

Несомненно, исследование двойниковой структуры — выявление двойников в кристаллах кварца с последующей браковкой кристаллов, не пригодных для производства, — является актуальной задачей.

Ереванский государственный
университет

Поступила 22. VII. 1981

ЛИТЕРАТУРА

1. Кабанович И. В. и др. Электронная техника, сер. 10, Радиocomпоненты, вып. 3, 33 (1972).
2. Ярославский М. И., Васин И. Г. Кристаллография, 5, 603 (1956).
3. Цинзерлинг Е. В. Искусственные двойникования в кварце. Изд. АН СССР, М., 1969.
4. Шубников А. В. Кварц и его применения, Изд. АН СССР, М., 1940.
5. Lang A. R. J. Appl. Phys., 29, 597 (1958).

ԿՎԱՐՏԻ ՄՈՆՈԲՅՈՒՐԵՂՈՒՄ ԵՐԿԱԿԻ ՁԵՎԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ՌԵՆՏԳԵՆՅԱՆ ՄԵԹՈԴ

Ս. Հ. ԱԴԱՄՅԱՆ, Պ. Հ. ԲԵԶԻՐԳԱՆՅԱՆ

Աշխատանքում ցույց է տրված, որ կվարցի մոնոբյուրեղում աճման ժամանակ կարող են առաջանալ երկակի ձևեր, որոնք կարելի է հայտնաբերել միայն ռենտգենյան տոպոգրաֆիայի մեթոդներով, երբ նմուշը գտնվում է արտաքին էլեկտրաստատիկ դաշտի ազդեցության տակ:

X-RADIOGRAPHIC METHOD FOR THE DETECTION OF TWINS IN QUARTZ MONOCRYSTALS

S. A. ADAMYAN, P. A. BEZIRGANYAN

It is shown that to detect the regions of twinning by means of X-radiography during the growth of quartz monocrystals, one should apply an external electrostatic field to an oblique cut specimen.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, 17, 341—347 (1982)

ГИБКИЙ ГАЗОНАПОЛНЕННЫЙ МЕТАЛЛО-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ВОЛНОВОД ДЛЯ ВОЛНОВОДНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ

Ю. Н. КАЗАНЦЕВ, Е. Н. КОРШУНОВА, В. И. МАРЬИН,
Л. И. ПАНГОНИС, А. Н. СИВОВ, Д. Е. СИМОНЯН

Целесообразность сооружения волноводных линий передачи большой протяженности (например, широкополосных волноводных линий связи) в значительной мере определяется технико-экономическими показателями используемых в таких линиях волноводов. В настоящей работе обсуждаются вопросы, связанные с возможностью использования при сооружении таких линий передачи гибких газонаполненных металло-диэлектрических волноводов (ГМДВ) круглого сечения с рабочей волной H_{01} [1, 2], кото-

рые по своим электрическим параметрам близки к цельнометаллическим, покрытым диэлектрической пленкой круглым волноводам того же диаметра, но имеют примерно на два порядка меньшую стоимость изготовления, чем известные цельнометаллические волноводы [3], и ввиду того, что материалоемкость и вес ГМДВ линейно зависят от диаметра, они могут эффективно использоваться не только в миллиметровом, но и в сантиметровом диапазоне волн.

Суммарные потери рабочей волны в многоволновых волноводах состоят из тепловых потерь и потерь на преобразование в паразитные типы волн. Тепловые потери определяются эффективной проводимостью металлического токонесущего слоя и параметрами (толщиной и диэлектрической проницаемостью) диэлектрической расфазирющей пленки в случае ее нанесения на внутреннюю поверхность волновода. Потери на преобразование обусловлены механическими неоднородностями, определяемыми технологией изготовления волновода, способом его монтажа и условиями эксплуатации.

