

- [3] Бармасов А.В., Гайсин В.А., Картужанский А.Л., Кудряшова Л.К., Новиков Б.В., Резников В.А. X Всесоюзное совещание по кинетике и механизму химических реакций в твердом теле. Черногловка, 1989. Тезисы докладов, Т.2. С. 167-169.
- [4] Глебов Л.Б., Никоноров Н.В., Петровский Г.Т. // ДАН СССР. 1988. Т. 300. № 5. С. 1100-1103.
- [5] Бармасов А.В., Кудряшова Л.К., Резников В.А., Картужанский А.Л. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 16. С. 83-87.
- [6] Карпинский Б.А. Всесоюзное совещание по росту кристаллов. Черногловка. 1988. Тезисы докладов, т. 3. С. 372-374.
- [7] Картужанский А.Л., Кудряшова Л.К., Бычков Е.А., Резников В.А. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В.
- [8] Исаакян А.Р., Соколов А.В. // Электрохимия. 1988. Т. 24. В. 9. С. 1293.

Поступило в Редакцию
23 сентября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 1

12 января 1990 г.

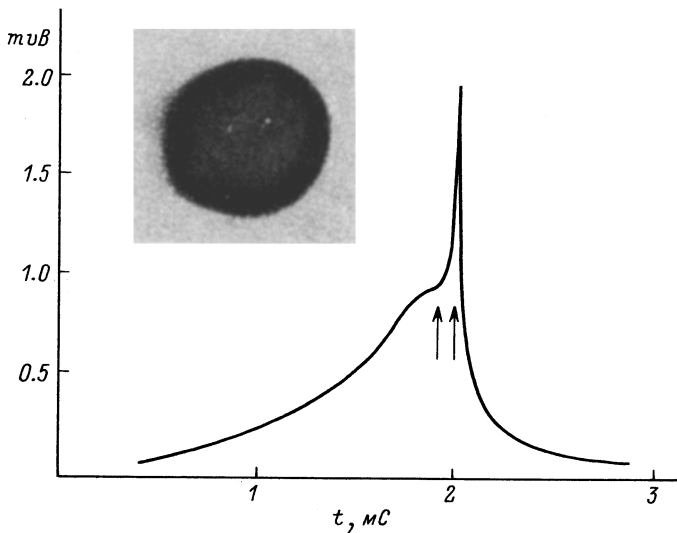
03; 12

© 1990

К МЕХАНИЗМУ СУБЛИМАЦИИ КРИОГЕННОГО ГАЗА

В.А. Резников

Теплоемкость твердого криогенного газа (ТКГ) в среднем в 3 раза меньше теплоемкости того же газа в жидком состоянии, а теплопроводность ТКГ в среднем в 3 раза больше его теплопроводности в жидком состоянии [1], что в сумме должно приводить к десятикратному росту скорости теплообмена ТКГ с нагревающей средой в сравнении с аналогичными порциями того же газа в жидком состоянии. Теплота плавления криогенных газов не менее чем в 7 раз меньше теплоты парообразования, что и определяет прямую сублимацию с поверхности ТКГ в условиях температурного напора, соответствующего прямому контакту с газом при температуре около 300 К или при облучении ИК излучением от тел, нагретых до той же температуры. Однако скоростная кинорегистрация теплообмена порции криогенного газа в объеме нагревающей жидкости, осуществляемая посредством локализации теплообмена в установившемся закрученном ламинарном потоке, показала, что скорость теплообмена не



менее чем на два порядка превышает ожидаемую в случае ТКГ в сравнении с теми же порциями газа в жидком виде.

Уточнение скорости сублимации ТКГ было произведено измерением длительности импульса давления по времени нарастания акустического сигнала. С помощью криогенной капельницы, работающей по принципу конденсации из пара в капилляре, охлаждаемом гелием или азотом, порция сжиженного газа помещалась в пьезоакустический датчик, подключаемый ко входу осциллографа (С1-103). Затвердевание порции газа происходило в парах газа-охлаждителя. Сублимацию проводили нагревом излучения лазерного импульса ($\lambda = 1063$ нм) или фокусированным светом лампы ИСШ-15 с длительностью импульса не более 100 мкс. Фокусированием излучения на образец и ограничением мощности импульса до уровня 10^{-3} Вт/см² исключалось получение ложных сигналов.

Форма огибающей регистрируемого сигнала имеет два максимума (см. рисунок). Время нарастания сигнала до первого максимума находится в пределах 10^{-3} - $3 \cdot 10^{-3}$ с. Время нарастания сигнала от первого до второго максимума находится в пределах 10^{-4} - 10^{-5} с. Амплитуда сигнала во втором максимуме зависит от типа исследуемого газа и наибольшая при сублимации метана охлажденного до твердого состояния в атмосфере воздуха или азота. Существенно меньшая амплитуда первого максимума в сравнении со вторым и слабая зависимость времени нарастания сигнала до первого максимума от типа газа позволяет считать, что фактическая сублимация происходит за 10^{-4} - 10^{-5} с.

