

о «замораживании» фаз Sn и SnO в процессе охлаждения. Вообще говоря, поскольку процесс быстрого охлаждения после отжига является термодинамически неравновесным, то строгое использование диаграммы реакций в системах $\text{SnO}_2\text{—SnO—Sn}$ от температуры является не совсем корректным, так как эти реакции построены для термодинамически равновесного процесса. Замедление темпа уменьшения электросопротивления в области температур $t_0 \sim 400^\circ\text{C}$, вероятно, обусловлено включением нового механизма, связанного с распадом окиси олова на элементарное олово и SnO_2 .

1. Кузнецов А. Я. // Физика твердого тела. 1960. Т. 11. Вып. 1. С. 3.
2. Ram Lab, Rajni Grover, Vispule R. D. et al. // Thin Solid Films. 1991. V. 206. № 1—2. P. 88.
3. Semancix S., Cavicchi R. F. // Ibid. 1991. V. 206. № 1—2. P. 81.
4. Пат. 1809846 СССР // Бюл. № 14. 1993.
5. Sapon G., Rup R., Mansingh A. // Thin Solid Films. 1990. V. 190. № 2. P. 287.

Поступила в редакцию 18.04.94.

УДК 621.318:538.26

В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ

ДИСКРЕТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ УГЛА ПОВОРОТА

The design of discrete angular transducer, stable to the axis displacements of rotor, is described. A study of the magnetic field in working clearance is conducted and its parameters are determined.

При автоматизации и оснащении робототехнических комплексов необходимы разнообразные преобразователи механических величин. В данной работе рассмотрен преобразователь угла поворота на основе эффекта Холла, позволяющий задавать дискретные угловые перемещения, и который может быть успешно применен в различных узлах транспортных средств [1].

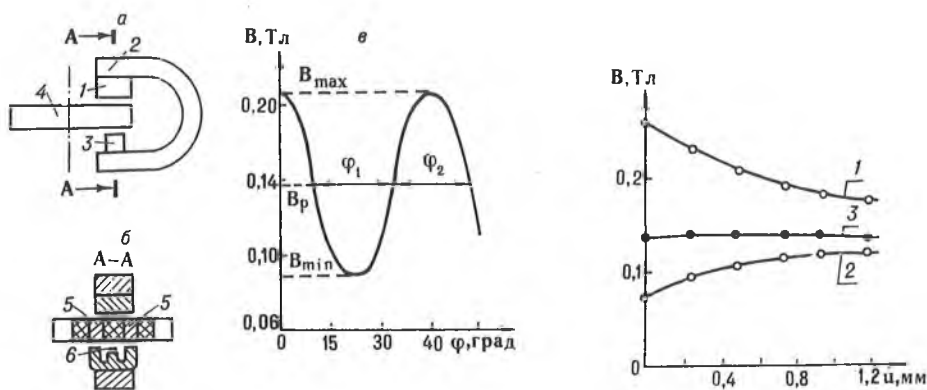


Рис. 1. Схема преобразователя вращения (а), его сечение по А—А (б) и изменение индукции магнитного поля при вращении ротора (в)

Рис. 2. Зависимости $B_{\max}$ (1), $B_{\min}$ (2) и B_p (3) от величины зазора u

Дискретный преобразователь угла поворота, схема и сечение по А—А которого приведены на рис. 1 (а, б), состоит из магнитной системы и датчика Холла. Магнитная система устройства включает постоянный магнит 1, магнитопровод 2, Ш-образный концентратор 3 и ротор 4 с ферромагнитными стержнями 5. Постоянный самарий-кобальтовый магнит имеет форму цилиндра, диаметр и высота которого равны 10 и 6 мм соответственно. Магнитопровод и Ш-образный концентратор изготовлены из технического железа. Концентратор имеет три выступа, между которыми находятся два зазора по 2 мм. Ротор, изготовленный из неферромагнитного материала, содержит ферромагнитные стержни в

виде цилиндров. Угловое расстояние $\Delta\varphi$ между центрами ферромагнитных стержней равно $\frac{2\pi}{n}$ (n — число ферромагнитных стержней). В работе представлены результаты по исследованию преобразователя при $n = 8$ и $\Delta\varphi = 45^\circ$. При необходимости n может иметь и более высокие значения, например 12, 18, 24 и т. д. Расстояние между центрами ферромагнитных стержней равно расстоянию между центрами крайних выступов Ш-образного концентратора.

