

Альфа- и бета-магнитные эффекты в однородных монокристаллах германия

Д. Л. СИМОНЕНКО

УДК 537.311.33:621.382

В конце 1968 г. при исследовании влияния облучения потоками α - и β -частиц на свойства однородных полупроводников (монокристаллов) нами было обнаружено, по-видимому, новое явление, которое, на первый взгляд, похоже на уже известное явление — фотомангнитный эффект [1—4].

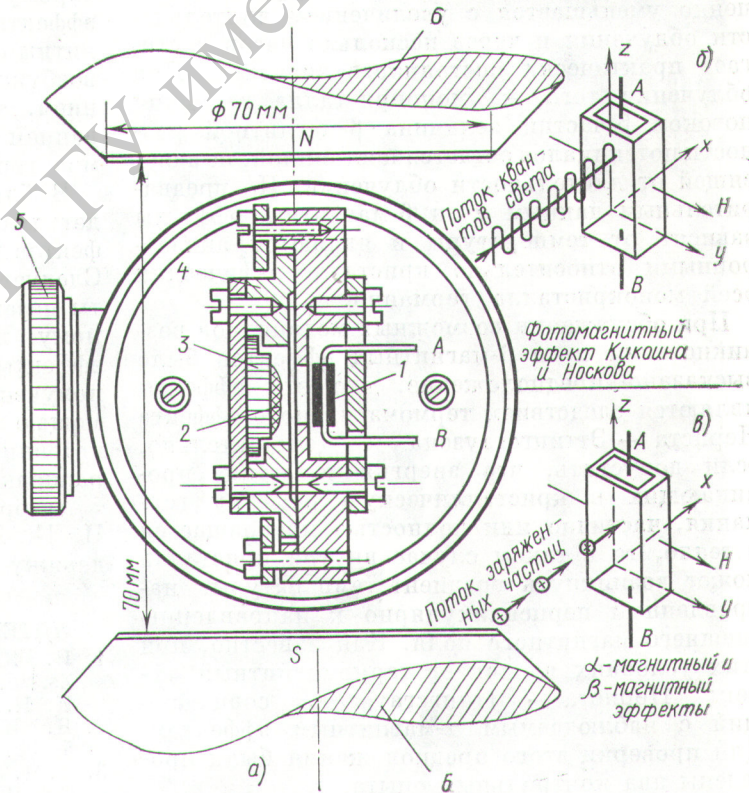
В настоящей заметке приводится краткое описание экспериментов, показывающих смысл этого явления, которое в дальнейшем будем называть «альфа-магнитным эффектом» (α -МЭ и β -МЭ). Облучаемые пластинки однородного германия (без переходов) вырезались из монокристалла германия n -типа, имеющего концентрацию равновесных носителей $n_0 = 1,3 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Размеры пластинок $1 \times 10 \times 28 \text{ мм}$. Электроды припаивались непосредственно к торцам пластинок. Поверхность пластинок обрабатывалась в растворе СР-4А и полировалась в кипящей перекиси водорода. Пластинка закреплялась в специальном держателе между полюсами электромагнита так, чтобы ее плоскость была расположена параллельно магнитному полю.

В качестве источника α -частиц использовался препарат Pu^{238} , нанесенный на плоскую подложку. Удельная активность препарата составляет приблизительно 50 мк/см^2 . Источником β -частиц служит препарат $\text{Sr}^{90} + \text{Y}^{90}$ общей активностью 100 мк . Приэлектродные участки образца германия были заэкранированы и облучению не подвергались. Кроме того, для наблюдения фотомангнитного эффекта установка позволяла освещать один и тот же образец германия пучком видимого света.

Сущность обнаруженного явления заключается в том, что при облучении поверхности пластины (монокристалла) однородного германия, помещенного в магнитное поле, потоком α - и β -частиц возникает разность потенциалов, направленная вдоль пластины, т. е. перпендикулярно направлению магнитного

поля и направлению потока бомбардирующих частиц. Из рис. 1 видно, что описанные в настоящей работе условия эксперимента аналогичны условиям, в которых наблюдается фотомангнитный эффект. Разница состоит в том, что вместо пучка света $J_{\text{л}} \times \text{квант/см}^2 \cdot \text{сек}$ использован поток заряженных частиц J_{α} и J_{β} частиц/см²·сек (см. рис. 1, б, в).

Измерения показали, что α - и β -магнитные эффекты изменяются пропорционально напряженности магнитного поля и при изменении знака поля их знак также изменяется (рис. 2). Аналогичные измерения при комнатной температуре в вакууме ($p \approx 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$) показали, что величина и характер зависимости α -магнитного эффекта от напряженности магнитного поля остались такими же, как



Р и с. 1. Схема установки:

1 — монокристалл германия размером $20 \times 10 \times 3 \text{ мм}$ с припаянными электродами А и В; 2 — источник α - или β -частиц (Pu^{238} или $\text{Sr}^{90} + \text{Y}^{90}$); 3 — подложка источника; 4 — перемежающийся держатель источника; 5 — окно для впуска луча света и наблюдения за фотомангнитным эффектом; 6 — полюсные наконечники электромагнита.

