

крутизны $I - U$ - характеристики при токе 4-8 мА также может быть связано с излучательной рекомбинацией через квантовые состояния на п-п-гетерогранице.

В заключение выражаем благодарность А.А. Рогачеву за стимулирующие дискуссии и поддержку работы, С.С. Архиповой - за сборку приборов.

Л и т е р а т у р а

- [1] Бочкарев Э.А., Долгинов Л.М., Дракин А.Е., Дружинина Л.В., Елисейев П.Г., Свердлов Б.Н., Скрипкин В.А. - Квантовая электроника, 1986, т. 13, в. 10, с. 2119-2120.
- [2] Datt V.V., Temkin H., Kolb E.D, Sunder W.A. - Appl. Phys. Lett., 1985, v. 45, N 2, p. 111-113.
- [3] Баранов А.Н., Джуртанов Б.Е., Именков А.Н., Рогачев А.А., Шерняков Ю.М., Яковлев Ю.П. - Письма в ЖТФ, 1986, т. 12, в. 11, с. 664-667.
- [4] Андреев И.А., Афраилов М.А., Баранов А.Н., Давильченко В.Г., Мирсагатов М.А., Михайлова М.П., Яковлев Ю.П. - Письма в ЖТФ, 1986, т. 12, в. 21, с. 1311-1315.
- [5] Долгинов Л.М., Дружинина Л.В., Мильвидский М.Г., Мухитдинов М., Михайев Э.С., Рожков В.М., Шевченко Е.Г. - Измерительная техника, 1981, в. 6, с. 65-67.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
19 января 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 9

12 мая 1988 г.

ОТКЛОНЕНИЕ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 1.5 МэВ ИЗОГНУТЫМИ ТРУБКАМИ

А.Ю. Басай, С.А. Воробьев,
В.В. Каплин, Е.И. Розум,
А.М. Слупский

Выполненные в последние годы работы по каналированию заряженных частиц в изогнутых монокристаллах [1, 2] стимулировали исследования отклонения потоков излучений изогнутыми поверхностями и волноводами [3-5]. В работах [6, 7] было показано, что

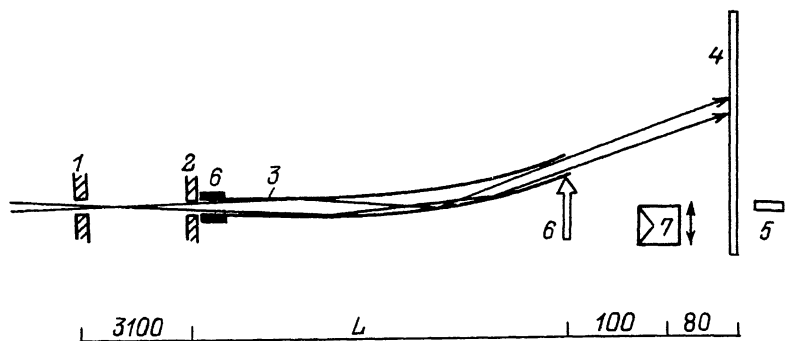


Рис. 1. Схема эксперимента. 1, 2 – алюминиевые коллиматоры; 3 – капиллярная трубка; 4 – фотокассета; 5 – лазер; 6, 6' – изгибающее устройство; 7 – подвижный цилиндр Фарадея.

пучок электронов, попадая под небольшими углами в протяженные щели в поглотителе, отражается от их стенок, что обеспечивает изменение направления движения некоторой части пучка вдоль щели.

В данной работе впервые наблюдался эффект отклонения пучка электронов изогнутыми стеклянными и латунными трубками. Рассмотрены перспективы использования обнаруженного эффекта для управления электронными потоками в отсутствие внешних полей.

