

С ростом параметра \approx КПД увеличивается и достигает $\eta = 31\%$ при $d = 0.75 \lambda$.

Таким образом, в работе показано, что при выполнении критерия перекрытия черенковских резонансов для отдельных частиц нелинейная динамика неустойчивости пучка становится хаотической.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] З а с л а в с к и й Г.М., Ф и л о н е н к о Н.Н. // ЖЭТФ. 1968. Т. 54. В. 5. С. 1590-1602.
- [2] З а с л а в с к и й Г.М. Стохастичность динамических систем. М.: Наука, 1984. 271 с.
- [3] З а с л а в с к и й Г.М., Ч и р и к о в Б.В. // УФН. 1971. Т. 105. В. 1. С. 3-40.
- [4] Б а л а к и р е в В.А., Б у ц В.А., Т о л с т о л у ж - с к и й А.П., Т у р к и н Ю.А. // ЖЭТФ. 1983. Т. 84. В. 4. С. 1279-1289.
- [5] И с а е в В.А., Ф и ш е р В.Л., Ч е т в е р и к о в А.П. В сб.: Лекции по СВЧ и радиофизике (7-я зимняя школа-семинар инженеров, книга 2) Саратовский государственный университет, 1986. С. 3-11.
- [6] M a t s i b o r k o N.G., O n i s h e n k o I.N., S h a p i r o V.D., S h e v c h e n k o V.I. // Plasma Physics. 1972. V. 14. N 6. P. 591-600.

Харьковский
физико-технический
институт АН УССР

Поступило в Редакцию
12 июня 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 21

12 ноября 1989 г.

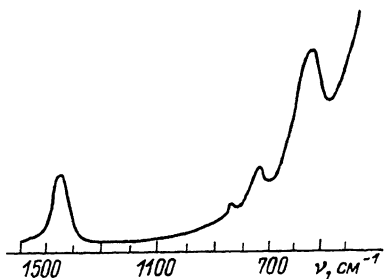
Об.2

ПЛЕНКИ АМОРФНОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ НА ИНОРОДНЫХ ПОДЛОЖКАХ

Л.И. Б е р е ж и н с к и й, С.И. В л а с к и н а,
М.П. Л и с и ц а, Г.И. Л я ш е н к о,
В.Е. Р о д и о н о в

Сложная технология и высокая температура роста кристаллов карбида кремния (2500 °С) являются существенным тормозом широкого практического использования этого материала, весьма перспективного для создания различных приборов отображения информации, приемников излучения, датчиков давления, СВЧ-транзисторов и др. В последние годы заметный прогресс отмечается в технологии получения кристаллических [1] и аморфных [2] слоев SiC большой площади, выращенных при более низких температурах на инородных подложках.

Рис. 1. Спектр комбинационного рассеяния пленки α -SiC.



Им посвящено и настоящее сообщение, в котором приводятся сведения об аморфных пленках SiC, полученных на стекле, керамике, сапфире, кремнии, металле (алюминии, никеле, серебре).

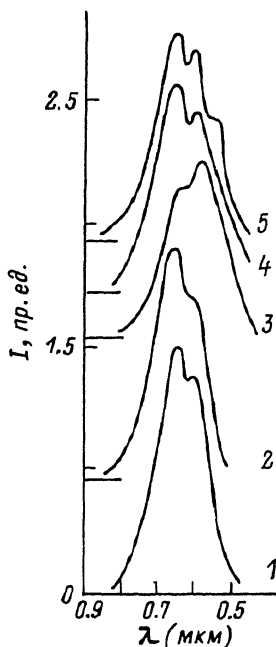
Пленки выращивались методом плазмо-химического осаждения на подложку продуктов разложения газообразного метилтрихлорсилана (МТХС) в поле высокочастотного (ВЧ) разряда. Подложка помещалась в вакуумную камеру на столик, подогреваемый до температуры 200 °С. Между столиком и одним из электродов ВЧ разряда прикладывался отрицательный потенциал $U_{см}$. Перед осаждением пленки вся арматура вакуумной камеры и подложка травилась в атмосфере водорода, который одновременно являлся газом-носителем, доставляющим МТХС в поле ВЧ разряда. Толщины полученных пленок оценивались по времени осаждения и составляли 1-1.5 мкм.

Исследования химического состава пленок, выполненные на Оже-спектрометре, показали, что они удовлетворяют стехиометрии SiC. Электронно-графические данные, а также спектры комбинационного рассеяния света (КРС), показали, что пленки являются аморфными. В спектрах КРС рис. 1 наблюдаются полосы, характерные для связей Si-Si ($\nu=511 \text{ см}^{-1}$), Si-C ($\nu=715 \text{ см}^{-1}$ и 837 см^{-1}), C-C ($\nu=1450 \text{ см}^{-1}$) и отсутствуют полосы кристаллических колебаний, характерных для монокристаллов SiC α или β модификации.

При возбуждении азотным лазером ЛГИ-21 ($\lambda=3371 \text{ \AA}$) и температуре 77 К наблюдается фотолуминесценция пленок, которая значительно ослабевает при повышении температуры до 300 К. Общий вид спектров некоторых образцов показан на рис. 2. Частотное положение и форма спектров соответствуют высокоэнергетическому максимуму люминесценции аморфных пленок Si_xC_{1-x} при $x=0.5$ [3], спектр которых состоит из двух широких перекрывающихся полос с максимумами вблизи 1.2 и 1.8 эВ. В отличие от результатов работы [3], в спектрах наших пленок наблюдаются максимумы при 0.63 мкм (1.97 эВ) и 0.58 мкм (2.14 эВ) независимо от материала подложки. Небольшое плечо при 0.53 мкм (2.34 эВ) наблюдается в спектрах пленок, выращенных на кремнии. Изменение потенциала $U_{см}$ в общем не сказывается существенно на спектрах, хотя для пленок на кремниевой подложке наблюдается перераспределение интенсивностей в максимумах.

