

ФОКУСИРОВКА СУБНАНОСЕКУНДНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ КАТУШКАМИ ГЕЛЬМГОЛЬЦА ДЛЯ ИМПУЛЬСНОЙ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Лобанов Л.Н.¹

¹) Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: lobanov@iep.uran.ru

SUBNANOSECOND ELECTRON BEAMS FOCUSING USING HELMHOLTZ COILS FOR PULSE CATHODOLUMINESCENCE

Lobanov L.N.¹

¹) Institute of Electrophysics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

In this work experiments on focusing of subnanosecond runaway electron bunches using Helmholtz coils are presented. The bunches are formed in a diode filled with air at atmospheric pressure. Helmholtz coils provide opportunity to focus formed beams in free space between the coils which is important.

Импульсная катодолюминесценция возникает в веществе при его облучении электронным пучком наносекундной длительности с энергией электронов более 100 кэВ и плотностью тока порядка 10 А/см². Для получения таких пучков используются вакуумные диоды с холодным катодом, использующие эффект взрывной электронной эмиссии. Примером установки такой конфигурации является КЛАВИ [1].

Необходимость вакуумирования диода усложняет конструкцию подобных устройств и осложняет работу с ними. По этой причине целесообразно использование газовых диодов (ГД), заполненных воздухом при атмосферном давлении. Известно, что в таких диодах возможно формирование коротких пучков убегающих электронов (УЭ) длительностью от 10 пс. Как показали недавние исследования [2], использование пучков УЭ для возбуждения катодолюминесценции позволяет получать результаты, аналогичные полученным с помощью вакуумного диода.

Однако, заряд пучка и плотность его тока в случае взрывоэмиссионного вакуумного диода значительно выше в сравнении с пучком УЭ. Следовательно, необходима магнитная фокусировка пучка на всем пути, от катода до образца. Перспективным представляется использование катушек Гельмгольца – двух одинаковых соосных соленоидов, расстояние между центрами которых равно их среднему радиусу. Они обеспечивают однородное продольное магнитное поле в зазоре между ними и нарастающее – на катоде. Зазор возможно оставить открытым, что позволит не только снять ограничение на длину образца, но и расположить световод, регистрирующий люминесценцию образца. Важно

отметить, что при использовании пучков УЭ значительно снижается интенсивность тормозного излучения (в сравнении с «вакуумным» пучком). В результате, использовалась следующая конструкция: область, в которой располагается образец, расположена сразу за анодом ГД; эта же область является и зазором катушек Гельмгольца.

Для питания ГД использовался источник высоковольтных импульсов на базе драйвера РАДАН-303 [3]. Сформированный им импульс преобразовывался индуктивно-емкостным блоком и парой азотных разрядников высокого давления, срезающего и обостряющего. В результате, на ГД подавались импульсы напряжения субнаносекундной длительности с регулируемой амплитудой, способной достигать значений выше 200 кВ (по модулю). Измерения тока и заряда формируемых потоков УЭ проводились с помощью коллекторных датчиков [4]. Напряженность фокусирующего магнитного поля также регулировалась. В результате была достигнута фокусировка в свободном пространстве между катушками Гельмгольца пучков электронов пикосекундной длительности с зарядом порядка 1 нКл и диаметром около 20 мм.

1. Solomonov V. I. et al. CLAVI pulsed cathodoluminescence spectroscopy // *Laser physics*. – 2006. – Т. 16. – С. 126-129.
2. Yalandin M. I. et al. Specific Features of Pulsed Cathodoluminescence under Excitation by Nanosecond and Subnanosecond Electron Beams // *Doklady Physics*. – 2023. – Т. 68. – №. 2. – С. 50-55.
3. Shpak V. G. et al. The RADAN SEF-303A, a small high-current pulsed power supply // *Instruments and Experimental Techniques*. – 1993. – Т. 36. – №. 1. – С. 106-111.
4. Yalandin M. I. et al. Picosecond Resolution Collector Sensor for Diagnostics of Subrelativistic Electron Bunches // *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. – 2023. – Т. 72. – С. 1-8.