

Краткие сообщения

06;11;12

Влияние легирующей примеси на текстуру пленок поликристаллического кремния, полученных в процессе молекулярно-лучевого осаждения

© Т.А. Грачева, Н.Д. Малыгин, Д.В. Шенгуров, В.Г. Шенгуров

Научно-исследовательский физико-технический институт
Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского,
603600 Нижний Новгород, Россия
E-mail: shengurov@phys.unn.runnet.ru

(Поступило в Редакцию 16 февраля 2000 г.)

Установлены закономерности изменения текстуры пленок поликристаллического кремния от сорта легирующей примеси и температуры роста.

Пленки поликристаллического кремния (ППК) являются перспективным материалом для микро- и оптоэлектроники. Особенно актуально получение ППК с преимущественной ориентацией зерен [1,2]. Такие пленки, полученные низкотемпературными методами, находят применение при изготовлении тонкопленочных транзисторов: они имеют высокую канальную подвижность носителей заряда по сравнению с произвольно сориентированными ППК. Одним из перспективных низкотемпературных методов получения ППК является метод молекулярно-лучевого осаждения [3–5]. Свойства получаемых этим методом пленок зависят от ряда условий, в том числе и от типа легирующей примеси [4,5]. В связи с этим представляет интерес установление типа текстур в этих пленках в зависимости от сорта вводимой легирующей примеси.

Пленки кремния толщиной $\sim 1.5 \mu\text{m}$ выращивали методом молекулярно-лучевого осаждения из сублимирующих кремниевых источников, легированных фосфором или галлием до концентрации $\sim 1 \cdot 10^{19} \text{cm}^{-3}$. Для сравнения были выращены также пленки из слаболегированного бором источника ($N_B \approx 10^{16} \text{cm}^{-3}$). В качестве подложек использовались кремниевые пластины, покрытые слоем термического диоксида кремния (SiO_2) толщиной $\sim 0.5 \mu\text{m}$. Скорость роста ППК составляла $\sim 2 \mu\text{m/h}$, а температуру подложки варьировали от 500 до 800°C.

ППК исследовались методом рентгеновской дифрактометрии. Для оценки части объема пленки, ориентированной в направлении hkl , мы использовали ориентационный фактор f_{hkl} , который определяется следующим образом:

$$f_{hkl} = \frac{I_{hkl}/F_{hkl}}{\sum_{hkl} I_{hkl}/F_{hkl}},$$

где I_{hkl} и F_{hkl} — соответственно измеренные интенсивность и фактор рассеяния для каждой плоскости

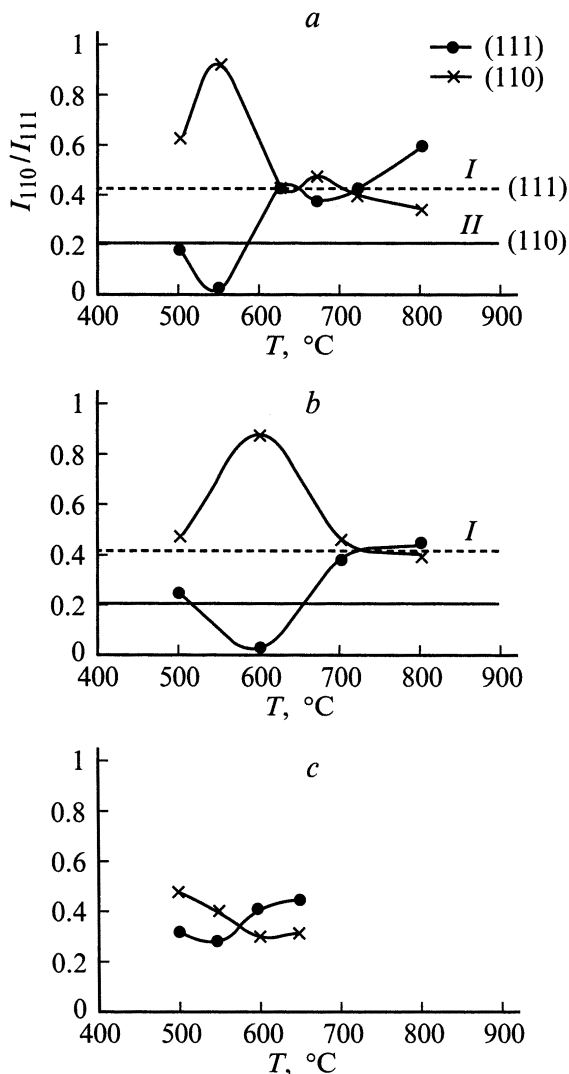
дифракции hkl ; величину фактора рассеяния получали для бестекстурного образца.

