

большой интерес как в теоретическом, так и в практическом планах. Возможности этого метода до сих пор ещё не определены до конца и в связи с этими не сомненно своевременными являются работы в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. B.S. Swartrentrubler Direct Measure ment of surface Diffusion Using Asom-Traeking Scanning Tunneling Microscopy.Phys.Rev.Lett 7b(3),459-662(1996).
2. G. Binning, H. Rohrer, Ch. Gerber, E. Weibel (7*7).reeon struction on Si(III) resolved in real space.Phys.Rev.Lett.50.(2),120-123 (1983).

РЕЛАКСАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЕМКОСТИ ТРЕХСЛОЙНОЙ СТРУКТУРЫ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАРЯДА ИНВЕРСИОННОГО СЛОЯ

Урмыч М.В., Овсянников А.В., Власов С.И.

Национальный Университет Узбекистана

misa95v@mail.ru

Структуры типа металл - окисел - полупроводник (МОП), изготовленные на основе кремния, в настоящее время являются основой широкого класса полупроводниковых приборов и структурных элементов интегральных схем [1-4]. Одним из основных ограничивающих факторов использования трехслойной системы кристаллический кремний - оксид-металл является плотность поверхностных состояний [5-7], наличие которых влияет на динамические свойства структур МОП.

В работе [8], при расчете временной зависимости релаксации емкости структуры МОП, после импульсного увеличения напряжения, предполагалось, что скорость увеличения заряда инверсионного слоя, во времени не изменяется. Однако в работе [9] ,было показано,что в структурах, изготовленных на основе кремния n - типа проводимости, покрытого слоем свинцово-боросиликатного стекла, скорость поверхностной генерации носителей заряда, при приложении

инверсионного напряжения, является функцией времени. Наличие временной зависимости скорости поверхностной генерации носителей заряда, окажет влияние на скорость увеличения заряда инверсионного слоя. В настоящей работе предложены расчетные соотношения, описывающие процесс релаксации емкости структуры металл-диэлектрик-полупроводник с учетом временной зависимости формирования заряда инверсионного слоя.

Запишем условие электронейтральности структуры МДП:

$$kqNx + Q_p + Q_{ss} = Q_{cs} \quad (1)$$

где k - площадь омического контакта, q - заряд электрона, $N = N_m$ - концентрация мелкой легирующей примеси, x - ширина области пространственного заряда (ОПЗ), Q_p - заряд инверсионного слоя, Q_{ss} - заряд поверхностных состояний, Q_{cs} - заряд на затворе структуры МДП.

Продифференцировав правую и левую часть уравнения (1) по времени t , получим выражение описывающее изменение заряда во времени:

$$kqN \frac{dx}{dt} + \frac{dQ_p}{dt} + \frac{dQ_{ss}}{dt} = \frac{dQ_{cs}}{dt} \quad (2)$$

Так как в процессе релаксации заряд на металлическом электроде не изменяется ($\frac{dQ_{cs}}{dt} = 0$), то выражение (2) будет выглядеть так:

$$kqN \frac{dx}{dt} + \frac{dQ_p}{dt} + \frac{dQ_{ss}}{dt} = 0 \quad (3)$$

Изменение заряда инверсионного слоя можно записать в виде:
 $dQ_p/dt = Aqkx$

где A - скорость генерации носителей заряда в объеме полупроводника, а изменение заряда поверхностных состояний $dQ_{ss}/dt = Sqk$, где S - скорость поверхностной генерации носителей заряда. Введя временную зависимость скорости формирования заряда инверсионного слоя в виде:

$$\xi P + \exp(-\eta Nt)$$

здесь ξ , P - постоянные составляющие η - коэффициент пропорциональности, уравнение (3) можно записать так:

$$-\frac{dx}{dt} = \frac{A}{N}x + \frac{S}{N} + P\xi + \exp(-\eta Nt) \quad (4)$$

Решение уравнения (4) имеет вид:

$$x(t) = C \exp\left(-\frac{A}{N}t\right) - \frac{\xi NP}{A} - \frac{S}{A} + \frac{N}{\eta N^2 - A} \exp(-\eta Nt) \quad (5)$$

здесь C - постоянная интегрирования, которую можно найти из начального условия $x(t)_{t=0} = x_0$.

$$x(t) = \left(x_0 + \frac{S}{A} + \frac{\xi PN}{A} - \frac{N}{\eta N^2 - A}\right) \exp\left(-\frac{A}{N}t\right) - \frac{S}{A} - \frac{\xi NP}{A} + \left(\frac{N}{\eta N^2 - A}\right) \exp(-\eta Nt) \quad (6)$$

Полученную расчетную временную зависимость ширины ОПЗ можно использовать для определения величин скорости поверхностной и объемной генерации носителей заряда при сравнении её с экспериментальной зависимостью. Используя общепринятую модель структуры МДП, можно показать, что временная зависимость измеряемой емкости имеет следующий вид:

$$C(t) = \frac{\epsilon \epsilon_0 K C_d}{\epsilon \epsilon_0 K + x(t) C_d} \quad (7)$$

здесь: K - площадь управляющего электрода, C_d - емкость слоя диэлектрика, ϵ - диэлектрическая проницаемость полупроводника, ϵ_0 - электрическая постоянная.

