

ՅԻՆԿՈՎ ՓՈԽՀԱՏՈՒՑՎԱԾ ՍԻԼԻՑԻՈՒՄԱՅԻՆ p^+-n-p^+ ՄԵԶԱՊԼԱՆԱՐ
ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ԱՂՄՈՒԿԱՅԻՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ

Զ. Զ. ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ, Վ. Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Զ. Ն. ԱԴԱՄՅԱՆ

Զափված են ցինկով փոխհատուցված սիլիցիումային p^+-n-p^+ մեզապլանար կառուցվածքների վոլտ-ամպերային բնութագրերը և աղմուկները 90—300K ջերմաստիճանային միջակայքում: Աղմուկները հետազոտված են 20Հց—20ԿՀց հաճախային տիրույթում: Փորձարարական (փորձնական) ու հաշվարկային տվյալների համեմատումը հնարավորություն է տալիս պարզել, թե նշված կառուցվածքներում որ կենտրոնները կարող են գեներացիոն-ռեկոմբինացիոն աղմուկների պատճառ հանդիսանալ:

ELECTRICAL FLUCTUATIONS IN Zn-COMPENSATED SILICON DEVICES

Z. H. MKHITARYAN, V. M. HARUTYUNYAN, Z. N. ADAMYAN

The electrical noise and current-voltage characteristics of Zn-compensated silicon meza-planar p^+-n-p^+ structures are measured in the 90—300K temperature interval. The noise was investigated at frequencies ranged from 20 Hz to 20kHz. The comparison of calculated and experimental data permits to reveal what centers may cause the generation-recombination noise in these structures.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 23, вып. 3, 155—160 (1988)

УДК 548.4;535.34

ВЛИЯНИЕ ЖЕЛЕЗА НА ОБРАЗОВАНИЕ ЦЕНТРОВ
ОКРАСКИ В КРИСТАЛЛАХ $YAlO_3$

Т. И. БУТАЕВА, К. Л. ОВАНЕСЯН, А. Г. ПЕТРОСЯН

Институт физических исследований АН АрмССР

(Поступила в редакцию 28 марта 1987 г.)

Изучено ультрафиолетовое поглощение кристаллов $YAlO_3$, $YAlO_3-Pr^{3+}$, $YAlO_3-Fe$ и $YAlO_3-Fe, Si$. Показано, что полосы поглощения с максимумами на длинах волн 0,25 и 0,27 мкм обусловлены ионами Fe^{2+} . Исследована кинетика поведения этих полос при воздействии излучения ксеноновой лампы в зависимости от дозы облучения, состава кристаллов и концентрации в них точечных и примесных дефектов, регулируемых при отжигах в окислительной и восстановительной средах.

Образование центров окраски в лазерных оксидах под воздействием коротковолнового излучения ламп накачки нежелательно и ограничивает возможности возбуждения в них стимулированного излучения. Изучение природы центров окраски особенно актуально в кристаллах, генерирующих в видимой области спектра, так как использование в этих случаях фильтров существенно снижает их эффективность (примерами таких кри-

сталлов являются ромбические алюминаты $YAlO_3$ и $LuAlO_3$ с ионами Pr^{3+} [1, 2]). Под воздействием ионизирующего излучения (УФ и γ -источников) и при окислительном отжиге в кристаллах $YAlO_3-Pr^{3+}$ появляются полосы дополнительного поглощения на длинах волн 0,22; 0,25; 0,27; 0,30; 0,34; 0,40; 0,47 и 0,52—0,58 мкм [3, 4]. Полосы поглощения с максимумами на длинах волн 0,25 и 0,27 мкм, в отличие от остальных, наблюдаются и в кристаллах, не подвергнутых отжигу или облучению [4]. В настоящей работе изучена природа этих полос и их поведение при различных воздействиях.

