

Пропускание образцов, содержащих слой PbS толщиной 100 Å, (кривая 2 на рис. 1) также содержит особенности в виде ступенек. Эти особенности находятся в области длин волн с энергией более 0.53 эВ. Такой сдвиг соответствует увеличению расстояния между уровнями в квантовой яме примерно в 2 раза при уменьшении вдвое ее ширины.

Таким образом, лазерным испарением сульфидов свинца и кадмия получены структуры, которые, судя по особенностям оптического пропускания, можно идентифицировать как сверхрешеточные структуры.

Благодарим С. А. Немова за предоставленный сульфид свинца и А. В. Седова за создание технологической оснастки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] С. В. Гапонов, Б. М. Лускин, Н. Н. Салащенко. Письма ЖТФ, 5, 516, (1979).

Редактор Д. В. Шаронова.

ФТП, том 27, вып. 11/12, 1993

АЛМАЗОПОДОБНЫЕ ПЛЕНКИ, ПОЛУЧЕННЫЕ ЛАЗЕРНЫМ НАПЫЛЕНИЕМ, И МНОГОСЛОЙНЫЕ СТРУКТУРЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Л. Г. Бакуева, В. И. Ильин, С. Ф. Мусихин, Л. В. Шаронова¹

Санкт-Петербургский государственный технический университет,

195251, Санкт-Петербург, Россия

¹ Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук,

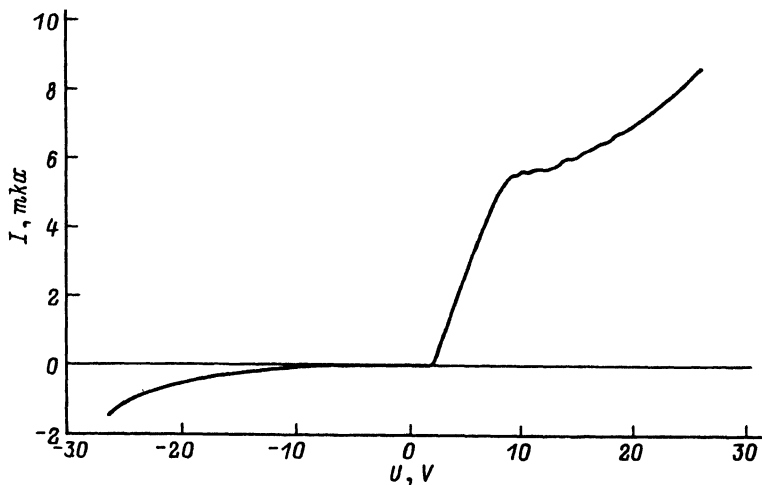
194021, Санкт-Петербург, Россия

(Получено 13 июля 1993 г. Принято к печати 26 июля 1993 г.)

В последнее время алмазоподобные пленки привлекают внимание широкого круга исследователей. Они вызывают интерес как защитные, химически стойкие покрытия, просветляющие пленки, изолирующие слои, и (при легировании примесями) как материалы для изготовления полупроводниковых приборов, в частности диодов. Значительная часть работ посвящена алмазоподобным пленкам, полученным в результате химических реакций или плазмохимическим способом [1]. В то же время алмазоподобные пленки можно получать при испарении графита лазерным лучом [2]. При надлежащем подборе режима испарения удается получить ряд пленок от графита до алмаза. Лазерное напыление пленок представляет интерес с точки зрения создания многослойных структур, используемых в микроэлектронике и в оптике. Метод лазерного импульсного напыления позволяет получать сплошные пленки толщиной от десятков до нескольких сотен ангстрем.

Нами методом импульсного лазерного напыления получены алмазоподобные пленки и структуры на их основе. Источником излучения является импульсный лазер ЛТИ-205 на YAG:Nd. Длительность импульса 30 нс, мощность энергии в импульсе 0.3 Дж. Лазерное излучение фокусировали на поверхности мишени с плотностью мощности до 10^9 Вт/см². Напыление проводили в вакууме при остаточном давлении от $6 \cdot 10^{-6}$ до $2 \cdot 10^{-5}$ тор. В качестве подложек использовали стекло, стекло с пленкой алюминия, кремний, арсенид галлия.

