

Поликристаллические пленки нитрида галлия, выращенные магнетронным распылением

© А.Н. Блаут-Блачев

Институт физической химии Российской академии наук,
117915 Москва, Россия

(Получена 14 октября 2000 г. Принята к печати 21 ноября 2000 г.)

С помощью высокочастотного магнетронного распыления изготовлены поликристаллические пленки GaN на подложках из Si и поликора. Приложение отрицательного смещения при изготовлении повышает степень кристалличности пленок.

В настоящее время тонкие пленки GaN широко применяются в производстве полупроводниковых приборов [1]. Этот полупроводниковый материал характеризуется широкой запрещенной зоной, прямыми межзонными переходами и высокими подвижностями носителей, что позволяет использовать его для изготовления полупроводниковых лазеров, светоизлучающих приборов и усилительных транзисторов.

Обычно тонкие пленки GaN изготавливаются методом химического газофазного осаждения [2], который имеет ряд недостатков, в частности использование агрессивных сред и высоких температур. Альтернативным методом для изготовления пленок GaN может являться метод реактивного магнетронного распыления, когда мишень из Ga или GaN распыляется в атмосфере азота или смеси аргона и азота. С помощью магнетронного распыления возможно наносить пленки большой площади (десятки квадратных сантиметров) на подложки из кристаллических и аморфных материалов, металлов и диэлектриков, причем свойства пленок слабо зависят от материала подложки.

Применение метода магнетронного распыления для создания пленок GaN описано в ряде работ [3–6]. Однако кристаллическая структура полученных пленок, по данным измерений рентгеновской дифракции, значительно уступает структуре пленок, изготовленных методом химического газофазного осаждения. В нашей работе осуществлена попытка подобрать условия магнетронного распыления для улучшения качества получаемых пленок.

Пленки GaN изготовлены методом высокочастотного магнетронного распыления в установке, описанной в [7], с использованием мишени диаметром 88 мм из порошка GaN в атмосфере Ar/N₂. Соотношение между Ar и N₂ составляло 50:50 и давление газовой смеси равнялось $2 \cdot 10^{-2}$ Па, расстояние между мишенью и подложкой 35 мм, температура подложки 600°C, подводимая высокочастотная мощность 150 Вт. В качестве подложек использовались полированные пластины из монокристаллического кремния или поликора (поликристаллический Al₂O₃). Толщина пленок измерялась с помощью двухлучевого интерферометра МИИ-4 и для описываемых пленок составляла ~ 1 мкм; скорость роста пленок — 0.2–0.3 мкм/ч. Рентгенографические исследования полученных пленок проводились на дифрактометре ДРОН-2 с использованием излучения Cu.

Особенностью нашего метода изготовления пленок GaN является применение отрицательного смещения до 200 В, которое прикладывается к подложке.

На рис. 1 приведены угловые зависимости рентгеновской дифракции для диапазона углов $2\theta = 28\text{--}42^\circ$ в пленках, осажденных на подложки из Si(100), к которым в процессе осаждения прикладывалось различное отрицательное смещение. На рисунке видны три полосы, характерные для гексагонального GaN, с пиками при

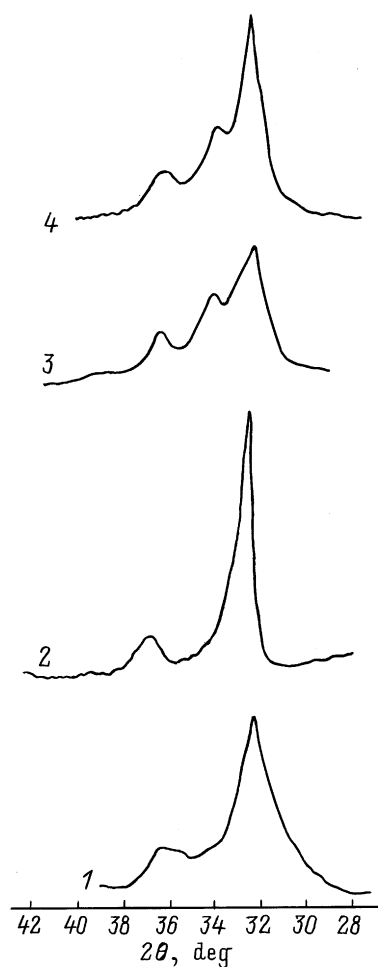


Рис. 1. Дифрактограммы пленок GaN, выращенных на Si(100) при различных смещениях, В: 1 — (-50), 2 — (-100), 3 — (-150), 4 — (-200).