Исследования проводились на кристаллах следующих составов: $YAlO_3$ (номинально чистый), $YAlO_3-Pr^{3+}$ (0,2 и 1 ат. %), $YAlO_3-Fe$ (0,05; 0,1 и 0,15 ат. %) и $YAlO_3-Fe, Si$ (0,15; 0,15 ат. %). Кристаллы были выращены из расплава методом Чохральского в среде аргона. В экспериментах, включающих отжиг на воздухе (500—1200°С), в среде водорода (1200°С) и воздействие ксеноновой лампы (20 Дж в импульсе длительностью 200 мкс), использовались образцы толщиной 0,03—0,3 см с одинаковой ориентацией. Спектры поглощения регистрировались на спектрофотометре СФ-8 при 300 К.

Результаты измерений приведены на рис. 1—5, которые демонстрируют характер изменений интенсивности полос поглощения на длинах волн 0,25 и 0,27 мкм в зависимости от исходного состава кристалла и типов воздействий, включая комбинированные (отжиг + облучение), позволяющие наблюдать соответствующие эффекты в кристаллах с различным начальным соотношением точечных и примесных дефектов.

На рис. 1а, б показано изменение интенсивности УФ поглощения в кристаллах $YAlO_3$ и $YAlO_3-Pr^{3+}$ при воздействии на них излучения ксеноновой лампы и термообработки на воздухе. Отметим, что в исходных кристаллах $YAlO_3-Pr^{3+}$ коэффициент поглощения на длинах волн 0,25 и 0,27 мкм примерно на 50% больше, чем в неактивированных. Интенсивность этих полос возрастает при указанных выше воздействиях во всех кристаллах, что связано с перезарядкой собственных или примесных дефектов решетки. Наличие указанных полос в исходных кристаллах позволяет отнести их к неконтролируемой примеси, например к ионам железа, наиболее часто встречающимся в исходных компонентах (ионам железа в кристаллах $Y_3Al_5O_{12}$, выращиваемым из тех же исходных компонентов, приписываются полосы поглощения с длинами волн 0,25 и 0,31 мкм [5]).

Для выяснения связи УФ поглощения с ионами железа рассмотрим спектры кристаллов $YAlO_3-Fe$ (рис. 1в). Они показывают существенное увеличение поглощения полос на длинах волн 0,25 и 0,27 мкм, которое еще более возрастает при облучении и отжиге кристаллов на воздухе. Отметим также, что в ЭПР спектрах кристаллов $YAlO_3$ наблюдался сигнал от ионов Fe^{3+} , который исчезал после окислительного отжига при 1200°С. В кристаллах $YAlO_3$ ионы железа замещают ионы Al^{3+} , поэтому наиболее вероятным для них является состояние Fe^{3+} . Ионы железа имеют переменную валентность, поэтому в кристаллах возможно наличие некоторого количества и двухзарядных ионов Fe^{2+} , стабилизированных собственными дефектами решетки либо примесными ионами с более высоким валентным состоянием. В частности, такими ионами могут быть и ионы Fe^{4+} . В такой ситуации введение в кристаллы дополнительных ионов с устойчивым со-

стоянием «+4» может привести к существенному увеличению концентрации ионов Fe^{2+} .

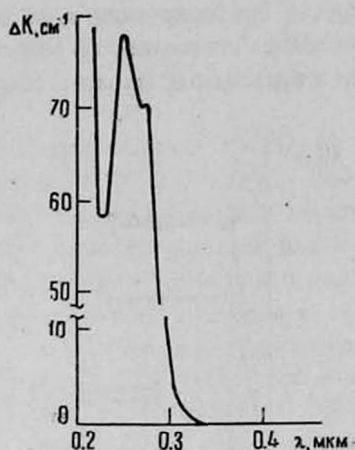
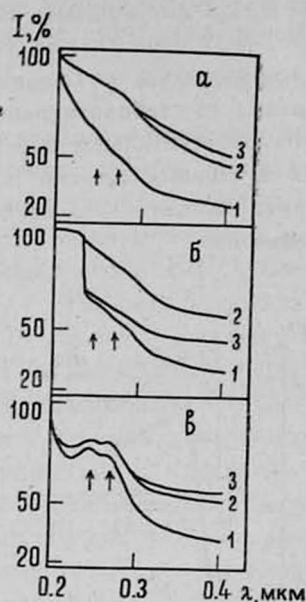