ГМДВ круглого сечения для передачи волны H_{01} с малым погонным затуханием представляет собой легкую пленочную конструкцию. Круговую форму поперечного сечения волновод приобретает за счет избыточного давления сухого воздуха или другого газа в герметичном полом канале, ограниченном стенками из двух фольгированных лент 1, соединенных по краям между собой продольными соединительными швами 2 (рис. 1а). В нерабочем состоянии (отсутствует газ-наполнитель) волновод представляет собой плоскую ленту (рис. 1б).

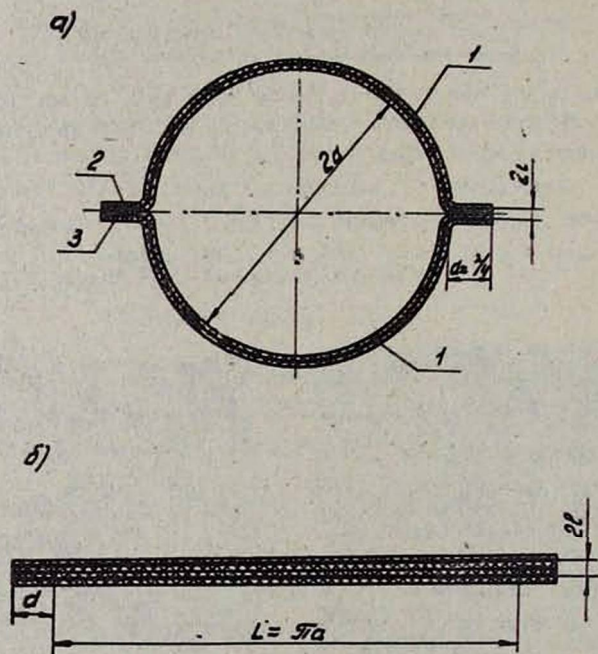


Рис. 1. Конструкция круглого ГМДВ
а) - рабочее состояние
б) - нерабочее состояние

Конструкция и технология производства ГМДВ предусматривает применение нового вида материала — многослойной фольгированной или металлизированной пленки — для его изготовления [1, 2]. Применяется пленка с композиционной структурой полимер—алюминиевая фольга—полимер (рис. 2). Так, в ГМДВ, изготовленном из пленки со структурой полиэтилентерефталат—алюминиевая фольга—полиэтилен, роль токопроводящего слоя выполняет алюминиевая фольга. Полиэтилен позволяет достаточно просто осуществлять соединение между собой исходных лент-заготовок (посредством сварных или клеевых швов) в процессе изготовления волновода. Одновременно он выполняет роль расфазировочного, а также антикоррозийного покрытия. Полиэтилентерефталат выполняет роль несущей оболочки и антикоррозийного покрытия.

Края лент 1, соединенные между собой по полимерному слою без гальванического соединения кромок фольги, образуют два разомкнутых на краях дополнительных плоских волновода 3 с шириной d и зазором $2l$ между плоскими металлическими стенками, причем зазоры эти заполнены диэлектриком (рис. 1а). Несмотря на то, что контур поперечного сечения ГМДВ и не является короткозамкнутым по постоянному току, потери на излучение в таком волноводе при антирезонансной ширине d дополнительных плоских волноводов весьма незначительны [4].



Рис. 2. Композиционная металло-полимерная пленка: 1 — токопроводящий металлический слой; 2 — расфазировочный диэлектрический слой; 3 — защитный диэлектрический слой.

В настоящей работе на основании проведенных лабораторных исследований экспериментальных образцов круглого ГМДВ с рабочей волной H_{01} обсуждается возможность применения таких волноводов в линейных трактах линий передачи большой протяженности в миллиметровом и сантиметровом диапазонах радиоволн.

Суммарные потери

Суммарные потери рабочей волны H_{01} в круглом ГМДВ складываются из тепловых потерь в алюминиевых стенках волновода, потерь в расфазировочном диэлектрическом слое, потерь, обусловленных парой дополнительных плоских волноводов (тепловые потери в металле, заполняющем диэлектрике и потери на излучение), и потерь на преобразование в другие типы волн на неоднородностях. Суммарные измеренные потери в лучших лабораторных образцах круглых ГМДВ диаметром 60 мм в полосе частот $34 \div 38$ ГГц составили 4—5 дБ/км.

