

05; 06; 07; 12

© 1993

ВЫГОРАНИЕ ЛИНИЙ В СПЕКТРАХ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ
КАРБИДА КРЕМНИЯ И ПРИРОДНОГО АЛМАЗА
ПРИ ВЫСОКИХ УРОВНЯХ ВОЗБУЖДЕНИЯА.А. И в а н о в, В.М. К у л а к о в,
Е.Н. М о х о в, М.В. Ч у к и ч е в

Исследовались специально не легированные образцы $6H-SiC$, облученные реакторными нейтронами дозами $\Phi = 10^{18}-10^{20} \text{ см}^{-2}$ с последующей термообработкой при $T \geq 1300^\circ\text{C}$ и природные алмазы с высоким содержанием примеси азота в А- и B_1 -формах: $C_A = 1-4 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$, $C_{B_1} = 1-5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$.

Спектры катодолюминесценции (КЛ) измерялись на высоковольтной установке „Электронная пушка“ [1] в широком интервале скоростей генерации электронно-дырочных пар $G = 10^{20}-10^{26} \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-3}$ при температурах 4,2–350 К.

При низких уровнях возбуждения КЛ спектры совпадают с известными из литературы данными.

В карбиде кремния они составляют типичный спектр D_1 -люминесценции, обусловленной, по литературным данным, излучательными распадами связанных на радиационных дефектах экситонов [2]. Возможной моделью такого центра является комплекс, образованный из двух вакансий соседних атомов углерода [3], или примесь-вакансионный комплекс с симметрией C_{3v} [4]. Указанный центр интересен тем, что определяет две серии линий, проявляющихся в спектрах низкотемпературной фотолюминесценции при разных температурах. Объяснялось это ян-теллеровской перестройкой центра, приводящей к образованию, по крайней мере, двух основных состояний [2]. В работе [5] показано, что при высоких уровнях возбуждения КЛ в спектрах наблюдаются обе серии линий, что связано с одновременным участием в излучательной рекомбинации указанных состояний.

С увеличением $G \geq 10^{23} \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-3}$ начинается проваливание линий в спектрах КЛ (рис. 1) и наступает полное их выгорание.

Обнаруженный эффект подвержен температурному тушению.

В спектрах КЛ карбида кремния, полученных при $G = 10^{25} \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-3}$, тушение начинается при $T \geq 55 \text{ K}$, и полное восстановление спектра происходит при $T \geq 110 \text{ K}$. При этом энергия активации тушения, измеренная для линии $\lambda = 4702 \text{ \AA}$, равна $\Delta E_a = 30 \text{ мэВ}$.

В алмазе спектр КЛ при низких уровнях возбуждения совпадает с А-полосой люминесценции, на коротковолновом склоне которой имеется узкая слабоинтенсивная линия с $\lambda = 4152 \text{ \AA}$, обусловленная присутствием центра N_3 [6]. Предполагается, что наиболее вероятной моделью этого центра в алмазе является комплекс,

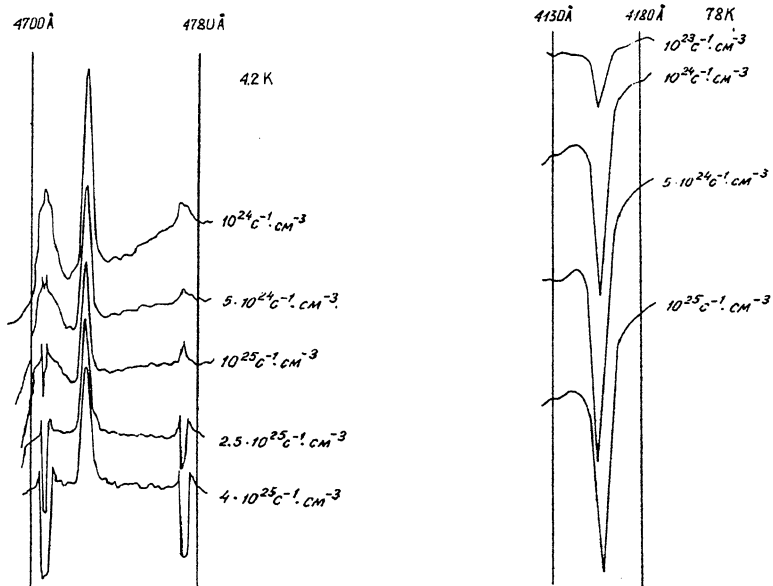


Рис. 1. Зависимость провала линий D_1 -люминесценции от уровня возбуждения КЛ в 6H-SiC, облученного нейтронами $\Phi = 1018 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-2}$.

