

УДК 535.376, 537.527

DOI: 10.17223/00213411/62/7/79

В.Ф. ТАРАСЕНКО, Е.Х. БАКШТ, Д.В. БЕЛОПЛОТОВ, А.Г. БУРАЧЕНКО,
М.В. ЕРОФЕЕВ, Е.И. ЛИПАТОВ, М.И. ЛОМАЕВ, В.И. ОЛЕШКО

О ВЛИЯНИИ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ВАВИЛОВА – ЧЕРЕНКОВА И ИМПУЛЬСНОЙ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ *

Сделан обзор результатов исследований излучения Вавилова – Черенкова (ИВЧ) и импульсной катодолюминесценции при облучении различных кристаллов и полиметилметакрилата (ПММА) пучками электронов субнаносекундной и наносекундной длительности. Представлены расчеты, демонстрирующие влияние энергии электронов и показателя преломления вещества на интенсивность ИВЧ и его спектр, а также на пространственные характеристики излучения. Приведены экспериментальные результаты по наблюдению ИВЧ при энергии электронов E до 400 кэВ. Показано, что увеличение E позволяет зарегистрировать ИВЧ в алмазе, лейкосапфире и кварце КУ1 с помощью стандартного спектрометра. Установлено, что в ПММА из-за поглощения излучения в области короче 300–350 нм, а также из-за внутреннего пробоя образцов вследствие накопления в них электронов при больших плотностях тока пучка или(и) длительностях импульсов, регистрация ИВЧ затруднена, даже с помощью монохроматора и ФЭУ. Даются рекомендации по созданию датчиков пучков убегающих электронов в установках типа ТОКАМАК.

Ключевые слова: излучение Вавилова – Черенкова, импульсная катодолюминесценция, воздействие пучком электронов, алмаз, лейкосапфир, кварц, ПММА.

Введение

Пучки электронов широко используются для определения состава различных веществ по спектрам и кинетике их излучения [1–4], в частности при идентификации алмазов [5]. Применение наносекундных и субнаносекундных ускорителей электронов с большой плотностью тока пучка позволило увеличить яркость излучения кристаллов и создать малогабаритные установки [6, 7]. Для изучения кинетики импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) различных кристаллов в последние годы стали применять убегающие электроны (УЭ), генерируемые в газовых диодах [8–10]. При этом использовалась малая длительность пучков УЭ, которая при заполнении диода воздухом атмосферного давления составляла ~ 100 пс [11]. Также появились сообщения о создании детекторов быстрых электронов, в которых используется излучение Вавилова – Черенкова (ИВЧ) алмаза [12–14]. Детекторы ИВЧ состоят из одного или нескольких алмазных приемников (радиаторов), покрытых плёнкой металлов с различной толщиной стенки, световодов и ФЭУ [12]. Они создаются прежде всего для регистрации УЭ в установках типа ТОКАМАК [12–15], для которых проблема влияния УЭ на нагрев плазмы стоит весьма остро. При генерации УЭ теряется часть энергии, кроме того, наблюдается фокусировка пучков УЭ, приводящая к повреждению стенок рабочей камеры [16, 17]. Также известны работы, в которых изучается возможность использовать ИВЧ для диагностики пучков электронов, применяемых в медицине [18]. В качестве радиатора таких детекторов предполагается использовать полиметилметакрилат (ПММА).

Общим свойством ИВЧ и ИКЛ в широком диапазоне экспериментальных условий является увеличение интенсивности излучения из облучаемых образцов при возрастании плотности тока пучка и энергии электронов. Однако имеется и ряд принципиальных отличий. Свойства ИВЧ можно прогнозировать, используя формулы из работ [19–21]. Во-первых, эффект Вавилова – Черенкова является безынерционным относительно тока пучка. Соответственно ИВЧ будет повторять форму импульса пучка электронов, что важно для определения момента времени генерации УЭ и длительности тока пучка. Во-вторых, интенсивность ИВЧ в области прозрачности вещества должна расти с уменьшением длины волны, а также при увеличении показателя преломления вещества и энергии электронов. В-третьих, ИВЧ распространяется под определённым углом к направлению движения моноэнергетического электрона и на выходе из плоской пластинки имеет форму кольца [21]. Что касается ИКЛ, то спектр излучения может состоять из большого числа линий и полос и определяется видом кристалла, а также составом примесей и дефектов в нем [1–5,

* Работа выполнена в рамках проекта Российского научного фонда № 18-19-00184.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>