

$\sigma < 10^5 \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$  при комнатной темп-ре и растёт при повышении темп-ры. Расплавы с  $\sigma \geq 5 \cdot 10^5 \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$  относят к жидким металлам, с  $\sigma = (1-5) \cdot 10^8 \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$  — к жидким полуметаллам,  $\sigma < 10^8 \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$  — к жидким диэлектрикам. Граница между этими группами веществ условна. Однако появление полупроводниковых свойств связано с перестройкой электронного спектра и образованием в нём области с низкой плотностью состояний, в к-рой электронные состояния локализованы (см. ниже).

Ж. п. открыты А. Ф. Иоффе и А. Р. Регелем в нач. 50-х гг. В отличие от электролитов ( $\sigma < 10^2 \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$ ), в них проводимость является не ионной, а электронной. В этой связи Ж. п. наряду с жидкими металлами наз. электронными расплавами. Ж. п. из-за отсутствия дальнего порядка относятся к числу неупорядоченных систем. В них доминирует ковалентная связь. Поэтому пространств. распределение потенциала (потенц. рельеф) для электрона формируется гл. обр. локальной конфигурацией атомов, т. е. определяется ближним порядком и не является периодическим. Высокая проводимость мн. Ж. п. обусловлена тем, что хаотич. компонента потенциала невелика.

Ж. к. образуются при плавлении кристаллич. ковалентных полупроводников, если сохраняются ковалентные межатомные связи (Se, соединения типов  $A_2^2B^2VI$ ,  $A^{II}B^2VI$ ,  $A^{III}B^2VI$ ,  $A^{IV}B^2VI$ ,  $A_2^2B^2VI$  и др.). В этом случае плавление сопровождается уменьшением, либо незначит. ростом электропроводности и уменьшением плотности. Однако в ряде случаев в процессе плавления твёрдого полупроводника происходит разрушение ковалентных связей, изменение ближнего порядка и резкое увеличение концентрации электронов проводимости, приводящее к переходу в металлич. состояние (Ge, Si, соединения типов  $A^{II}B^2V$ ,  $A^{III}B^2V$ ,  $A_2^2B^2V$  и др.). В этом случае электропроводность резко (1—3 порядка) возрастает при одноврем. увеличении плотности и координац. числа. Резкое увеличение концентрации электронов проводимости обуславливает аномально высокое значение энтропии плавления.

Температурная зависимость электропроводности Ж. п. в широком интервале темп-р описывается выражением:

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-\Delta\varepsilon/2kT),$$

где  $\sigma_0$  — медленно изменяющаяся ф-ция  $T$ ;  $\Delta\varepsilon$  — практически постоянная энергия активации проводимости. Роль запрещённой зоны, обуславливающей активац. характер проводимости, играет область энергии вблизи минимума плотности состояний в энергетич. спектре электронов. При достаточно глубоком минимуме в его окрестности формируется зона почти локализованных состояний с малой подвижностью (псевдощель).

Ж. п. имеют высокие значения термоэдс, к-рая уменьшается с темп-рой. При этом постоянная Холла, как правило, отрицательна (см. Холла эффект). Ж. п. в основном мало чувствительны к примесям и практически нечувствительны к радиац. воздействиям. Однако в ряде случаев ( $T_2B^2VI$  и др.) наблюдается заметное влияние отклонений от стехиометрии и нек-рых примесей на электр. свойства, что позволяет говорить о возможности их легирования. Вязкость Ж. п. уменьшается при повышении темп-ры, особенно вблизи  $T_{пл}$ . В нек-рых Ж. п. (Se,  $Sb_2S_3$  и др.) обнаружен т. н. эффект переключения — появление отрицательного дифференциального сопротивления в сильных электр. полях и возникновение релаксац. колебаний, управляемых параметрами цепи.

Ж. п. перспективны как термоэлектрич. и радиотехнич. материалы. Ряд Ж. п. (халькогениды Си и особенно сплавы  $Cu_2S-Cu_2Te$ ) отличается повышенными значениями дифференц. термоэдс, что при высоких темп-рах ( $>1500 \text{ К}$ ) делает их перспективными как материалы гетерофазных термоэлементов. Кроме того, они могут использоваться для радиаци-

онно стойких высокотемпературных термисторов и переключаателей.

