

УДК 621.383:621.315.5

Формирование общего контакта в мезапланарных матрицах фоточувствительных элементов на основе гетероэпитаксиальных структур InGaAs/InP

Д. С. Андреев, Т. Н. Гришина, Т. Н. Мищенко, М. А. Трищенко, И. В. Чинарева

Авторами показано, что при изготовлении матриц фоточувствительных элементов на гетероструктурах InGaAs/InP по мезапланарной технологии использование травителя $\text{HCl}:\text{HNO}_3:\text{CH}_3\text{COOH}:\text{H}_2\text{O}_2 = 1:6:1:1$ позволило воспроизводимо получать мезаструктуры глубиной $3\div 7$ мкм с полированной боковой поверхностью и углом наклона мезаструктуры 60° .

PACS: 85.60.-q

Ключевые слова: контактная система, мезаструктура, травитель, глубина мезаструктуры.

Введение

В настоящее время актуальной задачей является усовершенствование технологических процессов при производстве матричных фоточувствительных элементов на основе InGaAs/InP в интересах нового поколения приборов ночного видения [1—4].

Целью данной работы являлась усовершенствование изготовления матриц фоточувствительных элементов на гетероструктурах InGaAs/InP по мезапланарной технологии путем подбора оптимального травителя.

Усовершенствование процесса формирования контактной системы

Для создания контактной системы на одной стороне пластины (эпитаксиальной стороне) в технологический процесс изготовления прибора было введено меза-травление структуры вокруг планарной матрицы фоточувствительных элементов (МФЧЭ). Эта операция является одной из ключевых при изготовлении МФЧЭ по мезапланарной технологии.

Основные требования, предъявляемые к мезаструктуре, можно сформулировать следующим образом.

1) Глубина мезы должна равняться суммарной толщине эпитаксиальных слоев от 3 мкм до 7 мкм.

2) Высокое качество боковой поверхности мезаструктуры с зеркальностью, малым количеством ямок и прочих дефектов травления.

3) Угол наклона боковой стенки мезаструктуры менее 90° .

4) Приблизительно равные скорости травления InP и InGaAs (отсутствие ступенчатого травления).

Для отработки операции травления мезы на гетероэпитаксиальных структурах из литературных данных [5—9] были выбраны травители с приблизительно равной скоростью травления как InP, так и InGaAs.

Составы травителей приведены в таблице.

Таблица

№ травителя	Состав	Скорость травления, мкм/мин
1	$\text{HCl}:\text{HNO}_3:\text{CH}_3\text{COOH}:\text{H}_2\text{O}_2 = 1:6:1:1$	3
2	$\text{HCl}:\text{CH}_3\text{COOH}:\text{H}_2\text{O}_2 = 1:1:1$	1,5
3	$\text{HCl}:\text{HNO}_3:\text{CH}_3\text{COOH} = 1:3:5$	1

Ковалентный характер связей в соединениях типа A^3B^5 обуславливает необходимость присутствия окислителя для того, чтобы разорвать связи. Однако некоторые соединения имеют настолько большую степень ионности связи, что могут раствориться в HCl. В числе окислителей в нашем случае выбраны HNO_3 , H_2O_2 . Для улучшения результата во всех опробованных нами травителях

Андреев Дмитрий Сергеевич, вед. инженер.
Гришина Татьяна Николаевна, гл. специалист.
Мищенко Татьяна Николаевна, вед. инженер.
Чинарева Инна Викторовна, вед. инженер.
ОАО «НПО «Орион»,
Россия, 111123, Москва, ш. Энтузиастов, 46/2.
Тел. (495) 672-20-31. E-mail: orion@orion-ir.ru
Трищенко Михаил Алексеевич, профессор.
МИРЭА (Технический университет).
Россия, Москва, просп. Вернадского, 78.

Статья поступила в редакцию 24 мая 2014 г.

© Андреев Д. С., Гришина Т. Н., Мищенко Т. Н., Чинарева И. В., Трищенко М. А., 2014

была добавлена CH_3COOH в качестве разбавителя (способствует подавлению диссоциации азотной кислоты) [6, 10].

Системы травителей на основе H_3PO_4 и H_2SO_4 в нашей работе не рассматривались. Эти травители имеют селективный характер травления для различных кристаллографических ориентаций, очень чувствительны к точечным дефектам, характерным для слоев, выращенных методом МОС-гидридной эпитаксией, а также дают отрицательный угол наклона травления, что приведет к возможному разрыву выделяемых в дальнейшем металлических контактов.

