

Взаимодействие пучка электронов со структурированными поверхностями при скользящих углах падения

К.А. Вохмянина, А.А. Каплий, В.С. Сотникова, И.А. Кищин, А.С. Кубанкин,
 Р.М. Нажмудинов, А.Н. Олейник, А.В. Сотников

Возможности излучения заряженных частиц, движущихся над структурированной поверхностью достаточно хорошо изучены теоретически и экспериментально [1-3]. Основной проблемой, ограничивающей возможность использования излучения, генерирующегося подобным образом, является сложность реализации режима, при котором все заряженные частицы движутся вблизи структурированной поверхности радиатора в одинаковых условиях. В данной связи актуальной задачей является сжатие пучка заряженных частиц, что позволит уменьшить разброс прицельных параметров взаимодействующих с радиатором частиц.

В настоящей работе приводятся результаты исследования возможности управления параметрами пучка заряженных частиц при его взаимодействии со структурированной поверхностью – дифракционной решёткой. Результаты исследования демонстрируют возможность уменьшения суммарного прицельного параметра электронов пучка, взаимодействующих с мишенью, что открывает возможность увеличить эффективность источников излучения, основанных на дифракционных механизмах излучения.

Общая схема экспериментов показана на рисунке 1.

Электронный пучок (2) с энергией (10 ± 0.1) кэВ и током на источнике 200 мкА генерируется электронной пушкой (1). Форма пучка корректируется круглым отверстием коллиматора диаметром 2 мм, изготовленного из нержавеющей стали (3); угловая расходимость (менее 0.25°) и положение пучка внутри вакуумного канала контролируется с помощью фокусирующей электромагнитной линзы (4) и пары квадрупольных линз (5) соответственно. Эти устройства позволяют контролировать поперечные и угловые характеристики электронного пучка на мишени (6), установленной на подложке гониометра. Гониометр изготовлен из немагнитных материалов, чтобы избежать влияния его составляющих на характеристики пучка электронов. Положение электронного пучка на люминесцентном экране (7) фиксировалось камерой (8). Типичное значение вакуума в камере мишени не хуже, чем 10^{-6} Торр.

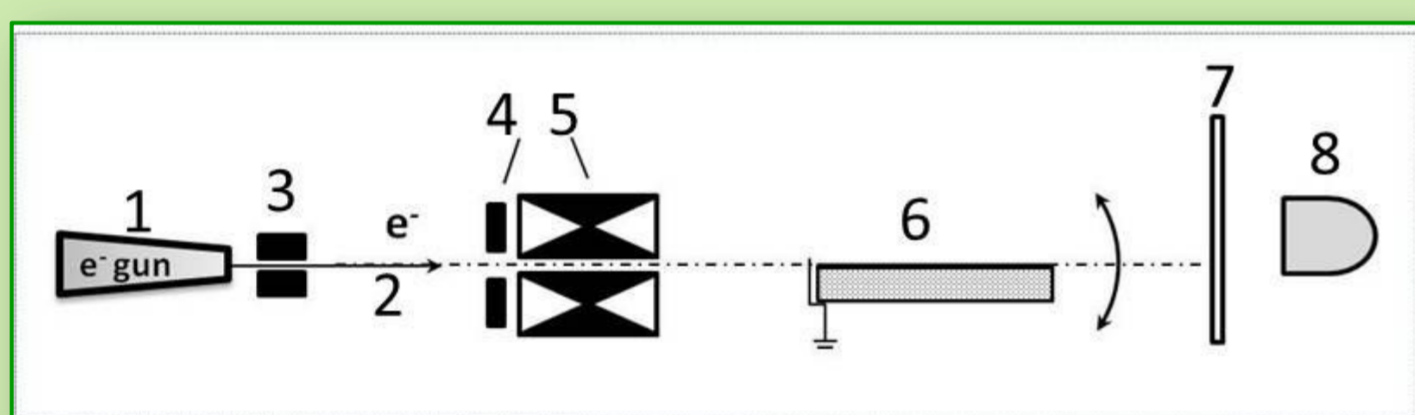


Рисунок 1. – Общая схема эксперимента

1 - электронная пушка, 2 - пучок электронов, 3 - коллиматор диаметром 2 мм, 4 - электромагнитная линза, 5 - электромагнитный корректор, 6 - мишень, 7 - люминесцентный экран, 8 – фотокамера

В качестве мишени использовалась дифракционная решётка, нанесенная на стеклянную подложку размером $(30 \times 30 \times 15)$ мм³ покрытая слоем алюминия (Рисунок 2).