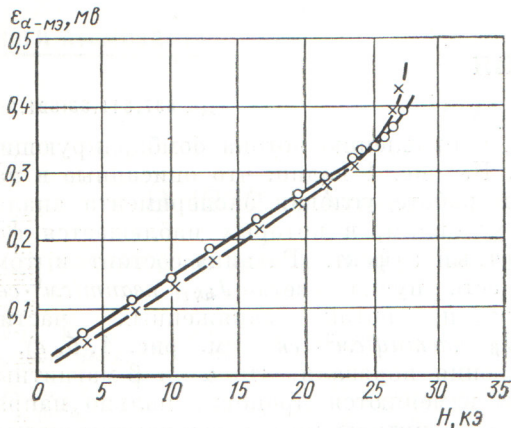


Рис. 2. Зависимость α -магнитного эффекта от напряженности магнитного поля (n — германий при $t = 20^\circ \text{C}$): \times — H^- ; \circ — H^+ .

и при атмосферном давлении. В вакууме при постоянных температуре и интенсивности облучения величина α -магнитного эффекта постепенно уменьшается с увеличением длительности облучения и через несколько часов достигает практически постоянного значения. При облучении того же монокристалла германия потоком β -частиц величина β -магнитной разности потенциалов остается постоянной, не зависящей от длительности облучения. По предварительным данным α - и β -магнитные эффекты зависят от температуры и являются анизотропными относительно кристаллографических осей монокристалла германия.

При обсуждении возможных механизмов возникновения α - и β -магнитных эффектов было высказано предположение, что эти эффекты являются следствием термомагнитного эффекта Нернста — Эттингсгаузена. Действительно, если допустить, что энергия α -частиц, проникающих в кристаллическую решетку германия, частично или полностью превращается в тепло, то в таком случае внутри кристалла может возникнуть градиент температуры, направленный перпендикулярно к направлению внешнего магнитного поля. Как известно, при этих условиях возникает термомагнитный эффект Нернста — Эттингсгаузена, совпадающий с наблюдаемым α -магнитным эффектом. Для проверки этого предположения были проведены два контрольных опыта.

1. Известно, что термомагнитный эффект Нернста — Эттингсгаузена не зависит от интенсивности процесса поверхностной рекомбинации носителей тока (от состояния поверхности монокристалла) [5]. Поэтому мы после

измерения величины α -магнитного эффекта на чистом полированном монокристалле германия слегка «испортили» его поверхность шлифовкой и затем снова при прочих равных условиях измерили величину α -магнитного эффекта. Оказалось, что величина эффекта уменьшилась не менее чем в 25 раз.

2. Облучаемая поверхность монокристалла германия покрывалась достаточно толстым слоем (8—15 $\text{мг}/\text{см}^2$) теплопроводящего лака с таким расчетом, чтобы вся энергия падающего пучка α -частиц могла превращаться в тепло непосредственно на поверхности монокристалла при условии, что сами α -частицы не проникают внутрь кристаллической решетки германия. Оказалось, что в этих условиях α -магнитный эффект практически равен нулю. Из этих опытов следует, что наблюдаемые нами α - и β -магнитные эффекты не являются термомагнитным эффектом Нернста — Эттингсгаузена. Существует другое предположение, согласно которому наблюдаемые нами α - и β -магнитные эффекты по своей природе являются фотомагнитным эффектом с той разницей, что они возбуждаются не внешним световым излучением, а излучением, обусловленным высвечиванием возбужденных α - или β -частицами атома германия.

В ближайшее время мы надеемся провести детальное исследование α - и β -магнитных эффектов в германии и других полупроводниках. Следует отметить, что α - и β -магнитные эффекты независимо от их природы смогут, по-видимому, найти практическое применение*. Эти эффекты открывают новые возможности для получения стабильных и регулируемых с помощью внешнего магнитного поля разностей потенциалов непосредственно за счет энергии радиоактивного распада.

Автор выражает большую признательность И. К. Кикоину за полезную критику и поддержку этой работы.

Поступила в Редакцию 4/VI 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. К. Кикоин, М. М. Носков. Phys. Zs. d. Sow. Un., 5, 586 (1934); 6, 478 (1934). И. К. Кикоин. Докл. АН СССР, 3, 48 (1934).
2. Я. И. Френкель. Phys. Zs. d. Sow. Un., 5, 597 (1934); 8, 185 (1935).
3. Е. М. Лифшиц. Phys. Zs. d. Sow. Un., 9, 641 (1936).
4. С. М. Рывкин. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. М., Физматгиз, 1963.
5. И. М. Цидильковский. Термомагнитные явления в полупроводниках. М., Физматгиз, 1960.

* См. А. З. класс 21e 12; 621, 317, 42 с приоритетом от 25/VI 1970 г.