Электрические параметры пленок определялись методами, основанными на теории инжекционно-контактных явлений в полупроводниках [4], в которой используется анализ тонкой структуры вольт-амперной характеристики (ВАХ) материала. Измерения выполнялись

Рис. 2. Фотолюминесценция пленок а- SiC при 77 К, полученных на керамике (1), алюминии (2), кремнии (3-5) при $U_{\text{см}}=0$ В (1, 2, 3): $U_{\text{см}}=-200$ В (4) и $U_{\text{см}}=-400$ В (5).



на автоматизированном тестере 14 ТКС-100, управляемым микро-ЭВМ „Электроника-60“.

По омическому участку ВАХ определены значения проводимости пленок, которая для изолирующей подложки составляла $\frac{\sigma}{e} = \mu \cdot n = 10^{12} - 10^{14}$ (см \cdot с \cdot В) $^{-1}$ (μ - подвижность основных носителей, n - их концентрация) и не зависела от $U_{\text{см}}$. В то же время для пленок, полученных на кремнии, такая зависимость наблюдалась. Так, при $U_{\text{см}}=-200$ В величина $\mu \cdot n$ возрастала до $3 \cdot 10^{17}$ (см \cdot с \cdot В) $^{-1}$. Дальнейшее увеличение $U_{\text{см}}$ сопровождается падением $\mu \cdot n$ до $10^{11} - 10^{12}$ (см \cdot с \cdot В) $^{-1}$.

Все пленки независимо от подложки были высокоомными ($10^6 - 10^8$ Ом \cdot см) и имели проводимость n -типа.

Электрофизические параметры пленок а- SiC , выращенных на кремнии при $U_{\text{см}}=-200$ В, составляют: $n \approx 1 \cdot 10^{15}$ см $^{-3}$ и $\mu \approx 300$ см 2 /В \cdot с (параметры определены с помощью метода Холла). Сравнивая эти параметры с характерными для монокристаллического β - SiC [5], можно сделать вывод о хорошем качестве пленок.

Таким образом, по люминесцентным свойствам и значениям электрофизических параметров полученные аморфные пленки карбида кремния являются вполне перспективным материалом для разработки приборов оптоэлектроники на их основе.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Бережинский Л.И., Власкина С.И., Родионов В.Е., Шамуратов Х.А. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. № 2. С. 44-47.
- [2] Bullot T., Schmidt M.P. // Phys. Stat. Solidi. 1987. V. 143. N 2. P. 345-418.
- [3] Engemann P., Fischer R., Knecht Y. // Appl. Phys. Lett. 1978. V. 32. N 9. P. 567-568.

- [4] Зюганов А.Н., Свечников С.В. Инжекционно-контактные явления в полупроводниках. Киев. Наукова Думка, 1981. 220 С.
- [5] Saidov M.S., Shamuratov Kh.A., Kadyrov M.A., Vlaschina S.I. // Phys. Stat. Sol. 1986. V. A97. N 2. P. 347-351.

Институт полупроводников
АН УССР, Киев

Поступило в Редакцию
29 июня 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 21

12 ноября 1989 г.

10; 11; 12

РЕГИСТРАЦИЯ КЛАСТЕРНЫХ ИОНОВ ВТОРИЧНО
ЭЛЕКТРОННЫМ УМНОЖИТЕЛЕМ
В МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Л.Н. Галль, Н.В. Коснов, Л.Р. Локшин,
А.В. Чуприков

Одним из экспериментальных методов, применяемых для исследования свойств кластеров и квазимолекулярных ионов биоорганических веществ, является масс-спектрометрический, получивший широкое применение. Для использования масс-спектрометрических данных в экспериментальной и теоретической практике необходимо исследовать различные дискриминационные эффекты, приводящие к неадекватности распределения интенсивности линий масс-спектра серий кластерных и квазимолекулярных ионов лабильных соединений их подлинному распределению в анализируемой пробе. В настоящей работе представлены результаты таких исследований при регистрации ионов вторичным электронным умножителем (ВЭУ). Измерения выполнены на масс-спектрометрической установке с источником ионов ЭРИ АД. [1-3]. В экспериментах использовались водно-метанольные растворы $NaCl$ и аминокислот: аргинина Arg , глицина Gly и лизина Lys с концентрацией $C=10^{-4}$ М. Регистрация ионов производилась поочередно на коллектор - цилиндр Фарадея ($I_{кол}$) и на ВЭУ-2А ($I_{умн}$) с динодами из Al_2O_3 [4]. Коэффициент ионно-электронной эмиссии γ с первого динода умножителя при данной энергии падающего иона можно выразить как $\gamma = \eta/\sigma^{n-1}$, где $\eta = I_{умн}/I_{кол}$ - коэффициент умножения умножителя, а σ^{n-1} - коэффициент электрон-электронной эмиссии последующих $n-1$ динодов умножителя при заданной в эксперименте разности потенциалов между динодами. Величина η для ионов N_2^+ при энергии $E_i = 6$ кэВ в эксперименте была $1.35 \cdot 10^4$, величина γ для N_2^+ при этой энергии по данным [4] составляет 0.41 электрона/ион; отсюда $\sigma^{n-1} = 3.3 \cdot 10^4$. Используя это значение σ^{n-1} , из эксперимента было найдено значение $\gamma_{H^+} = 0.46$ электрона/ион, что хорошо совпадает с данными [5] ($\gamma_{H^+} = 0.45$ электрона/ион). Во всех экспериментах определение погрешности калибровки системы регистрации проводилось по вели-