Рис. 1. УФ спектры поглощения кристаллов $YAlO_3$ (а) ($d=0,3$ см); $YAlO_3-Pr^{3+}$ (б) ($d=0,3$ см) и $YAlO_3-Fe$ (в) ($d=0,03$ см): 1 — исходные образцы, 2 — отожженные на воздухе образцы, 3 — после воздействия излучением ксеноновой лампы. Стрелками указаны полосы поглощения с максимумами на длинах волн 0,25 и 0,27 мкм.

Рис. 2. УФ спектры дополнительного поглощения кристаллов $YAlO_3-Fe$, Si ($\Delta K = K_{YAlO_3-Fe, Si} - K_{YAlO_3-Fe}$).

В настоящей работе использованы ионы Si^{4+} , которые вводились в расплавы в равных с ионами железа атомных долях. В спектрах разностного поглощения кристаллов $YAlO_3-Fe$, Si и $YAlO_3-Fe$ (рис. 2) наблюдается резкое возрастание коэффициента поглощения полос на длинах волн 0,25 и 0,27 мкм, что указывает на их связь с ионами Fe^{2+} . Как уже отмечалось выше, интенсивность этих полос в кристаллах, содержащих празеодим, выше, чем в номинально чистых кристаллах (рис. 1а, б). Известно [6], что ионы празеодима, кроме преимущественного состояния Pr^{3+} , могут находиться в кристаллах и в состоянии Pr^{4+} . О возможности валентных переходов $Pr^{3+} \rightarrow Pr^{4+}$ указано в [3] на основе данных по изменению

величины интегрального коэффициента поглощения $\int k(\lambda) d\lambda$ на переходе $^2H_1 \rightarrow ^1D_2$ ионов Pr^{3+} в кристаллах, прошедших окислительную термообработку. Ионы Pr^{4+} могут присутствовать и в исходных кристаллах. В этом случае они играют роль компенсаторных ионов и способствуют увеличению концентрации ионов Fe^{2+} .

На рис. 3—5 представлена кинетика изменения разностного коэффициента поглощения ΔK (относительно исходного кристалла) исследуемых полос при воздействии излучения ксеноновой лампы. Уже малые дозы облучения (20 имп.) приводят в кристаллах $YAlO_3-Fe$ к резкому возраста-

нию поглощения на длинах волн 0,25 и 0,27 мкм из-за переходов $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ по схеме: $O^{2-} + h\nu \rightarrow O^- + e^-$, $Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$ (рис. 3). В кристаллах $YAlO_3$ характер изменения этих полос такой же, а насыщение достигается при 60 импульсах. Кристаллы $YAlO_3-Pr^{3+}$ обнаруживают устойчивость к УФ излучению (слабое изменение коэффициента поглощения наблюдается лишь после 120 импульсов), что связано со стабилизацией в них части железа в состоянии Fe^{2+} . Отметим, что дополнительное поглощение при облучении этих кристаллов изменяется в меньшей степени и в более длинноволновой области, поэтому можно предположить, что введение празеодима снижает общую концентрацию дефектов.

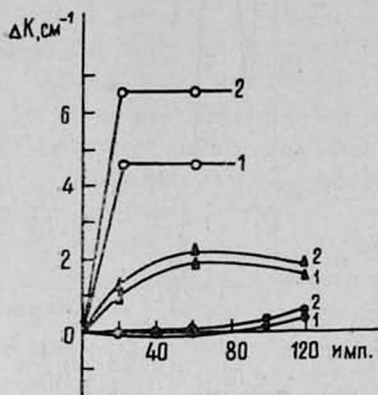


Рис. 3.

