

УДК 629.7.05/06: 531.781.2 (075.8)

В.В. Медунецкий

**ПОИСК И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ СВОЙСТВ МИКРОГЕОМЕТРИИ
ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ**Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий,
механики и оптики

В настоящее время активно развивается как в механике, так и в электронике микросистемная техника. В статье рассмотрена физическая суть явления магнитной проницаемости, а также поставлены задачи дальнейшей работы в области поиска и исследования влияния микрогеометрии, к примеру, на магнитную проницаемость деталей приборов.

Ключевые слова: электромагнитная защита, микроминиатюризация, экранирование, глубина проникновения.

В настоящее время активно развивается производство высокочастотной радиоэлектронной аппаратуры. Данное развитие заключается в миниатюризации с применением новых принципиальных конструктивных решений, материалов, покрытий, технологий изготовления, сборки и т.п. С этим развитием существенно возрастают различные требования к изготавливаемой аппаратуре. Одним из таких требований является минимальная магнитная проницаемость прибора. Известно, что магнитное поле активно влияет не только на человека, но и на работу высокочастотных микросхем, что отражается на работе прибора в целом. Например, во многих приборах модуль питания создает значительное электромагнитное поле, которое оказывает пагубное влияние на работу остальных частей прибора. Поэтому возникает вопрос о защите аппаратной части, а также самого пользователя от данного воздействия. А в некоторых случаях необходимо обеспечить защиту от электромагнитного излучения окружающей прибор среды.

В настоящее время данный вопрос решается при помощи применения специальных материалов, покрытий, а также обеспечивается экранированием аппаратуры. Следует отметить, что данные решения накладывают определенные ограничения на конструкцию прибора и технологию его изготовления. Например, чтобы обеспечить экранировку микропроцессора, нужно соблюсти необходимую толщину стенки отсека, в которой он располагается, причем особо важен материал данной стенки. Следует отметить, что сопрягаемые детали данного отсека должны обеспечивать замкнутый электрический контакт, что приводит к повышенным требованиям к поверхностям деталей, к применению специальных прокладочных материалов, а следовательно, к удорожанию изделия. Данное решение приводит к утяжелению прибора и уменьшению его эксплуатационных свойств.

В статье рассмотрена физическая суть явления магнитной проницаемости, а также поставлены задачи дальнейшей работы в области поиска и исследования влияния микрогеометрии, к примеру, на магнитную проницаемость деталей приборов.

Известно, что выбор материала экрана проводится исходя из обеспечения требуемой эффективности экранирования в заданном диапазоне частот при определенных ограничениях. Эти ограничения связаны с массогабаритными характеристиками экрана, его влиянием на экранируемый объект, с механической прочностью и устойчивостью экрана против коррозии, с технологичностью его конструкции и т.д.

Сейчас достаточно широко применяются для экранирования металлические элементы. Они изготавливаются в виде листов, сеток и фольги (сталь, медь, алюминий, цинк, латунь). Эти материалы должны удовлетворять требованию устойчивости против коррозии при использовании соответствующих защитных покрытий.

Наиболее технологичными являются конструкции экранов из стали, так как при их изготовлении и монтаже можно широко использовать сварку. Толщина стали выбирается исходя из назначения конструкции экрана и условий его сборки, а также из возможности обеспечения сплошных сварных швов при изготовлении.

Рассмотрим процесс экранирования электромагнитного поля при падении плоской волны на бесконечно протяженную металлическую пластину толщиной d , находящуюся в воздухе. В этом случае на границе раздела двух сред с различными электрофизическими характеристиками (воздух—металл и металл—воздух) волна претерпевает отражение и преломление, а в толще экрана, ввиду его проводящих свойств, происходит частичное поглощение энергии электромагнитного поля. Таким образом, электромагнитная волна при взаимодействии с экраном отражается от его поверхности, частично проникает в стенку экрана, претерпевает поглощение в материале экрана, многократно отражается от стенок экрана и, в конечном счете, частично проникает в экранируемую область (далее рассмотрим математические соотношения процесса экранирования на основе работ [1] и [3]). В результате общая эффективность экранирования (величина потерь энергии электромагнитной волны) металлической пластиной определяется суммой потерь за счет поглощения (затухания) энергии в толще материала $A_{\text{погл}}$, отражения энергии от границ раздела внешняя среда—металл и металл—экранируемая область $A_{\text{отр}}$ и многократных внутренних отражений в стенках экрана $A_{\text{мн.отр}}$:

$$A_{[\text{дБ}]} = A_{\text{погл}} + A_{\text{отр}} + A_{\text{мн.отр}}. \quad (1)$$

Потери на поглощение связаны с поверхностным эффектом в проводниках, приводящим к экспоненциальному уменьшению амплитуды проникающих в металлический экран электрических и магнитных полей.