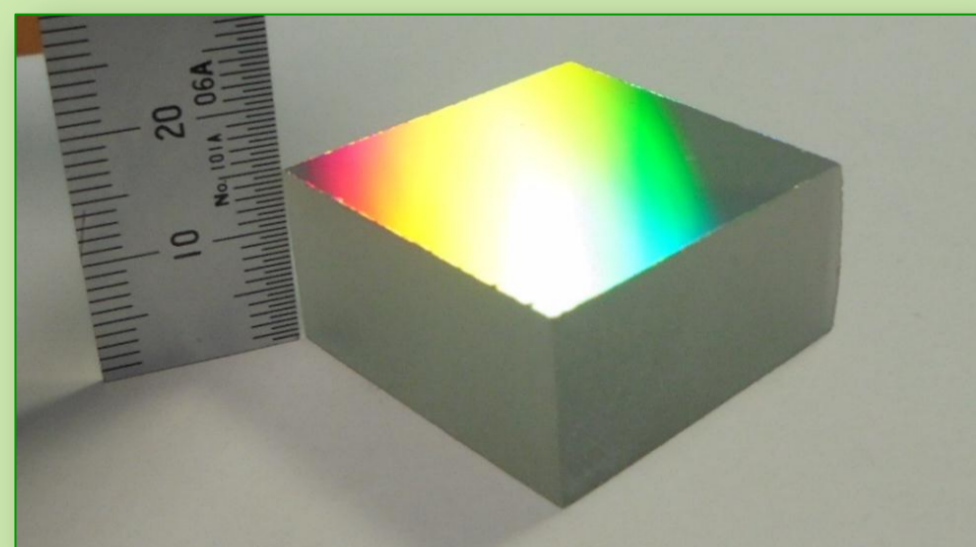


Рисунок 2. – Фотография исследуемой мишени

Рельеф решётки контролировался с помощью зондового микроскопа Integra Aura (Рисунок 3).

