

Диэлектрические свойства

Кластерные электронные состояния влияют на диэлектрические свойства гранулированных структур [10]. В однокольцевом приближении диаграммного разложения (приближении случайных фаз) диэлектрическая проницаемость ε определяется поляризацией КЭС-структуры (рис. 1). Действительная и мнимая части ε линейно зависят от размеров КЭС. В области перколяционного порога, где КЭС образует бесконечный проводящий кластер, наблюдается резкое повышение диэлектрической проницаемости. Их отношение дается формулой

$$\frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} = BT \ln \left[1 + \exp \left(\frac{-E_c}{kT} \right) \right], \quad (1)$$

где B – температурно независимый коэффициент, E_c – энергия КЭС, отсчитанная от уровня Ферми, T – температура. Ниже порога перколяции измерения ε дают информацию об изменениях размеров проводящих кластеров, которые изменяются под действием электрического поля и температуры [9]. В сильных электрических полях размеры кластеров растут вдоль направления электрического поля,

что отражается в увеличении действительной части ε' (Рис. 2). Измерения произведены на частоте 1 МГц. Повышение температуры приводит к росту размера локализации КЭС и к увеличению диэлектрической проницаемости (Рис. 3). Температурные зависимости тангенса угла диэлектрических потерь объясняются термическим возбуждением вышележащих уровней КЭС (Рис. 4). Наблюдалось уменьшение диэлектрической проницаемости при отжиге, которое связано с уменьшением количества дефектов в матрице, приводящее к понижению туннельной прозрачности барьеров между металлическими частицами и к уменьшению размера локализации КЭС.

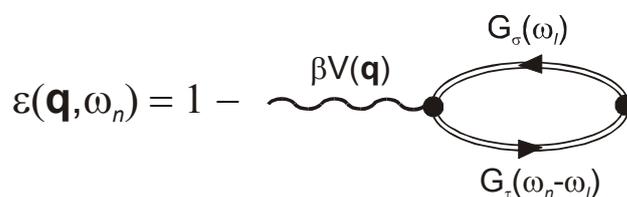


Рис. 1. Приближение случайных фаз для расчета диэлектрической проницаемости, определенной поляризацией КЭС структуры. G – функция Грина КЭС, V – кулоновское взаимодействие, $\beta = 1/kT$.

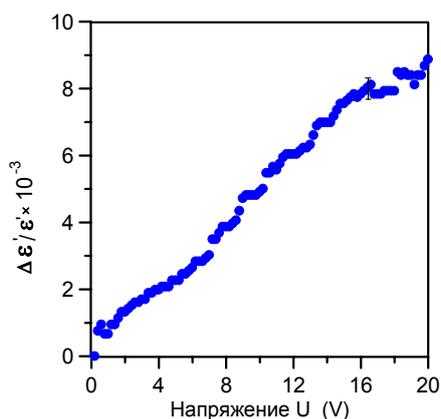


Рис. 2. Изменение действительной части диэлектрической проницаемости $\Delta \varepsilon' / \varepsilon' = (\varepsilon' - \varepsilon'_0) / \varepsilon'_0$ с ростом подаваемого на контакты напряжения U для пленки $(a-C:H)_{84}Cu_{16}$.

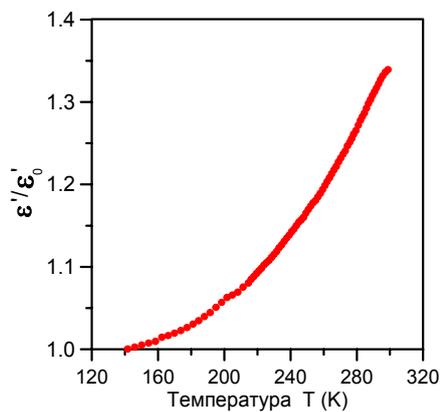


Рис. 3. Температурные изменения $\varepsilon'/\varepsilon'_0$ для пленки $(a-C:H)_{84}Cu_{16}$ при напряжении $U = 0.25$ V. ε'_0 – действительная часть диэлектрической проницаемости при $T = 142$ K.

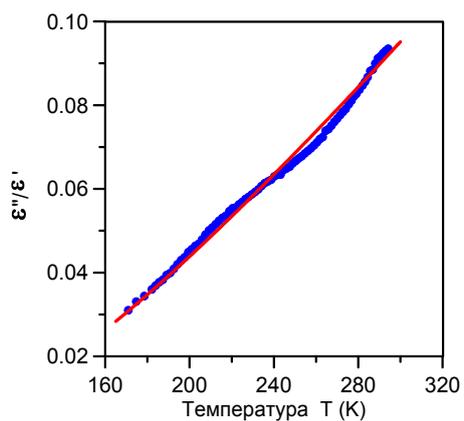


Рис. 4. Температурная зависимость отношения мнимой и действительной частей диэлектрической проницаемости $\varepsilon''/\varepsilon'$ для пленки $(a-C:H)_{84}Cu_{16}$. Сплошная кривая построена по формуле (1) модели КЭС с $E_c = 22.1$ meV.