

ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ НА ОСНОВЕ
ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ

Я.Ю.ГУСЕЙНОВ, Р.С.АГАЕВА

Сумгаитский Государственный Университет

Проведены экспериментальные исследования отработки режимов формирования пленок поликристаллического карбида кремния, позволяющие разработать конструкцию и технологию изготовления газочувствительного датчика C_2H_4 . Показано, что разработанные датчики могут использоваться для детектирования малых концентраций метана в атмосфере до температуры не менее $400^\circ C$.

Повышенный интерес к карбиду кремния обусловлен возможностью создания на его основе газочувствительных датчиков с повышенным температурным диапазоном работы. Различные датчики на основе SiC для применения в автомобиле – и самолетостроении представлены в [1]: это прежде всего датчики потока выхлопных газов с использованием гетероэпитаксиальных пленок SiC на Si , с помощью которых формируют пьезорезисторы, позволяющие работать в температурном диапазоне до $400^\circ C$. Для работы при более высоких температурах такие датчики непригодны, так как происходит пластическая деформация кремниевой пластины.

Там же описаны датчик контроля давления в газотурбинных двигателях, выполненный на основе $6H-SiC$, а также датчик химического состава выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания, представляющий собой МОП-структуру с платиновым затвором на основе SiC . Чувствительность датчика к газам исследовалась по смещению напряжения плоских зон МОП-структуры в атмосфере азота с 4% O_2 , которая оказалась максимальной при температуре $400^\circ C$.

Повышение чувствительности датчиков состава газов достигается увеличением площади рабочей поверхности сенсора. Использование плоской поверхности в сенсорах ограничивает возможности увеличения его площади. Поэтому в последнее время активно используется пористый и поликристаллический SiC . Особенно перспективным считается поликристаллический SiC , характеризующийся более высокой временной стабильностью параметров и отработанной технологией производства [2].

Пленки $poly-SiC$ получались осаждением на поверхность кремниевой подложки методом реакционного осаждения из газовой фазы (смесь газов SiH_4 , C_2H_4 , H_2 , Cl_2) при температурах порядка $1000^\circ C$, по технологии, описанной в [2]. Селективность достигалась использованием в качестве затравки локальных областей SiO_2 на поверхности кремниевой подложки.

В результате были сформированы пленки *poly-SiC* толщиной 100 нм с четко выраженной поликристаллической структурой с зернами, размером порядка 20-40 нм (рис. 1).

После осаждения проводился отжиг пленок при температуре 800 °С в течение 100 мин. Увеличение температуры отжига до 900 °С приводило к снижению времени достижения данной стехиометрии до 25 мин.

На основе 6Н-*SiC* был разработан датчик углеводородных соединений, работающий в температурном диапазоне 100-400 °С. Принцип работы датчика основан на диссоциации адсорбированных углеводородов в слое *poly-SiC* и изменении потенциального барьера контакта *SiC* - металл. Диссоциация адсорбированных молекул различного строения происходит при приложении определенного потенциала к электродам, что позволяет проводить идентификацию газов. При этом ток через датчик пропорционален концентрации газов, а использование *SiC* позволяет функционирование при более высоких температурах.

Конструкция датчика представляет собой сетчатый электрод из Cr, который наносился напылением на слой поликристаллического *SiC*, что обеспечивало эквипотенциальный контакт и возможность диффузии молекул газа. Омический контакт из *Ni* формировался на обратной стороне подложки (рис. 2).

Вольт – амперные характеристики датчика при 223 °С при воздействии метана и пропана в потоке аргона с концентрацией 0,5 % показаны на рис. 3. Нелинейность ВАХ при различных полярностях напряжений дает возможность разделения углеводородных соединений при небольшой концентрации.

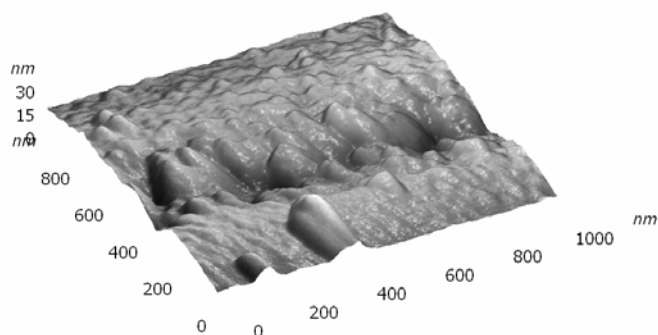


Рис.1. Морфология поверхности пленки поликристаллического 6Н- *SiC*.

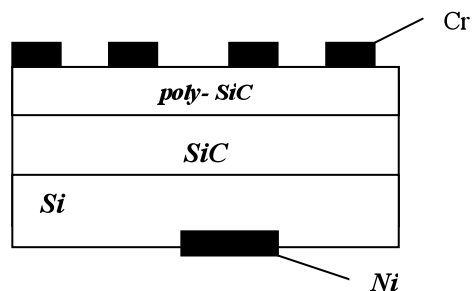


Рис.2. Структура датчика углеводородов.