Работа выполнена на выведенном пучке микротрона с полной энергией электронов 15 МэВ [8]. Схема эксперимента показана на рис. 1. С помощью тракта коллимации 1, 2 формировался пучок электронов с угловой расходимостью $\sim(0.04-0.06)^\circ$. В исследованиях использованы стеклянные капиллярные трубки 3 с внутренним диаметром 1.2 и 2.5 мм и длиной 180, 330 и 800 мм, а также латунные трубки диаметром 2.5 и длиной 265 мм. Для обеспечения нужного сечения и угловой расходимости пучка электронов коллиматор 2 был сменным и устанавливался непосредственно перед трубкой. Регистрация электронов осуществлялась подвижным цилиндром Фарадея 7 с соответствующим усилительным трактом, а также с помощью фототехнической пленки 4, установленной на расстоянии 180 мм от выходного торца трубки. Юстировка трубок на электронном пучке осуществлялась с помощью лазера 5 типа ЛП-78 после предварительной трассировки пучка. Измерения проводились в вакууме. Упругий изгиб трубок осуществлялся путем калиброванного перемещения свободного торца трубки. Отсутствие остаточной деформации трубок контролировалось также по лазерному лучу. Во время проведения измерений осуществлялось визуальное наблюдение за процессом изгиба трубок с помощью телекамеры КТ-2. Изгибающий шток 6 выполнен в виде рычага, установленного на подвижной оси вращения, введенной в вакуумную камеру, и позволяет многократно изгибать трубку в горизонтальном и вертикальном направлениях.

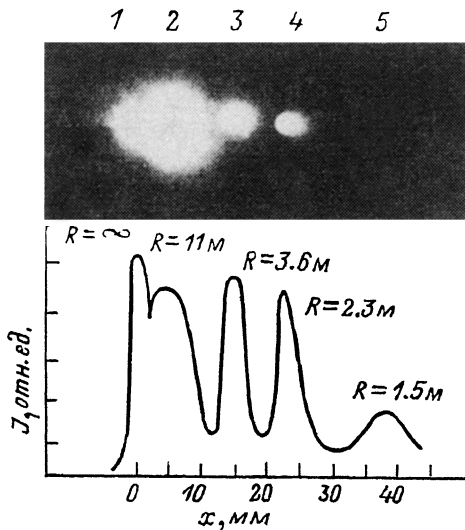


Рис. 2. Фотография отклоненного пучка и кривая фотометрирования для стеклянной трубки диаметром 1.2 мм и длиной 180 мм.

На рис. 2,а приведена фотография изображений электронного пучка для различных радиусов изгиба стеклянной трубки. Впервые полученные экспериментальные результаты демонстрируют отклонение пучка на углы $\theta = 0.1^\circ, 0.25^\circ, 0.38^\circ, 0.6^\circ$. На рис. 2,б приведены результаты фотометрирования. Времена экспозиции, подобранные по токам электронного пучка с помощью цилиндра Фарадея, соотносятся как $t_1 : t_2 : t_3 : t_4 : t_5 = 1 : 10 : 40 : 40 : 40$. Изображение пучка, полученное для прямой трубки, имеет поперечное сечение 1 мм^2 . При этом пучок электронов, имеющий на входе в трубку угловую расходимость $\sim 0.04^\circ$ и сечение $< 1 \text{ мм}^2$, проходит через трубку практически не взаимодействуя с ее стенками. Поперечное сечение и угловая расходимость прошедшего через трубку пучка определяется полностью его начальной угловой расходимости.

При радиусе изгиба трубки $R_{изг} \gg 11 \text{ м}$ пучок электронов взаимодействует в основном с дальним концом трубки, испытывая сильное рассеяние, поэтому изображение пучка 2 представляет собой размытое пятно диаметром около 5 мм. Пятна 3, 4, 5 на фотографии, соответствующие радиусам изгиба трубки $R_{изг} = 3.6 \text{ м}, 2.3 \text{ м}, 1.5 \text{ м}$, имеют диаметр 2 мм. Из рис. 2 видно, что начиная с угла поворота $\theta = 0.384^\circ$ максимальная интенсивность в изображениях отклоненных пучков все более смещается от центра изгиба трубки, и пятно на пленке все более приобретает серповидную форму. Это означает, что с увеличением изгиба трубки все большая часть электронов скользит вдоль внешней относительно изгиба стороны канала трубки. При этом угловая расходимость прошедшего через трубку

