

Модуляция оптического излучения частотами гигагерцового диапазона методом биений

Домкин Кирилл Иванович

Пензенский Государственный Университет

Костюнин Александр Васильевич, к.п.н.

ego@sura.ru

Модуляция оптического излучения частотами гигагерцового диапазона (КВЧ-диапазона) достаточно сложная проблема. Как правило модуляторы этого диапазона достаточно сложные и уникальные устройства, которые являются резонансными системами, поэтому могут эффективно работать только в достаточно узких фиксированных полосах частот и, с меньшей эффективностью, на кратных частотах.

С появлением полупроводниковых лазеров, обладающих уникальной особенностью изменять длину волны (частоту) при изменении температуры кристалла, представилась возможность обеспечить модуляцию методом биений. Идея заключается в смешении излучений двух лазеров, частота одного из которых меняется. В предложенном нами «Способе воздействия лазерными излучениями, характеристики которых изменяются с частотой КВЧ - диапазона» предусмотрено использование двух полупроводниковых лазеров, излучающих на близких частотах, разность между которыми устанавливается равной необходимой частоте КВЧ - диапазона. В качестве экспериментальной установки использован интерферометр Майкельсона, с двумя источниками света. В области пространства, через которую проходят излучения лазеров, в соответствии с общефизическими законами возникают биения с частотой КВЧ, которые можно представить как вариант модуляции. Последний характеризуется возникновением нестационарной (бегущей) интерференционной картины и не получил должного рассмотрения в соответствующем разделе классической оптики. Это побудило нас к более подробному рассмотрению биений в оптическом диапазоне. С этой целью проводились эксперименты с полупроводниковыми лазерами, являющимися элементами широко распространённых лазерных указок. С помощью интерферометра Майкельсона проводилось измерение степени монохроматичности данного типа лазеров - по определению длины когерентности излучения [2], которая для отдельных экземпляров достигала 40 и более сантиметров. Таким образом установлена высокая степень монохроматичности этих лазеров- $\Delta\lambda/\lambda \approx 10^{-5} - 10^{-6}$, что соответствует полосам излучения 0,5 - 1 ГГц. При использовании интерферометров Фабри - Перо типов ИФП-1 и ИФП-5 (области свободной дисперсии которых, соответственно, 0,21 нм и 0,021 нм) выявлена зависимость длины волны лазерных ЭМИ от режима питания: данные лазеры способны изменять в небольших пределах длину волны за счёт изменения питающего тока. Качественно близкий результат был получен и на интерферометре Майкельсона [2]: исследуемая зависимость проявлялась в «стягивании» или «выходе» интерференционных колец в центре картины. Особенностью интерферометров Фабри - Перо является тот факт, что при наблюдении двух

близких волн (частот), отличающихся на величину, кратную области свободной дисперсии (т.е. $\lambda_1 - \lambda_2 = \kappa * \lambda_0$), интерференционные картины этих волн, представляющие визуально наблюдаемые концентрические кольца, совпадают. В этом случае только оптическими методами невозможно определить, совпадают ли длины волн или отличаются на величину свободной дисперсии: разность частот ЭМИ, длины волн которых отличаются в пределах области свободной дисперсии, для рассматриваемого диапазона ($\lambda \approx 640-650$ нм) довольно легко определяется из соотношения $\Delta\nu = |\nu_1 - \nu_2| = (c/\lambda_1 - c/\lambda_2 + \kappa * \lambda_0)$ и составляет величину в 150 ГГц. Таким образом, наблюдая излучение двух лазеров, длину волны одного из которых мы изменяем, с помощью интерферометра Фабри - Перо и добиваясь совпадения между собой двух картин интерференционных колец, мы можем иметь два возможных варианта результатов этого совпадения. В первом из них обе частоты действительно совпадают. В этом случае, при направлении света обоих лазеров на фотоприёмник, с чувствительностью в полосе 0,1 - 1 ГГц, в результате возникновения нулевых биений, должно регистрироваться заметное (на 30 - 40 %) увеличение шумов, регистрируемых фотоприёмником. Во втором варианте, при совпадении интерференционных колец частоты реальных волн отличаются на $\nu_1 - \nu_2 = \kappa \Delta\nu_0$ - т.е. частотный диапазон свободной дисперсии: при этом на индикаторе фотоприёмника не будет наблюдаться изменения шума. В эксперименте мы добивались ситуации, соответствующей первому варианту. Этим способом мы устанавливали режим совпадения частот лазерных ЭМИ ($\nu_1 = \nu_2$). При этом системы колец обоих лазеров совмещались. При изменении частоты управляемого лазера наблюдалась динамика выхода системы колец, формируемых излучением этого лазера, из картины колец первого лазера и смещение их до очередного совпадения с кольцами последующих порядков первого лазера. Это означает, что частота биений изменялась от нуля до 150 ГГц. Учитывая, что установленная ширина полосы спектра излучения каждого из лазеров оценивается в пределах 0,5 - 1 ГГц, можно констатировать, что и спектр частот биений имеет те же значения, а именно, 0,5 - 1 ГГц. Используемая нами, относительно грубая, методика определения частоты модуляции по разности частот ЭМИ при помощи интерферометра Фабри - Перо, допускающая наличие погрешности измерений $\approx 4 - 5$ ГГц, тем не менее, предоставила доказательство действительного формирования частоты лазерных биений в произвольно выбираемых пределах КВЧ - диапазона.