Суммарные потери в известных круглых цельнометаллических волноводах с медным токонесущим слоем имеют величину порядка 2—4 дБ/км в диапазоне $30 \div 100$ ГГц [5].

Тепловые потери

Тепловые потери в стенках ГМДВ диаметром 60 мм с токопроводящим слоем из алюминия в полосе частот $34 \div 38$ ГГц составляют, согласно расчетам, около 1,5 дБ/км. Расчетные тепловые потери в полиэтиленовом слое в той же полосе частот имеют величину порядка 0,005 дБ/км. Потери, обусловленные наличием двух дополнительных плоских волноводов, при правильно выбранных размерах d и $2l$ не превышают 0,1 дБ/км. Таким образом, для ГМДВ расчетные тепловые потери и потери на излучение не превышают 2 дБ/км.

На частоте 37 ГГц тепловые потери в металле для цельнометаллического волновода с диэлектрической пленкой при внутреннем диаметре 60 мм и эффективной удельной проводимости токопроводящего слоя, равной проводимости стандартной меди, составляют 1,07 дБ/км (расчетное значение). В реальности эта величина получается несколько большей, так как она зависит от технологии нанесения токопроводящего слоя. Тепловые потери при этом зависят от удельной электропроводности и микрошероховатостей на поверхности очень тонкого скин-слоя (не более 3 мкм для данного диапазона частот). Поэтому независимо от способа получения токопроводящего слоя с целью уменьшения тепловых потерь в стенках цельнометаллических волноводов необходимо проведение дополнительных технологических операций по обработке внутренней поверхности волноводов [3].

Предложенный волновод (ГМДВ) не требует подобных трудоемких технологических операций, поскольку эффективная проводимость алюминиевой фольги, применяемой в качестве токопроводящего слоя, близка к проводимости идеальной поверхности.

Измеренные резонансным методом [6] потери в образцах круглых ГМДВ диаметром 60 мм в 2—2,5 раза превышают расчетные тепловые потери и определяют верхний возможный предел значения реальных тепловых потерь.

Потери на преобразование

Преобразование рабочей волны H_{01} в паразитные типы волн вызывается различными механическими неоднородностями волноводного тракта и, в частности, неоднородностями собственно волновода. Последние можно разделить на два основных вида: сосредоточенные и распределенные.

К сосредоточенным неоднородностям относятся в первую очередь неоднородности в стыковых соединениях волноводных секций [3]. В тракте из ГМДВ суммарные потери на стыках малы по той причине, что волноводы изготавливаются протяженными отрезками. ГМДВ могут быть изготовлены практически неограниченной длины. В настоящее время изготовлены образцы таких волноводов длиной до 150 метров.

Распределенные неоднородности подразделяются, в свою очередь, на два вида — технологические неоднородности, возникающие при изготовлении волноводов, и монтажно-эксплуатационные неоднородности, обусловленные способом прокладки и условиями эксплуатации волноводных ли-

ний [3]. К распределенным неоднородностям в первую очередь относятся: изгиб оси, изменение диаметра и эллиптичности вдоль оси волновода.

Технологические неоднородности

Технологические неоднородности для ГМДВ определяются характером технологических операций при его изготовлении. Принят следующий порядок основных технологических операций: изготовление исходных лент-заготовок, сварка, калибровка.

Изгибы оси ГМДВ в определенной мере зависят от прямолинейности исходных лент-заготовок. Последние должны иметь прямую ось (± 5 мм), что достигается при разрезании рулонов с фольгированной пленкой на ленты-заготовки на специальном устройстве, обеспечивающем заданные допуски на прямолинейность и ширину лент.

Неизменность диаметра волновода вдоль его оси обеспечивается использованием плоского фторопластового калибра, расположенного между соединяемыми лентами в зоне сварки волновода. Это позволяет выдерживать постоянное расстояние между соединительными швами в процессе изготовления ГМДВ. Размер d , определяющий антирезонансный режим работы дополнительных плоских волноводов, обеспечивается калибровкой ширины соединительных швов [2].