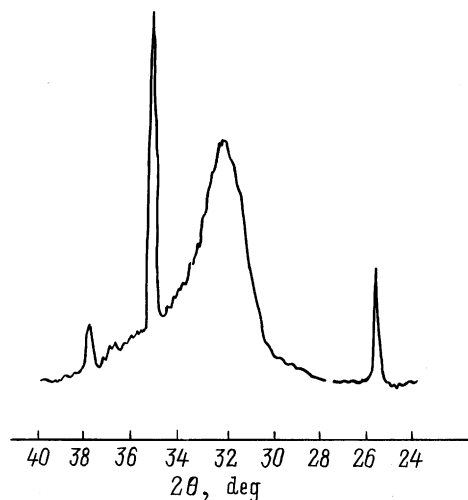


Рис. 2. Дифрактограмма пленки GaN, выращенной на поликоре при смещении -100 В.

32.2° (0.01), 34.4° (0.02) и 36.7° (1.01). Увеличение смещения приводит к изменению преимущественной ориентации кристаллитов в пленке. Существует оптимальное смещение (-100 В), при котором пик рентгеновской дифракции оказывается наиболее интенсивным и узким. Относительно большая ширина пиков указывает на небольшой размер кристаллитов в пленках.

Характерной особенностью осаждения пленок при магнетронном распылении является почти полное отсутствие тангенциального роста, и пленки, осажденные на монокристаллические или аморфные подложки, имеют одинаковую осевую ориентацию. На рис. 2 приведены угловая зависимость рентгеновской дифракции в пленке GaN на подложке из поликора, полученной при приложении отрицательного смещения к подложке -100 В. На этом рисунке видны три узкие полосы — от подложки и широкая полоса с максимумом при 32.2° — от поликристаллической пленки GaN.

На основе полученных данных можно предположить, что ориентация пленок зависит от энергии попадающих на подложку частиц. Энергией частиц можно управлять, изменяя состав или давление газовой смеси, а также расстояние мишень–подложка, что дает возможность подобрать более оптимальные режимы по сравнению с использованными для получения пленок с более совершенной кристаллической структурой.

В полученных пленках наблюдается электрическая проводимость. Сопротивление пленок, выращенных на поликоре, при комнатной температуре составляет до 500 кОм, что соответствует удельному сопротивлению ~ 50 Ом·см.

На основе полученных результатов можно сделать заключение о том, что высокочастотным магнетронным распылением с использованием отрицательного смещения на подложках из кремния и поликора могут быть изготовлены поликристаллические пленки GaN.

Работа выполнена в рамках программы INTAS, грант № 97-1754.

Список литературы

- [1] S.J. Pearton, J.C. Zolper, R.J. Shul, F. Ren. *J. Appl. Phys.*, **86** (1), 1 (1999).
- [2] *J. Cryst. Growth*, **189–190** (1998).
- [3] T.L. Tasley, R.J. Egan, S.C. Horrihan. *Thin Sol. Films*, **164**, 441 (1988).
- [4] S. Nonomura, S. Kobayashi, T. Gotoh, S. Hirata, T. Ohmori, T. Itoh, S. Nitta, K. Morigaki. *J. Non-Cryst. Sol.*, **198–200**, 174 (1996).
- [5] C.-W. Wang, J.-Y. Liao, C.-L. Chen, W.-K. Lin, Y.-K. Su, M. Yokoyama. *J. Vac. Sci. Technol. B*, **14** (4), 1545 (1999).
- [6] W.T. Young, S.R.P. Silva, J.V. Anguita, K.P. Homewood, B.J. Sealy. *Diamond and Related Mater.*, **9**, 456 (2000).
- [7] А.Ф. Белянин, П.В. Пащенко, А.П. Семенов. *Приборы и техника эксперимента*, № 3, 220 (1991).

Редактор Л.В. Шаронова

Polycrystalline films of gallium nitride grown by magnetron sputtering

A.N. Blaut-Blachev

Institute of Physical Chemistry,
117915 Moscow, Russia

Abstract Radio frequency reactive sputtering was used to fabricate GaN films on silicon and polycore substrates. It was found that negative bias on the substrate improved the crystalline order of films.