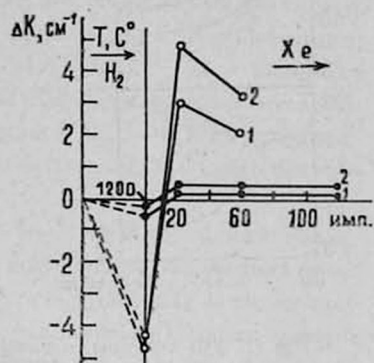


Рис. 4.

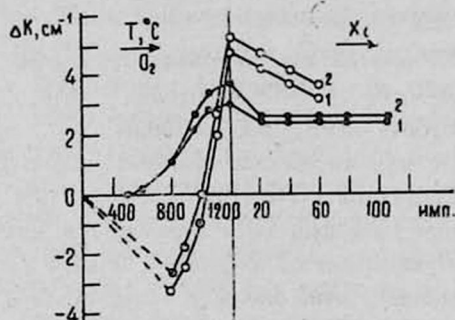


Рис. 5.

Рис. 3. Изменение дополнительного поглощения на длинах волн 0,25 (1) и 0,27 мкм (2) кристаллов $YAlO_3$ (Δ), $YAlO_3-Pr^{3+}$ ($\bullet$) и $YAlO_3-Fe$ ($\circ$) при воздействии излучения ксеноновой лампы.

Рис. 4. Изменение дополнительного поглощения на длинах волн 0,25 (1) и 0,27 мкм (2) кристаллов $YAlO_3-Pr^{3+}$ ($\bullet$) и $YAlO_3-Fe$ ($\circ$) при воздействии излучения ксеноновой лампы с предварительным отжигом в среде водорода.

Рис. 5. Изменение дополнительного поглощения на длинах волн 0,25 (1) и 0,27 мкм (2) кристаллов $YAlO_3-Pr^{3+}$ ($\bullet$) и $YAlO_3-Fe$ ($\circ$) при воздействии излучения ксеноновой лампы с предварительным отжигом на воздухе.

Отжиг кристаллов $YAlO_3-Fe$ и $YAlO_3-Pr^{3+}$ при $1200^\circ C$ в среде водорода (рис. 4) уменьшает концентрацию ионов Fe^{2+} и связанное с ними поглощение в УФ области. При этом наблюдается увеличение $\int k(\lambda) d\lambda$ на переходе $^2H_1 \rightarrow ^1D_2$ ионов Pr^{3+} на $\sim 4\%$, что обусловлено переходами $Pr^{4+} \rightarrow Pr^{3+}$. Последующее ионизирующее облучение, как и в предыдущем случае, приводит к переходам $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$, и максимальное значение ΔK достигается при 20 импульсах. Увеличение дозы облучения не изменяет значения ΔK в $YAlO_3-Pr^{3+}$ и уменьшает его в $YAlO_3-Fe$.

На рис. 5 показано изменение ΔK в кристаллах $YAlO_3-Fe$ и $YAlO_3-Pr^{3+}$ с температурой окислительного отжига (воздух, $500-1200^\circ C$, выдержка — 1 час) и последующего облучения ксеноновой лампой. В кристаллах $YAlO_3-Fe$ при $T < 800^\circ C$ наблюдается уменьшение УФ поглощения, связанное с тепловым упорядочением кристаллической решетки. В кристаллах с ионами Pr^{3+} существенного изменения поглощения не наблюдается вплоть до $500^\circ C$, что подтверждает уменьшение в них концентрации дефектов по сравнению с $YAlO_3$. Увеличение температуры отжига ($800-1200^\circ C$ для $YAlO_3-Fe$ и $500-1200^\circ C$ для $YAlO_3-Pr^{3+}$) приводит к возрастанию значений ΔK , что, по всей видимости, связано с диффузией при этих температурах кислорода, которая может приводить к образованию центров, способствующих переходам $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$. Дальнейшее облучение кристаллов ксеноновой лампой уменьшает УФ поглощение кристаллов, которое в $YAlO_3-Pr^{3+}$ достигает насыщения при 20 импульсах.

В заключение отметим, что характер изменения дополнительного коэффициента поглощения полос на длинах волн 0,25 и 0,27 мкм при различных типах воздействий одинаков (рис. 3—5), что также свидетельствует о принадлежности этих полос одному типу центра.

