

ниями связей $\text{Vi}-\text{O}$ и $\text{M}-\text{O}$ с доминирующим первым вкладом. В ВФО связь $\text{Fe}-\text{O}$ обуславливает отрицательное фарадеевское вращение и его сильную температурную зависимость, тем самым выделяя этот кристалл в группе силленитов.

Л и т е р а т у р а

- [1] Бурков В. И., Красилов Ю. И., Козлова Н. Л. и др. ФТТ, 1973, т. 15, № 4, с. 1036—1038.
- [2] Сенулене Д. Б., Бабонас Г. А., Леонов Е. И. и др. ФТТ, 1984, т. 26, № 5, с. 1281—1284.
- [3] Пукинская Г. Б. ПТЭ, 1986, № 3, с. 243—244.
- [4] Бурков В. И., Волков В. В., Каргин Ю. Ф. и др. ФТТ, 1984, т. 26, № 7, с. 2216—2218.
- [5] Бабонас Г. В кн.: Электроны в полупроводниках. Вильнюс: Мокслас, 1987, т. 6, с. 41—124.
- [6] Crossley W. A., Cooper R. W., Page J. L. Phys. Rev., 1969, vol. 181, N 2, p. 896—904.

Институт физики полупроводников
АН ЛитССР
Вильнюс

Поступило в Редакцию
2 ноября 1987 г.
В окончательной редакции
21 марта 1988 г.

УДК 548 : 539.12.04

Физика твердого тела, том 30, в. 8, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 8, 1988

ОПТИЧЕСКОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ СУБНАНОСЕКУНДНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ ЭЛЕКТРОНОВ

Р. Г. Дейч

В настоящей работе продолжено изучение механизма короткоживущего переходного поглощения $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, начатое в [1]. Измерялась кинетика поглощения, наводимого в $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ импульсом электронов (50 пс, 450 кэВ, ~ 100 А/см²). Регистрация осуществлялась с помощью электронно-оптической камеры «Агат-СФ1». Временное разрешение установки 20 пс. Ошибка в определении показателя поглощения не превышала $\Delta x = 0.15$ см⁻¹. Одиночный импульс электронов наводил в образце концентрацию электронно-дырочных пар $N = (3 \div 5) \cdot 10^{16}$ см⁻³. Величина N была определена по генерации F -центров в КСl, для которого известен квантовый выход дефектообразования [2].

Нарастание оптического поглощения происходит за время импульса возбуждения (рис. 1), т. е. время создания оптически активных состояний в спектральной области 1.2—3.0 эВ $\tau_0 < 50$ пс. Спад поглощения хорошо описывается экспонентой, причем время спада τ_c увеличивается при повышении чистоты образца (при 80 К для кривых 1—3 τ_c составляет 0.8 ± 0.2 , 1.8 ± 0.3 и 5.0 ± 0.9 нс соответственно). Начальные значения x_0 , измеренные в момент окончания импульса ускорителя для различных образцов, в пределах погрешности эксперимента совпадают. При комнатной температуре τ_c уменьшается и для рубина (кривая 4) составляет 0.5 ± 0.1 нс.

Спектр короткоживущего поглощения представляет полосу с максимумом при 2.0 эВ и полушириной при 80 К ~ 0.8 эВ (рис. 2, кривые 1, 2). Величины x_0 не зависят от образца, а τ_c постоянны и соответствуют данным рис. 1. При 300 К полоса уширяется и амплитуда ее уменьшается приблизительно в 2 раза (кривая 3). Сечение поглощения при 2.0 эВ составляет $\sigma_p = x_0/N \approx 0.3 \cdot 10^{-16}$ см².

Данные настоящей работы отличаются от полученных в [1] при возбуждении более высокодозным наносекундным пучком электронов. Бесструктурное поглощение в области 1.4–2.5 эВ имело при 2.0 эВ $\sigma_p \approx 10^{-18} \text{ см}^2$ [1], и его вклад в спектр рис. 2 пренебрежимо мал. Селективный характер поглощения и большое значение σ_p позволяют сделать вы-

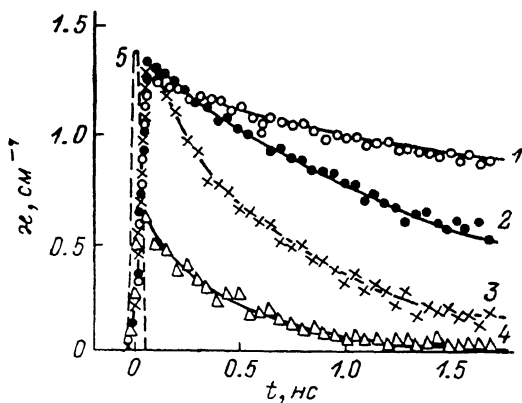


Рис. 1. Кинетика переходного поглощения $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и рубина при $h\nu=2.0$ эВ. 1, 2 — образцы $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (I) и $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (II) при 80 К ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (II) с большей концентрацией доррадиационных дефектов); 3 — рубин (концентрация хрома $5 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$) при 80 К; 4 — рубин при 300 К; 5 — импульс возбуждения.

