

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **007373**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации
и выдачи патента: **2006.10.27**

(51) Int. Cl. *G01T 1/29* (2006.01)
H01J 49/00 (2006.01)

(21) Номер заявки: **200300911**

(22) Дата подачи: **2003.09.12**

(54) СКАНЕР С ВИБРИРУЮЩИМИ ПРОВОЛОКАМИ

(43) **2005.04.28**

(56) JP 62-063882

(96) **ЕАПК /03/001 (АМ) 2003.09.12**

JP 2003-162974

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

SU-A1-1788605

**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ (АМ)**

US-A1-20020109099

RU-C1-2009526

(72) Изобретатель:

**Арутюнян Сурен Гургенович,
Добровольский Николай Михайлович,
Маилян Манвел Рубенович, Васинюк Иван
Евменьевич (АМ)**

(74) Представитель:

Синенко И.Г. (АМ)

007373

B1

(57) Изобретение относится к ускорительной и лазерной технике и может быть использовано для определения профиля и положения пучков частиц и излучений. Задача изобретения - повышение чувствительности, точности и быстродействия сканера с резонансным чувствительным элементом в виде натянутой проволоки, закрепленной за концы в консольных зажимах, установленных на жесткой базе. В проволоке возбуждаются поперечные колебания за счет работы схемы электронного генератора, создающего в проводке переменный ток, который раскачивает ее благодаря своему взаимодействию с магнитным полем двух постоянных магнитов с замкнутыми магнитопроводами. Измеряемой величиной в таком сканере является изменение частоты колебаний проволоки, возникающее вследствие ее нагрева пучком при сканировании. Поставленная задача решается тем, что магниты сделаны сменными с изменяемой ориентацией и регулируемым положением относительно консольных зажимов, база изготовлена в виде термокомпенсированной сборки из нескольких материалов с нулевым суммарным коэффициентом теплового расширения, а также благодаря применению в сканере нескольких натянутых проволок, вибрирующих на одной из высших гармоник их резонансных частот.

B1

007373

Изобретение относится к ускорительной и лазерной технике и может быть использовано для определения профиля и положения пучков заряженных частиц и излучений.

Известен сканер с вибрирующей проволокой для определения профиля пучков заряженных частиц [1], взятый в качестве прототипа, апробированный в реальном эксперименте на инжекторе Ереванского кольцевого ускорителя [2] и содержащий жесткую базу, изготовленную из материала с малым коэффициентом теплового расширения, закрепленную на базе пару консольных зажимов с изолированными контактами, присоединенную к контактам за концы натянутую проволоку, вибрирующую на второй гармонике ее резонансной частоты и два одинаковых постоянных магнита с замкнутыми магнитопроводами для электромагнитного возбуждения колебаний проволоки, для чего магниты расположены вблизи концов проволоки симметрично по отношению к ним и ориентированы так, что магнитные поля магнитов направлены в противоположные стороны, а для сканирования пучка используется непокрытый магнитопроводами участок проволоки вблизи ее центра. В известном сканере информация о взаимодействии пучка со сканирующей проволокой содержится в частоте собственных колебаний проволоки.

Недостатками известного сканера являются ограниченная чувствительность и точность, низкая помехозащищенность и невысокое быстродействие. Указанные недостатки обусловлены рядом причин, в частности:

1. Симметричным расположением магнитов, ориентированных в противоположные стороны и расположенных вблизи концов проволоки. В результате из высших гармоник резонансной частоты проволоки возбуждается только самая низкочастотная вторая гармоника. В то же время относительная точность измерения частоты за заданное время на низких частотах ниже, чем на высоких.

2. Использованием только одной (второй) гармоники резонансной частоты проволоки ограничиваются возможности борьбы с помехами путем отстройки от них за счет перехода на одну из более высоких гармоник.

3. Изготовлением базы из материала с малым коэффициентом теплового расширения, снижается, но не устраняется полностью влияние неконтролируемых изменений температуры базы на натяжение проволоки, а следовательно и на измеряемую величину - ее резонансную частоту и частоты высших гармоник.

4. Сканированием пучка с помощью одной проволоки невозможно сократить время полного сканирования ниже величины $t = N(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3)$, где τ_1 - время тепловой релаксации проволоки, τ_2 - время единичного измерения, τ_3 - время перехода от точки к точке, а N - полное количество измерений в объеме полного сканирования, причем обычно $\tau_1 \gg (\tau_2, \tau_3)$ и $N \gg 1$. При подробных измерениях суммарное время ожидания на многократные процессы тепловой релаксации $N \cdot \tau_1$ и переходы $N \cdot \tau_3$ может оказаться неприемлемо большим.

Задачей изобретения является устранение отмеченных выше недостатков, т.е. повышение чувствительности, точности, помехозащищенности и быстродействия известного сканера с вибрирующей проволокой, содержащего жесткую базу, изготовленную из материала с малым коэффициентом теплового расширения, закрепленную на базе и электрически изолированную от нее пару контактов, присоединенную к контактам за концы натянутую вибрирующую проволоку и два одинаковых постоянных магнита, расположенных вблизи концов проволоки симметрично по отношению к ним и ориентированных так, что магнитные поля магнитов направлены в противоположные стороны, а для сканирования пучка используется участок проволоки вблизи ее центра.