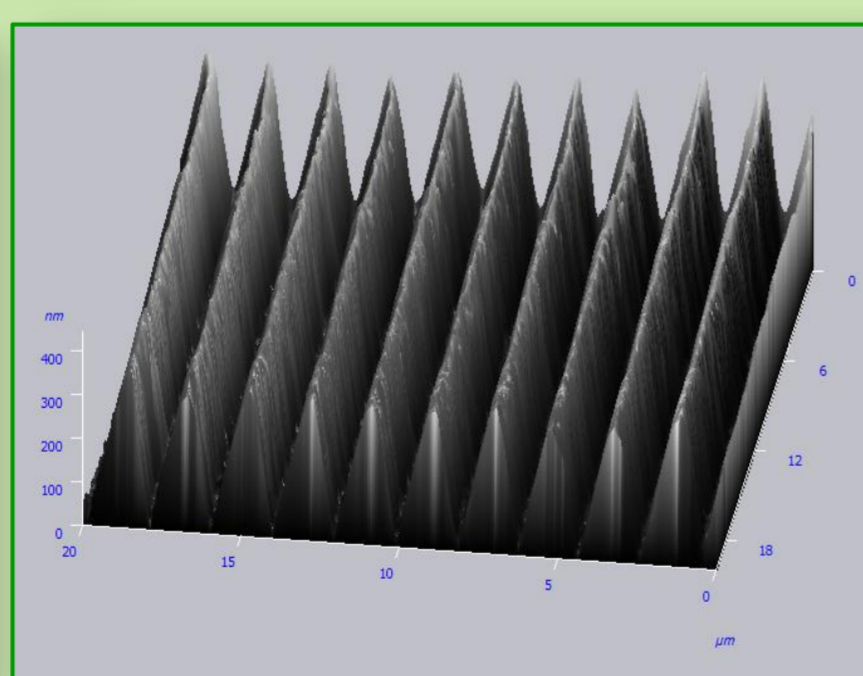
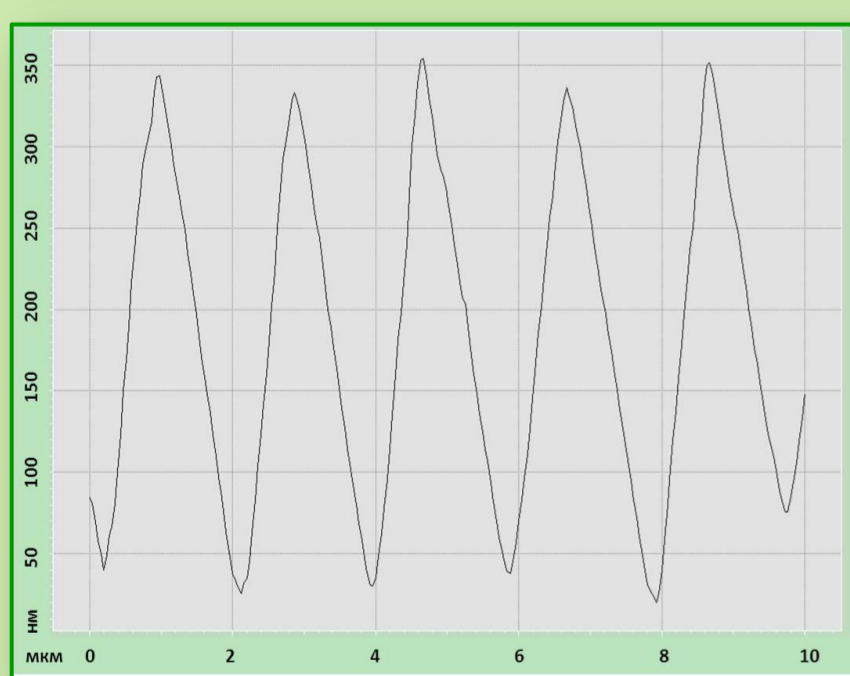


Рисунок 3. – Профиль исследуемой мишени

Входной и выходной торцы решетки экранировались металлическими масками для предотвращения накопления заряда за счет взаимодействия электронов с диэлектрическими торцами мишени (схемы экранировки показаны на рисунке 4).

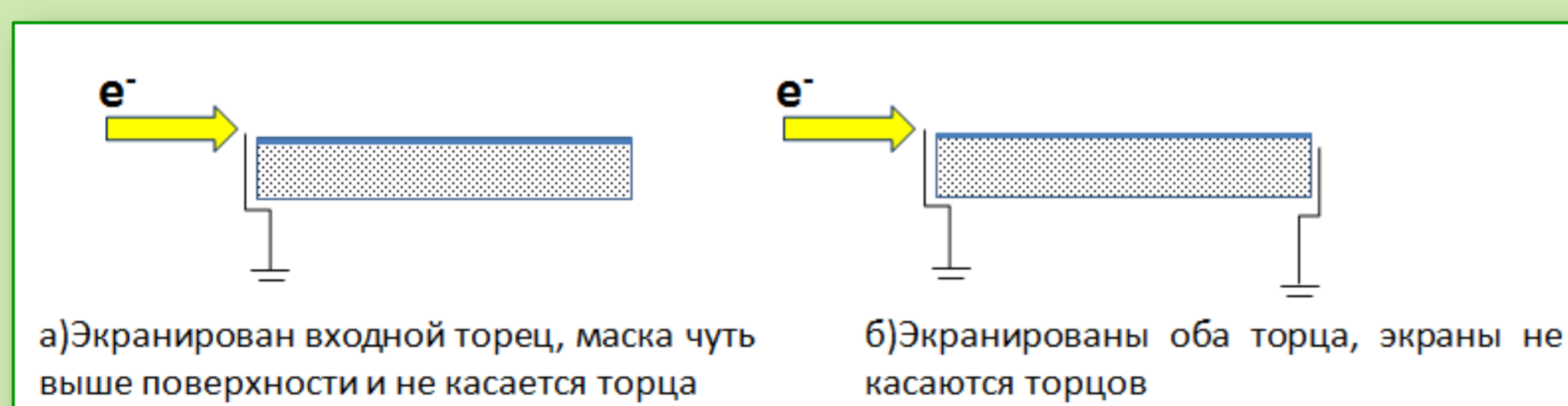


Рисунок 4. – Схемы заземления мишени

На рисунке 5 представлены результаты первой серии экспериментов, выполненных для образцов с экранированным передним торцом (схема заземления 4а).

