

нонов. Энергия магновов зависит от магн. поля. Вклад магновов в теплопроводность можно оценить по зависимости $\kappa(H)$. В ней, как и в зависимости $\kappa(T)$, проявляется рассеяние магновов границей образца (см. *Спиновые волны*).

Всплески электромагнитного поля в проводнике. Эл.-магн. волны в осн. отражаются поверхностью проводника, проникая в него на небольшую глубину скин-слоя δ (см. *Скин-эффект*). Электроны, движущиеся от поверхности, уносят информацию об эл.-магн. поле в скин-слое в глубь проводника на расстояние порядка длины свободного пробега l . В условиях аномального скин-эффекта ($\delta \ll l$) электроны, «улетающие» от поверхности на сравнительно дальние расстояния, усложняют зависимость эл.-магн. поля (ВЧ-поля) от расстояния x . Сильное магн. поле H (при k -ром радиус электронной орбиты $r \ll l$), параллельное поверхности образца, препятствует дрейфу электронов в глубь проводника, и ВЧ-поле при $\delta \ll r \ll l$ проникает в проводник по цепочке электронных орбит в виде узких всплесков (рис. 4).

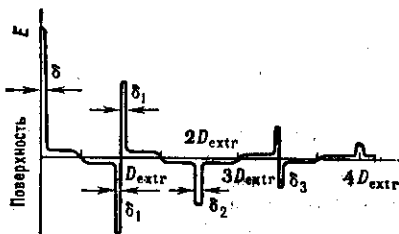


Рис. 4. Распределение ВЧ-поля E по глубине x металла с шероховатой поверхностью при аномальном скин-эффекте в магнитном поле, параллельном его поверхности.

Наиб. эффективно взаимодействуют с ВЧ-полем электроны на тех участках траектории, где они движутся вдоль волнового фронта, т. е. почти параллельно поверхности металла. Это достигается, когда компонента скорости v_x совпадает или близка к фазовой скорости волны v_ϕ (точка А, рис. 5). При этом эфф. электроны движутся синхронно с волной в скин-слое, а затем создают ВЧ-ток на расстоянии D , где вновь $v_x = v_\phi$ (точка В). Поскольку орбиты электронов с разными квазимпульсами p различны, то энергия, приобретённая электронами в скин-слое, оказывается рассредоточенной по интервалу значений x от δ до макс. диаметра орбиты (рис. 5). Т. к. диаметр орбиты — ф-ция проекции импульса электрона на направление магн. поля p_H , то в результате усреднения по всем электронам выделенными оказываются экстремальными значениями $D(p_H) = D_{extr}$. В результате на расстоянии $x = D_{extr}$, где разброс диаметров электронных орбит $\Delta D \leq \delta$, происходит фокусировка эфф. электронов. Это служит причиной возникновения всплеска электрич. ВЧ-поля E , k -рый служит исходным для след. всплеска на глубине $2D_{extr}$ и т. д. (рис. 4, 5). Т. о. возникает цепочка выделенных траекторий, по к-рой эл.-магн. поле проникает на большую глубину.

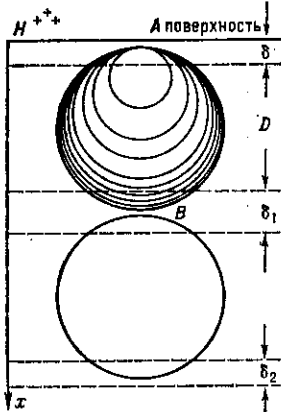


Рис. 5. Перенос электронами ВЧ-поля из скин-слоя в глубь образца.

При т. н. многоканальном зеркальном отражении гладкой поверхности, когда электрон то «скользит»

вдоль поверхности, не покидая скин-слоя, то уходит из скин-слоя в глубь образца (рис. 6), возникает дополнит. всплески ВЧ-поля, отсутствующие в пластинах с шероховатыми поверхностями. Дальнейший

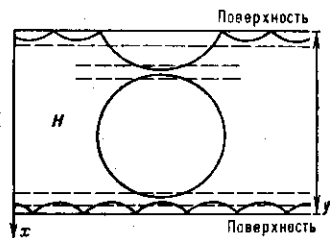


Рис. 6. Всплески ВЧ-поля при двухканальном отражении от границы.

перенос ВЧ-поля из этого всплеска в глубь металла осуществляют электроны с D_{extr} .

Т. к. $D_{extr} \propto H^{-1}$, то, изменяя поле H , можно перемещать расположение всплесков ВЧ-поля. Прозрачность тонкой пластины резко возрастает при тех значениях H , при к-рых всплеск приближается к противоположной поверхности образца. В результате прозрачность и поверхностный импеданс пластины осциллируют с изменением H (*Гантмахера эффект*).

Ширины последоват. всплесков ($\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots$) и их форма зависят от l и состояния поверхности образца. Чем больше l , тем уже всплески ВЧ-поля. В пластинах с шероховатыми поверхностями по ширине всплеска можно определить длину свободного пробега электронов, формирующих всплеск. В пластинах с гладкими гранями всплеск при подходе к противоположной трансформируется электронами, зеркально отражаемыми на ней. Отражённые электроны создают вблизи поверхности большой ток, ослабляющий ВЧ-поле во всплеске (рис. 6). Уменьшенный всплеск выходит на противоположную поверхность образца.

Всплеск поля формирует небольшая доля электронов (у k -рых разброс диаметров орбит $\Delta D \leq \delta$), и, как правило, поле во всплеске невелико, оно меньше поля на поверхности пластины $E(0)$: $E(D_{extr}) < E(0)$. Однако в условиях *циклотронного резонанса* возможна ситуация, когда одни и те же электроны формируют и поверхностный импеданс, и всплеск ВЧ-поля. Тогда $E(D_{extr}) \approx E(0)$.

Если период волны $2\pi/\omega$ сравним или меньше времени свободного пробега электрона $\tau = l/v$, т. е. $\omega\tau \gg 1$, то возможен случай, когда за время пролёта электрона сквозь скин-слой фаза ВЧ-поля многократно меняет знак. Если при этом электроны ни разу не сталкиваются с рассеивателями, то в слабом магн. поле ($r > d$) они создают слабобозатухающее поле, преобразуя осцилляции ВЧ-поля во времени в пространственные осцилляции. Это приводит к осцилляц. зависимости прозрачности R тонких металлич. пластин от $H^{-1/2}$ (рис. 7).

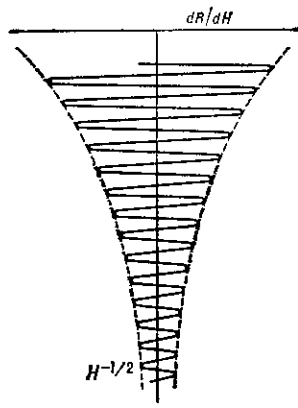


Рис. 7.

Размерный *циклотронный резонанс*. В магн. поле H , параллельном граням пластины, при $D_{extr} < d$ *циклотронный резонанс* имеет такой же характер, как и в массивных образцах, т. е. наблюдается резонансное уменьшение активной R и реактивной X составляющих поверхностного импеданса Z пластины. Если же траектория резонирующих электронов не помещается в сечении образца, т. е. $D_{extr} > d$, то происходит