Контроль геометрических размеров образцов ГМДВ осуществлялся непосредственно после их изготовления. При этом образцы волноводов, изготовленных по технологическому циклу, включающему все перечисленные выше операции, были значительно лучше образцов, при изготовлении которых опускалась какая-либо из операций.

Измеренные методом ряда импульсов [5] суммарные потери на волне H_{01} в различных образцах круглых ГМДВ диаметром 60 мм также характеризуют степень регулярности волноводов. При проведении этих измерений были приняты меры, уменьшающие влияние неоднородностей, обусловленных способом прокладки волновода. Поэтому преобразование в исследованных образцах было связано в основном с технологическими неоднородностями.

По результатам измерений лучших образцов длиной 50 м потери на преобразование волны H_{01} на неоднородностях в паразитные типы волн в полосе частот 34—38 ГГц не превышают 3 дБ/км. Увеличение суммарных потерь и потерь на преобразование в ГМДВ по сравнению с цельнометаллическими волноводами с диэлектрической пленкой связано с несколько худшими геометрическими допусками, что обусловлено главным образом свойствами применяемых пленочных материалов. Так, например, исследованные образцы ГМДВ имели допуски на отклонение диаметра $\pm 0,1$ мм, тогда как допуски на отклонение диаметра для круглых цельнометаллических волноводов составляют $\pm 0,05$ мм [3].

Возможность дальнейшего снижения потерь на преобразование в ГМДВ связана с разработкой новых фольгированных материалов, позволяющих при той же технологии получать более регулярные волноводы. В свою очередь усовершенствование технологии может позволить повысить требования на допуски геометрических размеров изготавливаемых образцов волноводов.

Монтажно-эксплуатационные неоднородности обусловлены в основном случайными деформациями во время транспортировки волноводов, а также деформациями, связанными со способом прокладки и условиями эксплуатации волноводных линий. Для того, чтобы эти деформации не превышали допустимого уровня значений, предъявляются специальные требования к таре, погрузочно-разгрузочным работам, монтажу и защитным мерам в процессе эксплуатации [3].

Деформации, обусловленные транспортировкой, для ГМДВ сведены к минимуму благодаря его конструкции. В нерабочем состоянии ГМДВ имеет плоскую форму и независимо от размеров поперечного сечения волновода он компактно сматывается на катушки небольшого диаметра. Транспортировка и хранение ГМДВ осуществляется на специальных катушках [7]. Так, например, габариты транспортной катушки для отрезка ГМДВ диаметром 60 мм и длиной 100 м не превышают в диаметре 1 м при ширине около 150 мм.

Деформации, связанные с погрузочно-разгрузочными работами, по-видимому, не должны быть значительными, так как ГМДВ обладает существенно меньшим по сравнению с цельнометаллическими волноводами весом. Так, например, отрезок ГМДВ диаметром 60 мм и длиной 100 метров весит вместе с транспортной катушкой не более 10 кг.

Деформации, связанные с механическими воздействиями окружающей среды в процессе эксплуатации волноводных линий по-видимому должны быть минимальными при их прокладке способом «труба в трубе», наиболее оптимальном для ГМДВ. Необходимая прямолинейность оси волновода достигается за счет приложения к нему незначительного осевого натяжения.

Заключение

Проведенные исследования указывают на возможность применения ГМДВ в протяженных волноводных трактах (например, в линиях связи). Окончательно технико-экономические показатели волноводных трактов на основе ГМДВ могут быть определены лишь после сооружения и испытаний опытного волноводного тракта из ГМДВ, изготовленных на основе серийной технологии производства, проложенного в полевых условиях с использованием реальных способов прокладки. Эти испытания позволят сопоставить параметры трактов на основе ГМДВ и трактов, состоящих из цельнометаллических волноводных секций с диэлектрической пленкой или спиральных волноводных секций.