Поставленная задача решается тем, что магниты сделаны сменными с изменяемой ориентацией и регулируемыми положением относительно консольных зажимов в результате чего колебания проволоки возбуждаются на одной из высших гармоник ее резонансной частоты, база изготовлена в виде термокомпенсированной сборки из нескольких материалов с нулевым суммарным коэффициентом теплового расширения, причем для возбуждения колебаний проволоки на одной из высших гармоник при одновременном подавлении остальных в предложенном сканере магниты могут быть либо удалены друг от друга и расположены ближе к концам проволоки, либо вплотную прижаты друг к другу, образуя единую сборку, смещенную к одному из концов проволоки, оставляя для сканирования пучка свободный участок проволоки, непокрытый магнитами. Решению поставленной задачи служит также применение в сканере нескольких натянутых проволок, закрепленных за концы на изолированных контактах и вибрирующих на одной из высших гармоник их резонансных частот за счет возбуждения от соответствующего числа отдельных генераторов, при этом с целью упрощения конструкции сканера контакты для крепления концов проволок изготовлены из пластинок из двустороннего фольгированного стеклотекстолита, собранных в виде стянутого винтами пакета так, что концы проволок защемлены между соседними пластинками, фольга на поверхности которых выполняет роль токоподводов, а стеклотекстолит одновременно является и электроизолятором, и определяет расстояние между проволоками.

Сущность изобретения заключается в том, что в предложенном сканере, содержащем жесткую базу, изготовленную из материала с малым коэффициентом теплового расширения, закрепленную на базе и электрически изолированную от нее пару контактов, присоединенную к контактам за концы натянутую вибрирующую проволоку и два одинаковых постоянных магнита, магниты сделаны сменными с изме-

няемой ориентацией и регулируемым положением относительно консольных зажимов, база изготовлена в виде термокомпенсированной сборки из нескольких материалов с нулевым суммарным коэффициентом теплового расширения, применено несколько натянутых проволок, вибрирующих на одной из высших гармоник их резонансных частот.

Благодаря такому усовершенствованию конструкции сканера обеспечивается избирательное возбуждение колебаний проволоки на одной из высших гармоник ее резонансной частоты при одновременном подавлении остальных колебаний.

Действительно, переход к n -й гармонике колебаний приводит к повышению измеряемой частоты по сравнению с основной модой в n раз, а это эквивалентно такому же увеличению относительной точности процесса измерения и чувствительности сканера. Причем, это справедливо и для метода прямого измерения частоты колебаний проволоки, составляющей, как правило, 1-10 кГц путем непосредственного счета количества колебаний за заданное время τ , и для метода прямого измерения этой частоты умноженной аналоговым образом в m раз (в [2], например, $\mu = 32$), и для метода прямого счета количества колебаний более высокой эталонной частоты $F_{\text{high}} \approx 1\text{МГц}$ в течение некоторого количества k периодов измеряемой частоты, причем обычно $k \approx 1000$. Основанием сказанному выше является то, что абсолютная точность счета в любом методе измерения частоты составляет ± 1 импульс независимо от времени измерения и количества сосчитанных импульсов. При увеличении числа принятых в расчет импульсов при переходе к высшим гармоникам абсолютная точность ± 1 импульс сохраняется, а относительная растет пропорционально общему количеству импульсов.

На практике иметь большие времена измерения не всегда допустимо из-за неприемлемого удлинения времени полного сканирования и того обстоятельства, что при заданном уровне помех возможность повышения точности измерения за счет увеличения времени наблюдения или умножения исходной частоты ограничена этим уровнем.

В предложенном сканере, где при сканировании профиля пучка изменение количества частиц, падающих на проволоку, трансформируется в изменение частоты колебаний проволоки, отмеченное увеличение точности измерения частоты эквивалентно росту чувствительности сканера и его быстродействия, поскольку заданную точность можно будет получить за более короткое время измерения.

Избирательное возбуждение колебаний проволоки на одной из высших гармоник ее резонансной частоты при одновременном эффективном подавлении остальных колебаний происходит за счет того, что одни участки колеблющейся проволоки с током могут ускоряться в данном магнитном поле, а другие могут и тормозиться в зависимости от совпадения или несовпадения направлений магнитной силы и скорости механического движения рассматриваемого участка проволоки. Ток поступает в проволоку от электронного генератора и в любой момент времени одинаков для всех ее участков. При каждой конфигурации магнитной системы возбуждается та гармоника, которая обеспечивает максимальную накачку энергии в систему при прочих равных условиях.

