

ВОЛЬТ-АМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТАКТА
ПОЛУПРОВОДНИК-ПЛАЗМА ГАЗОВОГО РАЗРЯДАН.Н.ЛЕБЕДЕВА, В.И.ОРБУХ, Г.М.ЭЙВАЗОВА, Е.Ю.БОБРОВА
Бакинский Государственный Университет

В настоящей работе исследовалась структура полупроводник-плазма газового разряда низкой плотности. Измерялись вольт-амперные характеристики (ВАХ) этой структуры при разных полярностях постоянного напряжения и разных уровнях засветки полупроводникового электрода. Обнаружено выпрямление на контакте полупроводник-газоразрядная плазма. Установлено, что ВАХ структуры идентична ВАХ системы с запорным контактом.

Введение

Теоретическое и экспериментальное исследование контакта полупроводник-газоразрядная плазма низкой плотности стимулировало развитие научных исследований и прикладных разработок в новой области технической физики, основным объектом которой является плоская газоразрядная ячейка с фоточувствительным полупроводниковым электродом, где впервые в физике полупроводников поверхность раздела плазма-полупроводник работает в качестве электрического контакта [1]. Были разработаны, созданы и исследованы устройства для: преобразования ИК-изображения в видимое [2]; ИК-фотографических систем [3]; несеребряной фотографии [4]; визуализации электрических и структурных неоднородностей в высокоомных полупроводниках [5]; получения УФ-излучения равномерного по большой площади [6]; наблюдения зарождения и развития диссипативных структур в плазме газового разряда [7]; генерации высокочастотных колебаний, регулируемых светом и полем [8].

Действие таких устройств основано на формировании газового разряда в узком зазоре между металлическим электродом и высокоомным фоточувствительным полупроводниковым электродом. Газовый разряд в такой ячейке, благодаря стабилизирующему действию полупроводникового электрода, имеет особенность: ток и свечение газа равномерны вдоль сечения структуры, локальное изменение сопротивления полупроводника приводит к локальному изменению свечения разряда.

Традиционно при изучении физических свойств этой структуры полупроводниковый электрод был катодом. В настоящей работе обнаружено выпрямление на контакте полупроводник-газоразрядная плазма. Исследовались вольт-амперные характеристики (ВАХ) этой структуры при различных полярностях постоянного напряжения и разных уровнях подсветки полупроводника. Установлено, что ВАХ структуры идентична ВАХ системы с запорным контактом.

Эксперимент

Измерения проводились на газоразрядной ячейке, где один электрод - металлическая сетка или низкоомный слой SnO_2 на стеклянной шайбе, а второй электрод-полупроводниковая шайба. В качестве полупроводникового электрода использовался компенсированный хромом полуизолирующий арсенид галлия (GaAs). Высокоомные ($\rho=10^8$ Ом.см) пластины GaAs n-типа проводимости, ориентированные в (100) плоскости роста кристалла, имели толщину 1,2 мм и диаметр 20 мм. На одну сторону такой отполированной пластины GaAs вакуумным напылением наносился тонкий слой никеля (Ni, 70% пропускания) или проводящий слой SnO_2 , которые служили прозрачными для света электрическими контактами к полупроводнику.

Воздушный зазор между электродами создавался слюдяной прокладкой в виде шайбы толщиной в 40-80 мкм, внутренний диаметр которой определял рабочую поверхность газоразрядного зазора. Ячейка монтировалась внутри кассеты и помещалась в металлическую камеру с двумя окнами для освещения полупроводника и наблюдения свечения разряда, двумя электрическими вводами для подачи на ячейку напряжения и отводом для откачки воздуха из камеры. Постоянное напряжение (50-800 В) подавалось от стабилизированного источника питания. Ток регистрировался усилителем самописца «Эндим» в интервале 10^{-9} - 10^{-2} А. Давление воздуха в камере ($p=60$ Торр) контролировалось манометром. Засветка полупроводникового электрода осуществлялась светом лампы накаливания (400 Вт), прошедшим через фильтр ($\lambda=0.8$ мкм) и набор нейтральных фильтров.

