

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ ФОТОПУШКИ ПРОЕКТА СИЛА

Требования технического задания проекта СИЛА к параметрам электронного пучка фотопушки предполагают работу установки вблизи практических пределов её физических возможностей. Необходимость формирования пучка с высоким импульсным током при одновременно минимальных поперечном и продольном эмиттансах на низких энергиях требует детального анализа динамики пучка и поиска оптимальных соотношений ключевых рабочих параметров установки. К таким параметрам относятся фаза инжекции, профиль и амплитуда магнитного поля соленоида, а также характеристики лазерной системы. В докладе представлены результаты параметрической оптимизации фотоинжектора, направленной на достижение требуемых характеристик электронного пучка.

М.А. GORBUNOV, S.M. POLOZOV, V.I. RASHCHIKOV
National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

OPTIMIZATION OF THE WORKING PARAMETERS OF THE SILA PROJECT PHOTOGUN

The technical requirements of the SILA project for the electron beam parameters of the photoinjector necessitate operation of the system close to the practical limits of its physical performance. The generation of a high-peak-current beam with simultaneously minimized transverse and longitudinal emittances at low beam energies requires a detailed analysis of beam dynamics and identification of optimal relationships between the key operational parameters of the setup. These parameters include the injection phase, the profile and amplitude of the solenoid magnetic field, as well as the characteristics of the laser system. This paper presents the results of a parametric optimization of the photoinjector aimed at achieving the required electron beam performance.

Фотопушка является ключевым элементом ускорительного комплекса проекта СИЛА, определяющим начальные параметры электронного пучка и, в значительной степени, предельные характеристики всей ускорительной системы. Формирование пучка с зарядом порядка сотен пКл при энергии 6-10 МэВ, длительности сгустка 2-4 пс и минимальном нормализованном эмиттансе на уровне 1 мм мрад является нетривиальной задачей, осложнённой сильным влиянием пространственного заряда.

Численное моделирование динамики пучка проводилось с использованием кода ASTRA, учитывающего релятивистскую динамику частиц и эффекты пространственного заряда. В расчётах использовалась модель RF-фотопушки с длиной ускоряющей структуры 3.5 ячейки на частоте 2.8 ГГц.

Рост эмиттанса в фотопушке в основном обусловлен нелинейным действием сил пространственного заряда в условиях низкой энергии пучка. Согласно теории компенсации эмиттанса, предложенной L. Serafini, J. V. Rosenzweig [1], при определённом согласовании ускоряющего и фокусирующего полей возможно формирование ламинарного режима, при котором пучок проходит точку минимума эмиттанса.

Критерием оптимизации являлся минимальный нормализованный поперечный эмиттанс на выходе фотопушки при сохранении заданного заряда и допустимых размеров пучка (Рис. 1).

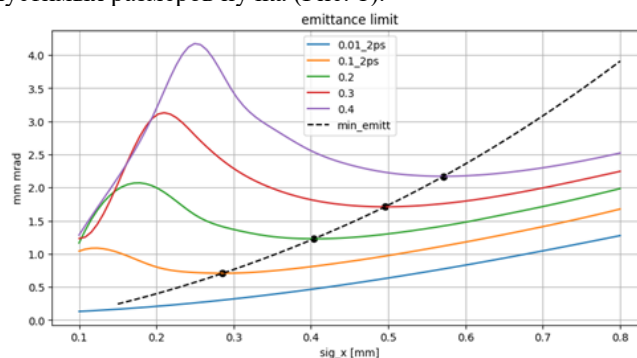


Рис. 1. Зависимость поперечного эмиттанса от размеров лазерного пятна на катоде для разных значений заряда.

Проведённый анализ показал, что достижение требуемых параметров электронного пучка фотопушки проекта СИЛА возможно только при тщательном согласовании параметров ускоряющего RF-поля, магнитной фокусировки и лазерной системы. Реализация режима компенсации эмиттанса является ключевым фактором минимизации поперечного фазового объёма пучка при заряде 300 пКл.

Список литературы

1. L. Serafini, J. V. Rosenzweig "Envelope analysis of intense relativistic quasilaminar beams in RF photoinjectors: A theory of emittance compensation" // Physical Review E, 55, 7565 (1997)