

ФОТОСТИМУЛИРОВАННЫЙ ОТЖИГ ИОННОИМПЛАНТИРОВАННЫХ СЛОЕВ GaP и GaAs

А. М. Гукасян, В. М. Коннов, Н. Н. Лойко

Приводятся предварительные результаты по фотостимулированному отжигу слоев A_3B_5 , имплантированных редкоземельными элементами. Исследования излучения образцов GaP и GaAs, обусловленного наличием оптических центров на основе Yb^{3+} , показали, что они устойчивы по времени и термостабильны.

В настоящее время ионная имплантация является основным методом в производстве полупроводниковых приборов для микроэлектроники на основе соединений A_3B_5 . При ионном легировании одновременно с вводимой примесью в кристалл вводится большое количество радиационных дефектов. Перед последующими технологическими операциями, как правило, стоят две основные задачи: уменьшить число радиационных нарушений и активировать (оптически или электрически) введенную примесь. Для этих целей в настоящее время используют "термический отжиг под защитным покрытием" (ТЗП), — который является и наиболее изученным /1, 2/. Выяснилось, что такой термоотжиг имеет ряд недостатков: неполный отжиг имплантационных дефектов, неполная активация внедренной примеси и интенсивное введение термодфектов в приповерхностные слои. Будущее ионного внедрения во многом зависит от разработки новых перспективных методов отжига.

В стадии изучения находится так называемый "скоростной термический отжиг" (СТО), использование которого позволяет сократить длительность отжига до 5—60 секунд и повысить температуру процесса по сравнению с ТЗП /3, 4/. Заметим, что переход от обычных ламп накаливания к вольфрамово-галогенным привел к существенному улучшению результатов отжига: удалось повысить степень активации имплантированных примесей, таких как Zn, Si и Se.

К сожалению, пока не уделяется достаточно внимания изучению роли интенсивности используемого света и его спектрального состава. Все результаты по СТО получены для относительно легких примесей. Совершенно нет данных по СТО для тяжелых элементов.

Нами были получены предварительные результаты по фотостимулированному отжигу (ФСО) слоев A_3B_5 , имплантированных редкоземельными элементами (РЗЭ). Суть ФСО заключается в совместном тепловом и оптическом воздействии на ионнолегированные слои. При этом образец

помещается в кварцевый аппарат и в атмосфере водорода ($p \approx 1$ атм) нагревается печью сопротивления. Имплантированная поверхность образца облучается световым потоком от ксеноновой лампы сверхвысокого давления. Основные конструкции и режимы работы установки изложены в работе /5/.

В данной работе внутрицентровая люминесценция РЗЭ используется для оценки качества проведенного отжига по методике ТЗП и ФСО. Основные результаты по ТЗП ионнолегированных РЗЭ соединений A_3B_5 обобщены в работах /2, 6/.

В качестве исходных образцов были использованы кристаллы и эпитаксиальные пленки GaAs и GaP n-типа с концентрацией носителей $n \approx 10^{16} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Имплантация проводилась ионами Yb при трех значениях энергии: 40, 180 и 360 кэВ; для каждого значения энергии доза облучения подбиралась таким образом, чтобы получить слои, равномерно имплантированные ионами. Имплантации подвергалась половина каждого образца, вторая оставалась контрольной. Расчетные концентрации введенных примесей составляли $10^{17} - 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Толщина равномерно легированного слоя составляла $\approx 1500 \text{ \AA}$. Сразу после имплантации образцы покрывали диэлектрическими пленками SiO_2 толщиной $\approx 2000 \text{ \AA}$.