Результаты и обсуждение

На рис.1 представлена зависимость фоточувствительности системы $I^{\text{light}}/I^{\text{dark}}$, где I^{light} , I^{dark} токи на свету и в темноте, от напряжения и при одинаковой интенсивности света ($L=0.8$ Вт). Зависимости (1) и (2) соответствуют положительному и отрицательному потенциалу на полупроводниковом электроде. При положительном потенциале на полупроводнике фоточувствительность равна, приблизительно 2 и не зависит от приложенного напряжения. В отличие от такой зависимости, при отрицательном потенциале на полупроводнике фоточувствительность существенно больше.

Выпрямляющие свойства системы проявляются только при засветке полупроводника. Это демонстрирует рис.2, на котором представлены зависимости тока от напряжения в обеих полярностях в темноте и на свету одинаковой интенсивности L . Ток в системе появляется при напряжении больше напряжения зажигания разряда ($V_z=350$ В) и стабильно регистрируется в интервале 400-800 В. Из рис.2 видно, что темновой ток от полярности напряжения не зависит во всем интервале напряжений. Однако, при освещении полупроводника ток при отрицательной полярности значительно больше тока при положительной полярности на полупроводнике.

Отношение, характеризующее асимметрию фототока I_- / I_+ зависит от величины приложенного напряжения и от интенсивности фотоактивной засветки, что демонстрирует рис. 3.

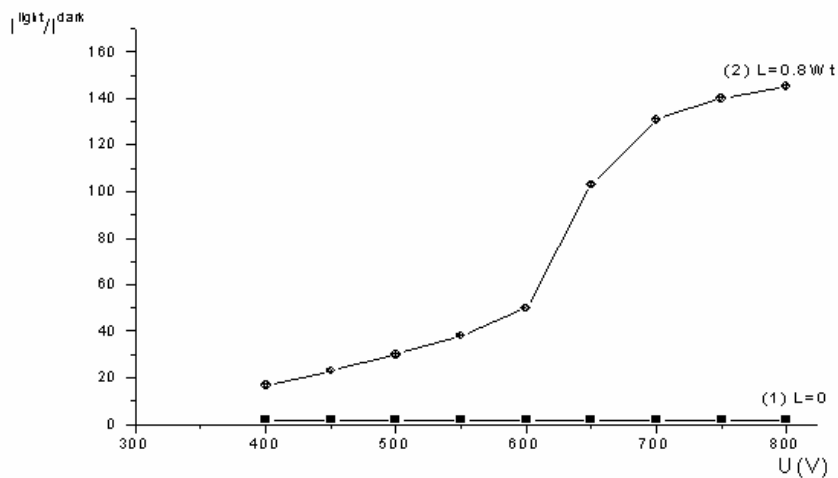


Рис.1. Зависимость фоточувствительности от напряжения при разных полярностях на полупроводниковом электроде: (1)- на полупроводнике(+), (2)- на полупроводнике (-).

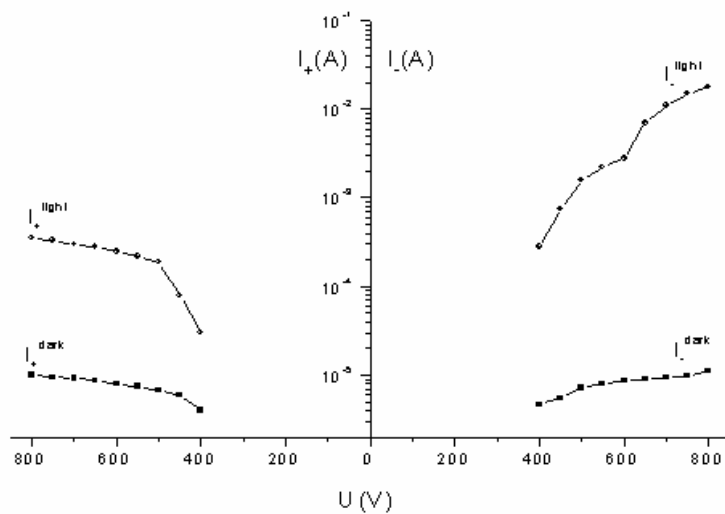


Рис.2. Зависимость темного и светового тока от напряжения в двух полярностях на полупроводниковом электроде.

