

02;06;12

Влияние атмосферы метана на температурную зависимость проводимости пленок поликристаллического кремния

© В.Н. Шабанов, Д.В. Шенгуров

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Поступило в Редакцию 14 ноября 1997 г.

Исследуется возможность использования в газовых сенсорах поликристаллических пленок кремния. Рассматривается влияние напуска небольшого количества метана в окружающую среду на температурную зависимость слоевого сопротивления пленок, легированных акцепторными примесями. Установлено, что сопротивление заметно увеличивается в области температур $470 \div 500^\circ\text{C}$.

Во многих твердотельных газовых сенсорах (ТГС) в качестве рабочих элементов используются поликристаллические полупроводниковые пленки. Изменение их электропроводности при адсорбции молекул газа из окружающей атмосферы является принципом действия ТГС. Для этих целей находят применение пленки металлооксидных полупроводников: ZnO , SnO_2 , TiO_2 и др. Один из механизмов, воздействующих на электропроводность пленок, состоит в изменении изгиба зон в кристаллитах в зависимости от сорта и количества адсорбированных частиц, связанного с этим изменения энергетических барьеров на границах зерен и концентрации подвижных носителей. Наиболее сильно указанный механизм проявляется при малой плотности биографических поверхностных состояний (БПС) [1].

В связи с этим представляет интерес исследование возможности использования в газовых сенсорах поликристаллических пленок кремния (ППК), покрытых тонким слоем диоксида кремния, где плотность БПС $< 10^9 \div 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ [2].

Кремниевые поликристаллические пленки представляют интерес и для интеллектуализации газовых сенсоров, поскольку технология получения ППК совместима с технологией интегральных схем.

Параметры исследуемых ППК

№ образца	Источник	T_i , °C	Толщина пленки, μm	Максимальная газочувствительность, $(\Delta R/R) \times 100\%$	Температура максимальной газочувствительности, °C
89	КДБ-0.005	600	0.4	15	480
250	КДГ-0.005	700	1.5	40	500
168	КДА-0.005	600	1.2	57	470

В данной работе приведены результаты исследований влияния напуска небольшого количества метана в окружающую среду на температурную зависимость слоевого сопротивления ППК.

Поликристаллические кремниевые пленки были получены методом молекулярно-лучевого осаждения из сублимирующих кремниевых источников по методике, описанной в [3]. В качестве источников использовались пластины монокристаллического кремния, легированные В, Ga, Al до концентраций $6 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, $6 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, $6 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ соответственно. Выбор источников с данной концентрацией легирующей примеси был основан на необходимости получения ППК, обладающих достаточно высокой проводимостью [4]. Подложками служили пластины кремния, покрытые слоем термически выращенного SiO_2 толщиной $\sim 0.5 \mu\text{m}$. Давление остаточных газов в ростовой камере в процессе осаждения пленок составляло $\sim 10^{-5}$ Pa. Параметры полученных ППК приведены в таблице.

Измерение газочувствительности и температурной зависимости сопротивления ППК проводили в вакуумной установке, состоящей из рабочей камеры и форвакуумного насоса ВН-2МГ. Предельный вакуум 1.5 Pa. Метан напускали в камеру через натекаль из баллона. В присутствии газа давление в рабочем объеме повышалось до $25 \div 30$ Pa, что соответствует концентрации молекул метана $\sim 3 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Внутри камеры располагались система контактных зондов, хромель-алюмель-термопара, нагреватель. Сопротивление образца измерялось мультиметром В7-41.

Образец помещался в вакуумную камеру и проводилась откачка. При достижении давления ~ 2 Pa включали нагреватель и нагревали образец до $550\text{--}580^\circ\text{C}$. После стабилизации температуры, сопротивления образ-

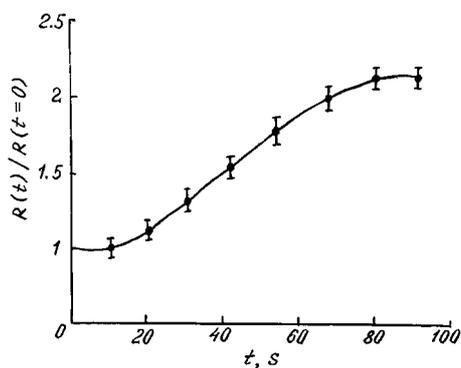


Рис. 1. Временная зависимость изменения сопротивления ППК в атмосфере метана.

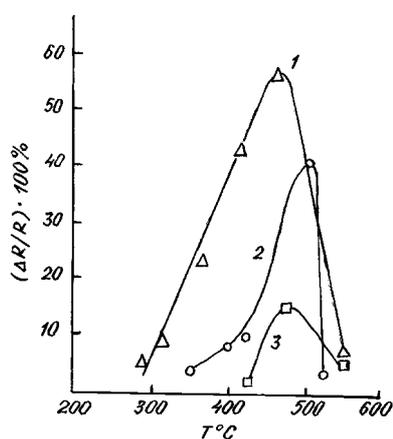


Рис. 2. Температурная зависимость относительного изменения сопротивления ППК в атмосфере метана: 1 — ППК, легированная Al; 2 — ППК, легированная Ga; 3 — ППК, легированная В.

ца (R) и давления рабочий объем затвором отсоединялся от насоса, проводился напуск порции метана и измерялось сопротивление образца. На рис. 1 приведена одна из временных зависимостей изменения сопротивления после напуска газа. После установления сопротивления

фиксирувалось изменение сопротивления ΔR , затвор открывался и производилась откачка объема камеры до прежнего значения давления. При этом значение R , как правило, восстанавливалось. Затем температура снижалась на 50–70°C и весь цикл измерений повторялся. При температурах наибольшей чувствительности измерительные циклы повторяли два или три раза. Наблюдалась хорошая воспроизводимость результатов.

Результаты измерения газочувствительности ППК представлены на рис. 2 в виде зависимости относительного изменения сопротивления $\Delta R/R$ от температуры. Максимальное значение $\Delta R/R$ при напуске метана составило 57% для образца № 168, легированного Al.

Рост сопротивления ППК при напуске газа мы объясняем увеличением высоты потенциальных барьеров на границах зерен при адсорбции метана. Колоколообразная зависимость газочувствительности от температуры характерна для многих полупроводниковых газочувствительных элементов. Однозначное объяснение этого факта пока не представляется возможным.

Из приведенных результатов можно сделать вывод о том, что сопротивление ППК, легированных акцепторами, заметно увеличивается в атмосфере метана при температуре образцов $\sim 470 \div 500^\circ\text{C}$. Зависимость $\Delta R/R(T)$ носит колоколообразный характер.

Список литературы

- [1] Мясников И.А., Сухарев В.Я., Куприянов П.Ю., Завьялов С.А. Полупроводниковые сенсоры в физико-химических исследованиях. М.: Наука, 1991. С. 39.
- [2] *Технология* СБИС. Пер. с англ. / Под ред. С. Зи. Т. 1. М.: Мир, 1986. 404 с.
- [3] Павлов Д.А., Шенгуров В.Г., Шенгуров Д.В., Хохлов А.Ф. // ФТП. 1995. Т. 29. В. 2. С. 286–290.
- [4] *Тонкие* поликристаллические и аморфные пленки. Физика и применение. / Пер. с англ. Под ред. Л. Казмерски. М.: Мир, 1983. 304 с.