

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Глазов, В. С. Земсков. Физико-химические основы легирования полупроводников. М., «Наука», 1967.

2. Г. Ф. Юлдашев и др. Доклад на IV Всесоюзном совещании по полупроводниковому карбиду кремния. М., Гиредмет, 1972.
3. М. Е. Дриц, З. А. Свидерская, Э. С. Каданер. Авторадиография в металловедении. М., Металлургиздат, 1961.

Уменьшение скважности работы линейного ускорителя

Д. И. АДЕЙШВИЛИ, И. А. ГРИШАЕВ, Н. И. МОЧЕШНИКОВ, А. Е. ТОЛСТОЙ

УДК 621.384.64:539.122

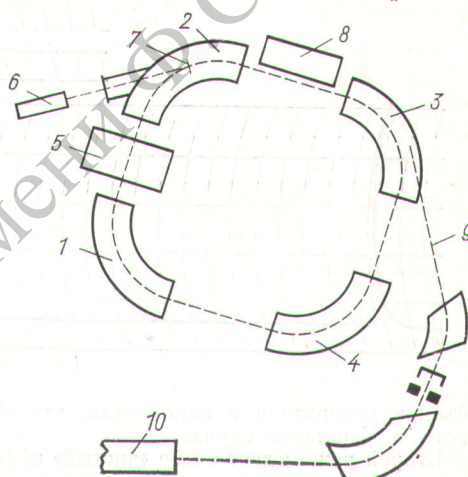
В связи с все возрастающими требованиями к параметрам пучков линейных ускорителей электронов (ЛУЭ) и с расширением их возможностей при проведении физического эксперимента система ЛУЭ — накопитель может явиться путем к преодолению некоторых ограничений, присущих такого типа ускорителям. Ранее уже обращалось внимание на систему накопленный пучок — тонкая мишень, представляющую интерес с точки зрения расширения возможностей физического эксперимента по классу и точности [1]. Существует также проект создания кольцевого растяжителя электронного пучка ЛУЭ [2].

В настоящей работе показано, что с помощью накопителя без каких-либо существенных изменений его структуры и конструкции импульсный электронный пучок ЛУЭ преобразуется в поток γ -квантов, интенсивность и длительность которого можно изменять в широких пределах.

Исследования проведены на накопителе ФТИ АН УССР [3], инжектором для которого служат пять первых секций линейного ускорителя на энергию 300 Мэв [4]. Основной использовавшийся режим ЛУЭ: энергия электронов 70 Мэв, импульсный ток 50 ма при длительности 1,2 мксек, частота инжекции 1—50 гц. Пучок из ускорителя (рис. 1) формировался поворотно-фокусирующей системой накопителя, вводился в кольцо, затем захватывался импульсным полем инфлектора и накапливался на магнитной дорожке при включенной системе ВЧ-подпитки. Мишень в виде медной проволоки толщиной $\sim 35 \mu\text{м}$ ($\sim 2,5 \cdot 10^{-3}$ рад. ед.) могла дистанционно вводиться в рабочую область вакуумной камеры кольца и вертикально устанавливаться с точностью $\pm 0,5 \text{ мм}$ по отношению к равновесной орбите циркулирующего пучка. Получающееся в результате взаимодействия электронов с мишенью тормозное излучение выводилось на регистрирующую аппаратуру. Наряду с этим была предусмотрена возможность регистрации естественного времени жизни пучка на мишени по синхротронному излучению с помощью ФЭУ.

