

Оптические свойства пленок SiO_xN_y на кремнии, имплантированных ионами Ge^+ и отожженных при высоком давлении

И.Е. Тыщенко¹⁾, **К.К. Павлова**¹⁾, Г.К. Кривякин¹⁾, В.А. Володин^{1),2)}

¹⁾ *Институт физики полупроводников им А.В. Ржанова СО РАН,
Новосибирск, 630090, Академика Лаврентьева, 13*

²⁾ *Новосибирский государственный университет,
Новосибирск, 630090, Пирогова, 2*

тел: +7 (383) 333-2493, факс: +7 (383) 333-2775, эл. почта: tys@isp.nsc.ru

Оксид кремния в последние годы рассматривается как диэлектрик, альтернативный оксиду кремния. По сравнению с SiO_2 , оксинитрид кремния обладает меньшей шириной запрещенной зоны и большей диэлектрической проницаемостью. Это делает его привлекательным с точки зрения создания ловушек для хранения заряда. Эффективными ловушками для электронов являются нанокристаллы германия. Одним из универсальных методов создания нанокристаллов Ge, совместимым с имеющейся кремниевой технологией, является метод ионно-лучевого синтеза. Однако, коэффициенты диффузии многих примесей в оксинитриде кремния, в том числе и германия, много меньше, чем в SiO_2 . Это накладывает некоторые ограничения на процесс ионно-лучевого синтеза. Ранее нами было показано, что гидростатическое сжатие, приложенное в процессе постимплантационного отжига, приводит к увеличению коэффициента диффузии Ge, имплантированного в SiO_2 , на 2-3 порядка величины. Поэтому целью настоящей работы является исследование условий формирования кристаллической фазы германия в пленках SiO_xN_y в результате имплантации ионов Ge^+ и последующего отжига при высоких давлениях и их оптических свойств.

Пленки SiO_xN_y ($x = 0.25$, $y = 1$) с коэффициентом преломления ~ 1.882 толщиной ~ 75 нм осаждались из смеси газов SiH_2Cl_2 ($50 \text{ с}\cdot\text{см}^3$), N_2O ($150 \text{ с}\cdot\text{см}^3$) and NH_3 ($150 \text{ с}\cdot\text{см}^3$) при температуре 780°C под давлением 200 мТорр на подложки монокристаллического кремния n-типа проводимости с удельным сопротивлением 3-10 Ом·см, ориентированные в направлении $\{100\}$. Имплантация пленок SiO_xN_y проводилась ионами Ge^+ с энергией 55 кэВ дозами $2,1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$, $5,8 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ и $1,7 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$. Последующий отжиг проводился при температуре $T_a = 800\text{-}1300^\circ \text{C}$ в течение 5 часов в атмосфере Ar как при атмосферном давлении, так и в условиях гидростатического сжатия при $P = 1\text{-}12$ кбар. Анализ кристаллической фазы и оптические свойства пленок изучались методами комбинационного рассеяния света (КРС) и фотолюминесценции (ФЛ) в видимом спектральном диапазоне при комнатной температуре.

В спектрах КРС пленок SiO_xN_y , имплантированных ионами Ge^+ дозой $1,7 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$, наблюдались широкие пики с максимумом около 110 и 260 см^{-1} , частотное положение которых соответствует частоте акустических и оптических фононов в разупорядоченной решетке германия. Последующий отжиг при температуре 1000°C сопровождалась гашением низкочастотной полосы КРС и увеличением интенсивности полосы на частоте 260 см^{-1} . При этом в области 300 см^{-1} также появляется слабоинтенсивный пик. С ростом величины гидростатического сжатия соотношение интенсивностей изменяется в пользу пика 300 см^{-1} , природа которого может быть обусловлена оптическим фононом в кристаллическом германии. Увеличение температуры отжига до 1300°C под давлением 12 кбар приводит к подавлению интенсивности пика на частоте 260 см^{-1} и росту интенсивности пика, связанного с частотой оптического германия (300 см^{-1}). В спектрах ФЛ при этом наблюдается гашение полосы с максимумом 570 нм, которая обычно ассоциируется с дефектами в оксинитриде кремния и появлением пика с максимумом 750 нм. Его природа обсуждается в рамках проявления квантово-размерного эффекта в гидростатически сжатых нанокристаллах германия, формирующихся в условиях высокотемпературного отжига при высоких давлениях.