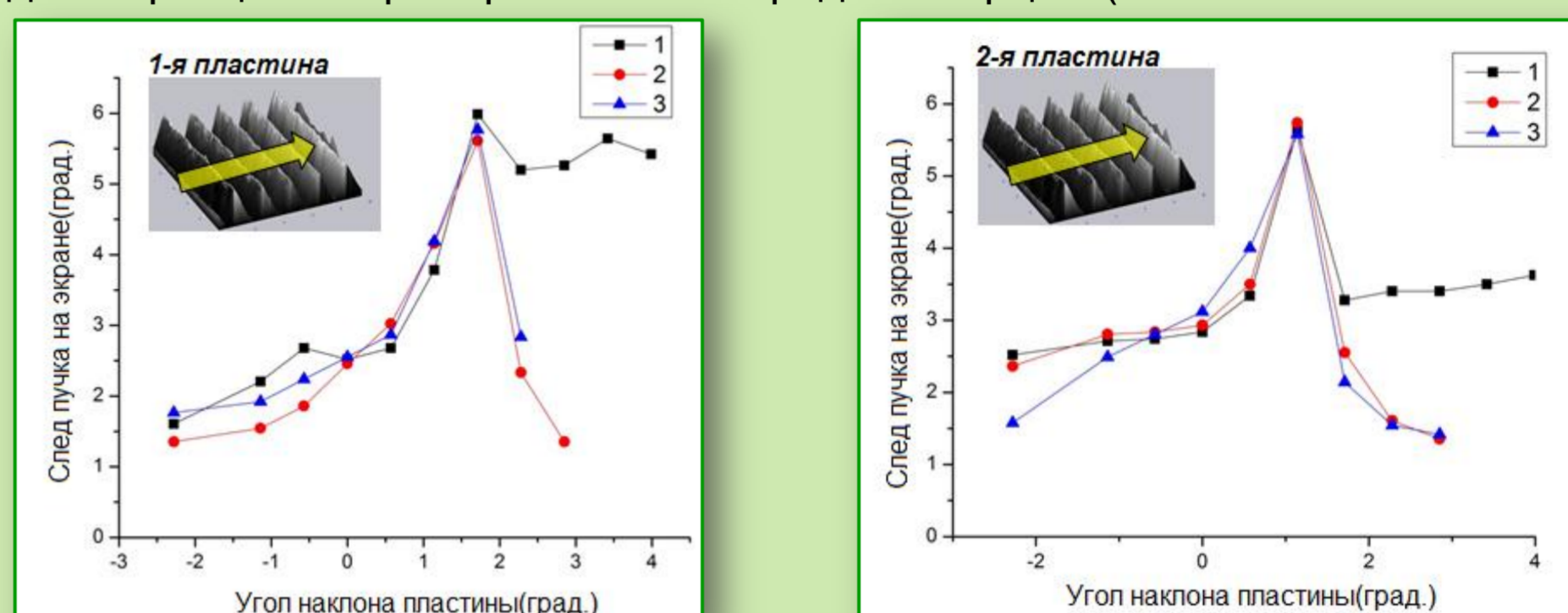


Рисунок 5а. Смещение следа пучка на экране при наклоне двух одинаковых пластин при поперечном направлении пучка относительно структуры поверхности (штрихов)

