

ТЕПЛОВОЙ РАЗОГРЕВ ШИРОКОЗОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ CO_2 ЛАЗЕРОМ

П.С.Шкумбатюк, Д.И.Щюцюра

Дрогобычский педагогический институт им. И.Франко, Украина
(Поступило в Редакцию 16 августа 1994 г.)

Облучение полупроводниковых материалов A_2B_6 непрерывным оптическим излучением, отвечающим соотношению $h\nu < E_g$, приводит к изменению их электрофизических свойств. Таким изменением является также формирование структур с нелинейной зависимостью проводимости за счет образования дефектов с разной концентрацией между объемной и приповерхностной облученной областями [1]. При использовании этого метода формирования структур с нелинейной проводимостью важным является изучение механизма теплового разогрева этих материалов CO_2 лазером. В многих работах [2,3] по исследованию теплового нагрева полупроводниковых материалов оптическим излучением с $h\nu < E_g$ считается, что одной из важнейших особенностей этого взаимодействия является наличие сильно выраженной зависимости коэффициента поглощения от температуры. Для материалов A_2B_6 такая зависимость коэффициента поглощения проявляется только при наличии поглощающих центров, что может быть связано с дефектностью облучаемого материала, влиянием легирующей примеси, а также образованием этих особенностей при облучении.

В данной работе исследуются некоторые дефекты, влияющие на поглощение CO_2 лазерного излучения. В качестве материала использованы $p\text{-CdTe}$, $n\text{-CdS}$, $p\text{-ZnTe}$ с удельным сопротивлением больше $10^6 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ и концентрацией примеси до $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Облучение производилось CO_2 лазером мощностью до 10^3 Вт/см^2 в нормальных условиях; для выбора мощности использовалось металлическое зеркало. Нижняя граница мощности и времени облучения определялась по коэффициенту пропускания, т.е. эти параметры определялись по уменьшению коэффициента пропускания на 5–10%.

При облучении потоком мощностью 40 Вт/см^2 в течение 20–40 с склотовой поверхности CdTe образуются повреждения в виде светлых круглых пятен (рис. 1,а). Увеличение мощности облучения приводит к их размытию или росту (рис. 1,б). Последующее увеличение мощности облучения приводит к образованию на облучаемой поверхности микрокристаллов (рис. 1,в). В результате селективного травления поврежденной поверхности выявлено, что центрами повреждения являются включения теллура. Наиболее вероятно, что в области данного типа дефектов может проявляться эффект увеличения поглощения излучения и как следствие этого разогрев облучаемого материала. Образование видимых пятен на облучаемой поверхности CdTe происходит при испарении и взаимодействии паров Te с поверхностью. С увеличением мощности облучения интенсивность испарения увеличивается,



Рис. 1. Сколотая поверхность CdTe при облучении CO₂ лазером. *a* — начальная стадия образования дефектов на включениях Te (один из дефектов указан стрелкой) в результате поглощения этими центрами излучения; *б* — рост пленки CdTe с избытком Te (дефект в исходном CdTe указан стрелкой); *в* — образование поликристаллов CdTe, мощность облучения 200 Вт/см².

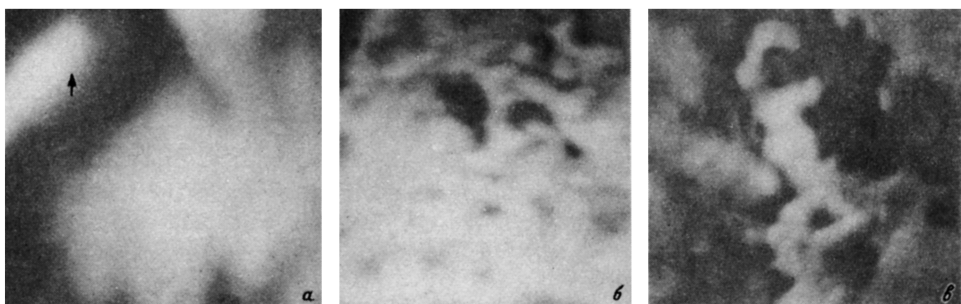


Рис. 2. Сколотая поверхность ZnTe при облучении CO₂ лазером. *a* — образование дефектов в виде металлического цинка и окислов (один из дефектов указан стрелкой); *б* — увеличение концентрации и размеров темных пятен связано с испарением Te с приповерхностной области и напыление на поверхность облучения; *в* — то же самое, что *б*, но увеличена мощность облучения.