Исследуемые структуры изготавливались на основе кристаллического кремния типа КЭФ - 5 с кристаллографической ориентацией (100), как наиболее часто используемого в микроэлектронике. Слой SiO_2 (толщиной 2000-3000Å) выращивался при помощи термического окисления пластин кремния ($T=900^\circ\text{C}$, $t = 40$ минут) в хлор содержащей среде [8]. Управляющие электроды наносились при помощи вакуумного осаждения алюминия на поверхность диоксида кремния. Диаметр управляющих электродов - 3 мм.

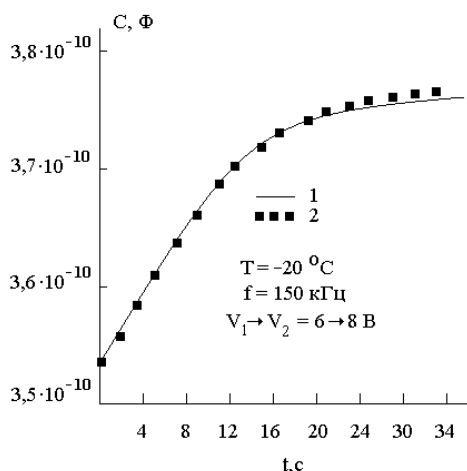


Рис.1. Экспериментальная (1) и расчетная (2) зависимости релаксации емкости исследуемых структур.

На рисунке 1 приведены экспериментальная (1), измеренная на частоте 150 кГц, при температуре -20°C и теоретическая (2) зависимости $C(t)$ для одного из контрольных образцов $\text{Al} - n - \text{Si} \langle \text{Ni} \rangle - \text{SiO}_2 - \text{Al}$, полученные после переключения напряжения $V_1 \rightarrow V_2$ ($V_1 = 6 \text{ В}$, $V_2 = 8 \text{ В}$). Величины скорости объемной (A) и поверхностной (S) генерации найдены при помощи соотношений (6,7) методом оптимального подбора. Для исследованной структуры эти величины равны: $A = 6 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-3}$, $S = 1,5 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$. При указанных значениях A и S , расчетная зависимость релаксации емкости значительно лучше (по сравнению с данными приведенными в работе [8]) совпадает с экспериментальной зависимостью на всем ее протяжении. Следовательно, полученное расчетное соотношение можно использовать для определения скорости объемной (в объеме полупроводника) и поверхностной (по межфазной границе раздела полупроводник-диэлектрик) генерации носителей заряда.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.И. Курносов. Материалы полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Москва. «Высшая школа». 2001 г.
2. В.А. Гуртов. Твердотельная электроника. Петрозаводск. 2004 г.
3. С. И. Власов, О.О. Маматкаримов. Транзисторлар. Тошкент. «Университет». 2004 г.

4. П.А. Арсеньев. Материалы электронной техники. Москва. «Высшая школа». 2010 г.
5. В.И. Стриха. Контактные явления в полупроводниках. Киев. 1982. 224 с. [6]. А.Тешабоев, С.Зайнобидинов, С.И.Власов, И.Н.Каримов, В.Абдуазимов. Яримўтказгичлар сирти физикаси. Тошкент. 2007. 121 с.
6. Ю.С.Чистов, В.Ф. Сыноров. Физика МОП- структур. Воронеж: ВГУ.1989. 222 с.
7. S.I. Vlasov, A.V. Ovsyannikov, B.K. Ismailov, B.H.Kuchkarov Effect of pressure on the properties of Al-SiO₂-n-Si<Ni> structures. Semiconductor Physics, Quantum electronics and Optoelectronics. 2012. Vol. 15. № 2. P.166.
8. S.I. Vlasov, A.V. Ovsyannikov. The Rate of Surface generation of charge at the semiconductor glass interface. Surface engineering and applied electrochemistry. 2008. Vol. 44. P. 78.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОТОЭЛЕКТРОННЫХ СПЕКТРОВ СПЛАВА НИОБИЙ-ЦИРКОНИЯ В ОБЛАСТИ ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТА

Ш.А. Хамиджонов, С.Ж. Рахимова, А.М. Кудратов, Н.А. Нурматов
*Физический факультет, Национальный университет Узбекистана,
ул. Университетская 4, 100174, Ташкент, Узбекистан,
nn_nurmatov@mail.ru*

При исследовании вклада каждого компонента в изменении электронной структуры, эмиссионно-адсорбционных и каталитических свойств металлических сплавов, создание особо чистых твердых растворов, а также определение реальной концентрации легирующих элементов и их распределение в поверхностном слое кристаллов представляют большую практическую ценность.

Целью данной работы является: определение температуры образования интерметаллического соединения типа ZrNb₂ для сплавов полученных низкоэнергетической ионной имплантацией атомов циркония на монокристаллические образцы ниобия и сплавов полученных по стандартной технологии, фотоэлектронные работа