

Sensor Hall

Arthur Faria Campos*, 16/0024242, Bruna Medeiros da Silva†, 16/0048711

*† Engenharia Eletrônica, UNB-FGA, Brasília, Brasil

Resumo— O Sensor Hall tem seu princípio de funcionamento baseado no Efeito Hall, descoberto em 1889, por Edwin Hall. O efeito Hall é uma propriedade que se manifesta em um condutor quando um campo magnético perpendicular ao fluxo de corrente é aplicado sobre ele. Quando isso ocorre, uma diferença de potencial no condutor é gerada, chamada de Tensão de Hall. Esta tensão possui direção perpendicular ao campo magnético e à corrente, e é proporcional à densidade de fluxo magnético e à corrente. A amplitude da tensão de Hall varia com a corrente e o campo magnético.

I. GRÁFICOS DO SENSOR HALL

O gráfico 1 foi ajustado pela parábola V_s em função do ângulo ϕ pelo método dos mínimos-quadrados, segundo o modelo físico-matemático abaixo:

$$V_s = A \cos(\phi) + B \quad (1)$$

Assim, foi possível encontrar os coeficientes A e B da Eq. (1). Sendo:

$$A = 1.82781414[V]$$

$$B = 2.45362968[V]$$

Já o gráfico 2 foi ajustado pela V_s em função de B_z também pelo método dos mínimos-quadrados seguindo o modelo físico-matemático abaixo:

$$B_z = B_0 \times \cos(\phi) \quad (2)$$

$$V_s = k_s B_z + V_{so} \quad (3)$$

Assim, foi possível encontrar os coeficientes k_s e V_{so} da Eq. (3). Os valores podem ser vistos a seguir.

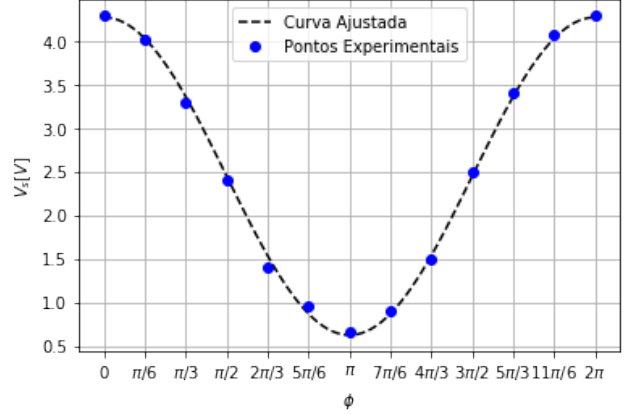
$$k_s = 0.00313842[V/G]$$

$$V_{so} = 2.45362968[V]$$

O erro quadrático médio(EQM) dos gráficos também foi calculado, utilizando a equação abaixo:

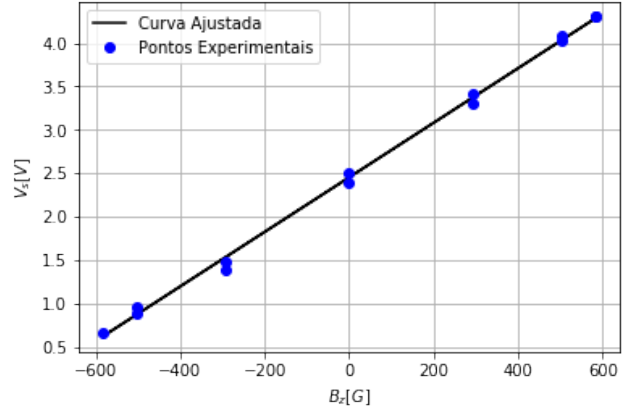
$$EQM = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (X_{Ajustado} - X_{Medido})^2}{N}} \quad (4)$$

Figura 1. Gráfico da $V_s \times \phi$



$$EQM_1 = 0.06008667180635637$$

Figura 2. Gráfico da $V_s \times B_z$



$$EQM_2 = 0.06008667180635635$$

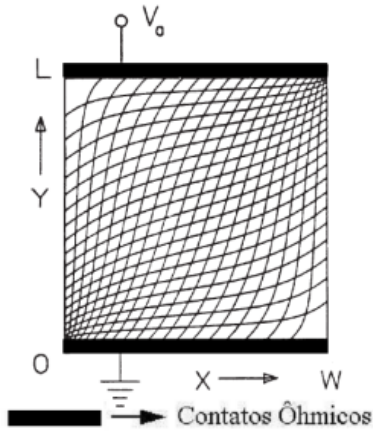
II. PESQUISA

A. Dopagem e proporções físicas usadas na construção de sensores Hall

O campo magnético distorce as linhas equipotenciais dentro da área ativa, como mostrado na Figura 1, na qual as linhas verticais são linhas de fluxo de portadores elétricos e as linhas horizontais (paralelas aos contatos) são as equipotenciais. Pode-se observar que as equipotenciais estão mais inclinadas no centro da área ativa e à medida que se aproximam dos contatos metálicos tendem a se alinhar a estes eletrodos, reduzindo assim a tensão Hall. Este efeito é devido à geometria da placa, pois os eletrodos que formam os contatos metálicos possuem uma condutividade maior que a área ativa,

