

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] П и н с к е р З.Г. Рентгеновская кристаллооптика. М.: Наука. 1982. С. 390.
- [2] А л е к с а н д р о в Ю.А., Ш а р а п о в Э.И., Ч е р Л. Дифракционные методы в нейтронной физике. М.: Энергоиздат. 1981. С. 216.
- [3] И о л и н Е.М., Э н т и н И.Р. // ЖЭТФ. 1983. Т. 85. С. 1692-1700.
- [4] И о л и н Е.М., З о л о т о я б к о Э.В., Р а й т - м а н Э.А., К у в а л д и н Б.В., Г а в р и л о в В.Н. // ЖЭТФ. 1986. Т. 91. С. 2132-2139.
- [5] Э н т и н И.Р., П у ч к о в а И.А. // ФТТ. 1984. Т. 26. С. 3320-3324.
- [6] А с с у р К.П., Э н т и н И.Р. // ФТТ. 1982. Т. 24. С. 2122-2129.
- [7] Э н т и н И.Р. // Динамическая и кинематическая дифракция рентгеновских лучей на кристаллах, сильно искаженных ультразвуковыми колебаниями. Препринт ИФТТ АН СССР, Т-04131, Черногловка, 1986 с.
- [8] Г а в р и л о в В.Н., З о л о т о я б к о Э.В., И о - л и н Е.М. Дифракция мессбауэровского излучения в монокристалле кремния при высокочастотном ультразвуковом возбуждении. Геометрия Брэгга. Препринт ЛАФИ-094, Саласпилс, 1986.

Институт физики
АН Латв. ССР, Саласпилс

Поступило в Редакцию
12 октября 1988 г.
В окончательной редакции
30 января 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 8

26 апреля 1989 г.

03; 04

ПРЕДВЕСТНИК УДАРНОЙ ВОЛНЫ В ПЛАЗМЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

И.В. Б а с а р г и н, Г.И. М и ш и н

Исследования ударных волн (УВ) в слабоионизованной неравновесной плазме привели к обнаружению ряда их необычных свойств [1-9]. Для объяснения наблюдавшихся эффектов была выдвинута версия [7], что перед УВ в плазме возникает тепловой предвестник, существенным образом изменяющий параметры и динамику УВ. Предполагалось, что плотность газа в предвестнике понижена, а давление незначительно отличается от давления окружающего газа.