Все травители для вытравливания мезаструктуры химически агрессивны, поэтому стояла задача выбрать защитное покрытие, позволяющее, с одной стороны, сохранить сформированные фоточувствительные элементы с металлическими контактами, а с другой стороны, обеспечить требуемую глубину травления. Этим требованиям в полной мере отвечает позитивный фоторезист ФП-9120-1. При толщине пленки фоторезиста 1,2 мкм и задублении (при 120 °С в течение 20 минут) он является достаточной защитой для плазмохимического травления пленки Si_3N_4 с последующим травлением гетероструктур в выбранных травителях.

Реакция смешивания составных частей травителя — экзотермическая, сопровождается выделением большого количества тепла. В горячем травителе травление идет с большой скоростью и возможно отслаивание защитной пленки фоторезиста, поэтому перед травлением образцов травитель необходимо остудить до температуры 21 ± 1 °С.

Все травители являются полирующими для данных материалов.

Глубина травления определялась по ступеньке на профилометре Alfa-step.

Травители № 2 и № 3 показали очень маленькую скорость травления. За 2 минуты травления глубина травления составила от 0,3 до 0,5 мкм; за 7 минут — 1,3—1,5 мкм. За это время наблюдалась подтравка под резист и его частичное отслаивание.

Травитель № 1 за 4 минуты травления дал глубину мезы 16 мкм. При этом профиль травления имел угол наклона около 60°. Такой угол наклона позволил вывести металлизацию со дна мезы на "столик" без обрывов. Глубина травления составляет 3—7 мкм в зависимости от толщины эпитаксиальных слоев и может легко регулироваться временем травления. Профиль мезаструктуры с глубиной травления 7 мкм представлен на рис. 1.

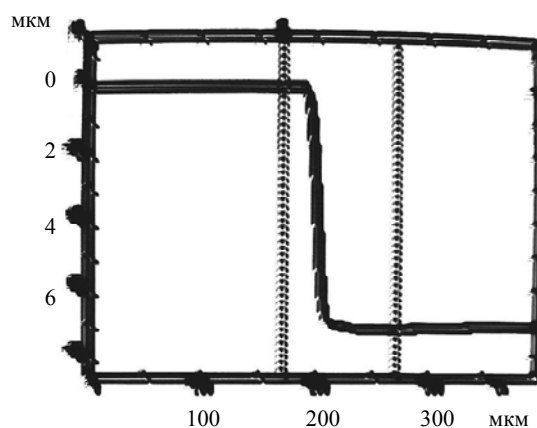


Рис. 1. Профиль мезаструктуры

Исходя из вышеизложенного, для вытравливания мезаструктуры в технологии матричных фотодиодов на основе гетероэпитаксиальных структур InP/InGaAs был выбран травитель № 1. Кроме того, травитель № 1 обеспечивает требования 2 и 4.

Мезаструктура с высоким качеством боковой поверхности, с зеркальностью, малым количеством ямок и прочих дефектов травления контролировалась на электронном микроскопе. Фотография с электронного микроскопа представлена на рис. 2.

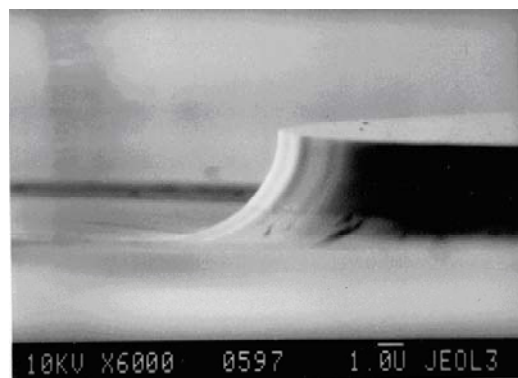


Рис. 2. Фотография мезаструктуры с электронного микроскопа

Заключение

В работе в результате исследования группы травителей выбран травитель $\text{HCl}:\text{HNO}_3:\text{CH}_3\text{COOH}:\text{H}_2\text{O}_2 = 1:6:1:1$, позволяющий воспроизводимо получать мезаструктуры глубиной 3÷7 мкм с полированной боковой поверхностью и углом наклона мезаструктуры 60° при изготовлении матричных фоточувствительных элементов на гетероструктурах InGaAs/InP по меза-планарной технологии.