Можно предположить, что высокая скорость сублимации связана с сублимацией всего объема ТКГ, а неравномерность нарастания сигнала связана с сублимацией всего объема ТКГ, происходящей в две стадии. Первая стадия – это разрушение связей между кристаллитами в областях примесного включения и образование „пара“ из микрочастиц ТКГ. Вторая стадия – собственно сублимация микрочастиц ТКГ до молекулярного уровня. Газ, используемый в экспериментах, не является чистым исходно, а его конденсация и затвердевание происходят в атмосфере другого газа, тем самым ТКГ является многокомпонентным [2] и представляет собой твердый раствор или поликристалл с большим количеством примесей [3]. В том и другом случаях в объеме ТКГ имеется большое число относительно слабых связей, что и позволяет допустить возможность разрушения до уровня кристаллитов. Однако такая модель справедлива лишь когда исключена роль поверхности, т. к. при малых размерах частиц избыток поверхностной энергии должен привести к переохлаждению, образованию капелек и замедлению скорости теплообмена.

Причиной, исключающей формирование капелек и способствующей полной сублимации, может быть электростатический разряд, существование которого показано [4, 5] при разрушении поверхности диэлектриков и полупроводников. Электроразрядный механизм сублимации правомерен по отношению к кристаллитам ТКГ, т. к. энергии поверхности и объема сопоставимы, а плотность образующихся зарядов достаточна для диссоциации частиц [6, 7]. В рамках такой модели объясняется увеличение амплитуды сигнала в случае сублимации метана тем, что происходит химическая реакция между ним и кислородом.

Для регистрации электроразрядов при сублимации ТКГ был использован фотоматериал на основе микрокристаллов галоидосеребряного суперионного соединения [8], который при испытании его свойств показал аномально высокую чувствительность к электростатическим разрядам в сравнении с обычными фотоматериалами, а также способность к образованию скрытого фотографического изображения в условиях криогенных температур. Предварительно было установлено, что ИК-излучение, инициирующее сублимацию, не дает устойчивого изображения на используемом фотоматериале. Порция ТКГ помещалась на образце фотоматериала аналогично, как и в случае регистрации акустического сигнала. Фотоматериал проявлялся без предварительного отогрева, что исключало возможность регрессии изображения.

На рисунке представлено изображение круглого пятна от полусферической отвержденной капли, что является подтверждением образования электрических разрядов при сублимации ТКГ.

Электроразрядовая модель сублимации ТКГ позволяет объяснить эффекты взрывного горения при размораживании криогенных установок [9] относительно высокой скорости размораживания, т. е. когда имеется внутренний инициатор окислительно-восстановительного процесса.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Справочник по физическим основам криогеники / Под ред. М.П. Малкова, Энергоатомиздат. 1985. С. 135-139, 163-164.
- [2] Х е ф е р Р. Криовакуумная техника, „Энергоатомиздат“, 1983. С. 236.
- [3] К о в а л е н к о С.И., С о л о д о в н и к А.А. // ФНТ. Т. 11. № 2. С. 206-208.
- [4] Л и п с о н А.Г. и др. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 12. В. 21.
- [5] Л о п а т е н к о С.В. // Заводская лаб. 1986. № 3. С. 25-28.
- [6] Р а ш б а Э.И., Ш е р м а н Е.Я. // ФНТ. 1986. Т. 12. № 10.
- [7] Ф у г о л ь И.Я. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 46. В. 8. С. 308-311.
- [8] К а р т у ж а н с к и й А.Л. и др. // ЖНиПФИК. Т. 33. № 5. С. 381.
- [9] Взрывобезопасность воздухоразделительных установок / Под ред. В.П. Белякова, В.И. Файнштейна, Химия, 1986. С. 19-26.

Поступило в Редакцию
2 октября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 1 12 января 1990 г.

06.2; 07

© 1990

ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ $p-i-n$ СТРУКТУР
И СТРУКТУР С БАРЬЕРОМ ШОТТКИ НА ОСНОВЕ $\alpha-Si:H$
В ОБЛАСТИ УФ ИЗЛУЧЕНИЯ

Ж. А т а е в, В.А. В а с и л ь е в, А.С. В о л к о в,
М.М. М е з д р о г и н а, Е.И. Т е р у к о в

Тонкопленочные $p-i-n$ структуры и структуры с барьером Шоттки ($n-i$ -металл) на основе аморфного гидрогенизированного кремния ($\alpha-Si:H$) являются, как известно, эффективными преобразователями электромагнитного излучения и широко используются для создания солнечных фотоэлементов. Изучение спектральной фоточувствительности таких структур было проведено в ближней ИК и видимой областях спектра, причем было показано, что квантовая эффективность сбора носителей заряда (η_c) может достигать 0.5-0.7 элек/фотон в области энергий $\hbar\omega=2.4-2.5$ эВ [1-4].