Нам не удалось встретить в литературе описания характера оптических биений, рассмотренных в этой работе. Известный ранее способ получения биений оптического излучения с использованием двух мод одного лазера имеет, с нашей точки зрения, ряд недостатков: во-первых, фиксированность разности частот, соответствующей КВЧ - диапазону, и невозможность варьирования её значением; во-вторых, одинаковую поляризацию лазерных биений и непригодность для формирования циркулярнополяризованного излучения без дополнительного оборудования.

Список публикаций:

[1] Домкин К.И. Демонстрация эффекта Доплера в оптике с помощью полупроводникового лазера. - Материалы международной научно-технической конференции школьников «Старт в науку», Москва, 2002.

[2] Домкин К.И., Кедров С. В. Прецизионные измерения величины малых перемещений с помощью малогабаритного лазера. - Тезисы докладов ВНКФС-9, 2003..

**Регистрация ионов в воздушно-плазменном потоке методом разрядки
аспирационного конденсатора**

Добрынин Данила Валерьевич

Тихомиров Александр Андреевич

Петрозаводский государственный университет

Гостев Валерий Анатольевич, к.ф.-м.н

aat1@onego.ru

На кафедре электронных и ионных приборов ПетрГУ был создан миниатюрный генератор низкотемпературной плазмы, одной из областей применения которого является медицина - воздействие плазмы на кожу человека и др. В данном случае представляют интерес ионные потоки образованные плазменным разрядом в воздушной среде. Вообще, контроль зарядового состава воздушно-плазменного потока при использовании различного рода ионизаторов, в том числе и плазматронов, представляется весьма важным при использовании их в медицине и других областях.

Существует много различных методик и приборов, которые позволяют определить состав самой плазмы, но практически не существует приборов удобных в пользовании и простых в устройстве, которые позволяют изучать область за пределами плазменного разряда. Дело в том, что исследование таких потоков является довольно сложной задачей, ведь зачастую приходится иметь дело с концентрациями около 100 ионов в см³, поэтому измерительные системы должны быть высокочувствительны и устойчивы к помехам, наводкам и шумам.

Цель работы - разработка метода и создание устройства для исследования зарядового состава воздушно-плазменных потоков.

В процессе работы разработана методика и устройство, отвечающие поставленной цели.

Суть метода заключается в следующем: исследуется изменение скорости разрядки аспириационного конденсатора, через который продувается исследуемый воздушно-плазменный поток. Емкость аспириационного конденсатора составляет 600 пФ. Конструктивное решение аспириационного конденсатора позволяет работать в двух измерительных режимах: разрядке положительными ионами и разрядке отрицательными ионами воздушно-плазменного потока.

Итак, через заряженный до некоторой разности потенциалов аспириационный конденсатор, с помощью вентилятора продувается исследуемый воздушно-плазменный поток. Ионы, в воздушно-плазменном потоке, перемещаются вместе с ним и одновременно смещаются в электрическом поле конденсатора, попадая на его обкладки. При этом разрядка аспириационного конденсатора обусловлена током через резистивное сопротивление измерительной аппаратуры и током, связанным с попаданием ионов на электроды аспириационного конденсатора. Говоря простыми словами, чем больше число ионов в воздушно-плазменном потоке, тем интенсивнее происходит разрядка конденсатора. Сравнение кривых разрядки дает возможность определить ток ионов в аспириационном конденсаторе, а затем и их концентрацию.

Также анализируя кривые разрядки можно определить качественный состав воздушного потока.

Блок-схема устройства для измерения воздушно-плазменного потока (см. рис 1), включает в себя: 1. Источник питания ТЕС 5020. 2. Источник питания вентилятора. 3. Аспирационная камера. 4. Усилитель У5-9. 5. Осциллограф PCS64i. 6. Компьютер

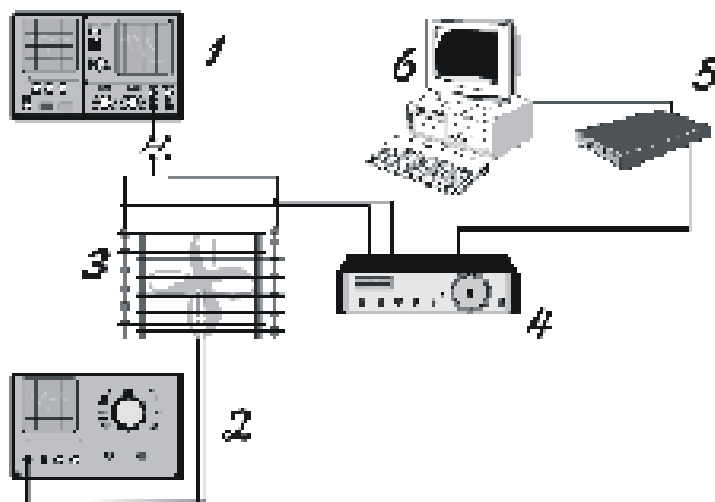


Рис.1

Аспирационный конденсатор представляет собой наборный конденсатор, состоящий из нескольких плоскопараллельных пластин, покрытых с одной стороны диэлектриком, а с другой стороны имеющих проводящую поверхность.

В процессе работы создан экспериментальный прибор, позволяющий определять концентрации ионов от различных типов ионизаторов. Исследована ионизирующая способность генератора низкотемпературной плазмы и зависимость концентрации ионов различных подвижностей от расстояния. С помощью прибора были исследованы зарядовые составы воздушно-плазменных потоков генерируемых различными ионизаторами (генератор Тесла, бытовой ионизатор).