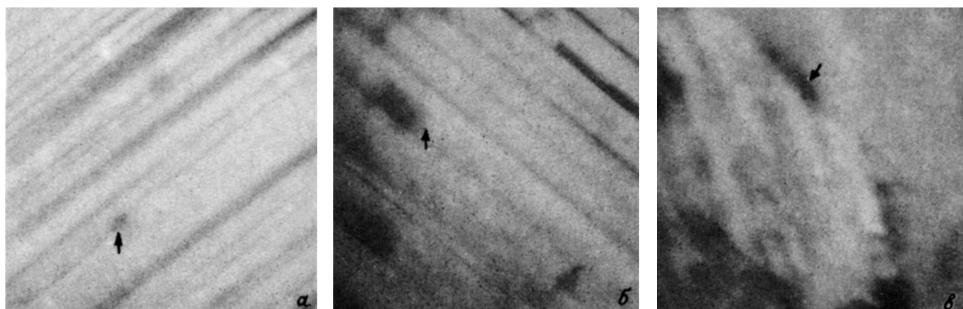


Рис. 3. Сколотая поверхность CdS при облучении CO₂ лазером. *a* — начальная стадия образования дефектов на включениях металла (один из дефектов указан стрелкой); *б* — увеличение их концентрации при более мощном облучении; *в* — зона облучения (граница зоны указана стрелкой) при испарении с поверхности облучения составных компонентов, необлученная часть запылена испаряемыми компонентами.

что приводит к росту коэффициента поглощения за счет изменения концентрации поглощающих центров, увеличению температуры и образованию микрокристаллов на облучаемой поверхности. Надо отметить, что при облучении CdTe, в котором не выявлено таких повреждений поверхности, уменьшение коэффициента пропускания являлось последствием поглощения излучения поверхностью с избытком Te, при этом нижняя граница мощности была больше в 3–5 раз.

Заметное повреждение ZnTe наблюдалось при облучении сколотой поверхности потоком мощностью 80–120 Вт/см² в течение 30–100 с. На рис. 2,а показана фотография облученной поверхности, где видны образования повреждений в виде белых пятен различной формы. Травление в HCl облученного материала показало, что такими повреждениями являются образования из металлического цинка и, возможно, ZnO. При увеличении мощности или времени облучения размеры повреждений увеличиваются, что приводит к образованию сплошной пленки, при этом под пленкой происходят значительные структурные изменения (рис. 2,б). Повторное облучение такой поверхности приводит к росту дефектов (рис. 2,в). Начальное образование таких дефектов в ZnTe может проявляться при изменении концентрации Te на облучаемой поверхности. Такие изменения концентрации Te могут быть связаны с окислением, испарением и дефектами поверхности.

Начальное образование дефектов на облучаемой сколотой поверхности CdS наблюдалось при мощности облучения $3-5 \cdot 10^2$ Вт/см² и времени до 100 с. Повреждения поверхности в виде темных пятен небольших размеров показаны на рис. 3а,б. С увеличением мощности облучения до $8 \cdot 10^2$ Вт/см² и при времени больше 100 с происходит значительное дефектообразование на облучаемой части поверхности. На границе облучения видна поверхностная пленка, образованная из паров компонентов исходного материала. В результате травления облученной поверхности выявлено, что начальное образование дефектов происходит при окислении металла. Наиболее вероятно, что это могут быть включения Cd или поверхностные дефекты, которые приводят к окислению кадмия.

Таким образом, тепловой разогрев широкозонных материалов A₂B₆ непрерывным действием CO₂ лазерного излучения мощностью до 10³ Вт/см² происходит при увеличении коэффициента поглощения поверхности и объемными дефектами в результате структурных превращений при взаимодействии с излучением.

Список литературы

- [1] *Плюцора Д.И., Шкумбатов П.С.* // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. Вып. 1. С. 12–14.
- [2] *Резниченко В.В., Смирнов В.Н.* // ЖТФ. 1980. Т. 50. Вып. 6. С. 1190–1195.
- [3] *Эпштейн Е.М.* // ЖТФ. 1978. Т. 48. Вып. 8. С. 1733–1736.