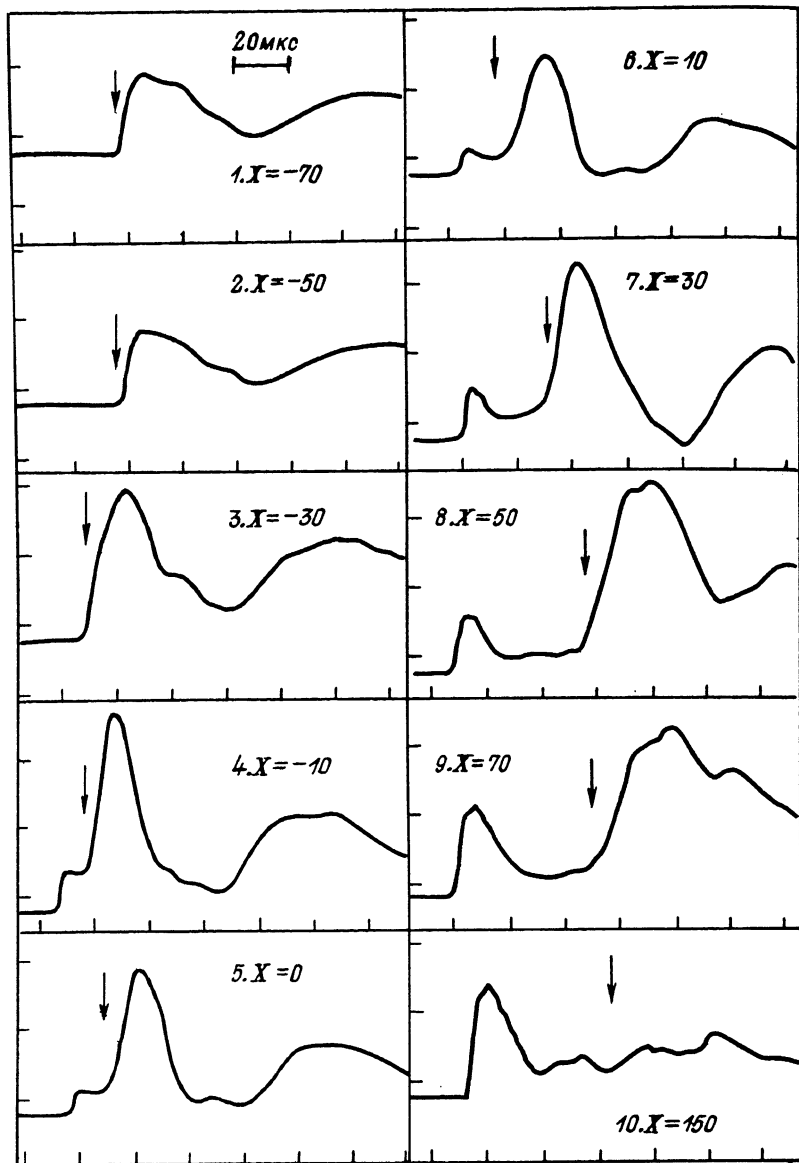


Рис. 1. Осциллограммы импульсов давления в различных точках вдоль диаметра плазменного столба вертикально ориентировочного тлеющего разряда при поперечном распространении в нем ударной волны. Положение УВ отмечено стрелкой; X - координата датчика давления в мм, отсчитываемая от оси разряда; скорость развертки 20 мкс/деление; чувствительность: 1 - 1 в/д, 2 - 0.5 в/д, 3 - 0.1 в/д, 4-6 - 50 мв/д, 7-9 - 20 мв/д, 10 - 10 мв/д.

На появление предвестника косвенно указывали некоторые экспериментальные факты [8]. Существование предвестника впервые было зарегистрировано авторами работы [9] при исследовании распространения УВ в продольном тлеющем разряде в воздухе (давление 6 торр, скорость входа УВ в разряд 1000 м/с, скорость УВ в плазме 1500 м/с).

Предвестник формировался в процессе движения УВ вдоль разряда и на расстоянии, большем 50 мм от начала плазменной области, приобретая стационарный вид: плотность газа в нем была ниже плотности газа в плазме, а давление составляло приблизительно лишь четвертую часть давления в УВ. Ширина предвестника равнялась ~30 мм.

В настоящей работе описываются результаты изучения свойств УВ, распространяющейся поперек вертикально ориентированного тлеющего разряда в воздухе (сила тока в разряде 1.1 А, диаметр плазменного столба ~100 мм, температура газа на оси разряда 1400 К, давление 33 торра).

Постепенное увеличение интенсивности входящих в плазму УВ показало, что возникновение предвестника имеет порог. Предвестники существуют перед УВ, скорость которых превышает ~600 м/с.

Эксперименты, проведенные с такими УВ, привели к обнаружению сложной эволюции предвестника и УВ при их движении в плазме тлеющего разряда.

На рис. 1 приведены осциллограммы импульсов давления, записанные с помощью торцевого датчика [5], ориентированного навстречу УВ, входящей в плазму со скоростью ~1100 м/с (в районе $X = 0$ вследствие расширения течения скорость УВ в отсутствие разряда равнялась ~620 м/с). Предвестник возникал практически сразу при входе УВ в область разряда и по мере ее продвижения в глубь плазмы ($X \approx -25$ мм) происходило формирование его развитой стадии.

Однако, в отличие от ранее наблюдавшейся картины [9], в данном случае предвестник не сохранял стационарную форму. Вследствие того что скорость фронта предвестника была ~2000 м/с, т.е. больше чем скорость генерирующей его УВ ~1000 м/с, протяженность предвестника постепенно увеличивалась и в центральной зоне разряда достигала около 30 мм. В дальнейшем предвестник начинал существенным образом изменять свои параметры. Развивавшуюся при этом картину оказалось возможным интерпретировать как отход предвестника от УВ, поскольку давление в области между предвестником и УВ было в 2-3 раза меньше, чем в предвестнике.

Выйдя из плазмы, предвестник и УВ имели сверхзвуковую скорость ($M \approx 1.5$), при этом предвестник сохранял свою форму, а УВ быстро размывалась.

