

УДК 537.9, 620.91

ВЛИЯНИЕ БАРЬЕРА ШОТТКИ НА КОНТАКТЕ МЕТАЛЛА С НАНОКРИСТАЛЛАМИ PbS НА ТРАНСПОРТ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА

Онищук Д. А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н. Парфенов П. С.

(Университет ИТМО)

Аннотация. В работе рассматривается влияние материалов электродов на транспорт носителей заряда в пленках нанокристаллов сульфида свинца, обработанных 1,2-этандитиолом. Определяется высота барьера на контакте металл – нанокристаллы PbS, а также анализируется влияние атмосферы на исследуемые параметры.

Введение

Барьер Шоттки (БШ) – потенциальный барьер с диодными свойствами, возникающий на границе металл-полупроводник, наблюдается как в классических полупроводниковых устройствах, так и в устройствах на основе полупроводниковых нанокристаллов (НК), к примеру, оптоэлектронных устройствах (солнечные элементы, светоизлучающие диоды, фотодиоды), сенсорах, работающих по принципу полевых транзисторов и пр. Образование барьера в подобных устройствах приводит к нелинейным вольт-амперным характеристикам (ВАХ) и чувствительности, а также падению эффективности. Также в одном устройстве может образовываться пара таких встречно направленных диодных переходов, в таком случае при подаче любого напряжения смещения устройство будет описываться обратным током диода, а значит обладать высоким порогом включения и большой нелинейностью. Высота барьера зависит не только от разности между рабочей функцией металла и электронным сродством полупроводника, но и от концентрации носителей заряда, типа проводимости и различных интерфейсных особенностей. Кроме того, может наблюдаться «закрепление» уровня Ферми, приводящее к увеличению реальной высоты барьера.

Изготовление образцов

В работе исследовано влияние БШ на ВАХ слоя НК PbS диаметром 3,6 нм (ВЗМО: 4,8 эВ, НСМО: 3,7 эВ), обработанных 1,2-этандитиолом (EDT), что позволяет добиться преобладающей проводимости p-типа. НК были нанесены методом спин-коатинга на стеклянную подложку с проводящим слоем ITO (4,7 эВ), обработка EDT также проводилась методом спин-коатинга. Напыление металлических электродов провели непосредственно на поверхность слоя НК, для сравнения в качестве материала электродов использовалось золото и серебро (с рабочими функциями 5,1 и 4,2 эВ для образца 1 и 2 соответственно). Измерение ВАХ проводили при помощи «Ossila I-V Test System». Оба образца изготовлены и хранились при атмосферных условиях. (5,1 эВ) (4,2 эВ)

Обсуждение и результаты

Так как атмосфера влияет на свойства металлов и НК PbS, то это могло привести к изменению характеристик образцов, в связи с этим измерение ВАХ проводилось дважды, сразу после напыления металлических электродов и спустя сутки. В первый день оба образца демонстрировали асимметричную проводимость с преобладающим током прямого смещения, величина тока была выше для второго образца. При обратном смещении характер проводимости первого образца стал омическим, что говорит о частичном формировании не только БШ, но и омического контакта за счет локальных шунтов. У второго образца при обратном смещении проводимость осталась нелинейной. Для определения высоты барьера для первого образца была введена поправка на омическое сопротивление. Высота барьера для первого образца составила 0,44 эВ, для второго 0,29 эВ, расчет высоты барьера проводился по формуле, описывающей ток термоэлектронной эмиссии. На следующий день характер проводимости первого образца остался частично омическим, а высота барьера снизилась и составила 0,34 эВ. Второй образец продемонстрировал значительные изменения в характере

проводимости при обратном смещении. До смещения в $-0,5$ В образец оставался «закрытым», при дальнейшем увеличении отрицательного смещения происходило резкое нарастание тока, высота барьера при прямом смещении при этом изменилась незначительно, составив $0,27$ эВ. Изменения в характере проводимости при обратном смещении вероятно связаны с образованием слоя оксида серебра под поверхностью напыленного слоя, который уменьшает высоту барьера при прямом смещении, но создает барьер при обратном смещении, что приводит к появлению туннельного тока при отрицательных напряжениях. Кроме того, во втором образце стали проявляться связанные с накоплением заряда поляризационные эффекты, наблюдаемые в виде гистерезиса ВАХ при обратном смещении.

Выводы

Сравнение поведения образцов с разными материалами электродов показывает, что за счет частичного омического контакта золотые электроды позволяют добиться более линейной ВАХ, но при этом обеспечивают меньшую проводимость, чем при использовании серебряных контактов. Высота БШ при использовании серебряных контактов была ниже, несмотря на большую разницу уровней энергий, вероятно из-за образования дополнительного слоя оксида серебра, но при этом характеристика перехода существенно изменялась со временем, что ведет к нестабильности параметров устройств на воздухе, несмотря на их меньшее контактное сопротивление.

Онищук Д. А. (автор)

Подпись

Парфенов П. С. (научный руководитель)

Подпись