

**p-n ПЕРЕХОДЫ НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК PbTe,
ЛЕГИРОВАННЫХ КИСЛОРОДОМ**

М.М.ПАНАХОВ, А.А.АГАСИЕВ, С.Н.САРМАСОВ, Г.М.МАМЕДОВ
Бакинский Государственный Университет
Ssarmasov@rambler.ru

Исследовано влияние кислорода на проводимость пленок PbTe. Получены p-n переходы на основе пленок PbTe фоточувствительные в ИК области спектра с максимумом фоточувствительности $\lambda_{\max}=4.5\text{мкм}$. Установлено, что протекания тока через p-n переход определяется туннельным механизмом.

Детальное понимание взаимодействия или взаимодиффузии металлических пленок требуется во многих областях тонкопленочной технологии. Со времени появления обзора Уивера [1] 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 [2].

Особенно интересна связь между структурой поверхности чистого кристалла и природой и энергией образования поверхностных комплексов адсорбент-адсорбат. В работе [3] 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 0.05-0.25нм/с. При скорости роста более 0.1 нм/с пленки имели концентрацию носителей близкую к собственной ($n\sim 10^{16}\text{см}^{-3}$).

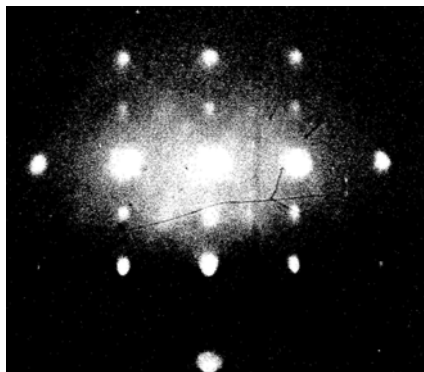


Рис.1. Электронограмма от пленки PbTe на слюде $v_k=0,2\text{nm/s}$; $T_n=180^\circ\text{C}$; $d=50\text{nm}$.

Уменьшение скорости роста до величины ниже 0.1 nm/s приводит к получению пленок n-типа проводимости. Регулируя скорость роста, можно получать пленки с концентрацией электронов от 10^{16} до $3 \cdot 10^{18}\text{ cm}^{-3}$. Исследование проводилось в диапазонах давлений: от $7.5 \cdot 10^{-7}$ до $7.5 \cdot 10^{-5}$ 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 $7.5 \cdot 10^{-7}$ 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 [4].

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 $\sim 10^{-6}$ мм рт.ст. без нарушения процесса роста и принудительного введения легирующих примесей.

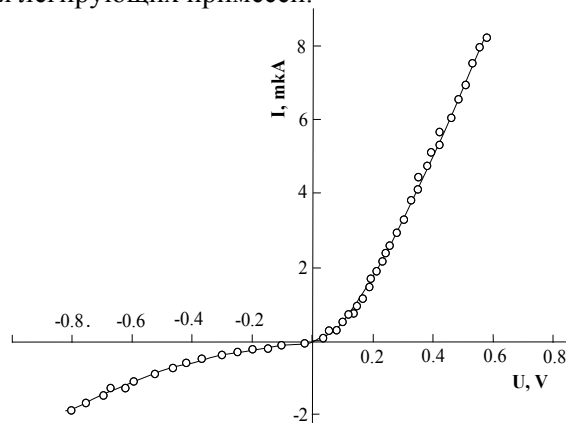


Рис.2. Вольтамперная характеристика p-n перехода на основе пленок PbTe легированных кислородом во время роста. $T=300\text{K}$.

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 $T_{\text{п}}=598$ К. Скорость конденсации v_k задавалась температурой источника. Выращивание проводилось через подвижную маску-заслонку с прорезями, что обеспечивало получение пленки в виде пересекающихся систем полосок шириной $\sim(3-5)\cdot 10^{-2}$ 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 *Jn*-Au (рис.2).