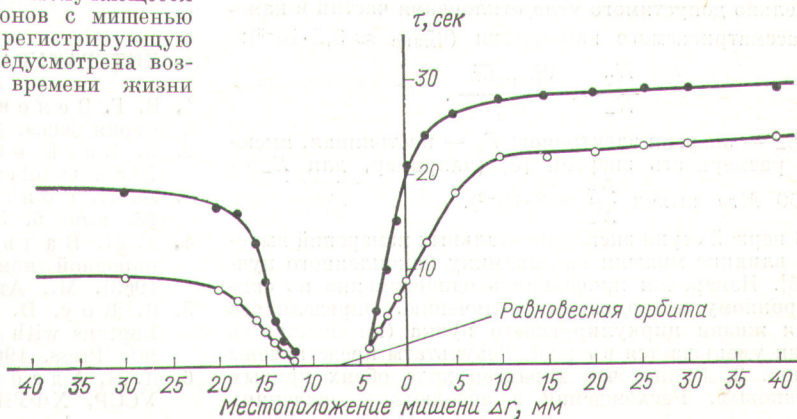
Взаимодействие циркулирующего пучка с мишенью может осуществляться двумя способами: а) в течение всего времени эксперимента мишень находится в камере накопителя на равновесной орбите; инжекция частиц производится с постоянной частотой в присутствии мишени; б) вначале осуществляется накопление максимально возможного числа частиц, затем вводится мишень до соприкосновения с накопленным пучком; после того как все частицы провазаимодействуют, мишень убирается из камеры, и цикл повторяется.

Первый режим дает возможность получить квазинепрерывный пучок γ -квантов со скважностью ≤ 10 (в зависимости от параметров накопителя, инжектора и мишени) и таким образом «растянуть» пучок в 10^3 раз. Однако фоновые условия в этом случае будут неблагоприятными из-за неполного согласования фазовых



Р и с. 1. Схема установки:

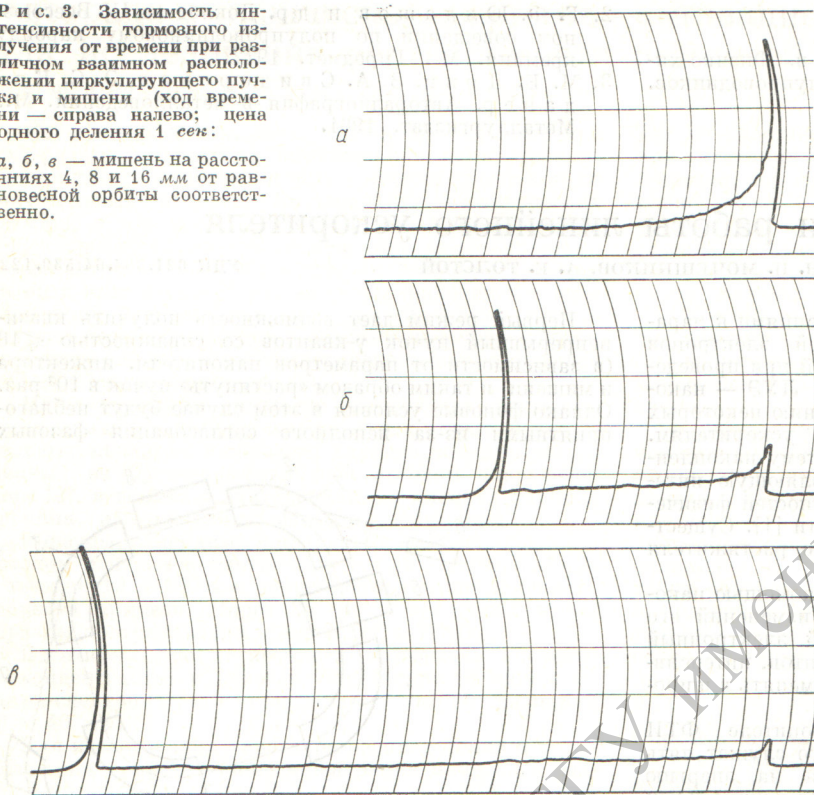
1—4 — квадранты накопителя; 5 — ВЧ-промежуток; 6 — детектор γ -квантов; 7 — мишень; 8 — инфлектор; 9 — траектория инжектируемого в кольцо электронного пучка; 10 — выход ЛУЭ.



Р и с. 2. Зависимость времени жизни накопленного электронного пучка от положения мишени, измеренная по тормозному (●) и синхротронному (○) излучению.