Полученные результаты можно объяснить, если предположить, что на поверхности полупроводника, обращенной к газу, существует барьерный слой. В темноте, когда концентрация свободных электронов в объеме полупроводника мала, при обеих полярностях сопротивление барьерного слоя R_b существенно

измениться не может и ток через систему контролируется высоким темновым сопротивлением объема $(R^{\text{dark}})_{\text{об}}$, которое не зависит от полярности и сопротивления барьера: $I = I_+ = U / (R^{\text{dark}})_{\text{об}} + R_{\delta}$. Поэтому $I = I_+$, что и наблюдается на рис.2 для темновых токов в обеих полярностях. На свету при положительной полярности на полупроводнике барьерный слой обедняется фотоэлектронами по сравнению с объемом. Сопротивление барьерного слоя R_{δ} становится больше сопротивления объема и потому $(I_+)^{\text{light}} = U / R_{\delta}$. Тогда фоточувствительность, определяемая как $(I^{\text{light}} / I^{\text{dark}})_+ = (R^{\text{dark}})_{\text{об}} / (R_{\delta} + (R^{\text{dark}})_{\text{об}}) = 1 + (R^{\text{dark}})_{\text{об}} / R_{\delta}$. Как видно из рис.1, это отношение равно 2; следовательно, $R_{\delta} \approx (R^{\text{dark}})_{\text{об}}$, т.е. на свету в запиорном направлении сопротивление барьерного слоя по порядку величины совпадает с объемным сопротивлением полупроводника в темноте.

