

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМНОГО НАНОСЕКУНДНОГО РАЗРЯДА В ВОЗДУХЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УЗКОЗОННЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ CdHgTe

А.В. Войцеховский¹⁾, Д.В. Григорьев¹⁾, А.Г. Коротаев¹⁾, А.П. Коханенко¹⁾,
В.Ф. Тарасенко²⁾, М.А. Шулепов²⁾

¹⁾Томский государственный университет, 634050, Томск, пр. Ленина, д.36,
тел. (83822)413-517, факс (83822)412-573

²⁾Институт сильноточной электроники СО РАН,
пр. Академический, 2/3, 634055, Томск, Россия, тел. (83822)491-685, факс (83822)492-410

В работе исследуется влияние объемного разряда наносекундной длительности, формирующегося в неоднородном электрическом поле при атмосферном давлении на образцы эпитаксиальных пленок CdHgTe (КРТ) p-типа проводимости с концентрацией дырок $2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ и подвижностью $500 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$. Измерение электрофизических параметров образцов КРТ после облучения показало, что в приповерхностном слое эпитаксиальных пленок образуется слой, проявляющий n-тип проводимости. При 600 и более импульсах воздействия толщина и параметры образующегося n-слоя таковы, что измеряемая полевая зависимость коэффициента Холла соответствует материалу n-типа проводимости. Анализ первых результатов показал перспективность применения объемного наносекундного разряда в воздухе атмосферного давления для модификации электрофизических свойств КРТ.

Введение

Тройные полупроводниковые соединения CdHgTe (КРТ) в настоящее время являются одним из основных материалов для создания собственных фотоприемников ИК на диапазон длин волн 3-5 и 8-14 мкм [1]. Основные тенденции развития современной технологии направлены на разработку высокоэффективных многоэлементных фотоприемных устройств на основе эпитаксиального материала КРТ. Наряду с исследованием исходных свойств эпитаксиальных пленок КРТ, выращенных методом МЛЭ, актуальной является задача контролируемого изменения параметров материала с целью получения заданных полупроводниковых структур.

В настоящее время разряды различных типов и электронные пучки широко используются для модификации приповерхностных слоев различных материалов [2]. В работе [3] была показана возможность формирования в неоднородном электрическом поле объемного разряда при атмосферном давлении. Особенностью разряда в неоднородном электрическом поле является возможность реализации высоких удельных мощностей энерговклада (до 800 МВт/см^3 [4]). При этом из разрядной плазмы генерируются пучки убегающих электронов с амплитудой тока за фольгой в десятки-сотни ампер, а длительность импульса тока пучка на полувысоте не превышает 100 пс [5]. Таким образом, при формировании наносекундного объемного разряда в воздухе на анод оказывается комплексное воздействие плазмы плотного наносекундного разряда с удельной мощностью энерговклада в сотни мегаватт на кубический сантиметр и сверхкороткого электронного пучка с широким энергетическим спектром.

Цель настоящей работы - исследование влияния объемного наносекундного разряда в воздухе атмосферного давления на электрофизические свойства эпитаксиального материала CdHgTe, выращенного методом молекулярно-лучевой

эпитаксии.

Образцы и методика эксперимента

Для проведения исследований были подготовлены образцы эпитаксиальных пленок КРТ, выращенных методом молекулярно-лучевой эпитаксии в ИФП СО РАН г. Новосибирска.

Электрофизические параметры образцов КРТ до и после воздействия разряда определялись из измерений эффекта Холла методом Ван дер Пау. Измерения исходных электрофизических параметров образцов эпитаксиальных пленок показали, что концентрация дырок составляла $2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, подвижность дырок $500 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$.

Подготовленные образцы размещались в газовой диоде на медном аноде. Расстояние между плоским медным анодом и трубчатым катодом составляло 8 – 11 мм. В качестве источника импульсного напряжения использовался генератор РАДАН-220. Измерения показали, что амплитуда тока разряда при обеих полярностях импульса напряжения составляла $\sim 3 \text{ кА}$, а полная длительность импульса тока разряда $\sim 30 \text{ нс}$ (длительность первого полупериода тока разряда $\sim 8 \text{ нс}$). Облучение образцов проводилось в импульсно-периодическом режиме с частотой следования импульсов 1 Гц. Воздействие проводилось в диапазоне $100 \div 1200$ импульсов.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Визуальный осмотр и исследование структуры поверхности исходных и облученных эпитаксиальных пленок показали, что качество поверхности образцов после воздействия объемного разряда не изменяется, т.е. изменение структуры поверхности облученных образцов не происходит.

Анализ результатов измерения электрофизических параметров образцов эпитаксиальных пленок КРТ, подвергнутых воздействию импульсов объемного наносекундного разряда показал,

что после облучения в диапазоне $100 \div 1200$ импульсов для всех образцов наблюдается увеличение проводимости. Причем для образцов, облученных в диапазоне импульсов от 100 до 400, наблюдается уменьшение значения коэффициента Холла. При этом на полевой зависимости коэффициента Холла наблюдается сдвиг точки инверсии знака коэффициента Холла в область более высоких магнитных полей со значения 0.17 Тл до значения 0.28 Тл. Увеличение числа импульсов воздействия объемного разряда до значения 600 импульсов приводит к инверсии знака коэффициента Холла (рис. 1). Дальнейшее увеличение числа импульсов воздействия приводит к уменьшению значения коэффициента Холла, при этом образцы эпитаксиальных пленок КРТ характеризуются низкими значениями подвижности электронов $\sim (2 \div 3) \cdot 10^3 \text{ см}^2 \text{В}^{-1} \text{с}^{-1}$, что на два порядка ниже значений соответствующих эпитаксиальному материалу n-типа проводимости высокого качества.