Датчик Холла изготовлен на основе гетерозепитаксиальной структуры $n\text{--InSb--i--AsGa}$. Размер его чувствительной области $0,1 \times 0,1$ мм. Входное и выходное сопротивления достигают 20 Ом. Магнитная чувствительность γ равна 400 мВ/Тл. Датчик Холла 6 располагается на среднем выступе Ш-образного концентратора и заливается эпоксидной смолой. Суммарная высота среднего выступа и датчика Холла не превышает высоты крайних выступов концентратора, таким образом датчик Холла надежно защищен от случайных механических воздействий.

Вращение ротора вызывает перераспределение магнитного поля в пространстве между постоянным магнитом и концентратором. Магнитная индукция B в области расположения датчика Холла является периодической функцией угла поворота φ ротора, причем ее период равен углу между центрами двух соседних ферромагнитных стержней, т. е. 45° .

Максимальное значение индукции $B_{\max}$ наблюдается при расположении ферромагнитного стержня ротора против среднего выступа Ш-образного концентратора. В случае расположения ферромагнитных стержней ротора против крайних выступов Ш-образного концентратора наблюдается минимальное значение магнитной индукции $B_{\min}$. В первом варианте магнитный поток идет преимущественно через средний выступ концентратора, а во втором — через крайние. Изменение магнитной индукции вызывает изменение сигнала, формируемого датчиком Холла, с помощью которого можно управлять движением. Например, устройство, фиксирующее сигнал датчика Холла, срабатывает при его выходном напряжении $U_p = \gamma B_p$, соответствующем магнитной индукции B_p . При этом B_p выбирается так, чтобы интервалы углов, на которых $B < B_p$ и $B > B_p$, были равны друг другу, т. е. $\varphi_1 = \varphi_2 = 22,5^\circ$.

Погрешность $\Delta\varphi$, с которой осуществляется поворот ротора, определяется стабильностью величины B_p по отношению к таким факторам, как случайные осевые смещения ротора и точность изготовления его ферромагнитных стержней. Величина погрешности $\Delta\varphi$ может быть рассчитана по формуле

$$\Delta\varphi = \left(\frac{\partial B}{\partial \varphi} \right)_{B_p}^{-1} \sum_i \left| \frac{\partial B_p}{\partial a_i} \right| \Delta a_i,$$

где $(\partial B / \partial \varphi)_{B_p}$ — производная, значение которой берется в точке, соответствующей B_p ; a_i — факторы, влияющие на B_p , например осевые смещения ротора u , диаметр d и высота H стержней ротора; $\partial B_p / \partial a_i$ — производные, характеризующие влияние указанных факторов на величину B_p [2].

С целью определения путей уменьшения погрешности $\Delta\varphi$ проведены исследования по влиянию формы концентратора, а также u , d , H на зависимости $B(\varphi)$, что позволило определить как $(\partial B / \partial \varphi)_{B_p}$, так и $\partial B_p / \partial a_i$. Например, при использовании ферромагнитных стержней диаметром $d = 4$ мм и высотой $H = 5$ мм с зазором $u = 0,25$ мм величина $(\partial B / \partial \varphi)_{B_p}$ достигает 0,015 Тл/град.

Применение конусообразных и 1-образных концентраторов в преобразователе угла поворота показало значительную чувствительность сигнала к осевым смещениям ротора. Оказалось, что смещения ротора вызывают одновременное увеличение (или уменьшение) максимального и минимального значения сигнала, что приводит к сдвигу кривых $B(\varphi)$ и является причиной значительного изменения B_p .