Авторы благодарят Г. А. Асатрянца за идентификацию ионов Fe^{3+} в кристаллах $YAlO_3$ методом ЭПР и Л. А. Оганесяна за обсуждение результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kaminski A. A. et al. Phys. Stat. Sol. (a), 77, K 173 (1983).
2. Каминский А. А., Петросян А. Г., Оганесян К. Л. ДАН СССР, 295, 586 (1987).
3. Butaeva T. I. et al. Cryst. Res. Technol., 21, 1577 (1986).
4. Бутаева Т. И., Оганесян К. Л., Петросян А. Г. Тезисы докл. VI Всесоюзной конференции по радиационной физике и химии ионных кристаллов. Рига, 1986, с. 371.
5. Mory K. Phys. Stat. Sol. (a), 42, 375 (1977).
6. Батызов С. Х. и др. ФТТ, 14, 2114 (1972).

ԵՐԿԱԹԻ ԱՋԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ $YAlO_3$ ԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐՈՒՄ ԳՈՒՆԱՎՈՐՄԱՆ
ԿԵՆՏՐՈՆՆԵՐԻ ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ՎՐԱ

Տ. Ի. ԲՈՒԹԱԵՎԱ, Կ. Լ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ա. Գ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

Ուսումնասիրված է $YAlO_3$, $YAlO_3-Pr^{3+}$, $YAlO_3-Fe$ և $YAlO_3-Si$ բյուրեղների ուլտրամանուշակագույն կլանումը: Ցույց է տրված, որ 0,25 և 0,27 մկմ ալիքի երկարությամբ մաքսիմումներով կլանման շերտերը պայմանավորված են Fe^{2+} իոններով: Հետազոտված է այդ շերտերի վարքի կինետիկան քսենոնային լամպի ճառագայթման ազդեցության դեպքում, կախված ճառագայթման շափից, բյուրեղների բաղադրությունից և նրանց մեջ կետային ու խառնուրդային թերությունների խտությունից, որոնք կարգավորվում են օքսիդացնող և վերականգնող միջավայրում թրծման ժամանակ:

INFLUENCE OF IRON ON THE FORMATION OF COLOUR
CENTRES IN $YAlO_3$ CRYSTALS

T. I. BUTAEVA, K. L. OVANESYAN, A. G. PETROSYAN

The ultraviolet absorption in $YAlO_3$, $YAlO_3-Pr^{3+}$, $YAlO_3-Fe$ and $YAlO_3-Si$ crystals has been investigated. It is shown that absorption bands with maxima at 0,25 and 0,27 μm are due to the presence of Fe^{2+} ions. The dependence of these bands on irradiation dose, crystal composition and concentration of point and impurity defects controlled at annealing in oxidizing and reducing media was studied.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 23, вып. 3, 160—164 (1988)

УДК 539.124.6

ПОЗИТРОННАЯ АННИГИЛЯЦИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ
ГЕРМАНАТА СВИНЦА

А. Г. МАЛОЯН, А. Л. ТЕР-МИНАСЯН

Институт физических исследований АН АрмССР

(Поступила в редакцию 6 июня 1987 г.)

Методом позитронной аннигиляции обнаружены два центра аннигиляции в монокристалле германата свинца. Выполнен полуэмпирический расчет энергетических уровней комплексов GeO_4 и Ge_2O_7 .

Благодаря ряду практически важных свойств, таких как сегнето-, пьезо- и пьезоэффекты, а также способности менять знак оптической активности и фотовольтаического тока во внешнем электрическом поле, германат свинца $\alpha-Pb_5Ge_3O_{11}$ является интересным объектом исследования. Несмотря на большое число публикаций [1] по германату свинца, сообщений об изучении этого объекта методами аннигиляции позитронов мы не встречали. Наш интерес связан с выяснением вопроса, насколько аннигиляционные характеристики чувствительны к структуре такого сложного монокристалла, каким является германат свинца.