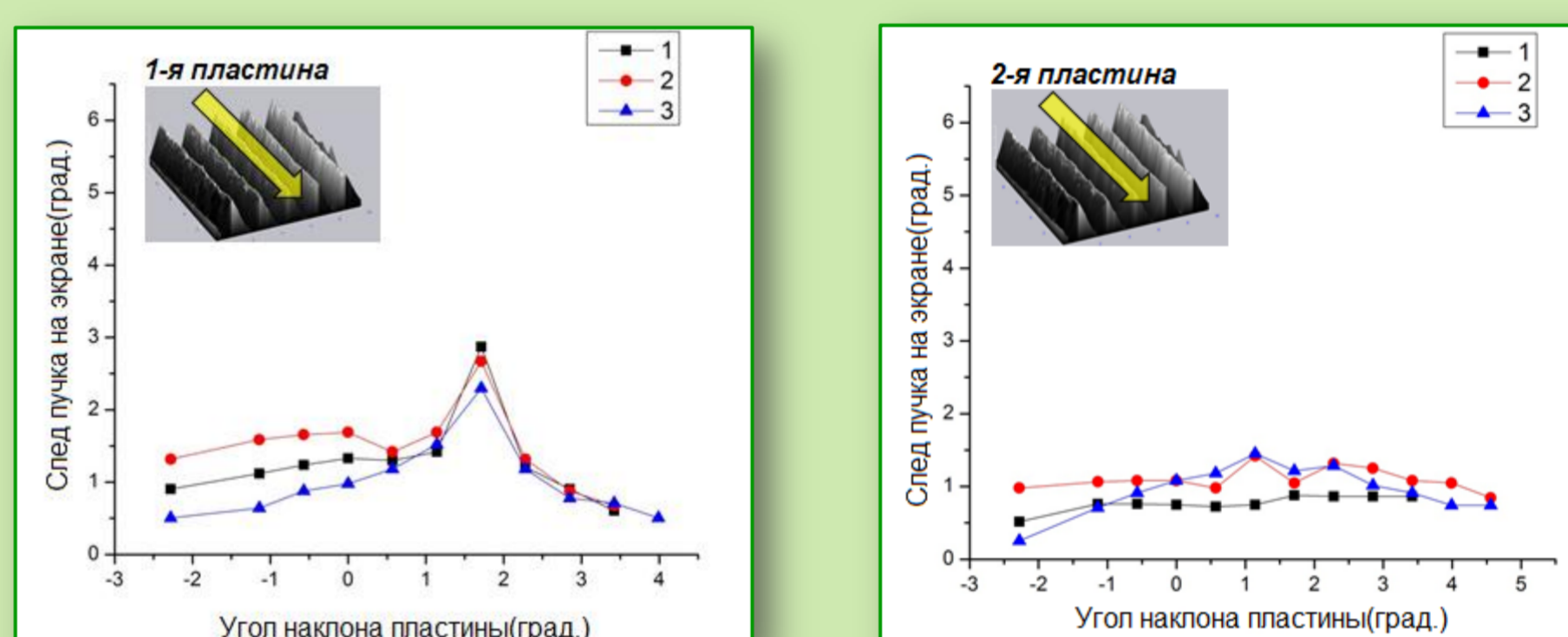


Рисунок 5б. Смещение следа пучка на экране при наклоне двух одинаковых пластин при продольном направлении пучка относительно структуры поверхности (штрихов)

Кривые 1, 2, 3 на каждом графике соответствуют различным наборам значений. Каждый следующий набор осуществлялся после 20 минутной паузы. Недостаточная разрядка диэлектрической подложки может быть причиной расхождения в результатах. Каждая точка соответствует измерению с выдержкой 120 с.

На рисунке 6 представлена серия экспериментов для образцов с экранированными передним и задним торцами (схема заземления 4б). Полученные результаты оказались аналогичными для обоих направлений пучка относительно структуры поверхности.