вод о том, что полоса 2.0 эВ не связана с поглощением света на свободных электронах, т. е. непрямыми оптическими переходами в зоне проводимости [1]. Однако ряд свойств полосы 2.0 эВ — идентичность спектра $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и сильно легированного рубина (рис. 2), малые времена образования и спада полосы (рис. 1), зависимость τ_c от чистоты образца, слабая зависимость τ_c от температуры — аналогичен свойствам бесструктурного поглощения [1]. На наш взгляд, непротиворечивым является предположение

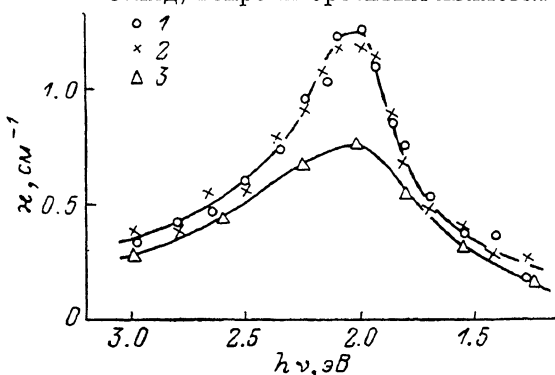


Рис. 2. Спектры наведенного оптического поглощения $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и рубина в момент окончания импульса возбуждения.

1 — $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (II) при 80 К, 2 — рубин при 80 К, 3 — $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (II) при 300 К.

о том, что полоса 2.0 эВ обусловлена внутрizonным поглощением (ВП), т. е. прямыми оптическими переходами с участием термализованных носителей между подзонами валентной зоны или зоны проводимости. В этом случае наблюдаемые в эксперименте τ_c представляют собой времена жизни носителей до захвата на доррадиационные дефекты кристалла, что и приводит к увеличению τ_c с повышением чистоты образца (рис. 1). При естественном предположении о некоррелированном начальном распределении носителей заряда и центров захвата $\tau_c \sim v^{-1}$ [1], где v — тепловая скорость носителей, и, следовательно, $\tau_c(T) \sim T^{-1/2}$. Данные по τ_c для рубина при 80 и 300 К (рис. 1) хорошо согласуются с такой зависимостью, и уменьше-

ние τ_c с повышением температуры можно объяснить увеличением тепловой скорости носителей заряда.

Расчеты зонной структуры $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ [3] позволяют утверждать, что прямые оптические переходы с участием тепловых носителей в интервале энергий 1.0—3.0 эВ могут осуществляться лишь в валентной зоне, т. е. полоса 2.0 эВ обусловлена ВП на свободных дырках. Величина σ_p , полученная нами, близка к сечению ВП на свободных дырках в GaAs [4] — $(0.6 \div 1.0) \cdot 10^{-16}$ см². В [4] наблюдалось также уширение полосы поглощения при повышении температуры, что связано, по-видимому, с изменением распределения тепловых дырок по волновому вектору вблизи экстремума зоны.

Различие времен жизни дырок и электронов, проявляющееся в различии τ_c для полосы 2.0 эВ и бесструктурного поглощения [1], связано с тем, что время жизни носителей в зоне ограничивается не процессом межзонной рекомбинации, а захватом носителей ловушками.

Фундаментальный характер полосы 2.0 эВ, проявляющийся в идентичности спектров поглощения $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и рубина, может в принципе указывать на связь поглощения с автолокализованными дырками (АЛД) или экситонами (АЛЭ). Однако сильное отличие времен затухания полос люминесценции, приписываемых АЛЭ (22 нс и ~ 1 мкс при 80 К) [5], от τ_c , а также то, что пик термостимулированной люминесценции, предположительно соответствующий миграции АЛД [6], наблюдается при 220 К, позволяют поставить под сомнение такую связь.

Таким образом, в интервале времен 10^{-11} — 10^{-9} с основной вклад в спектр поглощения дает внутризонное поглощение на тепловых дырках, обусловленное прямыми электронными переходами между ветвями валентной зоны. Сечение ВП при $h\nu = 2.0$ эВ $\sigma_p \approx 0.3 \cdot 10^{-16}$ см² значительно превышает сечение поглощения на свободных электронах $\sigma_e \approx 10^{-18}$ см² [1], соответствующее непрямым электронным переходам в зоне проводимости.

Л и т е р а т у р а

- [1] Алукер Э. Д., Гасрилов В. В., Дейч Р. Г. и др. ФТТ, 1987, т. 29, № 5, с. 1470—1475.
- [2] Bradford J. N., Williams R. T., Faust W. L. Phys. Rev. Lett., 1975, vol. 35, N 5, p. 300—302.
- [3] Ciraci S., Batra I. P. Phys. Rev. B, 1983, vol. 28, N 2, p. 982—992.
- [4] Оптические свойства полупроводников (полупроводниковые соединения типа $A^{III}B^V$) / Под ред. Р. Уиллардсона и А. Бира. М.: Мир, 1970. 488 с.
- [5] Кузнецов А. И., Намозов Б. Р., Мюрк В. В. ФТТ, 1985, т. 27, № 10, с. 3030—3037.
- [6] Кулис П. А. В сб.: Термоактивационная спектроскопия дефектов в ионных кристаллах. Рига, ЛатвГУ, 1983, с. 97—108.

Институт физики АН ЛатвССР
Саласпилс

Поступило в Редакцию
4 декабря 1987 г.
В окончательной редакции
21 марта 1988 г.

УДК 537.226

Физика твердого тела, том 30, в. 8, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 8, 1988

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ НА ЭКЗОЭЛЕКТРОННУЮ ЭМИССИЮ С НИОБАТА ЛИТИЯ

В. Е. Рисин, А. С. Сидоркин, В. С. Зальцберг,
С. П. Грибков

Большинство практических применений сегнетоэлектрических кристаллов требует стабилизации их полярного состояния. Последнее может быть осуществлено введением в указанные материалы дефектов различной при-