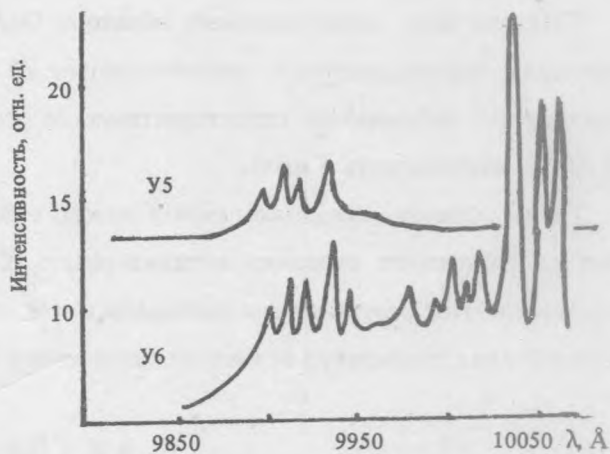
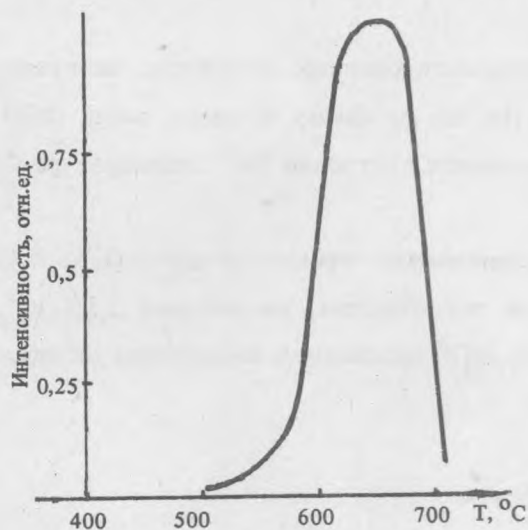


Рис. 1. Зависимость интенсивности фотолюминесценции кристаллов фосфида галлия, имплантированных иттербием, от температуры изохронного термоотжига под защитным покрытием.

Рис. 2. Спектры фотолюминесценции иттербия, имплантированного в кристаллы фосфида галлия, после ФСО (900°C , 5 мин). Кристаллы Y5 и Y6 отличаются набором фоновых примесей.

Максимальные температуры ТЗП, которые выдерживали образцы были следующими: GaAs— 850°C ; GaP— 900°C . Эти температуры соответствуют тем, что обычно приводятся в

качестве предельно допустимых значений для аналогичных образцов с пленкой SiO_2 в разных литературных источниках. Максимальные температуры, достижимые для тех же самых образцов при ФСО, были не менее 900°C для GaAs и 1000°C для GaP.

Активация Yb^{3+} в GaP по данным фотолюминесценции (ФЛ) начинается при температуре $500\text{--}550^\circ\text{C}$ становится максимальной при $650\text{--}700^\circ\text{C}$, а при дальнейшем увеличении температуры отжига происходит значительное снижение интенсивности редкоземельного излучения (рис. 1). ТЗП некоторых образцов GaP, имплантированных Yb^{3+} , не всегда приводил к появлению внутрицентральной люминесценции. В данной работе использовались образцы, подвергнутые изохронному ТЭП длительностью 10 мин, при котором последовательное повышение температуры до 800°C не привело к появлению редкоземельного излучения. На этих образцах после ФСО при температуре 900°C длительностью 5 мин было зарегистрировано характеристическое редкоземельное излучение (рис. 2).

Оптические центры, дающие редкоземельное излучение, связанное с Yb^{3+} , были термостабильны и неизменны во времени. Тонкая структура РЗ спектра зависела от состава фоновых примесей, а не от метода проведения отжига.

Увеличение продолжительности ФСО от 5 до 30 мин не приводило к качественному изменению спектров ФЛ GaP:Yb.

ТЗП для всех использованных образцов GaAs, ионнолегированных иттербием, не привел к появлению внутрицентральной люминесценции /2, 6/. На тех же самых образцах после ФСО на спектрах ФЛ наблюдалось характеристическое редкоземельное излучение Yb^{3+} (температура ФСО $\approx 850^\circ\text{C}$, длительность 5 мин).

Таким образом, предложен новый способ отжига ионноимплантированных слоев GaAs и GaP. Этот способ отжига позволил активизировать Yb^{3+} на тех образцах, на которых ТЗП не дал результата. Этот результат мы связываем с тем, что при ФСО оказывается возможным достижение более высоких температур отжига по сравнению с ТЗП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ушаков В. В. Канд. диссерт., ФИАН, М., 1985.
2. Якимкин В. Н. Канд. диссерт., МГУ, М., 1988.
3. Crist I. O., Look D. C. Journ. of Electronic Materials, **19**, 789 (1990).
4. Scaly B. J. Semicond. Sci. Technol., **3**, 448 (1988).
5. Лойко Н. Н. Канд. диссерт., ФИАН, М., 1989.
6. Рзакулиев Н. А. Канд. диссерт., ФИАН, М., 1988.

Поступила в редакцию 11 февраля 1992 г.