Изменения амплитуд предвестника и УВ в процессе их движения в плазме показаны на рис. 2, там же нанесены для сравнения значения амплитуд УВ в тех же условиях, но при погашенном разряде.

Как можно видеть, при продвижении УВ в плазму амплитуда предвестника сначала уменьшалась быстрее, чем амплитуда УВ, и в

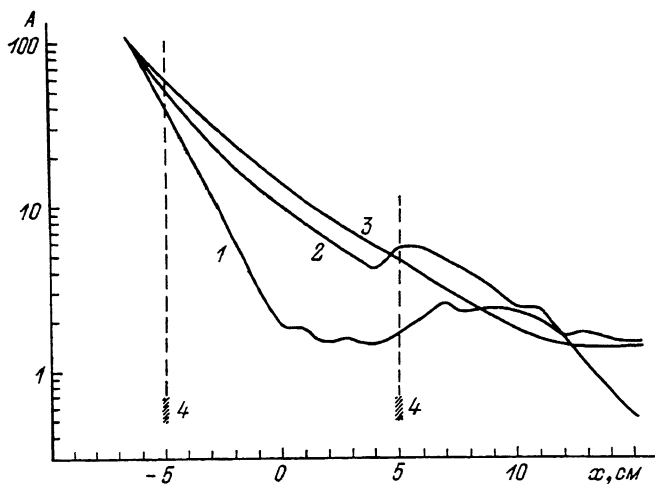


Рис. 2. Изменения амплитуд предвестника и ударной волны в процессе их движения в плазме. 1 - амплитуда предвестника, 2 - амплитуда УВ в плазме, 3 - амплитуда УВ при тех же условиях без разряда, 4 - границы плазменной области.

центральной зоне разряда составляла приблизительно $1/5$ от амплитуды УВ. После прохождения оси разряда предвестник незначительно изменял свою амплитуду, а амплитуда УВ продолжала уменьшаться, поэтому перед выходом из пазмы ($X \approx 40$ мм) отношение амплитуд предвестника и УВ составляло уже около $1/3$.

Отделившись от УВ предвестник двигался в автомоделном режиме, оставляя за собой УВ с сильно растянутым (~ 10 мм) передним фронтом.

Рассмотрение зависимостей амплитуды предвестника в центре разряда и на выходе из него от скорости входа УВ показало, что с ее увеличением амплитуда предвестника возрастает. Для скоростей входящих УВ, больших ~ 700 м/с, эта зависимость была близка к линейной. При уменьшении скорости входящей в плазму УВ амплитуда предвестника не уменьшалась до нуля, а имела минимальное значение, регистрируемое при скорости входа УВ ~ 600 м/с.

На границе разряда имел место связанный с выходом из тепловой неоднородности скачок амплитуды УВ (одновременно регистрировалось соответствующее ему увеличение скорости УВ). В свою очередь при выходе предвестника из области разряда наблюдался подъем его амплитуды, обусловленный исчезновением заряженной компоненты и ростом плотности газа.

С целью выяснения механизма столь неожиданного поведения УВ в плазме исследовалось ее прохождение через создаваемую электрической печкой осесимметричную тепловую неоднородность ($P=3.3$ торра, температура воздуха на оси неоднородности 700 К), радиальный

профиль температуры в которой был подобен существовавшему в разряде. В широком диапазоне режимов УВ ее параметры (скорость, амплитуда) не отличались от соответствующих расчетных „тепловых“ значений, причем крутизна фронта УВ при этом не уменьшалась, а предвестник не появлялся.

Кроме того, были проведены эксперименты в вертикальном тлеющем разряде в аргоне (примесь воздуха меньше 1% по давлению), при аналогичных плазме воздуха условиях ($P = 33$ торра, ток в разряде 1.1 А).

Оказалось, что при распространении УВ в плазме одноатомного газа перед ней также образуется предвестник, и наблюдаемое явление в целом полностью адекватно тому, которое было обнаружено в плазме воздуха.

Следовательно, определяющие явление процессы обусловлены существованием в плазме заряженных частиц, а не наличием градиентов температуры и не свойствами молекул газов.