Для количественного описания процесса накачки энергии в колеблющуюся в резонансе проволоку представим, что проволока ориентирована вдоль оси x декартовой системы координат, магнитное поле B параллельно оси z , а поперечные колебания проволоки возбуждаются в плоскости $(x-y)$ вдоль оси y т.е. ортогонально и току, и магнитному полю. Далее, пусть участок проволоки длиной dx с координатой x , несущий ток $i_x = I \cos(\omega t)$ совершает малые резонансные синусоидальные колебания с поперечным смещением $y(x) = Y(x) \sin(\omega t)$, амплитуда $Y(x)$ которого много меньше длины L проволоки. Тогда накачка энергии $dE(x)$ за период колебания на этом участке, находящемся в постоянном магнитном поле с индукцией $B_z(x)$, будет определяться работой магнитной силы $i_x B_z dx$ при полном колебании - двукратном прохождении пути в поперечном y -направлении от $(-Y)$ до $(+Y)$, т.е. интегралом:

$$dE(x) = \oint (i_x B_z(x) dx) dy = \oint (I \cos(\omega t) B_z(x) dx) d(Y(x) \sin(\omega t)) = \frac{1}{2} I B_z(x) Y(x) dx. \quad (1)$$

Поскольку колебания проволоки на n -й гармонике представляют собой стоячую волну с $(n-1)$ узлом, то локальная амплитуда поперечного смещения проволоки $Y_n(x)$ для n -й гармоники зависит от продольной координаты x и глобальной амплитуды Y_{0n} , колебаний следующим образом

$$Y_n(x) = Y_{0n} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$$

при этом накачка энергии E за период колебания на протяжении всей проволоки будет определяться модулем определенного интеграла

$$E(n, x) = \left| \int_0^L dE(x) dx \right| = \frac{1}{2} I \int_0^L B_z(x) Y_n(x) dx = \frac{1}{2} I Y_{0n} \int_0^L B_z(x) \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx. \quad (2)$$

Модуль в формуле (2) обеспечивает безусловную положительность величины E , поскольку интеграл может изменить знак из-за изменения знака $B_z(x)$ при физически непринципиальном изменении абсолютного направления магнитного поля на противоположное на всем протяжении проволоки, или

если координатам x , при которых $V_z(x) \neq 0$ соответствуют значения синуса в основном не совпадающие по знаку с $V_z(x)$, что довольно типично для высших гармоник, когда на длине проволоки располагается несколько узлов.

Удобный для анализа предлагаемого сканера вариант формулы (2) и соответствующие расчеты приведены ниже при рассмотрении конкретных примеров его конструкции.

На фиг. 1 приведена компоновочная схема сканера, на фиг. 2 определены используемые при описании работы сканера обозначения, на фиг. 3-8 представлены теоретические зависимости, иллюстрирующие механизм влияния размеров магнитной системы на возбуждение колебаний проволоки на первых десяти гармониках ее резонансной частоты.

Компоновочная схема сканера представлена на фиг. 1. Сканер содержит жесткую базу 1, консольные зажимы 2, 3 для крепления концов проволок 4, постоянные магниты с магнитопроводами 5 и 6, элементы крепления 7-9, контакты 10 для подключения электронных генераторов и дистайнер 11, 12.

Дистайнеры 11 и 12 служат для задания необходимого положения сменных магнитов относительно консольных зажимов 2 и 3, а, следовательно, и друг относительно друга и относительно концов проволок 4. При этом толщина дистайнеров является одним из инструментов для настройки сканера на требуемую гармонику колебаний.

Расстояния между проволоками 4 на фиг. 1 показаны условно, в предложенном сканере может быть установлена и одна, и несколько проволок. Для сканирования пучка предназначены участки проволок в просвете между магнитами 5 и 6. При сканировании пучок пропускается перпендикулярно к плоскости, в которой лежат проволоки, а сканирование осуществляется в этой плоскости.

С целью упрощения фиг. 1 на нем условно показаны только те контакты 10, которые расположены на консольном зажиме 3, подобным же образом устроены и закреплены контакты на противоположном консольном зажиме 2.

Конструкция контактов, изготовленных из пластинок из двустороннего фольгированного стеклотекстолита, собранных в виде стянутого винтами пакета так, что концы проволок защемлены между соседними пластинками, медная фольга на поверхности которых выполняет роль токоподводов, а стеклотекстолит является электроизолятором и одновременно задает расстояние между проволоками, ясна из приведенного описания без отдельного чертежа.

С целью повышения информативности чертежа магнит 5 изображен с вырезом в левом верхнем углу магнитопровода. При этом открывается вид на вложенный в нижнюю часть магнитопровода постоянный магнит, на фиг. 1 его торец оттенен. Постоянный магнит намагничен перпендикулярно большой плоскости. Переворачивая его на 180° можно изменить направление магнитного поля в зазоре между намагниченной плоскостью магнита и параллельным участком магнитопровода. За счет переворота одного из постоянных магнитов получают магнитные системы с одинаковым или противоположным направлением магнитного поля. Постоянные магниты в магнитопроводах фиксируются за счет магнитных сил. Магнитопроводы магнитов 5 и 6 служат концентраторами потока и формируют однородные магнитные поля в зазорах, сквозь которые проходят проволоки, а также снижают рассеянное поле в окружающем пространстве.

Сканер с вплотную прижатыми магнитами устроен аналогично, но в этом варианте конструкции дистайнер 11 переставляется в просвет между магнитами 5 и 6, которые в этом случае совместно крепятся к консольному зажиму 2. При этом для сканирования пучка предназначены участки проволок 4 в просвете между магнитом 6 и консольным зажимом 3.