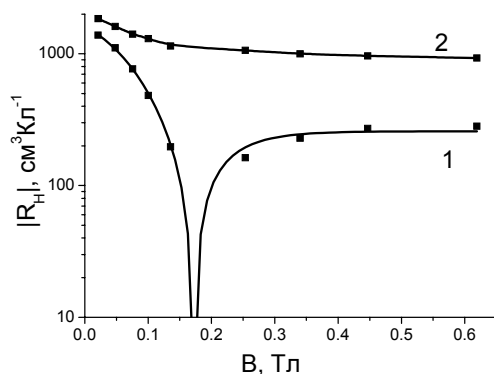


Рис. 1. Полевая зависимость коэффициента Холла эпитаксиальных пленок КРТ до (1) и после (2) воздействия 600 импульсов объемного наносекундного разряда в воздухе атмосферного давления.

Анализ полученных результатов позволяет заключить, что в приповерхностной области облу-

ченных образцов образуется высокопроводящий слой n-типа проводимости, причем при 600 и более импульсах воздействия толщина и параметры образующегося слоя таковы, что измеряемая полевая зависимость коэффициента Холла соответствует материалу n-типа проводимости (рис. 1, кривая 2).

Заключение

Таким образом, полученные экспериментальные данные показывают, что воздействие импульсов объемного наносекундного разряда в воздухе атмосферного давления приводит к изменению электрофизических свойств эпитаксиальных пленок КРТ, которое обусловлено образованием в процессе воздействия приповерхностного высокопроводящего слоя n-типа проводимости. Полученные первые результаты показывают возможность применения подобных типов воздействий для разработки технологий целенаправленного изменения свойств узкозонных твердых растворов КРТ.

Работа поддержана ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» ГК №02.740.11.0444, ГК №02.740.11.0562, АВЦП пер. №2.1.2/6551.

Список литературы

1. Rogalskii A 1999 Infrared detectors (Amsterdam : Gordon and Breach).
2. Диденко А.Н., Шаркеев Ю.П., Козлов Э.В., Рябчиков А.И. Эффекты дальнего действия в ионно-имплантированных металлических материалах. - Томск: Изд-во НТЛ, 2004. - 326 с.
3. Тарасова Л.В., Худякова Л.Н. // ЖТФ. - 1969. - Т. 39. - 8. - С. 1530-1533.
4. Алексеев С.Б., Губанов В.П., Костыря И.Д., Орловский В.М., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф. // Квантовая электроника. - 2004. - Т. 34. - 11. - С. 1007-1010.
5. Tarasenko V.F., Shpak V.G., Shunailov S.A., Kostyrya I.D. // Laser and Particle Beams. - 2005. - V. 23. - 4. - P. 545-551.

EFFECT OF THE NANOSECOND VOLUME GAS DISCHARGE IN AIR AT ATMOSPHERIC PRESSURE ON THE ELECTRO-PHYSICAL PROPERTIES OF NARROW BAND SEMICONDUCTORS CdHgTe

Aleksandr Voitsekhovskii¹⁾, Denis Grigoryev¹⁾, Aleksandr Korotaev¹⁾, Andrei Kokhanenko¹⁾, Victor Tarasenko²⁾, Mikhail Shulepov²⁾

¹⁾Tomsk State University, Lenin Avenue 36, Tomsk, 634050, Russia,
phone: (83822)413-517, fax: (83822)412-573

²⁾Institute of High Current Electronics, Russian Academy of Sciences, Tomsk, 634055, Russia,
phone: (83822)491-685, fax: (83822)492-410

The semiconductor narrow-band material CdHgTe (CMT) is one of the basic materials for creating sensitive elements of infrared (IR) photo-receiving devices in the wavelength range from 8 to 14 μm . It should be noted that the task of developing effective methods for modifying the material properties to create a multi-element photodetector matrices is still relevant. In this work the influence of the nanosecond volume gas discharge, which is formed in an inhomogeneous electric field at atmospheric pressure, on the electro-physical properties of epitaxial films CMT is investigated. The feature of this discharge is the possibility of reaching high levels of specific power (up to 800 MW/cm³) deposited in the discharge. The samples of epitaxial films CMT was p-type conductivity with hole concentration $2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ and a mobility $500 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$. The prepared samples were placed in the diode on the copper anode. The interelectrode voltage was supplied from an oscillator of the RADAN-220 type. The CMT samples were irradiated in a periodic pulse regime at a pulse repetition rate of 1 Hz. The impact was between $100 \div 1200$ pulses. The measurement of the electro-physical parameters of the samples after irradiation resulted that at the surface n-type conductivity layer is formed. For 600 or more impulses the thickness and parameters n-layer are such that the measured Hall coefficient corresponds to n-type material. The first results analysis showed promising application of the nanosecond volume gas discharge in air at atmospheric pressure to modify the electro-physical properties of CMT.