Это обусловлено тем, что токи, индуцируемые в металле, вызывают омические потери и, следовательно, нагрев экрана.

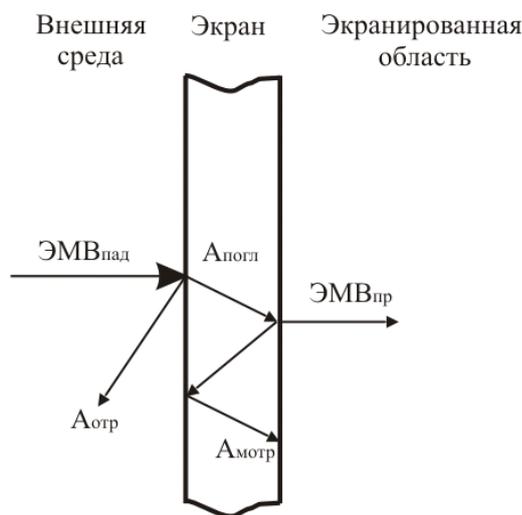


Рис. 1. Экранирование электромагнитного поля металлическим экраном

Глубина проникновения определяется как величина, обратная коэффициенту затухания и зависит от частоты: чем больше частота, тем меньше глубина проникновения. В СВЧ-диапазоне глубина проникновения в металлах имеет малую величину и тем меньше, чем больше проводимость металла и его магнитная проницаемость:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \mu f \sigma}}. \quad (2)$$

где μ – абсолютная магнитная проницаемость материала экрана; f – частота электромагнитного поля; σ – удельная проводимость материала экрана.

Выражение для определения потерь на поглощение экраном толщиной d может быть представлено в следующем виде:

$$A_{\text{погл}} = 8,68d \sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}} = 8,68 \frac{d}{\delta}. \quad (3)$$

Таким образом, потери на поглощение растут пропорционально толщине экрана, магнитной проницаемости и удельной проводимости его материала, а также частоте электромагнитного поля.

Потери на отражение на границе раздела двух сред связаны с различными значениями полных характеристических сопротивлений этих сред. При прохождении волны через экран она встречает на своем пути две границы раздела — воздух—металл и металл—воздух.

Хотя электрическое и магнитное поля отражаются от каждой границы по-разному, суммарный эффект после прохождения обеих границ одинаков для обеих составляющих поля. При этом наибольшее отражение при входе волны в экран (на первой границе раздела) испытывает электрическая составляющая поля, а при выходе из экрана (на второй границе раздела) наибольшее отражение испытывает магнитная составляющая поля. Для металлических экранов потери на отражение определяются выражением:

$$A_{\text{отр}} = 20 \lg \left(94,25 \sqrt{\frac{\sigma}{\omega\mu}} \right). \quad (4)$$

Из (4) следует, что потери на отражение велики у экрана, изготовленного из материала с высокой проводимостью и малой магнитной проницаемостью.

Потери на многократные отражения в стенках экрана связаны с волновыми процессами в толще экрана и в основном определяются отражением от его границ. Для электрических полей почти вся энергия падающей волны отражается от первой границы (воздух—металл) и только небольшая ее часть проникает в экран. Поэтому многократными отражениями внутри экрана для электрических полей можно пренебречь.

Для магнитных полей большая часть падающей волны проходит в экран, в основном отражаясь только на второй границе (металл—воздух), тем самым, создавая предпосылки к многократным отражениям между стенками экрана. Корректирующий коэффициент $A_{\text{мн.отр}}$ многократного отражения для магнитных полей в экране с толщиной стенки d при глубине проникновения равен:

$$A_{\text{мн.отр}} = 20 \lg \left(1 - \exp \left(-\frac{2d}{\delta} \right) \right). \quad (5)$$

Величина $A_{\text{мн.отр}}$ имеет отрицательное значение, т.е. многократные отражения в толще экрана ухудшают эффективность экранирования.

В настоящее время следует уделить особое внимание влиянию микрогеометрии поверхности. Эта проблема особенно актуальна в приборостроении.