Конструкция базы сканера в виде термокомпенсированной сборки, изготовленной из нескольких материалов с нулевым суммарным коэффициентом теплового расширения, понятна из приведенного описания и в отдельном чертеже и дополнительных пояснениях не нуждается.

Обозначения, используемые при описании конкретных примеров исполнения сканера, определены на фиг. 2. Для упрощения описания сканера цифровые обозначения совпадающих позиций на фиг. 1 и на фиг. 2 также сделаны совпадающими и в повторном пояснении не нуждаются. Уточним лишь смысл новых обозначений: a - продольный (по отношению к проволоке) размер постоянных магнитов 5 и 6, b - размер просвета между магнитами, s - габаритный продольный размер магнитной системы, как видно из фиг. 2, $s = 2a + b$, X - координата середины просвета между магнитами. На фиг. 2 условно показано также, как изменяется вид площадей, заметаемых проволоками 4 при колебаниях с одинаковыми амплитудами, но на разных гармониках. Номера гармоник от $n=1$ до $n=7$ выписаны слева от консольного зажима 2. Условность чертежа заключается в том, что все проволоки изображены колеблющимися на различных гармониках и с преувеличенно большими, но одинаковыми амплитудами. В одном из крайних положений проволоки изображены сплошными линиями, в другом - пунктирными. Площадь, заметаемая проволокой, находящейся в крайнем положении, изображенном сплошной линией, заштрихована.

В реальном сканере все проволоки имеют одинаковые длины L и в каждый данный момент все они колеблются на той из многих возможных гармоник n , которая при данных конкретных размерах a , b и X обеспечивает максимальную накачку энергии в систему при прочих равных условиях. Рассмотрим более детально, как это происходит. Для этого перепишем формулу (2), определяющую накачку энергии за период в колеблющуюся в резонансе проволоку в обозначениях, введенных на фиг. 2:

$$\begin{aligned}
E(n, X) &= \frac{1}{2} IY_0 \left| \int_0^L B_z(x) \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx \right| = \frac{1}{2} IY_0 B \left| \int_{X-a-\frac{b}{2}}^{X-\frac{b}{2}} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx \pm \int_{X+\frac{b}{2}}^{X+\frac{b}{2}+a} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx \right| = \\
&= \left(\frac{1}{2} IY_0 B\right) \left[\left(-\frac{L}{\pi n}\right) \left[\cos\left(\frac{\pi n}{L}\left(X-\frac{b}{2}\right)\right) - \cos\left(\frac{\pi n}{L}\left(X-\frac{b}{2}-a\right)\right) \right] \right] \pm \\
&\pm \left(\frac{1}{2} IY_0 B\right) \left[\left(-\frac{L}{\pi n}\right) \left[\cos\left(\frac{\pi n}{L}\left(X+\frac{b}{2}+a\right)\right) - \cos\left(\frac{\pi n}{L}\left(X+\frac{b}{2}\right)\right) \right] \right] = \\
&= A \frac{1}{n} \left[\left[\cos\left(\frac{\pi n}{L}\left(X-\frac{b}{2}\right)\right) - \cos\left(\frac{\pi n}{L}\left(X-\frac{b}{2}-a\right)\right) \right] \pm \left[\cos\left(\frac{\pi n}{L}\left(X+\frac{b}{2}+a\right)\right) \mp \cos\left(\frac{\pi n}{L}\left(X+\frac{b}{2}\right)\right) \right] \right]
\end{aligned} \tag{3}$$

В полученной формуле (3) верхние знаки соответствуют магнитным системам (поз. 5, 6 на фиг. 1 и 2) с одинаковой ориентацией магнитного поля, а нижние - с противоположной. Учтено также, что $|B_z| = B$ в пределах магнитных систем 5 и 6, т.е. при $(X-a-b/2) \leq x \leq (X-b/2)$ и $(X+b/2) \leq x \leq (X+a+b/2)$ и $B_z = 0$ за указанными пределами. Буквой А обозначен не зависящий от номера гармоники и конкретных размеров магнитной системы размерный множитель

$$A = \frac{ILBY_0}{2\pi},$$

не влияющий на избирательность сканера по отношению к генерации высших гармоник. Без потери общности в последующем анализе будем считать, что А измеряется в таких условных единицах, при которых численно $A = 1$ для всех гармоник.

С учетом введенных на фиг. 2 обозначений можно утверждать, что согласно формуле (3) накачка энергии от генератора в вибрирующую на n-й гармонике проволоку за период колебаний с точностью до численного множителя равна модулю от алгебраической суммы площадей под графиком соответствующей стоячей волны в пределах участков, находящихся в магнитном поле, причем знак «плюс» соответствует участкам, где направления скоростей колеблющейся проволоки совпадают с направлениями магнитных сил, а знак «минус» - другим.