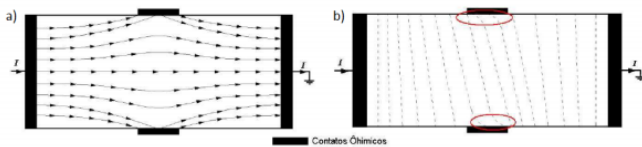
produzindo assim um curto-circuito das linhas equipotenciais e consequentemente reduzindo a tensão Hall.

Figura 3. Resultado de um modelo numérico de uma placa Hall quadrada. Os contatos-corrente estão hachurados



Podemos concluir que em uma placa curta, onde $W \gg L$, as equipotenciais se alinham com os contatos-corrente, reduzindo a diferença de tensão que poderia ser observada entre os contatos-sensor. Este efeito reduzirá, portanto, a sensibilidade da placa Hall. Já nas placas longas, nas quais $L \gg W$, as linhas equipotenciais terão uma inclinação maior no meio da área ativa, onde não se percebe o efeito de distorção dos contatos-corrente, aumentando a diferença de tensão entre os contatos-sensor e, consequentemente, aumentando a sensibilidade. Os contatos-corrente não são os únicos que geram distorção. Contatos-sensor apresentam uma resistência elétrica muito menor que a área ativa, representando também um curto-circuito e diminuindo a sensibilidade do dispositivo. Uma simulação numérica detalhando os efeitos dos contatos-sensor não pontuais é ilustrada na Figura 3, na qual é possível observar a distorção dos equipotenciais e o efeito de curto-circuito no material de maior condutividade.

Figura 4. Simulação numérica de uma placa Hall retangular detalhando a distorção produzida pelo efeito de curto-circuito em contatos-corrente e contatos-sensor. A figura ilustra: a) Linhas de fluxo de corrente; b) Equipotenciais de potencial



Modelos simples com elementos resistivos, cálculos baseados na Lei de Ohm e na Força de Lorentz já não são suficientes para descrever o comportamento do dispositivo, sendo necessário usar simulações numéricas para obter um resultado preciso. Com o objetivo de simplificar os cálculos e continuar utilizando as expressões algébricas já desenvolvidas, se adiciona à equação um fator proporcional de correção, chamado de Fator de Correção Geométrico (GH), descrito como a relação entre o sinal de saída obtido, incluindo os efeitos de contorno e o valor de um sensor ideal, como

$$G_H = \frac{G_{H_{real}}}{G_{H_{ideal}}} \quad (5)$$

representado na equação 6. Este fator tem um valor máximo de 1 para dispositivos longos. Substituindo na equação a tensão Hall ideal $V_{H_{ideal}}$, obtemos a Equação 2, que relaciona os efeitos geométricos e de fabricação com a tensão de saída medida.

$$G_{H_{real}} = G_H \frac{IB_z(p\mu_p^2 - n\mu_n^2)}{tq(p\mu_p + n\mu_n)^2} \quad (6)$$

Para reduzir o efeito induzido pelos contatos metálicos e aumentar a sensibilidade, o sensor deveria possuir uma área ativa longa e fina, a fim de se obter a máxima inclinação das linhas equipotenciais no centro do dispositivo. Ao mesmo tempo, seria necessário manter a maior separação possível entre os contatos-sensor, permitindo um desenvolvimento uniforme das linhas. Sensor tipo placa Hall Octogonal 37 de fluxo elétrico. Por este motivo, geometrias identificadas como “Cruzes Gregas” são recorrentes na fabricação de placas Hall, pois diminuem os efeitos dos contatos ôhmicos. Ao aumentar a relação entre o perímetro e a área ativa, também conhecido como Relação de Aspecto, maximiza-se o fator geométrico GH. A partir do exposto, podemos afirmar que os sensores de 4 terminais são dependentes da geometria de seus contatos. Portanto, uma análise completa do sensor deve levar em consideração, como condições de contorno, os efeitos dos contatos não ideais.