Выращенные пленки ориентированы гранью (111) параллельно подложке. При $v_k=0.035$ нм/с пленки имеют дырочную проводимость с концентрацией носителей заряда $p=5\cdot 10^{17}$ см $^{-3}$ и подвижностью $\mu_p=400$ см 2 /В·с. Увеличение v_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 $\mu_n=1000$ см 2 /В·с. ($T=300$ К). Площадь *p-n* переходов составляла величину $(1-3)\cdot 10^{-3}$ 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 $\lambda_{\text{max}} \sim 4,5$ мкм с пологим спадом до $\lambda \sim 6$ мкм.

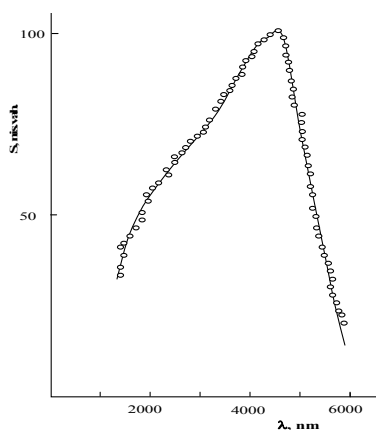


Рис. 3. Спектральная фоточувствительность *p-n* перехода на основе тонких пленок *PbTe*.

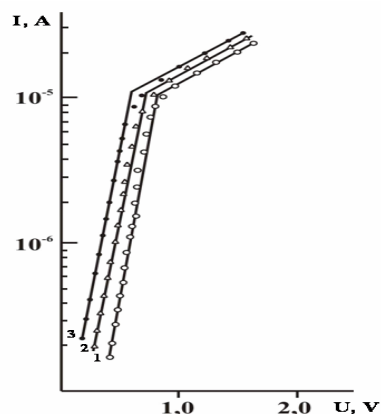


Рис. 4. Прямые ветви ВАХ от *p-n* структур на основе пленок *PbTe* легированной кислородом во время роста. 77 К, 100 К, 120 К.

Изучение прямых ветвей ВАХ в интервале температур 77-120 К показало, что ток, протекающий через р-п 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 р-п переход (рис.4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Уивер К. Диффузия в металлических пленках. ФТП, под ред. Х.Франкомба и Р.У.Гофмана. М.: Мир, 1973, т.6 с.334-388.
2. Мастеров В.Ф., Насрединов Ф.С., Немов С.А. Антиструктурные дефекты в полупроводниках типа РbTe. ФТП, 1999, 33, №7, с.772-773.
3. Фрейк Д.М., Галушак М.О., Микуруй Л.И. Зонная структура, механизмы рассеяния и кинетические явления в кристаллах п-РbTe. Укр. физ. ж., 2001, 46. №4, с. 499-502.
4. Романенко В.Н., Сергеева Я.В. Физика кристаллизации. Изучение некоторых характеристик р-п переходов в РbTe и PbS с целью оптимизации технологии выращивания соответствующих пленок. Сборник научных трудов Твер. Гос. Университет, 2002, с.95-96.

OKSİGENLƏ AŞQARLANMIŞ PbTe ƏSASINDA p-n KEÇİDLƏR

M.M.PƏNAHOV, A.A.AĞASİEV, S.N.SƏRMƏSOV, H.M.MƏMMƏDOV

XÜLASƏ

PbTe–un keçiriciliyinə oksigenin təsiri tədqiq olunmuşdur. Hazırlanmış p-n keçidlər spektrin İO ($\lambda_{\max}=4.5\text{mkm}$) oblastında fotohəssasdır. Müəyyən olunmuşdur ki, cərəyanın p-n keçiddən daşınması tunel mexanizminə tabedir.

p-n JUNCTION ON THE BASIS OF PbTe FILMS DOPED BY OXYGEN

M.M.PANAHOV, A.A.AGASİEV, S.N.SARMASOV, H.M.MAMMADOV

SUMMARY

The effect of oxygen on the conductivity of PbTe films has been investigated. p-n junctions on the basis of PbTe films photo sensitive in the IR region of spectrum with the sensitivity maximum of $\lambda_{\max}=4.5\text{ mkm}$ have been obtained. It is established that the current passage through the p-n junctions is due to the tunnel mechanism.