Рассмотрим применение формулы (3) для анализа спектра возбуждаемых гармоник в проволоке длиной $L = 40$ мм на нескольких примерах сканеров, отличающихся размерами, положением и ориентацией сменных магнитов. Исходные данные и результаты анализа представлены в таблице 1, в которой приняты следующие обозначения:

№, № - номера примеров,

a [мм] - продольный размер магнитной системы,

b [мм] - просвет между магнитами,

[↑↑], [↑↓] - взаимная ориентация магнитов: [↑↑] - одинаковая,

[↑↓] - противоположная,

n: $[X_{\text{left}}, X_{\text{right}}]$ - номер возбуждаемой гармоники n и границы интервалов $X_{\text{left}}, X_{\text{right}}$, в пределах которых она возбуждается. Напомним, что X - это координата середины просвета магнитной системы и минимальное значение X, равное $(a + b/2)$, достигается, когда магнит 5 касается консольного зажима 2.

Таблица 1

№, №	a [мм]	b [мм]	[↑↑], [↑↓]	n: $[X_{\text{left}}, X_{\text{right}}]$
1, Фиг. 3	8	13.5	[↑↑]	1: [16.8 - 18.4] 3: [18.4 - 20.0] 4: [14.8 - 16.8]
2, Фиг. 4	8	20.8	[↑↓]	2: [18.4 - 19.1] 4: [19.1 - 20.0]
3, Фиг. 5	8	10	[↑↓]	2: [15.1 - 20.0] 3: [13.0 - 15.1]
4, Фиг. 6	4	0.2	[↑↑]	1: [12.9 - 20.0] 2: [7.2 - 12.9] 3: [4.4 - 7.2] 4: [4.1 - 4.4]
5, Фиг. 7	4	0.2	[↑↓]	5: [7.6 - 8.4], [15.7 - 16.3] 6: [6.3 - 7.6], [12.4 - 14.2], [18.6 - 19.5] 7: [5.3 - 6.3], [10.7 - 12.4], [16.3 - 17.8] 8: [4.5 - 5.3], [9.3 - 10.7], [14.2 - 15.7], [19.5 - 20.0] 9: [4.1 - 4.5], [8.4 - 9.3], [17.8 - 18.6]
6, Фиг. 8	12	12	[↑↓]	2: [18.0 - 20.0]

Данные в последней колонке таблицы 1 получены из фиг. 3 - 8, на которых начерчены графики зависимостей $E(n, X)$ при $X \geq (a + b/2)$, т.е. в физически доступной области, рассчитанные по формуле (3) для приведенных в таблице размеров a и b магнитной системы применительно к первым десяти гармоникам ее резонансной частоты. При построении графиков было принято, что $A = 1$ для всех гармоник в соответствии с приведенными выше соображениями, кроме того, учтена симметрия графиков относительно середины проволоки и на фиг. 3-8 приведены только левые половинки графиков для $X \leq L/2 = 20$. Данные $n: [X_{\text{left}}-X_{\text{right}}]$ для последней колонки отбирались с тех графиков $E(n, X)$, которые были выше остальных при соответствующих значениях координаты X . Эти графики дополнительно отмечены точками на соответствующих линиях с указанием номеров гармоник. Остальные графики изображены без дополнительных пометок. К приведенным зонам $[X_{\text{left}}, X_{\text{right}}]$ следует прибавить зоны из правых половинок проволок, симметричные относительно их середины, и которые не включены в последнюю колонку таблицы 1, чтобы не загромождать ее. Таким образом, в последнюю колонку попали те гармоники n , график которых хотя бы на одном из отрезков $[X_{\text{left}}, X_{\text{right}}]$ проходит выше других, обеспечивая максимальную накачку энергии в вибрирующую проволоку при заданных размерах a и b магнитной системы. Размеры a и b в примере 6 задают одноименную конфигурацию сканера, подобную прототипу.

Конструктивно размер a равен физически важному продольному размеру используемого постоянного сменного магнита, а размер b и координата X задаются путем подбора толщин дистайнеров 11 и 12.

Сканер работает следующим образом. Через контакты 10 каждую из проволок 4 подключают к своему генератору (на фиг. 1 генераторы не показаны). В результате проволоки возбуждаются на той гармонике n , которая обеспечивает максимальную накачку энергии при выбранных значениях a , b и X . Осуществляют сканирование пучка вибрирующими проволоками методом чередующихся перемещений и остановок подобно тому, как это делалось в прототипе [1] в случае сканера с одной вибрирующей проволокой при сканировании им электронного пучка на инжекторе Ереванского кольцевого ускорителя [2]. Шаг перемещения выбирают исходя из требуемой точности сканирования. Участки проволок, на которые падает пучок при сканировании, локально разогреваются и удлиняются за счет теплового расширения [1, 2] пропорционально поперечному размеру пучка в области пересечения соответствующих проволок с пучком. В результате изменяются натяжения проволок и, как следствие, их резонансные частоты. Частоты измеряют во время остановок сканера спустя время τ_1 , т.е. после завершения процессов тепловой релаксации в проволоках с целью обеспечения квазистационарности режима измерения.

