

Влияние малодозового β -облучения на проводимость монокристаллов C_{60}

© Ю.И. Головин, М.А. Иванова, Д.В. Лопатин, Р.К. Николаев*, А.В. Умрихин

Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина,
392622 Тамбов, Россия

* Институт физики твердого тела Российской академии наук,
142432 Черноголовка, Московская обл., Россия

E-mail: lopatin@tsu.tmb.ru

(Поступила в Редакцию 18 марта 2004 г.)

Обнаружено увеличение проводимости монокристаллов C_{60} на 55–120% под действием малодозового β -облучения. Показано, что данный эффект может быть связан с многокаскадной ударной ионизацией молекул C_{60} .

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 02-02-17571) и ФЦП „Фуллерены и атомные кластеры“.

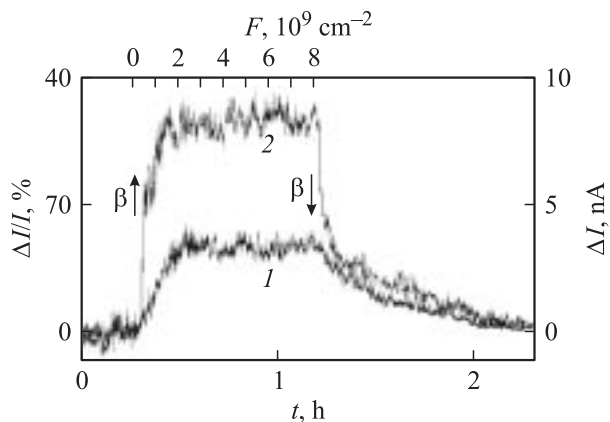
Исследование проводимости твердых тел дает важную информацию об их электронной подсистеме и взаимодействии носителей заряда с атомами вещества. Контролируемое введение радиационных дефектов позволяет в широких пределах изменять электрофизические характеристики полупроводников, такие как электропроводность, тип проводимости, концентрация, подвижность и время жизни носителей заряда [1]. Разработка и широкое использование радиационных технологий в электронной технике [2] свидетельствуют о высокой эффективности данных методов. В последнее время актуальной задачей является исследование электрофизических свойств монокристаллов C_{60} и производных на основе фуллеренов в связи с перспективой их применения в микро- и наноэлектронике [3]. В [4] сообщалось об изменении энергии перехода НОМО–ЛУМО и других молекулярных переходов в фуллерите C_{60} под воздействием электронного облучения с энергией электронов 100–1000 eV. Целью данной работы являются обнаружение и исследование влияния малодозового β -облучения на электропроводность фуллерита.

Для исследования использовались монокристаллы C_{60} высокой чистоты (99.95% C_{60}), выращенные в ИФТТ РАН. Характеристикой проводимости служил ток I , протекающий через индиевые контакты, которые крепились на одной из граней образца при помощи серебряной пасты. К контактам прикладывалось постоянное напряжение $U = 50–70$ V. Сопротивление внешней цепи при всех измерениях было намного меньше сопротивления образца, которое составляло $\sim 10^9 \Omega$ при его характерных линейных размерах 3–5 mm. Источником β -излучения служил препарат на основе $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ с активностью $A_0 = 14.5$ MBq и средней энергией электронов $\langle E \rangle = 0.536$ MeV. Все измерения проводились при комнатной температуре.

Обнаружено влияние β -облучения на проводимость фуллерита C_{60} . Так, при флюенсе $F > 2 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-2}$ проводимость увеличивается на величину до 55%. Зависи-

мость относительного увеличения тока $\Delta I/I$ от времени облучения t характеризуется насыщением, возникающим через $t_{s1} \sim 12$ min после начала облучения (см. рисунок). После прекращения облучения ток релаксирует за $t_{r1} \sim 1$ h до первоначального значения. При повторном облучении той же поверхности образца через 20 h проводимость возрастает до 120%. При этом времена насыщения и релаксации составляют $t_{s2} \sim 9$ min и $t_{r2} \sim 1$ h соответственно.

Основной эффект взаимодействия быстрых электронов с веществом определяется ионизацией молекул и образованием отдельных точечных дефектов. К возрастанию проводимости может привести многокаскадная ударная ионизация молекул решетки кристаллов C_{60} релятивистскими электронами внешнего возбуждения. При этом образованный в результате первичного акта ионизации электрон проводимости обладает достаточной энергией для дальнейшей ионизации молекул C_{60} . Оценим увеличение тока в



Зависимость увеличения тока ΔI от времени облучения t (флюенса F). 1 — первичное облучение, 2 — повторное облучение через 20 h. Стрелками показаны моменты начала и прекращения β -облучения.

этом случае: $\Delta I = A_0 e k \langle E \rangle / E_0 \sim 0.3 \cdot 10^{-8}$ А, где $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ С — заряд электрона, $E_0 \sim 20$ eV — энергия, заведомо большая энергии ионизации молекулы фуллерена, $k = 0.05$ — коэффициент, учитывающий долю частиц, падающих на образец, от полного числа испускаемых источником. Видно, что рассчитанная величина лежит в пределах экспериментальных значений $\Delta I = 10^{-8} - 10^{-9}$ А. Однако большие времена нарастания и релаксации радиационного тока ставят под сомнение тот факт, что увеличение проводимости обусловлено только многокаскадной ударной ионизацией молекул C_{60} . Необходимо учитывать как существующие глубокие центры захвата свободных носителей заряда, так и образованные под действием β -облучения новые радиационные дефекты, которые также являются ловушками свободных носителей заряда. При этом в начале β -экспозиции одновременно происходят генерация центров захвата и их заполнение, а после прекращения экспозиции — термическое опустошение ловушек. Большее увеличение тока при повторном облучении можно объяснить оставшимися после первого облучения радиационными дефектами. Определение положения глубоких уровней и природы радиационных дефектов в монокристаллах C_{60} требует дальнейшего исследования.

Список литературы

- [1] В.А. Козлов, В.В. Козловский. ФТП **35**, 7, 769 (2001).
- [2] L.F. Zhakarencov, V.V. Kozlovski. In: Semiconductor Technology: Processing and Novel Fabrication Techniques. John Wiley&Song, Inc., N. Y. (1997). 165 p.
- [3] В.И. Трефилов, Д.В. Шур, Б.П. Тарасов, Ю.М. Шульга, А.В. Черногоренко, В.К. Пищук, С.Ю. Загинайченко. Фуллерены — основы материалов будущего. АДЕФ, Киев (2001). 143 с.
- [4] Ю.С. Гордеев, В.М. Микушин, В.В. Шнитов. ФТТ **42**, 2, 371 (2000).