При высоких температурах кремниевая подложка подвергается пластической деформации, что приводит к невоспроизводимости параметров датчиков. Для устранения этого явления в качестве подложки для осаждения *poly-SiC* была выбрана поликоровая пластина.

Режимы напыления пленок *C* и *Si* обрабатывались на предварительно очищенных поликоровых подложках размером 7×7 мм² на установке вакуумного напыления УВН. Производилось последовательное напыление пленки кремния толщиной 0,4 мкм, углерода - 0,4 мкм и снова кремния - 0,2 мкм. Верхняя пленка кремния предназначена для защиты многослойной структуры от испарения при последующем высокотемпературном отжиге в вакууме. Напыление пленок проводилось в вакууме 10^{-5} Тор на предварительно нагретую до 300 °С подложку, что необходимо для улучшения адгезии. Сформированная структура нагревалась в вакууме в течение 30 мин при температуре 1100 °С.

Формирование контактно-металлизационной системы производилось методом напыления через маску пленок алюминия толщиной 1 мкм при $t = 300$ °С, с шагом 250 мкм. Контроль толщины пленок осуществлялся на микроскопе МИИ-4.

На рис. 4 показана зависимость среднего тока между двумя металлическими контактами от концентрации метана при различных температурах.

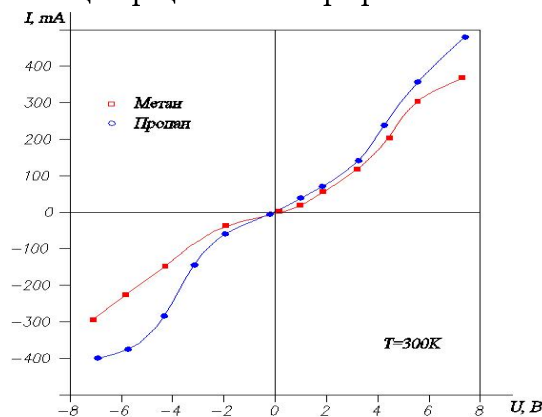


Рис. 3. ВАХ датчика в атмосфере аргона при введении 0,5% углеводородов.

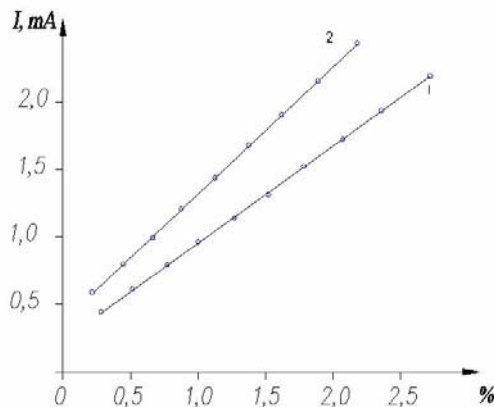


Рис. 4. Зависимость тока через структуру *poly-SiC* от процентного содержания метана 1-200°С.; 2-400°С.

Линейность характеристики указывает на то, что полученная структура может использоваться для детектирования C_2H_4 при малых концентрациях его содержания в атмосфере до температуры не менее $400\text{ }^\circ\text{C}$.

При более высоких концентрациях происходило насыщение пор молекулами C_2H_4 , что приводило к потере чувствительности к газу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Muller G., Kronz G., Schalk J. New sensors for avtomative and aerospace applications. - Phys. Stat.Solids (a), 2001, v.185, №1, p.1-14.
2. Edgar J.H., Gao.Y., Casalnuovos A. Selective epitaxial growth of silicon carbide on SiO_2 masked Si.-J.of Applied Physics, 1998, v.84, p.201-204.

POLİKRIŞTAL KARBİD SİLİSİUM ƏSASINDA QAZA HƏSSAS QƏBULEDİCİLƏR

Y.Y.HÜSEYNOV, R.S.AĞAYEVA

XÜLASƏ

İşdə C_2H_4 qazına həssas olan karbid silisium əsasında qəbuledicinin hazırlanması üçün texnoloji proses işlənmiş və polikristal təbəqəni hazırlamaq məqsədilə təcrübə aparılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, hazırlanan qaz qəbuledicisi ilə 400°C temperaturda havada olan qaz qarışığında olan metan qazının kiçik konsentrasiyasını müəyyən etmək olar.

GAS SENSORS BASED ON THE POLYCRYSTALLINE SILICON CARBIDE

Y.Y.GUSEYNOV, R.S.AGAYEVA

SUMMARY

The investigations of conditions of formation of polycrystalline SiC films have been carried out. Construction and technology of methane sensing device have been developed. It has been shown that the developed gauges can be used for detecting small concentration of methane in an atmosphere up to temperature not less than $400\text{ }^\circ\text{C}$.