Снятие осциллограмм тока и напряжения в разряде позволило установить, что их изменения происходят лишь в момент входа в область плазмы контактной поверхности и спутного потока. Таким образом описанные выше процессы в УВ в тлеющем разряде протекают в условиях стационарной плазмы.

Обнаруженное явление подтверждает версию [7], в соответствии с которой большая скорость предвестника при существовании в нем относительно небольшого давления объясняется нагревом образующего его газа. Рост температуры в предвестнике, возможно, происходит за счет диссипации ионно-звуковых волн и наличия на фронте генерирующей его УВ двойного электрического слоя, вызванного разделением зарядов.

Вследствие того что крутой фронт предвестника сохраняется и при его последующем движении, связанная с разделением зарядов разность потенциалов существует на фронте предвестника во всей плазменной области. Проходя эту разность потенциалов, электроны увеличивают свою энергию на значительно большую величину, чем при адиабатическом сжатии [10]. Эта энергия за счет упругих соударений электронов с нейтралами трансформируется в тепловую энергию газа [11].

Амплитуда УВ превосходит величину, соответствующую скорости в плазме, а амплитуда предвестника много меньше, чем значение, соответствующее числу M его движения, что указывает на нетривиальность наблюдаемого явления.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Климов А.И., Коблов А.Н., Мишин Г.И. и др. // Письма в ЖТФ. 1982. Т. 8. № 7. С. 439-443.
- [2] Климов А.И., Коблов А.Н., Мишин Г.И. и др. // Письма в ЖТФ. 1982. Т. 8. № 9. С. 551-554.
- [3] Горшков В.А., Климов А.И., Коблов А.Н. и др. // ЖТФ. 1984. № 3. С. 995-998.

- [4] Б а с а р г и н И.В., М и ш и н Г.И. Препринт № 880
ФТИ АН СССР. Л., 1984. 22 с.
- [5] Б а с а р г и н И.В., М и ш и н Г.И. // Письма в ЖТФ.
1985. Т. 11. № 4. С. 209-215.
- [6] Г р а ч е в Л.П., Е с а к о в Н.И., М и ш и н Г.И. и
др. // ЖТФ. 1985. Т. 55. № 5. С. 972-975.
- [7] М и ш и н Г.И. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 11. № 5.
С. 274-278.
- [8] Б а с а р г и н И.В., М и ш и н Г.И. // Письма в ЖТФ.
1985. Т. 11. № 21. С. 1297-1303.
- [9] Г о р ш к о в В.А., К л и м о в А.И., М и ш и н Г.И.,
Ф е д о т о в А.Б., Я в о р И.П. // ЖТФ. 1987. № 10.
С. 1893-1898.
- [10] Д е р ж и е в В.И., Ж и д к о в А.Г., Я к о в л е н -
к о С.И. Излучение ионов в неравновесной плотной плазме.
М.: Энергоатомиздат, 1986. 106 с.
- [11] I n g a r d U. // The Physical Review. 1966.
V. 145. N 1. P. 41-46.

Поступило в Редакцию
9 марта 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 8

26 апреля 1989 г.

06.3; 07

ФОТОИНДУЦИРОВАННОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ
В ОПТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДАХ НА ОСНОВЕ
ЛЕГИРОВАННОГО ТИТАНАТА ВИСМУТА ($Bi_{12}TiO_{20}$)

В.М. А б у с е в, Е.И. Л е о н о в,
А.А. Л и п о в с к и й

В последние годы в системах записи, хранения и обработки оптической информации широко применяются монокристаллы типа силленитов [1, 2]. Изучение фотоиндуцированного поглощения света (ФИП) в таких монокристаллах позволяет существенно расширить представление об их энергетической структуре и возможностях воздействия на нее. Эффект ФИП также может быть использован при построении оптических устройств, управляемых светом. Большой интерес представляет реализация ФИП в оптических волноводах (ОВ) на основе монокристаллов типа силленитов [3].

Исследование ФИП при комнатной температуре в монокристаллических пленочных световодах $Bi_{12}TiO_{20} : Fe$ [3] ранее позволило нам определить спектральную зависимость ФИП, его зависимость от соотношения интенсивностей засвечивающего и считывающего излучения, а также обнаружить фотоиндуцированное нелинейное пропускание ОВ $Bi_{12}TiO_{20}$ [4].