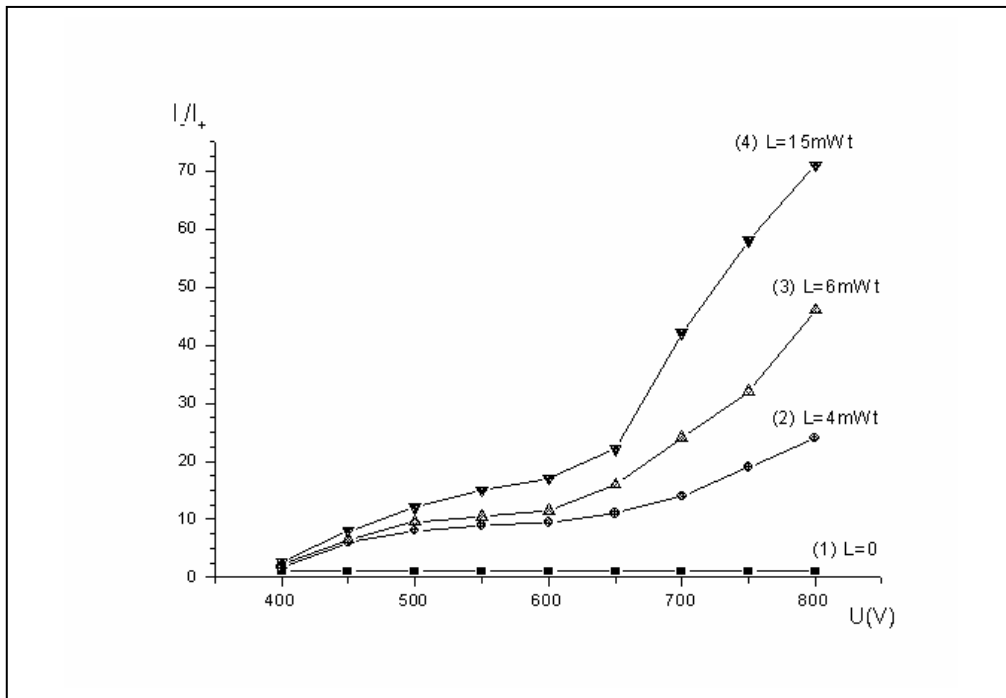


Рис. 3. Асимметрия токов в двух полярностях (I/I_+) при разных уровнях освещения

На свету при отрицательном потенциале на полупроводнике фотоносители обогащают барьерный слой. Сопротивление барьерного слоя уменьшается и ток контролируется не сопротивлением барьера, а сопротивлением объема полупроводника на свету $(R^{\text{dark}})_{\text{об}} - \gamma L$.

Тогда $(I^{\text{light}})_- = U / ((R^{\text{dark}})_{\text{об}} - \gamma L)$, а т.к. $R_{\delta} \approx (R^{\text{dark}})_{\text{об}}$, то $(I/I_+)^{\text{light}} = R_{\delta} / ((R^{\text{dark}})_{\text{об}} - \gamma L) > 1$, что и демонстрирует рис.2.

Таким образом, наше предположение о возникновении запиорного слоя (типа барьера Шоттки) на поверхности полупроводника, обращенной к газовому разряду, объясняет асимметрию фоточувствительности в зависимости от поляр-

ности и эффект выпрямления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Paul R. Blaszk, Patent USA, Unt. Cl. HOIJ 17/06 3.743.881, July 3, 1973
2. Астров Ю.А., Егоров В.В., Касимов Ш.С., Миругов В.М., Парицкий Л.Г., Рывкин С.М., «Квант.электрон», 4, № 8, 1681, 1977
3. Paritskii L.G., Kasymov Sh.S., USSR Patents 19460/18-10 and 197820-18-10 (1973)
4. Zeinally A.Kh., Lebedeva N.N., Paritskii L.G., Salamov B.G. J.Photogr. Sci., 39, 114, 1991
5. Lebedeva N.N., Salamov B.G., Orbukh V.I., Nagiev V.M. Instrum. And Experim. Technig., 37, N5, p.2, 1994
6. Лебедева Н.Н., Саламов Б.Г., Боброва Е.Ю. Baki Univ.xəbərləri, Fiz.-riy. elm. ser., N3, 67-72, 2002
7. Astrov Y.A., Purvins H.G. Tech. Phys. Lett., 28, 918, 2002
8. Гуревич Е.Л., Райзер Ю.П., Пурвинс Х.Г., ЖТФ, 76, №2, 36-39, 2006

YARIMKEÇİRİCİ-GAZ BOŞALMASI PLAZMASI KONTAKTININ VOLT-AMPER XARAKTERİSTİKASI

N.N.LEBEDEVA, V.İ.ORBUX, G.M.EYVAZOVA, Y.Y.BOBROVA

XÜLASƏ

Yarımkeçirici – kiçik sıxlıqlı gaz boşalması plazması strukturu tədqiq edilmişdir. Bu sistemin sabit cərəyanın müxtəlif istiqamətində və işıqlanmanın müxtəlif səviyyəsində volt-ampere xarakteristikaları (VAX) ölçülmüşdür. Yarımkeçirici – gaz boşalması plazması kontaktında düzlənmə müşahidə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, sistemin VAX-ı bağlı kontaktdakı VAX-la eynidir.

THE CURRENT – VOLTAGE CHARACTERISTICS OF THE SEMICONDUCTOR – GAS DISCHARGE PLASMA CONTACT

N.N.LEBEDEVA, V.I.ORBUX, G.N.EYVAZOVA, Y.Y.BOBROVA

SUMMARY

In the present paper it was investigated the structure of semiconductor – gas discharge plasma of low density. The current – voltage characteristics (CVC) of this system have been determined by the opposite polarities of direct (curred) Voltage and differend illumination intensities of semiconductor. It was detected the current rectification on the contact of semiconductor – gas discharge plasma. It was established the identity of the present CVC with the CVC of the lock contact.