На рисунке, *a* приведено изменение степени текстурованности (долей компонент текстуры) пленок, выращенных из слаболегированного источника, от температуры T_S подложки при осаждении. Видно, что в интервале температур $500 \leq T_S \leq 550^\circ\text{C}$ преимущественной ориентацией текстур является (110). Отметим, что при температуре $T_S = 550^\circ\text{C}$ около 90% объема зерен ориентировано в направлении (110). При дальнейшем повышении температуры T_S вклад ориентировки (110) снижается, а скорость зарождения зерен с текстурой (111) возрастает. Аналогичная зависимость ориентации пленок от температуры роста наблюдается и в случае выращивания из сильнолегированного фосфором источника (рисунок, *b*). Максимум доли компоненты текстуры (110) и минимум текстуры (111) смещены приблизительно на 50°C в область более высоких температур по отношению к графикам на рисунке, *a*. В слоях же, выращенных из сильно легированного галлием источника, максимум ориентации (110) смещается в область более низких температур роста и объемная доля зерен с такой ориентацией ниже, чем в предыдущих случаях (см. рисунок, *c*).

В таблице приведены данные по измерению размера зерна ППК, легированных разными примесями при разных температурах роста. Видно, что размер зерна

Размер зерна ППК в зависимости от сорта примеси

Примесь	$T, ^\circ\text{C}$				
	550	600	650	700	800
размер зерна ППК, nm					
B	–	90	100	110	130
P	–	115	–	135	150
Ga	75	–	130	–	–



Изменение степени текстурированности ППК, выращенных из источников кремния, которые легированы бором ($N_B = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) (a), фосфором ($N_P \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) (b), галлием ($N_{Ga} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) (c). I, II — эталоны.

имеет тенденцию к укрупнению с ростом температуры. Для слаболегированных бором пленок заметный рост зерен происходит при высоких температурах. В случае легирования ППК фосфором рост зерна происходит интенсивнее. Однако более заметный рост зерен в области низких температур характерен для пленок, легированных галлием.

Полученные результаты экспериментов показывают усиление формирования текстуры (110) при легировании ППК галлием и замедление ее формирования при легировании фосфором в области низких температур роста. Этот факт, вероятно, можно объяснить, основываясь на модели, в которой атомы легирующей примеси рассматриваются как сурфактанты (поверхностно-активные частицы) [6]. Влияние сорта примеси на ориентировку и размер зерна ППК проявляются, по-видимому,

в различной степени склонности примесных атомов к поверхности сегрегации: фосфор менее сегрегирует по поверхности роста по сравнению с галлием. Поэтому он в меньшей степени способствует повышению скорости миграции границы зерна, чем галлий.

Таким образом, в ППК, полученных методом молекулярно-лучевого осаждения из сублимирующих кремниевых источников, наблюдаются текстуры с преимущественной ориентацией (110) и (111). Причем в области низких температур роста (500–600°C) преобладает ориентация (110), а в более высокотемпературной — (111). В зависимости от типа легирующей примеси, вводимой в процессе роста ППК, минимальная температура формирования текстуры (110) либо повышается (фосфор), либо снижается (галлий) по сравнению с ППК, выращенных из слаболегированного (бором) источника.

Список литературы

- [1] Kung K.T.-Y., Reif R. // J. Appl. Phys. 1987. Т. 62. Р. 1503.
- [2] Kung K.T.-Y., Reif R. // J. Appl. Phys. 1988. Т. 63. Р. 2131.
- [3] Павлов Д.А., Шенгуров В.Г., Шенгуров Д.В., Хохлов А.Ф. // ФТП, 1995. Т. 29. С. 286.
- [4] Шенгуров Д.В. // Письма в ЖТФ. 1997. Т. 23. С. 83.
- [5] Шенгуров Д.В., Павлов Д.А., Шабанов В.Н. и др. // ФТП, Т. 32. С. 627.
- [6] Sakai A., Tatsumi T., Isnida K. // Phys. Rev. B. 1993. Vol. 47. P. 6803.