Применение предложенного многопроволочного сканера увеличивает быстродействие однопроволочного сканера за счет сокращения количества шагов, необходимых для сканирования пучков с такой же точностью, за счет одновременного проведения измерений частоты на всех проволоках и за счет сокращения пауз на тепловую релаксацию, идущую во всех проволоках одновременно. Полный профиль пучка восстанавливают на основе измеренных изменений частоты после завершения процесса сканирования. При позиционировании пучков многопроволочный сканер оставляют неподвижным в положении, когда пучок пересекает максимальное количество проволок, а информацию о смещениях пучка и об изменении его сечении получают из изменений частот отдельных проволок.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

[1] Arutunian S.G., Avetisyan A.E., Dobrovolski N.M., Mailian M.R., Vasinyuk I.E., Wittenburg K., Reets R., Problems of Installation of Vibrating Wire Scanners into Accelerator Vacuum Chamber, Proc. 8-th Europ. Part. Accel. Conf. (EPS-IGA/Cern, Geneva, 2002), pp. 1837-1839, <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/eo2/PAPERS/THPRI054.PDF>

[2] Arutunian S.G., Dobrovolski N.M., Mailian M.R., Vasinyuk I.E. Vibrating wire scanner: First experimental results on the injector beam of the Yerevan synchrotron, Phys. Rev. Special Topics. - Accelerators and Beams, 2003, v.6, 042801, <http://prst-ab.aps.org/pdf/PRSTAB/v6/i4/e042801>

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Сканер с вибрирующей проволокой для определения профиля и положения пучков частиц и излучений, содержащий жесткую базу, изготовленную из материала с малым коэффициентом теплового расширения, закрепленную на базе пару консольных зажимов с электрическими контактами, присоединенную к контактам за концы натянутую вибрирующую проволоку и два одинаковых постоянных магнита с замкнутыми магнитопроводами для электромагнитного возбуждения колебаний проволоки, отличающийся тем, что магниты установлены с возможностью изменения их ориентации и регулирования положения относительно консольных зажимов.

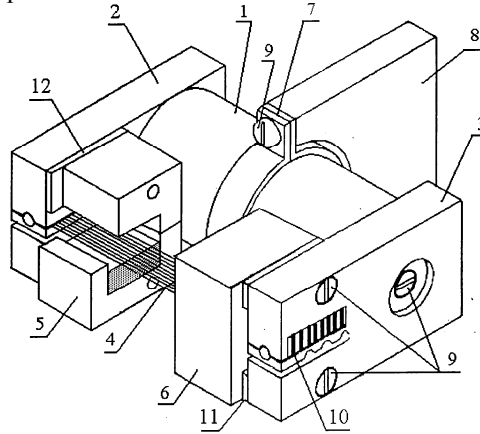
2. Сканер по п.1, отличающийся тем, что указанная база образована термокомпенсированной сборкой из различных материалов с нулевым суммарным коэффициентом теплового расширения.

3. Сканер по пп.1 и 2, отличающийся тем, что для сканирования пучка используется свободный участок проволоки между магнитами.

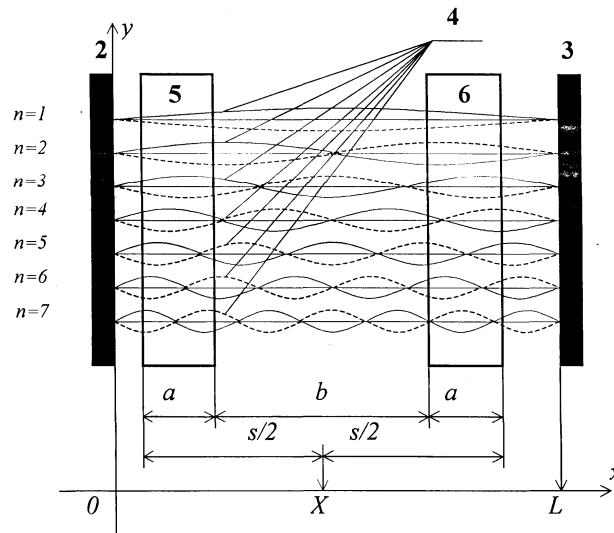
4. Сканер по пп.1 и 2, отличающийся тем, что магниты вплотную прижаты друг к другу и образуют единую сборку, смещенную к одному из концов проволоки, а для сканирования пучка используется участок проволоки между ее вторым концом и указанной сборкой.

5. Сканер по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что на указанных консольных зажимах закреплено несколько изолированных пар контактов с присоединенными к ним за концы натянутыми проволоками.

