



Ф6-3к. ВНУТРЕННИЙ ФОТОЭФФЕКТ. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОРЕЗИСТОРА

Требуемое оборудование

Модульно учебные комплексы:

1. Модульный учебный комплекс МУК-ОК

Приборы:

- | | |
|---|------------|
| 1. Блок амперметра-вольтметра АВ1 | 1 шт. |
| 2. Стенд с объектами исследования СЗ-ОК01 и источник питания ИПС1 | 1 комплект |
| 3. Проводники Ш4/Ш1,6 - 60 см | 6 шт. |

Краткое теоретическое введение

Фоторезистором называется полупроводниковый прибор, действие которого основано на фотопроводимости – изменении проводимости полупроводника при освещении (внутренний фотоэффект). В полупроводнике под действием света генерируются свободные носители заряда (в отличие от внешнего фотоэффекта, когда электроны под действием света выходят из вещества).

Электропроводность собственного полупроводника, обусловленная тепловым возбуждением, называется темновой проводимостью:

$$\sigma_T = q_e n (\mu_n + \mu_p), \quad (1)$$

где n – концентрация электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне;

μ_n и μ_p – подвижность электронов и дырок соответственно;

q_e – заряд носителя тока.

При освещении полупроводника возникают дополнительные свободные носители заряда, обусловленные внутренним фотоэффектом. При поглощении кванта света один из валентных электронов переходит в зону проводимости, а в валентной зоне образуется дырка. Очевидно, такой переход возможен, если энергия фотона $h\nu$ равна или несколько больше ширины запрещенной зоны ΔE :

$$h\nu \geq \Delta E. \quad (2)$$

Из сказанного ясно, что полная электропроводность складывается из темновой и фотопроводимости:

$$\sigma = \sigma_T + \sigma_\Phi. \quad (3)$$

Основными характеристиками фоторезистора являются вольт-амперная, световая и спектральная.

Вольт-амперной характеристикой называется зависимость тока, протекающего через фоторезистор, от величины приложенного напряжения при постоянном световом потоке $I = f(U)_{\Phi=Const}$:

$$I_C = \frac{\sigma S}{l} U = \frac{(\sigma_T + \sigma_\Phi) S}{l} U = I_T + I_\Phi, \quad (4)$$

где I_C – световой ток;

- I_T – темновой ток;
- I_Φ – фототок;
- S – площадь поперечного сечения;
- l – длина проводника.

В частности, если световой поток равен нулю, то характеристика называется темновой. Из уравнения (4) видно, что вольт-амперная характеристика как темновая, так и при освещении является линейной, поскольку при постоянной температуре (ток, протекающий через фоторезистор, не должен приводить к разогреву полупроводникового прибора) и постоянном световом потоке электропроводность не зависит от напряжения. Следует отметить, что в области обычно реализуемых освещенностей световой ток намного больше темнового, т. е. $I_C \approx I_\Phi$.

Световой характеристикой фоторезистора называется зависимость фототока от величины падающего светового потока при постоянном значении приложенного напряжения $I_\Phi = f(\Phi)_{U=Const}$. Световая характеристика обычно нелинейная. При больших освещенностях увеличение фототока отстает от роста светового потока, намечается тенденция к насыщению. Это объясняется тем, что при увеличении светового потока наряду с ростом концентрации генерируемых носителей заряда растет вероятность их рекомбинации.

Спектральной характеристикой называется зависимость фототока от длины волны при постоянной энергии падающего излучения $I_\Phi = f(\lambda)_{\Phi=Const, U=Const}$. Фототок в собственном полупроводнике появляется, начиная с длины волны λ_0 соответствующей равенству

$$\frac{hc}{\lambda_0} = \Delta E, \tag{5}$$

где ΔE – ширина запрещенной зоны полупроводника;

λ_0 – край собственного поглощения;

c – скорость света в вакууме.

Зная ширину запрещенной зоны можно определить полупроводник из которого сделан фоторезистор (таблица 1)

Таблица 1

Полупроводник	Ge	Si	JnSb	GaAs	GaP	CdS	CdSe	PbS
$\Delta E, \text{ эВ}$	0,72	1,12	0,17	1,42	2,26	2,42	1,70	0,41

С увеличением энергии фотона в реальной спектральной характеристике фототок быстро достигает максимума, а затем начинает уменьшаться. Это объясняется тем, что с уменьшением λ растет коэффициент оптического поглощения, а это приводит к поглощению света в тонком приповерхностном слое вещества, к повышению концентрации неравновесных носителей и соответственно повышенной скорости рекомбинации в этом слое.

Методика эксперимента

В качестве источников света в лабораторной установке используется набор светодиодов (кластер), излучающих в различных узких диапазонах длин волн. Эти диапазоны лежат в видимой и инфракрасной частях спектра.

На рис. 1 представлена электрическая схема. В качестве источника ЭДС используется генератор регулируемого постоянного напряжения блока ИПС1, работающий в диапазоне 0..6,3 В. Такое включение измерительных приборов позволяет исключить шунтирование вольтметром

фоторезистора. При этом в рабочем диапазоне токов влияние внутреннего сопротивления амперметра на показания вольтметра незначительное.

При выполнении работы необходимо учитывать, что в лабораторной установке устанавливается не абсолютная, а относительная интенсивность излучения J/J_0 . Где J_0 некоторая константа, задаваемая измерительным прибором и регулируется пользователем с помощью регулятора.

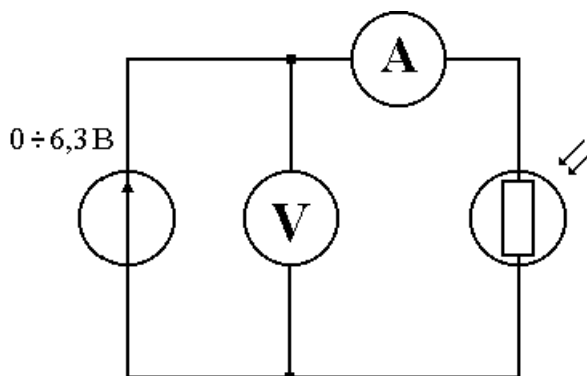


Рис. 1

Рекомендуемое задание к работе:

1. Соберите схему, показанную на рис.1.
2. Снимите семейство вольт-амперных характеристик $I = f(U)_{J/J_0=Const, \lambda=Const}$.
3. Снимите семейство световых характеристик $I_\Phi = f(J/J_0)_{U=Const, \lambda=Const}$.
4. Снимите спектральную характеристику фоторезистора $I_\Phi = f(\lambda)_{J/J_0=Const, U=Const}$.
5. По результатам измерений, проведенных согласно пунктам 2, 3, 4, постройте графики вольт-амперных, световых и спектральной характеристик фоторезистора.
6. Определите по спектральной характеристике край собственного поглощения λ_0 . Оцените ширину запрещенной зоны полупроводника ΔE , из которого сделан фоторезистор, по формуле (5). Запишите полученное значение в электрон-вольтах. Определите, пользуясь таблицей 1, полупроводник, из которого сделан фоторезистор.