При использовании Ш-образного концентратора осевые смещения ротора, вызывающие изменение зазора, по-иному влияют на $B(\varphi)$: наблюдается либо увеличение $B_{\max}$ и уменьшение $B_{\min}$, либо уменьшение

$V_{\max}$ и увеличение $V_{\min}$. Поэтому зависимости $V(\varphi)$, соответствующие различным значениям зазора, будут пересекаться. И если окажется, что V_p близко к значению магнитной индукции, при которой кривые $V(\varphi)$ пересекаются, то его значение будет незначительно зависеть от осевых смещений ротора. На рис. 2 представлены зависимости $V_{\max}$, $V_{\min}$ и V_p от величины зазора и при использовании ферромагнитных стержней диаметром $d = 4$ мм и высотой $H = 6$ мм. Если $V_{\max}$ и $V_{\min}$ существенно зависят от величины зазора, то V_p незначительно изменяется. При изменении u от 0 до 1,2 мм величина $\partial V_p / \partial u$ не превышает 0,004 Тл/мм. Таким образом, дискретный преобразователь угла поворота характеризуется устойчивостью к осевым смещениям ротора.

Проведены исследования по влиянию высоты H и диаметра d ферромагнитных стержней ротора на параметры $V_{\max}$, $V_{\min}$ и V_p . Установлено, что $\partial V_p / \partial d$ достигает значения 0,005 Тл/мм при изменении диаметра от 3 до 5 мм. Величина $\partial V_p / \partial H$ в области изменения высоты магнита от 5 до 7 мм достигает 0,02 Тл/мм.

Экспериментально определенные величины $(\partial V / \partial \varphi)_{V_p}$, $\partial V_p / \partial u$, $\partial V_p / \partial d$ и $\partial V / \partial H$ позволяют рассчитать погрешность угла поворота ротора. Например, если величина осевых смещений ротора достигает $\pm 0,2$ мм, а высота и диаметр ферромагнитных стержней заданы с погрешностью $\pm 0,03$ мм, то погрешность угла поворота составляет $0,1^\circ$.

1. А. с. № 1768951 СССР. Дискретный преобразователь угла поворота.

2. Ш е п е л е в и ч В. Г. // Изв. вузов СССР. Приборостроение. 1988. № 4. С. 50.

Поступила в редакцию 11.04.94.

УДК 534.8.539.039

В. С. САВЕНКО, А. И. ПИНЧУК, В. Б. ЗЛОТНИК,
С. Д. ШАВРЕЙ, В. В. ПОНАРЕДОВ

МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ДЕФОРМАЦИЮ МЕТАЛЛОВ

The article deals with the problem of existing mechanisms of electroplastic effect [EPE] — the decrease of deformation efforts when a high density current is passed through a deforming sample. The existing models do not describe the EPE completely. On the basis of twinning of bismuth crystals a new model is the easing of outcropping of dislocations by means of the surface energy decrease.

К настоящему времени хорошо известны электропластический эффект (ЭПЭ) и магнитопластический эффект (МПЭ) в металлах и ионных кристаллах, фотомеханический эффект (ФМЭ) и электромеханический эффект (ЭМЭ) в полупроводниках. Их сущность заключается в снижении усилий деформации и уменьшении микротвердости при помещении образцов в электромагнитные поля или при освещении, как в случае полупроводников. Открыт и исследован ЭПЭ при двойниковании металлов, обнаружено улучшение физико-механических характеристик медной проволоки при электропластической деформации [1, 2]. Теоретические модели, описывающие все эти явления, делятся на две большие группы:

1. Силовое влияние на движущиеся дислокации со стороны внешних энергетических воздействий непосредственно или с помощью промежуточных механизмов.

2. Снижение потенциальных барьеров для движущихся дислокаций.

К первой группе относится описывающая ЭПЭ в металлах модель «электронного ветра», которая уже нашла широкое применение в промышленности. Суть ее заключается в резком скачке пластической деформации при пропускании тока плотностью порядка 10^8 А/м². Он проявляется в виде характерных сбросов деформирующего усилия на диаграмме растяжения или сжатия образцов [3].

Экспериментально установлено, что скачки не связаны с тепловым расширением образцов и их разупрочнением в результате джоулева нагрева электрическим током, а также с пинч-действием импульса тока