Основные преимущества данной технологии заключаются в устранении операции контактной сварки общего вывода с обратной стороны пластины (подложки $n\text{-InP}$) и, как следствие, создание более компактного МФПУ. Кроме того, монтаж

МФЧЭ к большой интегральной системе считывания с помощью только индиевых столбиков ведет к унификации технологических процессов.

Литература

1. Андреев Д. С., Гришина Т. Н., Залетаев Н. Б., Тришенков М. А. // Прикладная физика. 2012. № 4. С. 86.
2. Горлачук П. В., Мармалюк А. А., Рябошпан Ю. Л. и др. // Прикладная физика. 2012. № 5. С. 77.
3. Андреев Д. С., Горлачук П. В., Мармалюк А. А. и др. // Успехи прикладной физики. 2013. Т. 1. № 3. С. 374.

4. Андреев Д. С., Залетаев Н. Б., Тришенков М. А. и др. // Успехи прикладной физики. 2013. Т. 1. № 6. С. 76.
5. Adachi S. // J. Electrochem. Soc. 1982. V. 129. No. 3. P. 609.
6. Luft B. I., Perevoshchikov V. A., Vozhilova L. N. и др. Физико-химические методы обработки поверхности полупроводников. — М.: 1982.
7. Adachi S., Noguchi Y. // J. Electrochem. Soc. 1982. V. 129. No. 5. P. 1053.
8. Iga K., Miller B.I. // J. Quant. Elec. 1982. V. 18. No. 1. P. 22.
9. Шелпакова И. Р., Юдеlevич И. Г., Аюпов Б. М. Послойный анализ материалов электронной техники. — М.: Наука. 1984.
10. Полупроводниковые соединения $A^{III}B^V$. Под ред. Виллардсона Р., Геринга Х. — М.: Металлургия. 1967. С. 623.

Forming of the general contact in a mesaplanar FPA on basis of the InGaAs/InP heteroepitaxial structures

D. S. Andreev¹, T. N. Grishina¹, T. N. Mishchenkova¹, M. A. Trishenkov² and I. V. Chinareva¹

¹Orion R&P Association
46/2 Enthusiasts highway, Moscow, 111123, Russia
E-mail: orion@orion-ir.ru

²MIREA
78 Vernadsky av., Moscow, Russia

Received May 24, 2014

It is shown that use of the $HCl:HNO_3:CH_3COOH:H_2O_2 = 1:6:1:1$ etchant has permitted to get the mesa structures with $3\div 7 \mu m$ depth and polished lateral surface.

PACS: 85.60.-q

Keywords: contact system, mesa structure, etchant, depth.

References

1. D. S. Andreev, T. N. Grishina, N. B. Zaletaev, et al., Prikladnaya Fizika, No. 4, 86 (2012).
2. P. V. Gorlachuk, A. A. Marmalyuk, Yu. L. Ryaboshpan, et al., Prikladnaya Fizika, No. 5, 77 (2012).
3. D. S. Andreev, P. V. Gorlachuk, A. A. Marmalyuk, et al., Uspekhi Prikladnoi Fiziki **1**, 374 (2013).
4. D. S. Andreev, N. B. Zaletaev, M. A. Trishenkov, et al., Uspekhi Prikladnoi Fiziki **1**, 76 (2013).
5. S. Adachi, J. Electrochem. Soc. **129**, 609 (1982).
6. B. I. Luft, B. A. Perevoshchikov, L. N. Vozhilova, et al., *Physicochemical Methods for Treatment of the Semiconductor Surface* (Moscow, 1982) [in Russian].
7. S. Adachi and Y. Noguchi, J. Electrochem. Soc. **129**, 1053 (1982).
8. K. Iga and B. I. Miller, J. Quant. Elec. **18**, 22 (1982).
9. I. R. Shelpakova, I. G. Yudelevich, and B. M. Ayupov, *Layer-by-Layer Analysis of Materials for Electronic Devices* (Nauka, Moscow, 1984) [in Russian].
10. *Semiconductor Associations $A^{III}B^V$* . Ed. by R. Willardson and X. Gering (Metallurgiya, Moscow, 1967) [in Russian].