Рис. 2. Зависимость провала линий $\lambda = 4152 \text{ \AA}$ спектра КЛ природного алмаза с высоким содержанием А- и V_1 -дефектов от уровня возбуждения.

состоящий их трех атомов азота и вакансии с локальной симметрией C_{3v} . Установлено, что с этим центром связаны, по крайней мере, три системы поглощения, одна из которых наблюдается на 415 нм.

Интересно отметить, что в исследованных кристаллах поглощение на $\lambda = 415 \text{ нм}$ при комнатной температуре отсутствует.

С увеличением $G \geq 10^{23} \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-3}$ в спектрах КЛ на месте линии с $\lambda = 4152 \text{ \AA}$ образуется провал (рис. 2), но форма А-полосы при этом сохраняется (рис. 3). Температурное тушение выгорания линии начинается при $T \geq 200 \text{ К}$, происходит с $\Delta E_a = 150 \text{ мэВ}$, и полное восстановление спектра КЛ начинается только при $T \geq 300 \text{ К}$.

Подобные эффекты в алмазе, а именно поглощение или отсутствие линии 415 нм в спектрах люминесценции, в литературе приводились и объяснялись концентрационным тушением центров N_3 , самообращением света [7] или тушением люминесценции из-за высокого содержания азота в А-форме [8].

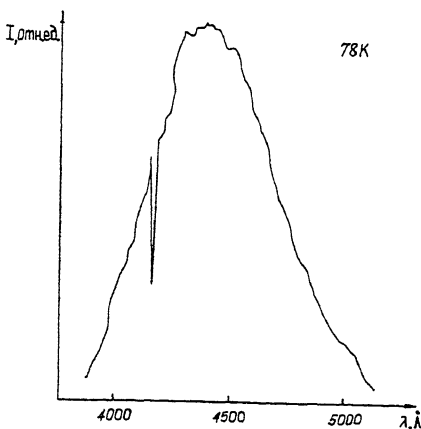


Рис. 3. Общий вид спектра КЛ природного алмаза при выгорании линии $\lambda = 4152 \text{ \AA}$, $G = 1025 \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-3}$.

В литературе также известно проявление эффекта провала линий в спектрах поглощения твердых растворов органических веществ под действием лазерного излучения. Он был назван селективным „выжиганием” провалов и объяснен перестройкой окружения примеси в возбужденном состоянии молекулы и многоступенчатыми фотоиндуцированными превращениями центров [9, 10, 11].

На данном этапе исследования установленного эффекта выгорания линий в спектрах КЛ облученного высокими дозами нейтронов карбида кремния и содержащего предельно высокие концентрации азота природного алмаза можно предположить, что он имеет одинаковую природу, связанную с изменением сложной энергетической структуры центров.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] В о д а к о в Ю.А., М о х о в Е.Н., С о к о л о в В.И., В а в и л о в В.С., И в а н о в А.И., Ч у к и ч е в М.В. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 15. С. 60-64.
- [2] С h o u k e W.S. // Inst. Phys. Conf. 1977. Ser. N 31. P. 58-69.
- [3] В о д а к о в Ю.А., Л о м а к и н а Г.А., М о х о в Е.Н., Р а м м М.Г., С о к о л о в В.И. // ФТП. 1986. Т. 20. В. 12. С. 2153-2158.
- [4] С у л е й м а н о в Г.М., Г р е х о в А.М., Г р е х о в В.М. // ФТТ. 1983. Т. 25. В. 6. С. 1840-1843.
- [5] И в а н о в А.И. Катодолюминесценция карбида кремния при высоких уровнях возбуждения. Автореферат дисс. М.: МГУ, 1990.

- [6] В а в и л о в В.С., Г и п п и у с А.А., К о н о р о в а Е. А.
Электронные и оптические процессы в алмазе. М., 1985.
120 с.
- [7] Г о м о н Г.С. Алмазы. М., 1966. 146 с.
- [8] D a v i e s G. // J. Phys. C. 1970. V. 3. N 12.
P. 2474-2486.
- [9] Г о р о х о в с к и й А.А., К и к а с Я.В., П а л ь м В.В.,
Р е б а н е Л.А. // ФТТ. 1981. Т. 23. В. 4. С. 1040-
1047.
- [10] М а с л о в В.Г., Ч у н а е в А.С. // Молекулярная биоло-
гия. 1982. Т. 16. В. 4. С. 604-611.
- [11] P e r s o n o v R.I., K h a r l a m o v B.M. // *Lasar. Chem.* 1986. V. 6. P. 181-201.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию
14 апреля 1993 г.