Рис. 3. Зависимость интенсивности тормозного излучения от времени при различном взаимном расположении циркулирующего пучка и мишени (ход времени — справа налево; цена одного деления 1 сек):

а, б, в — мишень на расстояниях 4, 8 и 16 мм от равновесной орбиты соответственно.



объемов ускорителя и накопителя, что обычно имеет место в реальном случае.

Второй режим дает более «чистый» эффект, так как мишень вводится в установившийся циркулирующий пучок электронов, когда ускоритель-инжектор отключен. Ниже приводятся экспериментальные результаты, полученные при использовании второго режима.

Выход γ -квантов на один электрон при взаимодействии пучка с мишенью оценивается на основе соотношений для рассеяния частиц в веществе [5] с учетом предельно допустимого угла отклонения частиц в камере рассматриваемого накопителя ($\theta_{\text{макс}}^2 \approx 3,5 \cdot 10^{-3}$):

$$\frac{N_{\gamma}}{N_{-}} \approx \frac{\theta_{\text{макс}}^2 E_{-}^2}{E_s^2},$$

где E_{-} — энергия электронов; E_s — постоянная, имеющая размерность энергии [5] (например, для $E_{-} = 100 \text{ МэВ}$ выход $\frac{N_{\gamma}}{N_{-}} \approx 8 \cdot 10^{-2}$).

В первой серии экспериментальных измерений выяснено влияние мишени на динамику накопленного пучка [6]. Измерения проводились одновременно по синхротронному и тормозному излучению. Определялось время жизни циркулирующего пучка (интенсивность частиц уменьшается в v раз). Результаты представлены на рис. 2. Видно, что характер хода обеих кривых одинаковый. Расхождения в абсолютных значениях

тормозного и синхротронного сигналов объясняется последствием компоненты наведенной активности в элементах инжекционного и измерительного каналов, а понижение кривых слева — «зарезанием» вертикальной апертуры вакуумной камеры накопителя (и соответственно времени жизни пучка) держателем мишени по мере ввода ее в камеру. Полученные результаты показывают, что, изменяя положение мишени по отношению к равновесной орбите, можно получить пучок тормозного излучения различной длительности.

Дальнейшие исследования проводились при улучшенном вакууме в камере накопителя ($6 \cdot 10^{-8} \text{ мм рт. ст.}$), что обеспечивало время жизни накопленного пучка без мишени 240 сек. На рис. 3 приведена зависимость интенсивности тормозного пучка от времени при различном взаимном расположении электронной орбиты и мишени. Измерения проводились при циркулирующем токе 5–8 ма, что соответствует $(6 \div 9,6) \cdot 10^8$ электронам в накопителе и интегральному выходу γ -квантов $\sim 10^7$. Как видно из рис. 3, этот поток может быть распределен во времени желаемым образом. Пик слева на графиках — результат быстрого сброса на мишень части циркулирующего пучка, не провазимодействовавшей с мишенью в конце цикла.

Полученные результаты указывают на возможность с помощью системы ЛУЭ — накопитель создавать непрерывные пучки γ -квантов. Эти результаты следует рассматривать как предварительные, так как не ставилась задача получения максимально возможного выхода фотонов. Между тем, увеличивая число накопленных частиц до 10^{11} , что вполне осуществимо в наших условиях, можно довести выход фотонов до 10^9 – 10^{10} за цикл.

Поступило в Редакцию 7/Х 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Зелевинский и др. «Изв. АН СССР, Серия физ.», 33, № 4, 686 (1969).
2. R. Beck et al. DSS/SOC-ALLIS-32. SEFS-TD-70.65, October, 1970.
3. Ю. Н. Григорьев и др. «Атомная энергия», 23, вып. 6, 531 (1967).
4. А. К. Вальтер и др. В кн. «Труды Международной конференции по ускорителям» (Дубна, 1963). М., Атомиздат, 1964, стр. 435.
5. R. Roy, D. Reed. Interactions of Photons and Leptons with Matter. New York — London, Academic Press, 1968, p. 93.
6. Д. И. Адейшвили и др. Препринт ФТИ АН УССР, ХФТИ-70-29, Харьков, 1970.