Общепризнанно, что работу любого изделия определяет, в основном, точность размеров, формы и взаимного расположения сопрягаемых поверхностей деталей, а также состояние их поверхностного слоя. Наименее исследованными остаются проблемы, связанные с оптимизацией микрогеометрии поверхностей и обеспечением простого, надежного и дешевого ее контроля. Актуальность данной проблемы объясняется еще и тем, что в мировой практике возможности повышения качества изделий за счет увеличения точности размеров и формы поверхностей почти исчерпаны и связаны со значительным увеличением затрат. Поэтому создание оптимального микрорельефа функциональных поверхностей деталей, наряду с улучшением других характеристик поверхностного слоя, является одним из основных и наиболее эффективных резервов значительного повышения качества изделий. Отечественные и зарубежные исследования микрогеометрии поверхностей направлены на решение проблем с помощью параметрического описания профиля или поверхности. Большая часть ис-

следований базируется на стандартных критериях, которые определяют лишь отдельные, в основном усредненные, характеристики отклонений реальных поверхностей от идеальных. В настоящее время установлено около 20 различных функциональных свойств поверхности, на которые существенно влияет ее микрогеометрия (адгезия, электрическая проводимость, трение-скольжение и качение и т.д.), поэтому необходима оптимизация микрогеометрии поверхностей деталей для этих конкретных функциональных свойств. Такую задачу невозможно решить без полного и точного описания оптимальной микрогеометрии на этапе ее нормирования [2].

В большинстве стран мира стандарты на микрогеометрию поверхности деталей построены на использовании для ее оценки и контроля профилей поверхностей, т.е. сечений поверхности плоскостью. Для этих целей созданы и производятся в массовом количестве приборы так называемого ошупывающего типа, оснащенные, в основном, индукционными датчиками. Многочисленные семейства этих приборов отличаются друг от друга габаритами, количеством вычисляемых параметров, стоимостью и т.п., но все они работают по принципу "ошупывания" контролируемой поверхности алмазной иглой индукционного датчика, повторяющей при ее протаскивании по поверхности выступы и впадины последней. Полученный таким образом профиль обрабатывается по соответствующей программе, в результате чего определяют значения различных параметров профиля и некоторые результаты его статистической обработки в графическом изображении. Практика применения таких приборов показывает, что большинство специалистов используют для оценки микрогеометрии поверхности один профиль, не задумываясь особо ни о его направлении, ни даже о его длине. В связи с этим целесообразно рассмотреть понятия стационарности микрогеометрии и статистически представительной длины профиля.

Говорить об оптимизации микрогеометрии для конкретного функционального свойства поверхности можно только с теоретической точки зрения. Практически речь может идти только о выборе наилучшей микрогеометрии из возможных, которые можно получить в конкретных производственных условиях. Поэтому в дальнейшем понятие оптимизации будет означать выбор наилучшего из практически возможных вариантов микрогеометрии поверхности для ее конкретного функционального свойства.

Решение такой задачи возможно при выполнении следующих условий:

- необходимо определять оптимальную микрогеометрию для конкретного функционального свойства поверхности изделия;
- известную оптимальную микрогеометрию при нормировании на чертежах необходимо описать с достаточной точностью;
- технолог должен владеть информацией о возможных вариантах обеспечения заданной оптимальной микрогеометрии (знать виды и режимы обработки, гарантирующие получение оптимальной микрогеометрии);
- необходимо наличие методов и средств надежного измерения и контроля соответствия реально полученной микрогеометрии относительно заданной (оптимальной) [1].

Выводы

Необходимы исследования влияния микрогеометрии на магнитную проницаемость деталей приборов. Результаты данных исследований могут значительно расширить область конструирования и область применения различных современных технологий при проектировании и изготовлении радиоэлектронной аппаратуры.

Определяющей задачей данного исследования является доказательство влияния микрогеометрии поверхности на магнитную проницаемость деталей. В случае подтверждения данной гипотезы будет проведен ряд экспериментов для определения изменения магнитной проницаемости в зависимости от исходной шероховатости поверхности. Следует отметить, что исходная шероховатость будет определяться при помощи непараметрического подхода,

а именно, при помощи плотностей распределения ординат и тангенсов углов наклона для конкретного функционального свойства поверхности (в том числе, и для магнитной проницаемости).

Библиографический список

1. **Борботько, Т.В.** Основы защиты информации / Т.В. Борботько. – Минск: изд-во БГУИР, 2006. – 321 с.
2. **Мусалимов, В.М.** Динамика фрикционного взаимодействия / В.М. Мусалимов, В.А. Валетов. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006. – 191 с.
3. **Рогинский, В. Ю.** Экранирование в радиоустройствах / В.Ю. Рогинский. – Л.: Энергия, 1979. – 112 с.

*Дата поступления
в редакцию 15.10.2010*

V.V. Meduneciy

SEARCHING FOR AND STUDY NEW CHARACTERISTIC MIKROGEOMETRII SURFACES OF THE DETAILS

At present actively develops both in mechanical engineer, and in electronics microsystem technology In given article is considered physical essence of the phenomena to magnetic permeability, as well as is put(deliver)ed problems of the further work in the field of searching for and studies influences microgeometry, to example, on magnetic permeability of the details under-boron.

Key words: electromagnetic protection, microminiaturization, screening, penetration distance.