



транзистор биполярный, полевой транзистор с одним или двумя затворами (рис.), дифференциальный усилитель, сверхпроводящий туннельный переход типа сверхпроводник — изолятор — сверхпроводник. Последний даёт возможность получить преобразование с усилением и имеет высокую шумовую темп-ру, близкую к квантовому пределу в ДВ-части миллиметрового диапазона. С. используется в супергетеродинных приёмниках (см. *Супергетеродин*) для преобразования частоты принимаемого сигнала в промежуточную частоту (см. также *Детектирование света*).

Лит.: Гоноровский И. С., Радиотехнические цепи и сигналы, 4 изд., М., 1988; Мананев Е. И., Основы радиоэлектроники, 3 изд., М., 1980; Кошелев В. П., Овсянников Г. А., Криогенные СВЧ устройства, «Зарубежная радиоэлектроника. Криоэлектроника». Специальный выпуск, 1983, № 6, с. 31. Ю. С. Константинов.

**СМЕШАННОЕ СОСТОЯНИЕ** (смесь состояний) — состояние квантовомеханич. системы, к-рое в отличие от *чистого состояния* не описывается *волновой функцией*. В С. с. не задан максимально полный набор независимых физ. величин, определяющих состояние системы, а определены лишь вероятности  $w_1, w_2, \dots$  нахождения системы в разл. квантовых состояниях, описываемых волновыми ф-циями  $\psi_1, \psi_2, \dots$ . Ср. значение  $\bar{A}$  к.-л. физ. величины  $A$  (к-рой соответствует оператор  $\hat{A}$ ) определяется в С. с. как сумма произведений вероятностей (*статистических весов*)  $w_i$  на ср. значение  $\bar{A}_i$  величины  $A$  в чистых состояниях  $\psi_i$ :

$$\bar{A} = \sum_i w_i A_i, \quad A_i = \int \psi_i^*(x) \hat{A} \psi_i(x) dx, \quad (1)$$

где  $\psi_i$  — волновая ф-ция в координатном представлении, полная вероятность  $\sum w_i = 1$ .

Для чистого состояния ф-лу (1) преобразованием волновых ф-ций можно привести к виду, в к-ром все вероятности  $w_i$  равны нулю, кроме одной, равной единице. Такое преобразование приводит к обычному выражению для квантовомеханич. средних; для С. с. такое приведение невозможно.

При задании оператора  $\hat{A}$  и матрицы плотности  $\hat{\rho}$  в матричной форме ср. значение

$$\bar{A} = \text{Sp}(\hat{A} \hat{\rho}) = \sum_n (\hat{A} \hat{\rho})_{nn} = \sum_{m,n} A_{nm} \rho_{mn}, \quad (2)$$

причём среди индексов квантовых состояний  $m, n$  могут быть и непрерывные индексы, как в ф-ле (1). Ф-ла (2) справедлива для чистых и для смешанных состояний.

В С. с., в отличие от суперпозиции состояний (см. *Суперпозиция принципа*), разл. квантовые состояния не интерферируют между собой, т. к. при определении среднего складываются не волновые ф-ции, а ср. значения. Примеры С. с. — неполяризов. пучок частиц,

газ в термостате. Понятие С. с. играет большую роль в квантовой статистике и теории измерений в *квантовой механике*. Статистич. операторы, соответствующие *Гиббса распределениям*, описывают С. с. Д. Н. Зубарев. **СМЕШАННОЕ СОСТОЯНИЕ** сверхпроводника в (Шубникова фаза) — особое состояние *сверхпроводников второго рода*. С. с. реализуется в интервале магн. полей от нижнего ( $H_{c1}$ ) до верхнего ( $H_{c2}$ ) *критического магнитного поля*. Существование С. с. продемонстрировано Л. В. Шубниковым в экспериментах со сверхпроводящими сплавами (1937). Теоретич. обоснование возникновения С. с. дано А. А. Абрикосовым (1957).

В магн. полях выше  $H_{c2}$  сверхпроводник переходит в нормальное (несверхпроводящее) состояние. В полях ниже  $H_{c1}$  магн. поле полностью вытесняется из массивного сверхпроводника (полный *Мейснера эффект*). При С. с. наблюдается неполный эффект Мейснера. Магн. поле проникает в сверхпроводник в виде абрикосовских вихрей — вихрей сверхпроводящего тока, несущих *квант магнитного потока*; в центре вихря (область размером порядка длины когерентности) *сверхпроводимость* подавлена. В поле  $H_{c1}$  возникает первый вихрь. С увеличением поля кол-во вихрей возрастает, а расстояние между ними уменьшается. Они образуют правильную (в отсутствие дефектов структуры) *решётку вихрей Абрикосова*. В поле  $H_{c2}$  нормальные области (центры вихрей) начинают перекрываться, и весь сверхпроводник переходит в нормальное состояние.

Лит.: Жён П. Ж. де, Сверхпроводимость металлов и сплавов, пер. с англ., М., 1968; Сан-Жам Д., Сарма Г., Томас Е., Сверхпроводимость второго рода, пер. с англ., М., 1970.

**СМЕЩЕНИЯ ТОК** — величина, плотность к-рой ( $j_{cm}$ ) определяется скоростью изменения во времени индукции электрич. поля  $D$ .  $j_{cm} = (1/4\pi) \partial D / \partial t$  (в гауссовой системе единиц). Наряду с «обычным» электрич. током  $j_{cm}$  входит в *Максвелла уравнения* и является источником магн. поля  $H$ :

$$\text{rot } H = (4\pi/c)(j_e + j_{cm}) \quad (*)$$

( $j_e$  — плотность «обычного» электрич. тока). С. т. введён в 1865 Дж. К. Максвеллом (J. C. Maxwell) для согласования ур-ний переменного эл.-магн. поля с ур-нием сохранения электрич. заряда. Часть  $j_{cm}$ , называемая плотностью тока поляризации  $j_p$ , обусловлена изменением во времени вектора поляризации  $P$ ,  $j_p = \partial P / \partial t$ , и представляет собой электрич. ток, связанный с реальным смещением микрочастиц, входящих в состав нейтральных атомов, молекул, скоплений свободных заряд. частиц или квазинейтральной плазмы.

Для обоснования добавочного члена в ур-нии (\*) Максвелл постулировал аналогию между диэлектрич. и механич. упругой средами. Согласно этой аналогии, под действием приложенного электрич. поля  $E$  в диэлектрич. среде происходит электрич. смещение (т. е. относительное смещение положит. и отрицат. электрич. зарядов в электрически нейтральной среде), пропорциональное приложенному полю. Изменение во времени этого смещения представляет собой такой же электрич. ток, как и ток проводимости. Суммарный ток в ур-нии (\*) Максвелл считал полным током в среде и называл его «истинным» током. В совр. электродинамике идея Максвелла об электрич. смещении фактически не используется, но вектор  $D$  иногда называют электрич. смещением.

Введение С. т. в ур-ние (\*) позволило Максвеллу предсказать существование эл.-магн. волн, высказать гипотезу об эл.-магн. природе света и вычислить скорость света в вакууме через электродинамич. постоянные, входящие в ур-ния эл.-магн. поля.

Лит.: Максвелл Дж. К., Трактат об электричестве и магнетизме. Классики естествознания, пер. с англ., т. 1—2, М., 1989; Максвелл и развитие физики XIX — XX вв., М., 1985; см. также лит. при ст. *Максвелла уравнения*.