

z):  $\Delta\sigma_{ij} = \gamma_{ijk} E_k E_l$ . Тензор 4-го ранга  $\gamma_{ijk}$  наз. тензором Ф. Он определяет не только величину  $\Delta\sigma$ , но и её анизотропию.

Ф. анизотропна даже в средах с изотропными статич. электропроводностью и оптич. диэлектрической проницаемостью. Это проявляется в зависимости Ф., возникающей



Рис. 3. Спектральное распределение примесной проводимости в Ge, связанное с примесью Cu.

под действием поляризованного излучения, от ориентации плоскости поляризации света относительно кристаллографич. осей, а также в появлении поперечного электр. поля и поперечной фотоэдс между боковыми контактами образца. Один из возможных механизмов анизотропных фотоэлектр. эффектов состоит в анизотропии распределения по квазиимпульсам фотоэлектронов, генерируемых поляризованным излучением. Анизотропные фотоэлектр. эффекты в изотропных средах описываются определ. компонентами тензора  $\gamma_{ijk}$ .

Инерционность фотопроводимости определяется наиб. временем релаксации кинетич. процессов, к-рые определяют Ф. Обычно это время жизни фотоносителей, а в случае внутризонной Ф.— время рассеяния энергии или время межподзонной релаксации. Время жизни фотоносителей уменьшается по мере увеличения концентрации рекомбинационных центров (или захватывающих примесных центров), но оно не может быть меньше времени релаксации энергии в том же материале.

Ф. следует отличать от болометрич. эффекта — изменения проводимости при нагреве полупроводника излучением, когда одинаково повышаются  $T$  как электронной подсистемы, так и подсистемы фононов; в отличие от Ф., инерционность болометрич. эффекта определяется теплопроводностью — скоростью передачи тепла термостату (см. Болометр).

В нек-рых веществах при низких темп-рах время релаксации Ф. столь велико, что вызванное облучением изменение проводимости  $\Delta\sigma$  не падает заметно со временем (замороженная Ф.). Существуют два осн. механизма возникновения замороженной Ф. Первый связан с раздлением неравновесных носителей внутр. электр. полями неоднородностей. При этом для рекомбинации требуется преодоление высокого потенц. барьера, что приводит к экспоненциальному возрастанию времени жизни неравновесных носителей. Замороженная Ф. такого типа чаще всего встречается в соединениях  $A^{IV}B^{VI}$ . Второй механизм связан с наличием центров, сильно взаимодействующих с кристаллич. решёткой. Захват носителей на них требует перестройки решётки и потому осуществляется аномально медленно. Примером таких центров являются т. н. DX-центры в твёрдых растворах  $Al_xGa_{1-x}As$ , приводящие к замороженной Ф. в гетероструктурах  $GaAs-Al_xGa_{1-x}As$ . Явление замороженной Ф. может использоваться в системах оптич. памяти, но играет и отрицат. роль, приводя к временной нестабильности характеристик полупроводниковых приборов.

Аномальная фотопроводимость. В ряде случаев величина Ф. не зависит от интенсивности излучения (при стационарном освещении) и зависит лишь от его спектрального состава. Такая аномальная Ф. впервые обнаружена в плёнках аморфного Si (после выдержки в парах Hg) в 1961. Максимум Ф. соответствует  $\lambda \approx 0,76-1$  мкм. С ростом темп-ры  $\lambda$  увеличивается, а при  $T > 180$  К аномальная Ф. исчезает, что, вероятно, объясняется наличием удержи-

вающих центров или неоднородностью проводимости. На основе аномальной Ф. возможно создание детекторов цвета и элементов памяти.

На явлениях Ф. основана работа чувствительных полупроводниковых приёмников излучения (см. Фоторезистор).

Лит.: Тауц Я., Фото- и термоэлектрические явления в полупроводниках, пер. с чеш., М., 1962; Рыбкин С. М., Фотоэлектрические явления в полупроводниках, М., 1963; Moss T. S., Hawkins T. D. H., Interband photoconductivity in germanium, «Proc. Phys. Soc.», 1960, v. 76, p. 565; Rollin B. V., Detection of millimetre and sub-millimetre wave radiation by free carrier absorption in a semiconductor, «Proc. Phys. Soc.», 1961, v. 77, p. 1102; Фотопроводимость. Сб. ст., пер. с англ., М., 1967; Шейнкман М. К., Шик А. Я., Долговременные релаксации и остаточная проводимость в полупроводниках, «ФТП», 1976, т. 10, с. 209; Корсунский М. И., Аномальная фотопроводимость и спектральная память в полупроводниковых системах, М., 1978.

Е. В. Берегулин, С. Д. Ганичев, Ш. М. Коган, А. Я. Шик, И. С. Шлимак.

**ФОТОРЕЗИСТОР** — полупроводниковый резистор, изменяющий своё электр. сопротивление под действием внеш. эл.-магн. излучения. Ф. относится к фотоэлектр. приёмникам излучения, их принцип действия основан на внутр. фотоэффекте в полупроводниках (см. Фотопроводимость). Основу Ф. составляет слой (или плёнка) полупроводникового материала на подложке (или без неё) с нанесёнными на него электродами, посредством к-рых Ф. подключается к электр. цепи. Фоторезистивный слой получается, напр., прессованием порошка или распылением водно-спиртовой суспензии полупроводникового материала непосредственно на поверхности подложки, хим. осаждением, эпитаксией, напылением. Полученные т. о. слои (плёнки) могут подвергаться отжигу. В зависимости от назначения Ф. могут быть одно- и многоэлементные (мозаичные), с охлаждением и без, открытые и герметизированные, выполненные в виде отд. изделия или в составе интегральных схем. Для расширения функций, возможностей Ф. дополняют фильтрами, линзами, растрами (оптич. модуляторами), предварит. усилителями (в микроминиатюрном исполнении), термостатами, подсветкой, системами охлаждения и др. (рис. 1).

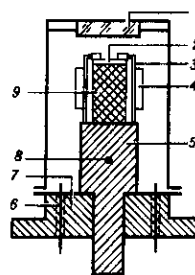


Рис. 1. Охлаждаемый фоторезистор: 1 — входное окно; 2 — фоточувствительный элемент; 3 — контактная колодка; 4 — преусилитель; 5 — тепловод; 6 — электрические выводы; 7 — основание; 8 — терморезистор; 9 — термоэлектрический охладитель.

**Основные параметры фоторезистора:** темновое сопротивление ( $10^1-10^{14}$  Ом); спектральный диапазон чувствительности (0,5—120 мкм); постоянная времени ( $10^{-2}-10^{-9}$  с); вольтовая чувствительность ( $10^3-10^6$  В/Вт); об-

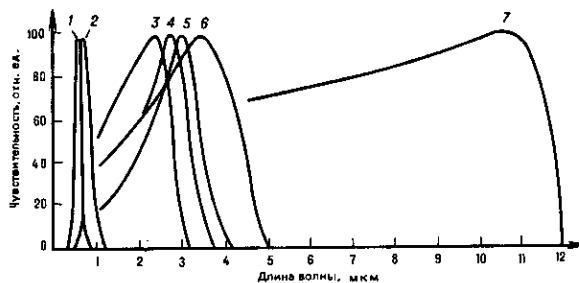


Рис. 2. Кривые спектральной чувствительности фоторезисторов на основе CdS (кривая 1), CdSe (2), PbS (3), твёрдого раствора PbS—PbSe (4, 5), PbSe (6), PbSn(Te) (7).