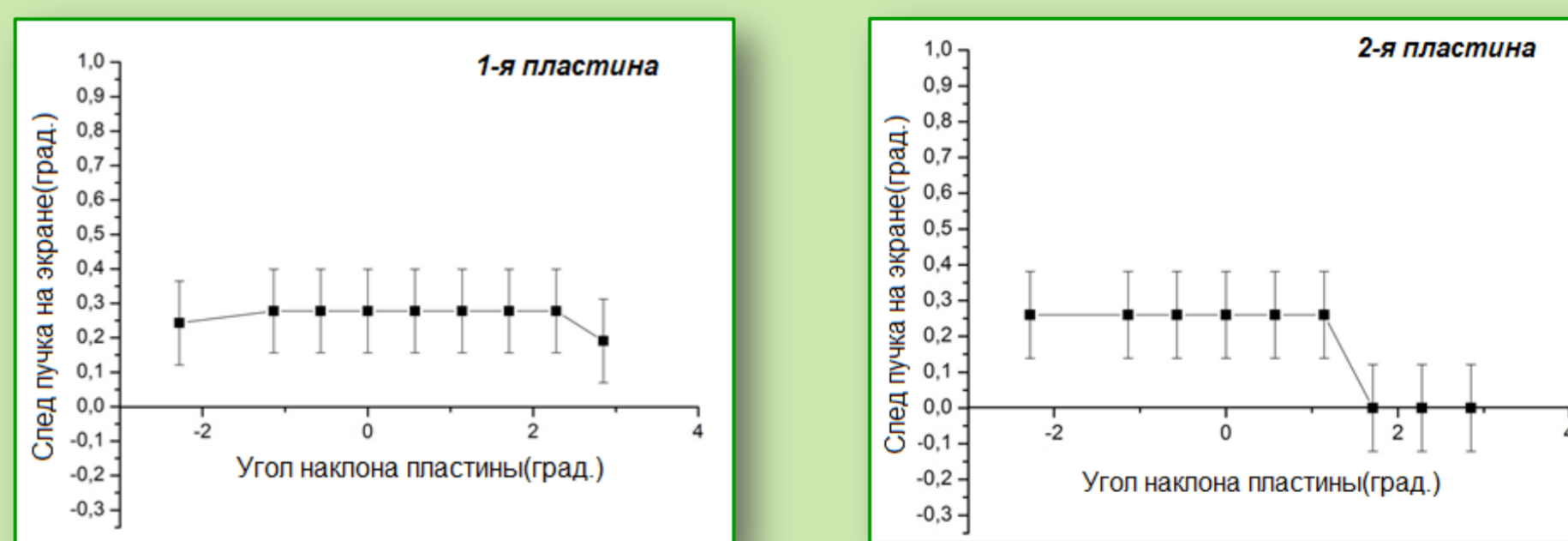


Рисунок 6. Смещение следа пучка на экране при наклоне двух одинаковых пластин

На рисунке 7 показана фотография типичного движения следа пучка на экране.

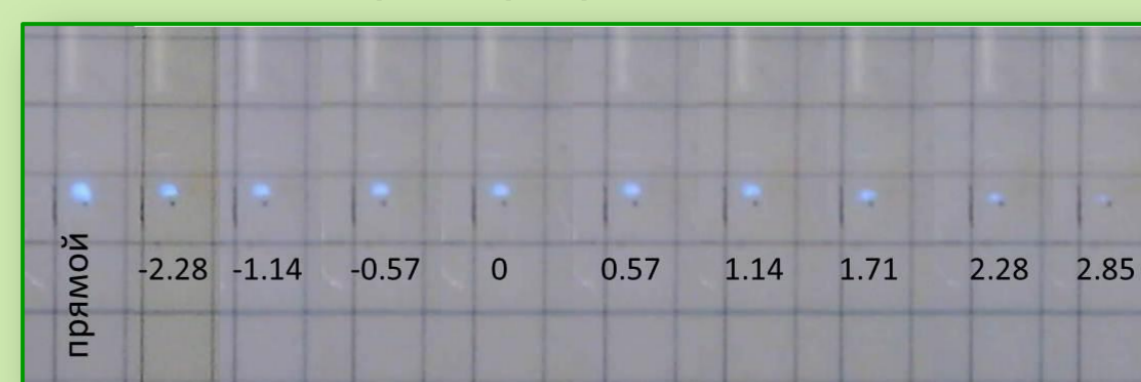


Рисунок 7. – Положение следа пучка в зависимости от угла наклона

Результаты исследования демонстрируют возможность уменьшения суммарного прицельного параметра электронов пучка, взаимодействующих с мишенью, что открывает возможность увеличить эффективность источников излучения, основанных на дифракционных механизмах излучения.

Литература:

1. S.J. Smith and E. M. Purcell, Phys. Rev. 1953, 92, 1069
2. P.M. Van den Berg, J. Opt. Soc. Am. 1974, 64, 325
3. A.Gover, P.Dvorkis, U.Elisha, J.Opt. Soc. Am. B, 1984, 1, 723