

УДК 537.312

А. Б. Тимофеев

НАГРЕВ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ АМОРФНОЙ ПЛЕНКИ В СВЕТОВОМ ПОЛЕ

В работе [1] было показано, что в аморфных полупроводниках при концентрации свободных фотоносителей заряда n порядка 10^{20} см⁻³ возможно возникновение сверхпроводимости. Для создания такой концентрации требуется интенсивность поглощаемого света I порядка сотен Вт/см². При этом неизбежен разогрев самого образца, находящегося в световом поле. Задача настоящей работы состоит в том, чтобы оценить нагрев аморфной пленки под действием лазерного облучения и найти условия, когда этот нагрев оказывается не существенным и тем самым не препятствует возникновению сверхпроводимости в такой системе.

При вычислении нагрева пленки мы будем предполагать, что ее теплофизические свойства не зависят от температуры. Разумеется, это не совсем так. Но в силу того, что нас интересует случай слабого нагрева, когда температура меняется незначительно, такое предположение оправдано, и, следовательно, для нахождения распределения тепла в пленке можно воспользоваться линейным уравнением теплопроводности. Будем считать также, что поглощение происходит в объеме образца, так как для возникновения сверхпроводимости необходима равномерная по всему объему пленки генерация фотоносителей. Таким образом, мы приходим к следующей краевой задаче:

$$\frac{\partial^2 T(x, t)}{\partial x^2} - \frac{1}{\kappa} \frac{\partial T(x, t)}{\partial t} = - \frac{A(x)}{k},$$

$$0 \leq x \leq l, \quad t > 0,$$

$$T(l, t) = T_0,$$

$$T_x(0, t) = h(T(0, t) - T_0),$$

$$T(x, 0) = T_0.$$

Здесь $T(x, t)$ — температура, T_0 — температура образца до облучения, l — толщина пленки, κ — коэффициент температуропроводности, k — коэффициент теплопроводности, $h = \frac{\nu}{k}$ (ν — коэффициент теплового обмена), $A(x) = aIe^{-\alpha x}$ — количество тепла, выделяющееся в единице объема образца в единицу времени; α — коэффициент поглощения, I — интенсивность поглощаемого излучения.

Граничное условие в (1) соответствует такой экспериментальной ситуации, когда одна поверхность пленки поддерживается при фиксированной температуре T_0 , а на другой может происходить теплообмен с окружающей средой. Температура последней считается для простоты также равной T_0 .

Будем интересоваться стационарным случаем. Тогда задача (1) принимает вид

$$\frac{d^2 T(x)}{dx^2} = - \frac{A(x)}{k},$$

$$T(l) = T_0,$$

$$T_x(0) = h(T(0) - T_0).$$

Решение задачи (2) в точке $x=0$ можно представить в виде

$$T(0) = \frac{T^*}{hl + 1} + T_0,$$

где

$$T_* = \frac{I}{ka} [al + e^{-al} - 1]. \quad (4)$$

Как видно из формулы (3), при условии $lh \gg (1 + T^*/T_0)$ (очень хороший теплообмен) $T(0) = T_0$.

В обратном предельном случае, а именно при $lh \ll 1$ (теплоизоляция), $T(0) = T^* + T_0$.

Значение величины T^* , даваемое формулой (4), различно в условиях сильного ($al \gg 1$) и слабого ($al \ll 1$) поглощения излучения в пленке. Здесь необходимо учесть, что для сверхпроводимости важна величина концентрации свободных носителей заряда, созданных светом. При фиксированном l значение T^* оказывается меньшим для случая $al \ll 1$.

Положим для оценки

$$l = 10^{-4} \text{ см}, \quad \alpha = 10^8 \text{ см}^{-1}, \quad T_0 = 0,5\text{K}, \quad I = 300 \text{ Вт/см}^2 \text{ (см. [1])}$$

$k = 10^{-4}$ вТ/см·град (такое значение характерно для многих аморфных полупроводников в области температур порядка 1К [2]).

Из формулы (4) получим

$$T^* = 15\text{K}.$$

Из формулы (3) при этом следует, что $T(0) \simeq T_0$, если $\nu \gg 30$ Вт/см²·град.

Итак, при $\nu \gg 30$ Вт/см²·град разогрев образца под действием света оказывается не существенным.

Автор признателен В. Л. Бонч-Бруевичу за полезное обсуждение работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бонч-Бруевич В. Л., Тимофеев А. Б. «Вестн. Моск. ун-та. Физ., астрон.», 1977, 19, № 1.
2. Zeller R. C., Pohl R. O. «Phys. Rev.», 1971, В4, 2029; Hunklinger S., Piche L., Lasjaunias J. C., Dransfeld K. «J. Phys.», 1975, С8, 1423.

Поступила в редакцию
1.11 1976 г.
Кафедра
физики полупроводников