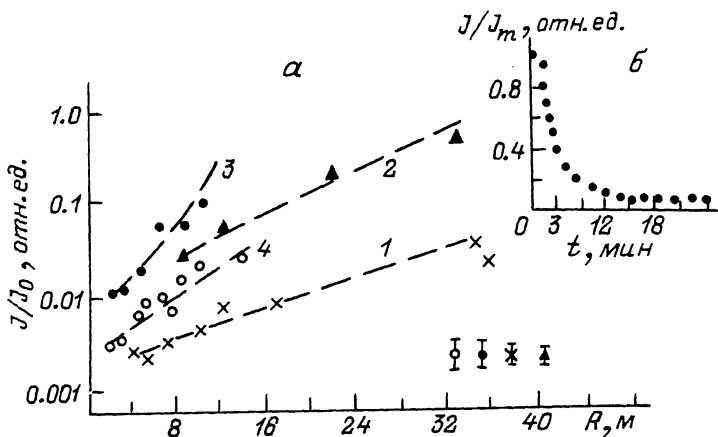


Рис. 3. а) Зависимость эффективности прохождения пучка электронов через изогнутые стеклянные (1, 2, 3) и латунную (4) трубки от радиуса изгиба. Внутренний диаметр трубки: 1,2 мм - (1,3); 2,5 мм - (2,4); длина трубки: 330 мм - 1; 800 мм - 2; 180 мм - 3; 265 мм - 4. Зависимость 3 для стеклянной трубки с внутренним серебряным покрытием. б) Временная зависимость прохождения электронов через прямую стеклянную трубку диаметром 1,2 и длиной 180 мм.

пучка определяется не начальной угловой расходимостью пучка, а угловым раскрытием канала трубки. Подобные изображенным на рис. 2 изменения зависимости отклоненного электронного пучка наблюдаются также и для трубок других длин и диаметров, а также и для трубок из латуни.

На рис. 3, а показаны зависимости прошедшего через различные трубки тока электронного пучка от радиуса их изгиба. Нормирование зависимостей проводилось на значение тока электронов, прошедших через прямую трубку. Видно, что с увеличением изгиба трубки величина прошедшего тока уменьшается для всех трубок и при радиусах изгиба $R_{изг} \sim 5$ м составляет не более 1-2%.

Прохождение электронов через изогнутые трубки зависит от их длины и внутреннего диаметра. Увеличение длины трубки при постоянном диаметре и радиусе изгиба приводит к увеличению количества отражений электронов от стенок изогнутой трубки и к уменьшению числа прошедших через трубку частиц. Действительно, зависимость 1, соответствующая более длинной трубке по сравнению с 3, лежит значительно ниже. Увеличение же длины и внутреннего диаметра стеклянной трубки на одну и ту же величину (зависимость 1 и 2, для которых соотношения между длиной и диаметром одинаковы) приводит к некоторому улучшению прохождения электронов через изогнутую трубку. Хотя казалось бы наоборот, увеличение

диаметра трубки должно приводить к уменьшению вклада электронов, отражающихся от стенок трубки под малыми углами, и также приводить к уменьшению числа прошедших через трубку частиц. Для анализа зависимости 4 для латунной трубки необходимо учесть влияние на коэффициент отражения электронов при скользящем падении материала отражающей поверхности и ее качества.

При исследовании стеклянных трубок нами наблюдалось уменьшение тока прошедших через прямую трубку электронов с течением времени облучения. На рис. 3,б приведена временная зависимость прохождения электронного пучка через прямую стеклянную трубку диаметром 1,2 и длиной 180 мм. Полученная зависимость демонстрирует своеобразный эффект „запирания“ прохождения – по истечении около десяти минут облучения ток прошедших трубку электронов падает примерно на порядок. Обнаруженный эффект обусловлен, по нашему мнению, заряджением диэлектрического материала стенок трубки пучком, образованием запирающего потенциала и, как следствие, увеличением рассеяния электронов. На латунной трубке подобный эффект не наблюдается. Такой эффект устраняется нанесением на внутреннюю поверхность стеклянной трубки тонкого серебряного покрытия и заземлением его. При изгибе стеклянных трубок уменьшения тока прошедшего пучка от времени облучения также не наблюдается.