Показатель преломления n и толщина пленок d на стекле и кремнии определялись из эллипсометрических измерений. Анализ измерений (переход от



Вольт-амперная характеристика структуры Al—C—p-PbS—C—p-PbS—C—Al при температуре 300 К.

эллипсометрических параметров k и d) осуществлялся с использованием модели непоглощающего слоя (коэффициент экстинкции — 0) на подложке с известными оптическими параметрами. Применимость такого приближения контролировалась измерениями при разных углах падения света и при разных длинах волн.

Установлено, что показатель преломления на длине волны 6328 Å лежит в пределах $n = 2.35 \div 2.45$, что близко к показателю преломления объемного алмаза $n = 2.42$. Это соответствие и позволяет идентифицировать наши пленки как алмазоподобные. Полученные по эллипсометрическим измерениям значения толщин пленок согласуются с изменением технологических параметров. Так, увеличение количества импульсов приводит к соответствующему увеличению толщины пленки, полученной по данным эллипсометрии. Уменьшение расстояния от мишени до подложки при неизменном количестве импульсов также приводит к росту толщины алмазоподобной пленки.

Для определения удельного сопротивления алмазоподобной пленки были изготовлены и исследованы структуры: Al на стеклянной подложке—алмазоподобная пленка—Al. Для данной структуры исследована вольт-фарадная характеристика. По значению емкости при малых смещениях оценена толщина алмазоподобной пленки, значение которой согласуется с толщиной, полученной по данным эллипсометрии. При увеличении напряжения емкость уменьшается, что может быть связано с перезарядкой состояний в объеме пленки.

В структуре Al—C—Al измерено удельное сопротивление. В зависимости от технологических условий оно изменялось от $9 \cdot 10^4$ до $8 \cdot 10^7$ Ом · см. Удельное сопротивление возрастало с уменьшением скорости роста пленок. Высокое значение удельного сопротивления при измерении между слоями Al площадью около 0.5 см^2 свидетельствует о том, что пленки являются сплошными и, следовательно, могут быть использованы в качестве диэлектрических пленок в МДП и туннельных структурах. С целью проверки этого предположения были изготовлены структуры $n\text{-Si—C—Al}$ и $n\text{-CaAs—C—Al}$ и на них сняты вольт-фарадные характеристики. По зависимости $C^{-2}(U)$ получено напряжение отсечки. Для кремния оно составило $0.4 \div 0.6$ В, а для арсенида галлия — $0.7 \div 0.75$ В. Большим значением напряжения отсечки соответствовала меньшая толщина алмазоподобной пленки. Для тонких пленок проводимость может быть связана с туннелированием. Для проверки данного предположения была изготовлена двухъямная квантовая структура с туннельно-прозрачными слоями углерода Al—C—

p -PbS—C— p -PbS—C—Al. Толщина слоя сульфида свинца составляла 100 Å, углерода 20÷25 Å. Вольт-амперная характеристика показала нелинейность свойств структуры (рисунок). Нелинейный характер вольт-амперной характеристики и роста тока при напряжении >2 В предположительно связан с пространственным квантованием носителей в яме. Асимметрия вольт-амперной характеристики может быть обусловлена различными свойствами алмазоподобной пленки, напыленной на пленку алюминия и пленку сульфида свинца.

Таким образом, судя по данным эллипсометрии и по электрофизическим измерениям, лазерное испарение графита в вакууме на диэлектрические, полупроводниковые и металлические подложки может быть использовано для получения алмазоподобных пленок и квантово-размерных структур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] R. J. Meilunas, R. P. Chang, H. Liu Shengzhong, Manfred M. Kappes. Appl. Phys. Lett., 59, 3461 (1991).
- [2] Ю. А. Быковский, В. П. Козленков, И. Н. Николаев, Е. В. Чарышкин, А. А. Чистяков. Поверхность, вып. 4, 145 (1990).

Редактор Л. В. Шаронова
