ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЛИЯНИЕ АДСОРБЦИИ КИСЛОРОДА НА ПРОВОДИМОСТЬ ПЛЕНОК PBTE.

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.6.77.1001

Сармасов С.Н.[1],
кандидат физико-математических наук, преподаватель;
Рагимов Р.Ш.[2],
кандидат физико-математических наук, преподаватель, доцент;
Абдуллаев.Т.Ш[3]
кандидат физико-математических наук;
кафедра общей физики и методики преподавания физики,
Бакинский Государственный Университет,
г Баку, Азербайджанская Республика

THE EFFECT OF OXYGEN ADSORPTION ON THE CONDUCTIVITY OF PBTE FILMS.

Sarmasov S.N.[1],
candidate of physical and mathematical sciences, Lecturer;
Rahimov R.Sh.[2],
candidate of physics and mathematics, Lecturer, docent;
Abdullayev T.Sh.[3]
candidate of physical and mathematical,
General physics and teaching methods of physics department,
Baku State University,
Baku, Republic of Azerbaijan

АННОТАЦИЯ

Исследовано влияние адсорбции кислорода на проводимость пленок PbTe. Получены p-n переходы на основе пленок PbTe фоточувствительные в ИК области спектра с максимумом фоточувствительности λ_{max} мкм. Показан туннельный механизм протекания тока через p-n переход.

ABSTRACT

The effect of oxygen adsorption on the conductivity of PbTe films is studied. Pn junctions based on PbTe films are photosensitive in the IR spectral region with a maximum photosensitivity of λ_{max} microns. The tunneling mechanism of current flow through the pn junction is shown.

С практической точки зрения наибольший интерес представляет нерешенная до настоящего времени задача математического описания влияния давления кислорода на проводимость слоев в случае обеднения слоя носителями на всю толщину, поскольку максимальная газочувствительность поликристаллических слоев наблюдается при условии полного обеднения зерен, когда длина экранирования LD превышает средний размер кристаллита LC в образце [1]. В этом случае теоретический анализ ситуации существенно упрощается, так как процессы переноса носителей заряда в сильно обедненном слое допустимо анализировать в приближении плоских зон, пренебрегая как неоднородностью распределения носителей по объему зерна, так и скачками подвижности на границах зерен [2]. Цель данной работы — изучение влияния адсорбции кислорода на проводимость поликристаллических пленок оксида олова n-типа, средний размер зерна которых меньше величины LD, а также получение выражения, описывающего зависимость концентрации основных носителей заряда в зерне от давления кислорода.

Детальное понимание взаимодиффузии или взаимодействия металлических пленок требуется во многих областях тонкопленочной технологии. Со времени появления обзора Уивера [3, 4] в 1971 году значительно увеличилось число работ по взаимодиффузии тонких пленок. Это примечательно в первую очередь большим массопереносом при низких температурах, обусловленным не только малыми расстояниями диффузии, но и высокой дефектностью тонких пленок [3].

Особенно интересна связь между структурой поверхности чистого кристалла и природой и энергией образования поверхностных комплексов адсорбент-адсорбат. Грин и Ли [5] изучали кинетику адсорбции кислорода на поверхности (100) кристалла PbTe. Кристалл имеет структуру каменной соли, поверхность (100) состоит из распределенных в шахматном порядке атомов теллура и свинца. Было показано, что мономолекулярная адсорбция протекает до заполнения 0,7, после чего начинается рост окисной пленки, покрытие поверхности определяется как число адсорбированных атомов кислорода, отнесенное к числу атомов поверхности.

Установлено, что из атмосферных газов основную роль в химических процессах на поверхности халькогенидов свинца играет

кислород, адсорбция которого приводит к появлению легированного поверхностного слоя.

Нами выращивались пленки PbTe толщиной ~50 нм на слюдяных подложках (рис.1) со скоростью 0,05-0,25 нм/с. При скорости роста более 0,1 нм/с пленки имели концентрацию носителей близкую к собственной ($n \sim 10^{16}$ см$^{-3}$).

Уменьшение скорости роста до величины ниже 0,1 нм/с приводит к получению пленок n-типа проводимости. Регулируя скорость роста, можно получать пленки с концентрацией электронов от 10^{16} до $3 \cdot 10^{18}$ см$^{-3}$. Исследование проводилось в диапазонах давлений: от $7{,}5 \cdot 10^{-9}$ до $7{,}5 \cdot 10^{-7}$ мм рт.ст. и от $7{,}5 \cdot 10^{-3}$ мм рт.ст. до атмосферного.