Лит.: Мотт Н., Дэвис Э., Электронные процессы в некристаллических веществах, пер. с англ., 2 изд., т. 1—2, М., 1982; Катлер М., Жидкие полупроводники, пер. с англ., М., 1980; Регель А. Р., Глазов В. М., Физические свойства электронных расплавов, М., 1980; и х. же, Закономерности формирования структуры электронных расплавов, М., 1982; Полтавцев Ю. Г., Структура полупроводниковых расплавов, М., 1984.

**ЖИДКОСТНЫЕ ЛАЗЕРЫ** — лазеры, в к-рых активной средой является жидкость. Практич. применение имеют 2 типа Ж. л., существенно отличающиеся и дополняющие друг друга по свойствам излучения. Ж. л. на красителях допускают непрерывную перестройку длины волны  $\lambda$  излучения. При смене красителей они могут генерировать  $\lambda$  от 322 до 1260 нм как в непрерывном, так и в импульсном режимах. Способность к перестройке обусловлена широкими электронно-колебательными полосами спектров молекул (см. Лазеры на красителях).

Ж. л. на неорганич. жидкостях (работающих в импульсном и непрерывном режимах) превосходят по удельной мощности и энергии твердотельные лазеры, т. к. при той же концентрации активных частиц они допускают эфф. охлаждение активного вещества путём его прокачки через резонатор и теплообменник. В существующих Ж. л. на неорганич. жидкостях активными частицами являются ионы редкоземельных элементов (гл. обр.  $Nd^{3+}$ ), входящих в состав жидкого люминофора. Люминофор представляет собой смесь хлороксида ( $POCl_3$ ,  $SOCl_2$ ,  $SeOCl_2$ ) с к-той Льюиса ( $SnCl_4$ ,  $ZrCl_4$  и др.). Напр., в Ж. л. на люминофоре  $POCl_3-SnCl_4-Nd$  ион  $Nd^{3+}$  окружён 8 атомами O, входящими в состав молекулы  $POCl_3$  (рис.). Свет накачки поглощается ионами  $Nd^{3+}$ , обладающими широкими полосами возбуждения. Большие времена жизни метастабильных уровней  $Nd^{3+}$  позволяют достичь порога генерации. Разработаны также Ж. л., в к-рых ионы  $Nd^{3+}$  входят в качестве активной примеси в жидкие хлориды Al, Ga, Zr и др. или их смеси.

Свойства Ж. л. с ионами  $Nd^{3+}$  являются промежуточными между свойствами твердотельных неодимовых лазеров на стекле и на кристаллах. Особенности этих Ж. л. определяются свойствами ионов  $Nd^{3+}$ , работающие по четырёхуровневой схеме. При накачке из осн. состояния ионов  $Nd^{3+}$  (уровень  $^4I_{1/2}$ ) в их интенсивные полосы поглощения в областях длин волн 0,58; 0,74; 0,8 и 0,9 мкм они вследствие безызлучат. релаксации быстро переходят на метастабильный уровень  $^4F_{3/2}$ . Генерация обычно происходит при переходах с уровня  $^4F_{3/2}$  на уровень  $^4I_{1/2}$  «сприподнятый» над осн. уровнем примерно на  $2000 \text{ см}^{-1}$  и поэтому практически ненаселённый. Это определяет малый порог генерации и относительно большие кид (3—5%). Энергия генерации  $\geq 1 \text{ кДж}$ , мощность в непрерывном режиме и в режиме повторяющихся импульсов  $>1 \text{ кВт}$ . Это определяет область применения таких Ж. л.: лазерная технология, медицина, накачка др. лазеров и т. п. Возбуждение Ж. л. производят ксеноновыми лампами.

Осп. недостаток, присущий всем Ж. л., — относительно малая направленность излучения (большая расходимость). Применением активной коррекции или методов обращения волнового фронта можно устранить этот недостаток.

Лит.: Справочник по лазерам, пер. с англ., под ред. А. М. Прохорова, т. 1—2, М., 1978; Аникиев Ю. Г., Жаботинский М. Е., Кравченко В. Б., Лазеры на неорганических жидкостях, М., 1986.

М. Е. Жаботинский.

**ЖИДКОСТЬ** — вещество в конденсир. состоянии, промежуточном между твёрдым и газообразным. Область существования Ж. ограничена со стороны низких темп-р фазовым переходом в твёрдое состояние (кристаллиза-