Можно ожидать, что ГМДВ окажутся перспективными для использования в волноводных линиях передачи благодаря целому ряду достоинств:

- 1) существенно меньшим (в среднем на два порядка) по сравнению с традиционными металлическими и металло-диэлектрическими волноводами весу и стоимости при тех же размерах поперечного сечения и по существу тех же электрических характеристиках;

- 2) значительному снижению материальных и трудовых затрат, связанных с практической реализацией протяженных волноводных линий передачи;

3) возможности намотки ГМДВ в нерабочем состоянии на катушки малого диаметра бесстыковыми отрезками длиной до нескольких сотен метров независимо от размеров поперечного сечения волновода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веселков Г. П. и др. Авт. св. № 832635. Бюлл. изобр. № 19, 1981.
2. Пантонис Л. И. и др. Патент Англии № 1598001, 1981.
3. Дмитриченко В. М. Вопросы радиоэлектроники, техника проводной связи, вып. 4, сер. XI, 1965.
4. Нефедов Е. И., Сивов А. Н. Электродинамика периодических структур, Изд. Наука, М., 1977.
5. Волноводы дальней связи (под ред. Н. П. Керженцевой), Изд. Связь, М., 1972.
6. Вазанов Р. Б., Матвеев Р. Ф., Мериакри В. В. Многоволновые волноводы со случайными нерегулярностями, Изд. Сов. радио, М., 1972.
7. Марьян В. И. и др. Авт. св. № 552657, Бюлл. изобр. № 12, 1977.

ՀԿՈՒՆ, ԳԱԶՈՎ ԼՑՎԱԾ ՄԵՏԱԼԱ-ԴԻԷԼԵԿՏՐԻԿԱԿԱՆ ԱՎԻՔԱՏԱՐ ԱՎԻՔԱՏԱՐԱՅԻՆ ՀԱՂՈՐԴՄԱՆ ԳԾԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

ՅՈՒ. Ն. ԿԱԶԱՆՏՆԵՎ, Ե. Ն. ԿՈՐՇՈՒՆՈՎԱ, Վ. Ի. ՄԱՐՅԱՆ,
Լ. Ի. ՊԱՆԳՈՆԻՍ, Ա. Ն. ՍԻՎՈՎ, Դ. Ե. ՍԻՄՈՆՅԱՆ

Աշխատանքում նկարագրված են նոր կարգի ճկուն, դաշտով լցված մետաղա-դիէլեկտրիկական ավիքատարներ, որոնք պատրաստվում են բարակ կոմպոզիցիոն մետաղա-պոլիմերային թաղանթներից և աշխատանքային կտրվածք են ձևաք բերում ի հաշիվ նրանց մեջ լցված դաշի հավելյալ ճնշման ֆենարկված են ալգալիսի ավիքատարների օգտագործման հնարավորությունները միլիմետրային և սանտիմետրային դիապազոնի ալիքների երկարածիք հազարյան դեհրում:

FLEXIBLE GAS-FILLED METAL-DIELECTRIC WAVEGUIDE FOR WAVEGUIDE TRANSMISSION LINES

Yu. N. KAZANTSEV, E. N. KORSHUNOVA, V. I. MAR'IN,
L. I. PANGONIS, A. N. SIVOV, D. E. SIMONYAN

Waveguides of a novel class — flexible gas-filled metal-dielectric waveguides (FMDW) — are described. The FMDW are made of thin composition metal-polymer films that take the form of its cross-section owing to the excessive pressure of the filling gas. The possibility of their utilization (in particular, the utilization of round cross-section FMDW with the operating wave H_{01}) in extended transmission lines of the millimeter and centimeter wave bands is discussed.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, 17, 347—350 (1982)

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ЗОНДИРОВАНИЕ ОДНОРОДНО РАССЕИВАЮЩЕЙ АТМОСФЕРЫ СВЕТОВЫМИ ИМПУЛЬСАМИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Р. А. КАЗАРЯН, А. В. СИНЯВСКИЙ

Как известно, при импульсном зондировании атмосферы необходимо обеспечивать генерацию световых импульсов заданной формы [1—3]. Рас-