Таким образом, полученные результаты показывают возможность отклонения электронов без использования магнитных и электрических полей и могут быть использованы при разработке различных устройств для управления пучками электронов.

Л и т е р а т у р а

- [1] В о д о п ь я н о в А.С., Г о л о в а т ю к В.Н., Е л и ш е в А.Ф. и др. – Письма в ЖЭТФ, 1979, т. 30, с. 474–478.
- [2] А д и щ е в Ю.Н., А н а н ь и н П.С., В о р о б ь е в С.А., З а б а е в В.Н., К а л и н и н Б.Н., К а п л и н В.В., П о т ы л и ц ы н А.П., Р о з у м Е.И. – Письма в ЖТФ, 1979, т. 5, в. 24, с. 1485.
- [3] W a t a n a b e M., H i d a k a T., T a m o H. et al. – Appl. Phys. Lett., 1984, v. 45, N 1, p. 725–727.
- [4] А р к а д ь е в В.А., К о л о м и й ц е в А.И., К у м а х о в М.А., Л а б у з о в В.В., Ч е р т о в Ю.П., Ш а х п а р о н о в И.М. – Поверхность, 1987, № 2, с. 44–47.
- [5] В и н о г р а д о в А.В., Е л и с о н В.М., Ж и л и н а В.И., З о р е в Н.Н., И в а н о в с к и й Г.Ф., К о ж е в н и к о в И.В., П л о т к и н М.Е., С а г и т о в С.И., С л е м з и н В.А., С л е п ц о в В.В. – ДАН СССР, 1978, т. 292, № 3, с. 594–596.

- [6] Бойко В.И., Евстигнеев В.В., Плотников А.Л. - Атомная энергия, 1974, т. 36, в. В, с. 515-517.
- [7] Бойко В.И., Евстигнеев В.В., Конов Б.А., Плотников А.Л., Горбачев Е.А. - Атомная энергия, 1974, т. 40, в. 3, с. 221-226.
- [8] Гриднев В.И., Розум Е.И., Слупский А.М., Воробьев С.А. - ПТЭ, 1987, № 1, с. 20-23.

Поступило в Редакцию
22 июля 1987 г.

Письма в ЖТФ. том 14, вып. 9

12 мая 1988 г.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ γ -ОБЛУЧЕННЫХ ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ

А.В. К о в а л ь ч у к, О.Д. Л а в р е н т о в и ч,
В.А. Л и н е в

В настоящей работе впервые исследованы основные электрофизические свойства жидких кристаллов (ЖК), такие как удельная электропроводность σ и подвижность носителей заряда μ , подвергнутых воздействию ионизирующего излучения. Показано, что механизм электропроводности в облученных и необлученных ЖК различен.

Объектами исследования служили производные холестерина (холестерил-пеларгонат - ХП и холестерилформиат - ХФ), широко распространенные как в практических применениях, так и в биологических системах. Ранее нами было показано, что именно этот класс ЖК веществ является одним из наиболее чувствительных к ионизирующему излучению [1].

Облучение ЖК проводилось на серийной установке К-100000 (60C°), где дозы облучения составляли 200, 400, 800 кГр. Перед облучением образцы чистились методом перекристаллизации, описанным в [2], однако непосредственно перед измерениями σ и μ контрольные и облученные образцы специальной очистке не подвергались. Измерение σ проводилось в постоянном электрическом поле по методике, подобной описанной в [3]. Подвижность носителей μ измерялась по времени пролета носителей при переключении полярности напряжения [4]. Погрешность измерения температуры составляла 0.1° , а дозы - 25%.

На рис. 1 приведены температурные зависимости σ для ХП и ХФ при различных дозах γ -облучения. Как следует из полученных данных, значение σ увеличивается с дозой облучения D . Из анализа экспериментальных данных следует, что электропроводность имеет активационный характер: