

ный СР может найти применение как УФ источник подсветки, работающий при низком напряжении, а также в технике генерации ударных звуковых волн с плоским фронтом и с широкой апертурой.

В заключение авторы выражают благодарность В. И. Баюнову за полезные советы.

Список литературы

- [1] Бельков Е. П., Дащук П. Н., Сничкин Г. Л. // ЖТФ. 1982. Т. 52. Вып. 10. С. 1979—1982.
- [2] Баранов В. Ю., Борисов В. М., Высикалов Ф. И. и др. // ТВТ. 1984. Т. 22. № 4. С. 661—666.
- [3] Андреев С. И., Зобов Е. А., Сидоров А. Н. // Журн. прикл. механики и теор. физики. 1976. № 3. С. 12—17.

Поступило в Редакцию
28 сентября 1989 г.

04; 06; 07

Журнал технической физики, т. 60, в. 10, 1990

© 1990 г.

КИНЕТИКА ПРОСВЕТЛЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ВИСМУТА В ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ЯЧЕЙКЕ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

А. Х. Зейналлы, Н. Н. Лебедева, Л. Г. Парицкий, Б. Г. Саламов

Газоразрядная ячейка с фоточувствительным полупроводниковым электродом является основным элементом полупроводниковых фотографических систем и преобразователей изображений ионизационного типа [1—3]. В [4, 5] показано, что в такой ячейке возможно получение изображений на тонких металлических и полупроводниковых пленках под действием газового разряда, формируемых за счет просветления пленки непосредственно в ходе экспонирования.

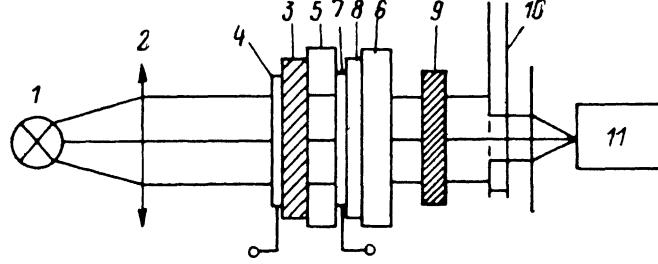


Рис. 1. Блок-схема установки для исследования кинетики формирования изображения в фотографической системе ионизационного типа с полупроводниковым электродом.

В настоящей работе приводятся результаты исследования кинетики просветления и изменения во времени некоторых других свойств пленок при действии разряда, предпринятого с целью выяснения характера процессов, определяющих наблюдаемый эффект. В работе использовались следующие параметры работы системы: пленка Ви толщиной 0.7—1.4 мкм, начальная оптическая плотность $D=1—2$, давление воздуха $P=50$ мм Hg, постоянное электрическое поле $U=800$ В, газоразрядный зазор толщиной 50 мкм. В принципиальной схеме (рис. 1) для исследования кинетики формирования изображения свет от источника 1 фокусируется 2 и равномерно освещает полупроводниковый GaAs электрод 3 с полупрозрачным никелевым покрытием 4. Фотоактивный свет, поглощаясь в кристалле, вызывает в нем фото проводимость. Свет, длина волны которого $\lambda > 1$ мкм, после незначительного поглощения в кристалле имеет интенсивность J_0 . Такой интенсивности световой поток, пройдя через газоразрядный зазор 5, нормально падает на контратрэлектрод 6 с Ви пленкой 7. После поглощения в пленке Ви, электроде из SnO_2 8, в выходном окне свет интенсивностью J проходит кремниевый фильтр 9, модулируется 10 и фокусируется на вход кремниевого фотодиода 11. Сигнал

с фотодиода после усиления и детектирования записывается на самописце. Таким образом, свет, который пренебрежимо мало поглощается в полупроводнике ($\lambda > 1$ мкм), является «зондирующим» для определения динамики изменения оптической плотности висмутовой пленки в ходе процесса. До включения ионизационной системы J/J_0 определяется оптической плотностью нанесенного слоя Bi. При действии разряда на висмутовую пленку J/J_0 растет. На рис. 2 приведены зависимости J/J_0 от времени разряда для пленок Bi разных толщин d . Видно, что для пленок толщиной $d = 0.7 - 0.9$ мкм (кривые 1-3) наклон этой зависимости, определяющий скорость просветления, существенно от d не зависит. На начальном участке наблюдается немонотонность: J/J_0 уменьшается, достигая минимума через 1.5-3 мин в зависимости от условий опыта. Через время порядка 14 мин J/J_0 выходит на насыщение, т. е. реакция просветления прекращается. Полное время прохождения реакции и максимальный сигнал J при насыщении определяются исходной толщиной пленки Bi. Было установлено, что процесс просветления существенно зависит от полярности электрического поля: при отрица-

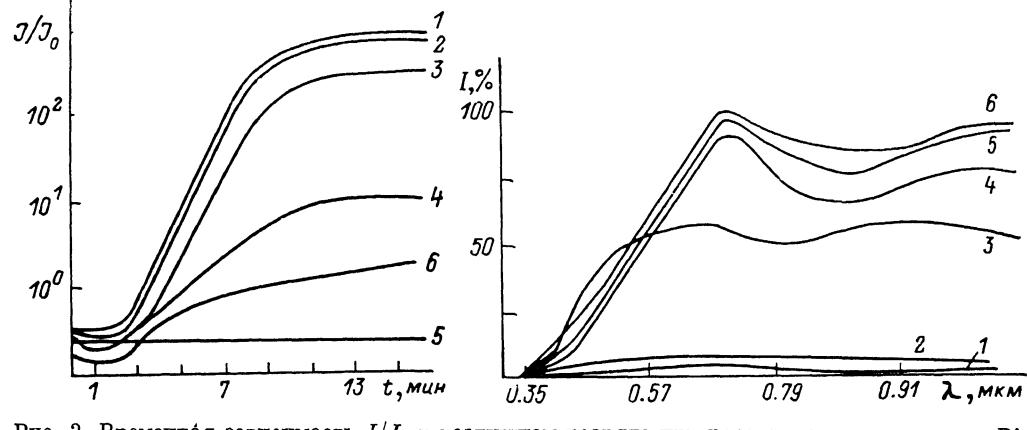


Рис. 2. Временная зависимость J/J_0 в воздушном разряде при разных толщинах пленок Bi. d , мкм: 1 — 0.7, 2 — 0.9, 3 — 1.1, 4 — 1.8; 5 — при положительной полярности на пленке Bi, 6 — при разряде в аргоне.

Рис. 3. Спектры пропускания пленок висмута после различного времени экспонирования в разряде.

t , мин: 1 — 2, 2 — 4, 3 — 6, 4 — 8, 5 — 12; 6 — спектр пропускания Bi_{12}O_3 согласно [4].

тельном потенциале на электроде с Bi светопропускание практически не изменяется (кривая 5). При положительном потенциале на Bi скорость просветления существенно зависела от газовой среды. Кривые 1 и 6 на рис. 2 соответствуют просветлению пленок Bi одинаковой толщины при одинаковых условиях разряда в воздушной среде и в аргоне. Одновременно с кинетикой просветления фиксировалась кинетика тока разряда. При этом наблюдалось следующее: по мере просветления ток через систему уменьшался и при достижении стабильного светопропускания ток уменьшался ~ на 1/3 от первоначального значения. Электрическое сопротивление пленки после прохождения реакции становится порядка 10^7 Ом·см. На рис. 3 представлены спектры пропускания пленок Bi после различного времени экспонирования в разряде. Видно, что при достижении насыщения светопропускания (кривая 5) исследуемая пленка имеет край поглощения в области 0.35 мкм. Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что под действием разряда Bi переходит в другое соединение полупроводникового типа с областью прозрачности от 0.35 до 1.1 мкм.

Обсудим полученные результаты. Поскольку процесс просветления практически идет лишь при положительной полярности на Bi, то, значит, он возникает под действием отрицательных компонентов плазмы. При разряде в воздушной и аргоновой средах таковыми являются электроны и ионы кислорода (кислород присутствует в аргоне как примесь). Механизм просветления пленок Bi под действием электронов — это распыление за счет испарения. Однако энергия электронов в разряде (50—100 эВ) недостаточна для распыления. В этом мы убедились, специально поставив опыт по обработке пленки Bi в электронном микроскопе пучком электронов такой энергии. Возможные механизмы взаимодействия ионов кислорода с Bi пленкой — это распыление и образование на подложке окисла Bi. Учитывая большую окислительную способность ионов кислорода и результаты наших опытов, мы полагаем, что основным механизмом взаимодействия Bi пленки с бомбардирующими ее ионами кислорода

является образование окисла висмута на подложке. Ви образует несколько окислов: Bi_2O_3 , Bi_2O_4 , Bi_2O_5 . Микроскопический анализ соотношения $\text{Bi} : \text{O}$ для пленки после пребывания в разряде, проведенный нами на электронно-зондовом микроанализаторе CAME BAX, показал преобладание Bi над формульным соотношением в пределах от 27 % для Bi_2O до 18 % для Bi_2O_5 . Согласно [6, 7], Bi_2O_3 — это полупроводник, запрещенная зона которого порядка 3 эВ, а сопротивление при комнатной температуре 10^6 — 10^8 Ом·см. Согласно нашим данным, Bi в процессе разряда переходит в высокоомное (10^7 Ом·см) соединение, что приводит к уменьшению тока во время разряда. Сравнение же спектров пропускания Bi_2O_3 и пленки, полученной в разряде (рис. 3, кривая б), говорит о совпадении этих характеристик. Микроскопический анализ показал, что соотношение между Bi и O не соответствует ни одной из формул окислов: висмут преобладает над кислородом. Такой результат можно объяснить неполным прохождением реакции окисления с образованием $\text{Bi}_2\text{O}_3 : \text{Bi}$.

Таким образом, мы полагаем, что при воздействии на пленку Ви газового разряда в среде, содержащей кислород, Ви окисляется и на поверхности пленки образуется Bi_2O_3 , по оптическим и электрическим свойствам существенно отличающийся от Ви. Образующийся слой окисла препятствует окислению более глубоких слоев Ви, поэтому реакция просветления существенно замедляется со временем. Электронный поток разряда является катализатором процесса окисления, создавая катодопроводность, он индуцирует процесс окисления на всю глубину пленки. На различии оптических свойств Ви и Bi_2O_3 реализуется получение стабильного необратимого фотографического изображения.

Список литературы

- [1] Касымов Ш. С., Парицкий Л. Г., Рыжкин С. М. Деп. в ВИНТИ. № 2696-74. Л., 1974.
- [2] Астров Ю. А., Касымов Ш. С., Парицкий Л. Г. Деп. в ВИНТИ. № 1031-75. Л., 1975.
- [3] Астров Ю. А., Касымов Ш. С., Парицкий Л. Г., Рыжкин С. М. Деп. в ВИНТИ. № 1032-75. Л., 1975.
- [4] Бурова Т. В., Парицкий Л. Г., Хайдаров З. Деп. в ВИНТИ. № Р-3215/81. Л., 1981.
- [5] Бурова Т. В., Парицкий Л. Г., Лодыгин А. Н., Хайдаров З. Деп. в ВИНТИ. № 7064-84. Л., 1984.
- [6] Agastev A. A., Zeinally A. Kh., Guseinov Ya. Yu. // Mat. Res. Bull. 1986. Vol. 21. P. 765—771.
- [7] Гусейнов Я. Ю. Автореф. канд. дис. Баку, 1989. 19 с.

Азербайджанский государственный
университет им. С. М. Кирова
Баку

Поступило в Редакцию
21 августа 1989 г.
В окончательной редакции
21 мая 1990 г.

06, 12

Журнал технической физики, т. 60, в. 10, 1990

© 1990 г.

ДИАГНОСТИКА ГЕТЕРОГРАНИЦ $\text{InGaAsP}/\text{InP}$ ПО ОЖЕ-ПРОФИЛЯМ КОСОГО ШЛИФА, ПОЛУЧЕННОГО ХИМИЧЕСКИМ ТРАВЛЕНИЕМ

А. Т. Гореленок, Н. Д. Ильинская, М. И. Костица, Е. С. Новиков,
М. А. Панченко, А. Э. Петров

Методы профилирования состава гетероструктур InGaAs/InP с разрешением в несколько монослоев необходимы для разработки ряда оптоэлектронных приборов спектрального диапазона 1.0—1.65 мкм. Особый интерес вызывает анализ гетероструктур, выращенных методом жидкокристаллической эпитаксии (ЖКЭ). Это связано с возможностью подтрава предыдущего слоя InGaAsP расплавом для выращивания последующего слоя и образования переходной области неизопериодического состава [1], что должно привести к ухудшению качества гетерограницы, которое проявляется на таких важных характеристиках как скорость поверхностной рекомбинации неравновесных носителей, темп термогенерации электронов и дырок и т. д.

Недостаток наиболее развитого метода профилирования — оже-электронной спектроскопии (ОЭС) при травлении ионным пучком заключается в увеличении погрешности измерений при увеличении глубины травления.