

Рентгеновские микролампы с эмиттером на основе наноструктурированного углеродного материала

М.Н. Левин¹, С.П. Наговицын², С.Л. Ермаков²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук, улица Академика Осипьяна, 2, Черноголовка, Московская обл., Россия, 142432

² ИП «Наговицын», площадь Журавлева, 2, корп.2, г. Москва, Россия, 107023

Компактные рентгеновские источники с холодными автоэмиссионными катодами востребованы в лабораторной и прикладной рентгеновской аппаратуре. По сравнению с термокатодными источниками они допускают быстрый электрически управляемый запуск, импульсную модуляцию рентгеновского потока, снижение тепловой нагрузки и миниатюризацию конструкции. В качестве полевых эмиттеров, в частности, используются структуры с углеродными нанотрубками. Для таких источников реализованы микрофокусные режимы, высокая плотность эмиссионного тока и возможность динамической рентгенографии [1, 2]. Вместе с тем для ряда применений существенны не предельные токовые характеристики, а сочетание малой мощности, технологичности эмиттера, устойчивости катодной поверхности и работоспособности в области мягкого рентгеновского излучения.

В работе представлена рентгеновская микролампа с холодным автоэмиссионным катодом на основе наноструктурированного углеродного материала. В качестве эмиттера использована нанографитная плёнка, сформированная методом плазмохимического осаждения в водород-метановой газовой смеси. Такая структура содержит развитую систему эмиссионных центров и обеспечивает автоэмиссию при токах, достаточных для работы низкоэнергетической рентгеновской микролампы. Для катода диаметром 3–4 мм ток 50 мкА соответствует плотности тока порядка единиц мкА/мм²; этот уровень существенно ниже характерных достижимых плотностей тока для исследованных нанографитных эмиттеров, что задаёт щадящий режим работы катода.

Работоспособность микролампы оценивали по ионизационному отклику, возбуждаемому рентгеновским излучением, в зависимости от анодного напряжения и анодного тока.

Показано, что регистрируемый отклик достигается при анодных напряжениях порядка 5–6 кВ и токах порядка десятков микроампер. Эти параметры соответствуют малой электрической мощности источника и режиму генерации рентгеновского излучения с энергией порядка 10 кэВ. В исследованных режимах эмиттер сохранял устойчивую автоэмиссию без признаков разрушения.

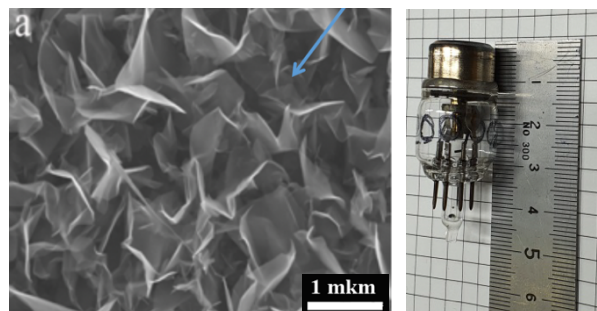


Рис. 1. Эмиттер и рентгеновская микролампа.

Перспективные области применения разработанной рентгеновской микролампы связаны с компактными лабораторными источниками рентгеновского излучения, малогабаритными аналитическими приборами, локальной рентгеновской диагностикой, микрофокусными источниками для исследования микро- и наноструктур, а также аппаратурой, где существенны малые размеры, низкое энергопотребление и быстрый управляемый запуск источника.

1. Cheng Y., Zhang J., et al., Dynamic radiography using a carbon-nanotube-based field-emission x-ray source. Review of Scientific Instruments, 2004, 75, 3264–3267.
2. Han J.S., Lee S.H., et al., High-performance cold cathode X-ray tubes using a carbon nanotube field electron emitter. ACS Nano, 2022, 16, 10231–10241.