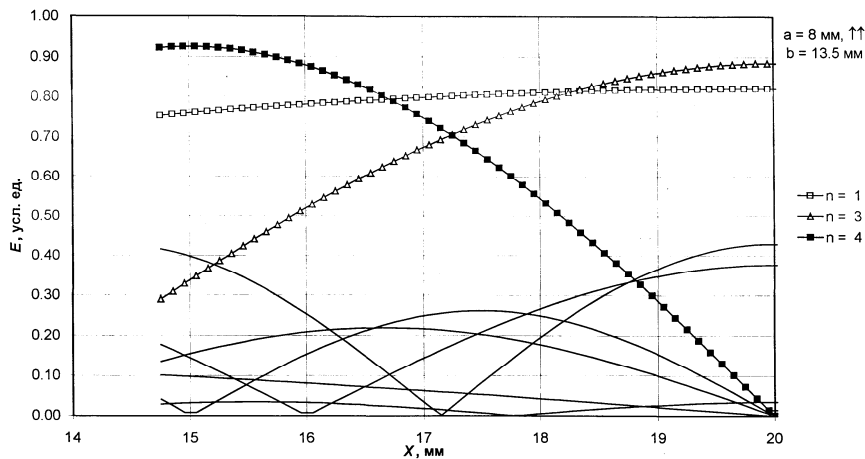
6. Сканер по п.5, отличающийся тем, что контакты для крепления концов проволок изготовлены из пластинок из двустороннего фольгированного стеклотекстолита, собранных в виде стянутого винтами пакета, при этом концы проволок защемлены между соседними пластинками, фольга на поверхности которых выполняет роль токоподводов, а стеклотекстолит является электроизолятором и одновременно определяет расстояние между проволоками.