В начале в систему напускается кислород, а во втором случае туда поступал воздух. Эксперименты показали, что уже при давлении $7{,}5 \cdot 10^{-9}$ мм рт.ст. происходит некоторое уменьшение концентрации электронов, которая при давлении около $7{,}5 \cdot 10^{-7}$ мм рт.ст. становится значительной. А при больших давлениях концентрация электронов уменьшается характерно диффузионному процессу [6].

Изготовление активных элементов электронных схем в едином технологическом акте является одной из основных задач микроэлектроники. В нашей работе предпринята попытка получения p-n переходов в эпитаксиальных пленках теллурида свинца при выращивании их методом конденсации молекулярного потока в вакууме ~10^{-6} мм рт.ст. без нарушения процесса роста и принудительного введения легирующих примесей.

Испарение проводили из графитовой кнудсеновской ячейки, в качестве источника использовали измельченный кристалл теллурида свинца n-типа, подложками служили сколы слюды. Температура источника менялась от 900 до 1000 К, температура подложки была постоянной $T_П$=598 К. Скорость конденсации υ_k задавалась температурой источника. Выращивание проводилось через подвижную маску-заслонку с прорезями, что обеспечивало получение пленки в виде пересекающихся систем полосок шириной ~$(3\text{-}5) \cdot 10^{-2}$ см. После осаждения одной системы полосок при температуре испарителя T_1, заслонка перекрывалась и в течение 1-2 мин. устанавливалось новое значение температуры T_2, а затем осаждалась другая система полосок при той же температуре подложки.

ВАХ измерялись при T=77 К на двухкоординатном самописце и на осциллографе. В качестве омических контактов к p-слою использовался сплав In-Au (рис.2).

Выращенные пленки ориентированы гранью (111) параллельно подложке. При $\upsilon_k = 0{,}035$нм/с пленки имеют дырочную проводимость с концентрацией носителей заряда $p = 5 \cdot 10^{17}$см$^{-3}$ и подвижностью $\mu_p = 400$см^2/Вс. Увеличение υ_k до 0,12 нм/с и более приводит к росту пленок с электронной проводимостью с концентрацией носителей $n = 10^{16}$ см$^{-3}$ и подвижности $\mu_n = 10^3$см^2/Вс. (при 300 К).

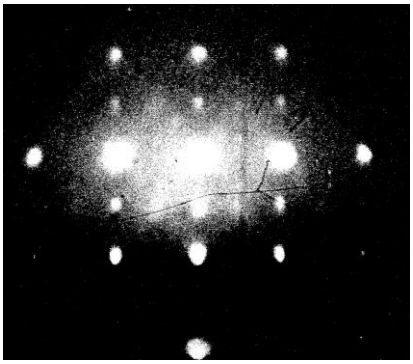

Рис. 1. Электронограмма от пленки PbTe на слюде υk=0,2нм/с; Tп=1800С; d=50нм.

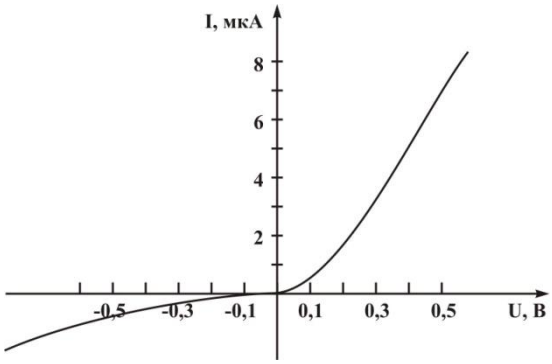

Рис.2. Вольтамперная характеристика p-n перехода на основе пленок PbTe легированных кислородом во время роста.

Площадь p-n переходов составляла величину ~$(1\text{-}3)10^{-3}$см^2, дифференциальное сопротивление при нулевом смещении $R_0=10^5$ Ом.

Все p-n переходы были фоточувствительны в ИК области спектра. Типичная спектральная характеристика их представлена на рис.3. Максимум фоточувствительности приходится на длину волны λ_{max} мкм с пологим спадом до $\lambda \sim 6$мкм.

Изучение прямых ветвей ВАХ в интервале температур 77-120 К показало, что ток, протекающий через p-n переход, состоит из двух частей: при малых смещениях зависимость тока от U экспоненциально с показателем $\beta = 2$, при больших смещениях наклон ВАХ с температурой не меняется. Это, очевидно, связано с туннельным механизмом протекания тока через p-n переход (рис.4).

