обсуждаются пути перехода источника ионов дейтерия от



импульсного к непрерывному режиму работы. Вместе с тем, реализация непрерывного режима работы ионного источника потребует решения ряда технических задач принципиального характера.

2. Использование двухэлектродной системы формирования пучка без "запираания" вторичных электронов представляется неожиданным и оригинальным, но не вполне обоснованным подходом при генерации ионных пучков.

Замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Считаем, что диссертация В.А. Скалыги "Исследование электронно-циклотронного резонансного разряда с целью генерации интенсивных ионных пучков", представленная на соискание учёной степени доктора физико-математических наук, является завершённым научным исследованием, выполненным на высоком профессиональном уровне. Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, а ее автор Вадим Александрович Скалыга заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Заведующий лабораторией плазменных источников ИСЭ СО РАН, проф., д.т.н.



Окс Е.М.

Ведущий научный сотрудник лаборатории плазменных источников ИСЭ СО РАН, д.т.н.



Юшков Г.Ю.

Окс Ефим Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией плазменных источников Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН); электронная почта: Oks@opee.hcei.tsc.ru; тел.: (3822)491776; почтовый адрес: 634055, гор. Томск, просп. Академический 2/3.

Юшков Георгий Юрьевич, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории плазменных источников Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук; электронная почта: GYushkov@mail.ru; тел.: (3822)491776; почтовый адрес: 634055, гор. Томск, просп. Академический 2/3.

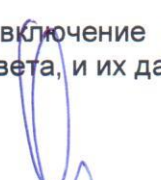
«Подписи сотрудников ИСЭ СО РАН Окса Е.М. и Юшкова Г.Ю. удостоверяю»

Ученый секретарь ИСЭ СО РАН,  
д.ф.-м.н.



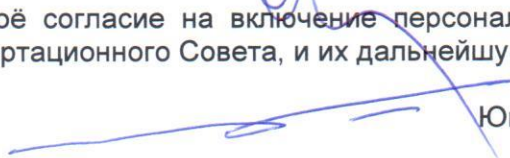
Пегель И.В.

Я, Окс Ефим Михайлович, даю своё согласие на включение персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного Совета, и их дальнейшую обработку.



Окс Е.М.

Я, Юшков Георгий Юрьевич, даю своё согласие на включение персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного Совета, и их дальнейшую обработку.



Юшков Г.Ю.