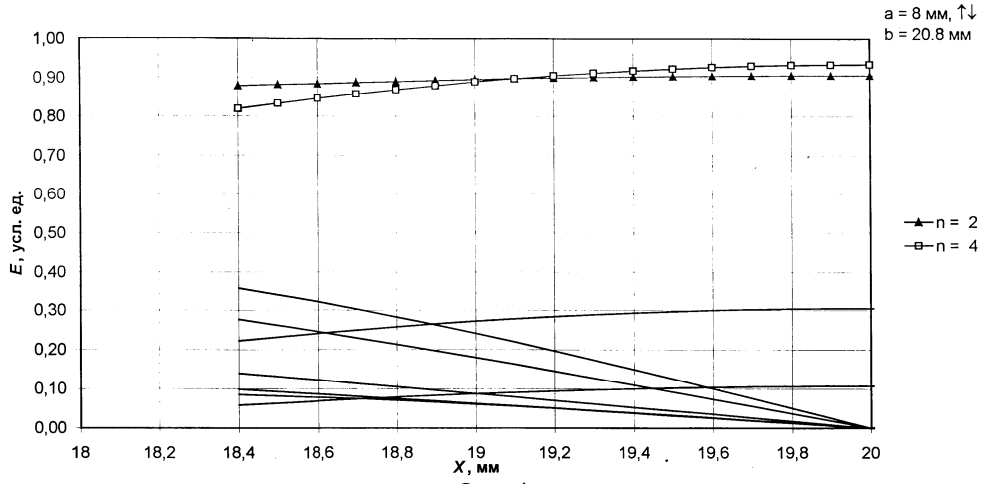
Фиг. 1



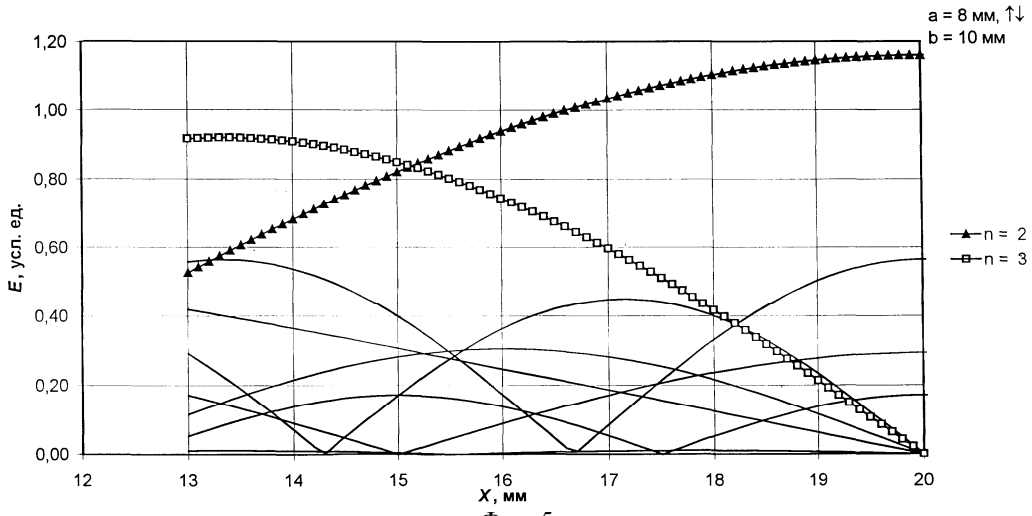
Фиг. 2



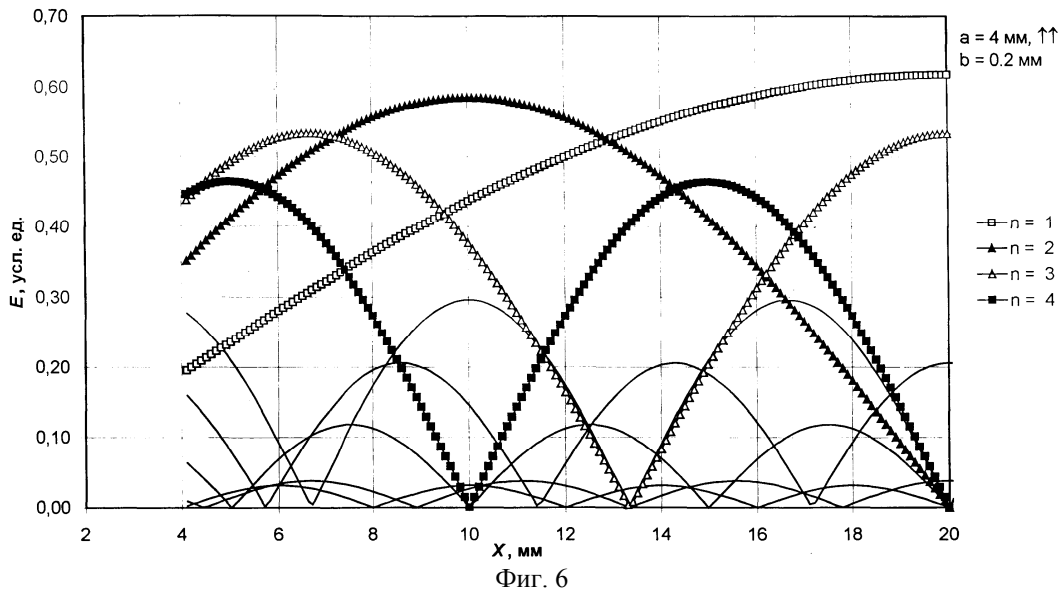
Фиг. 3



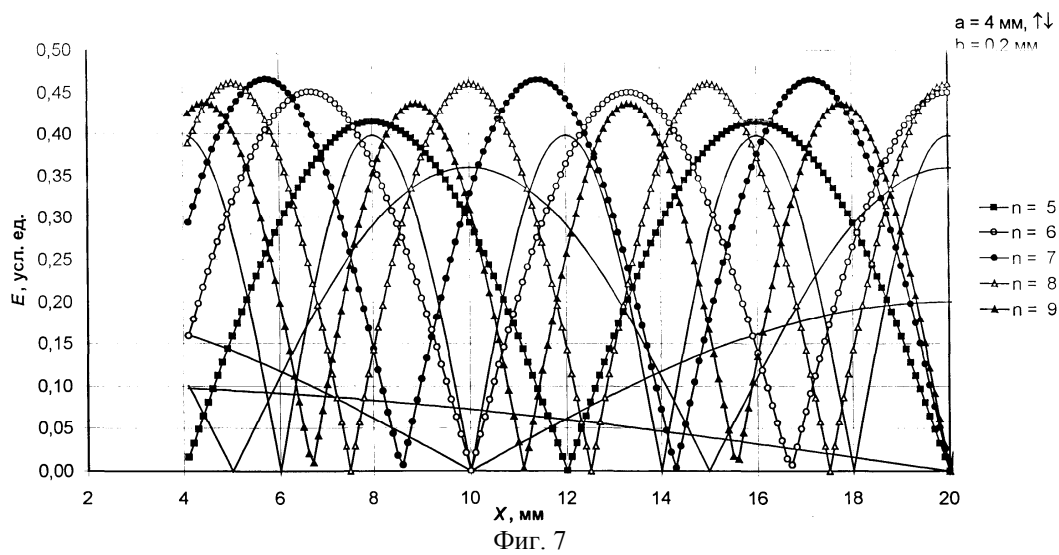
Фиг. 4



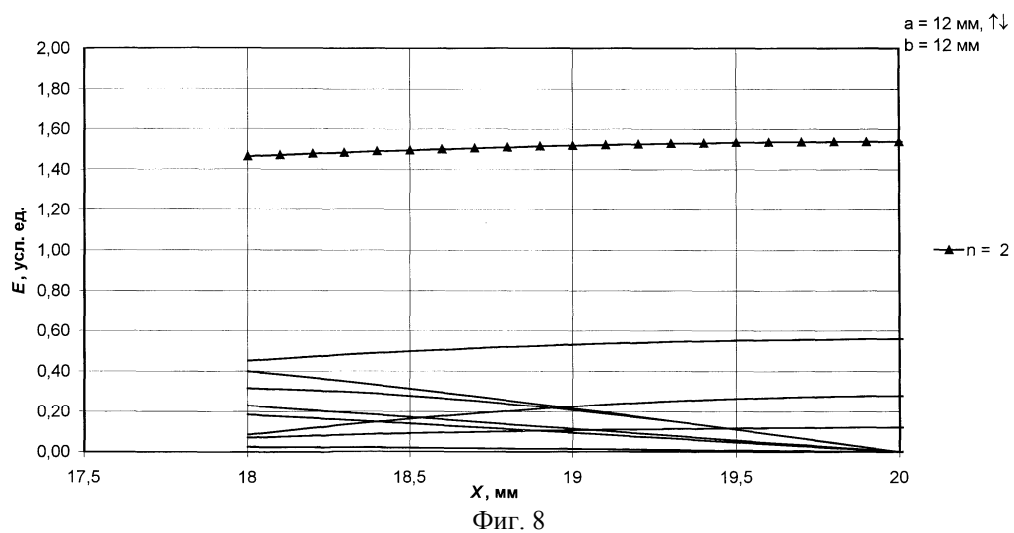
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8