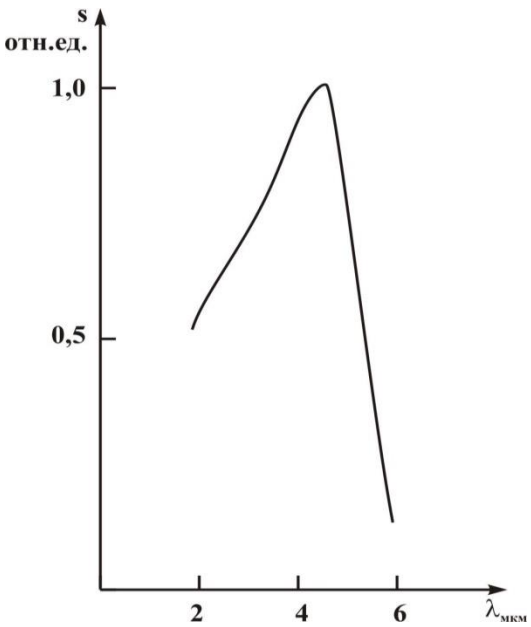

Рис.3.Спектральная фоточувствительность $p-n$ перехода на основе тонких пленок PbTe.

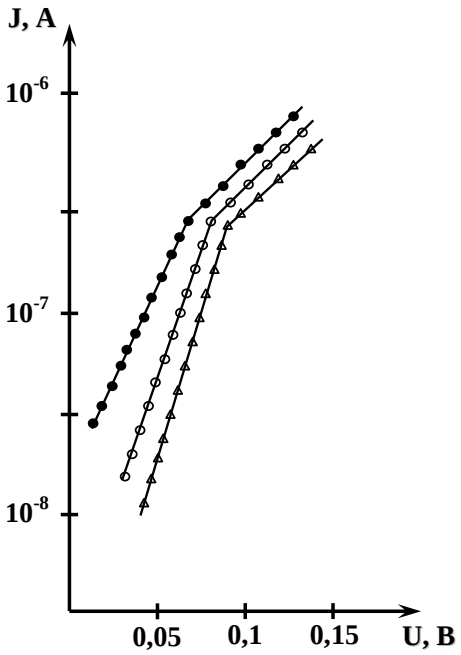

Рис.4. Рис. 4. Прямые ветви ВАХ от p-n структур на основе пленок PbTe легированной кислородом во время роста 77 К, 100 К, 120 К

ЛИТЕРАТУРА

1. N. Yamazoe, N. Miura. Chemical Sensor Technology, ed. by S. Yamauchi (Amsterdam, Elsevier, 1992) v. 4, p. 4.
2. V. Demarne, R. Sanjines. Gas Sensors: Principles, Operation and Developments, ed. by G. Sberveglieri (Dordrecht, Kluwer, 1992) ch. 3, p. 89.
3. Weaver C. Physics of Thin Films, Vol.b., eds.M.H.Francombe, R.W.Hoffman, Academic Press, New York, 1977
4. А.А. Добровольский, Т.А. Комиссарова, Влияние окисления на проводимость нанокристаллических пленок PbTe(In) в переменном электрическом поле. Физика и техника полупроводников, 2009, том 43, вып. 2
5. Green M., Lee M.J., Chem Solids, 27, 797 (1966)
6. Романенко В.Н., Сергеева Я.В. Физика кристаллизации. Изучение некоторых характеристик p-n переходов в PbTe и PbS с целью оптимизации технологии выращивания соответствующих пленок. Сборник научных трудов Твер. Гос. Университет. 2002, с.95-96

CONTINUOUS-TIME FRACTIONAL ORDER LINEAR SYSTEMS IDENTIFICATION USING CHEBYSHEV WAVELET

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.6.77.1002

Shuen Wang[a], Ying Wang[b], Yinggan Tang[b,*]

[a]College of Mechanical and Electrical Engineering, Hulunbuir University, Hailar District, Inner Mongolia, 021008, China

[b]Institute of Electrical Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao, Hebei 066004, China

ABSTRACT

In this paper, the identification of continuous-time fractional order linear systems (FOLS) is investigated. In order to identify the differentiation or- ders as well as parameters and reduce the computation complexity, a novel identification method based on Chebyshev wavelet is proposed. Firstly, the Chebyshev wavelet operational matrices for fractional integration operator is derived. Then, the FOLS is converted to an algebraic equation by using the the Chebyshev wavelet operational matrices. Finally, the parameters and differentiation orders are estimated by minimizing the error between the output of real system and that of identified systems. Experimental results show the effectiveness of the proposed method.

Keywords: Identification, fractional order system, Chebyshev wavelet, Operational matrices, Optimization

Introduction

Building an effective and accurate mathematical model to characterize the system's dynamic behavior is an important issue in many engineering fields, especially in the community of control. Traditionally, most of real systems were modeled by differential equations in the frame of integer order calculus (IOC). The integer order differential equations (IODE) are finite dimensional, in other words, they have local characteristic and short-term history memory.