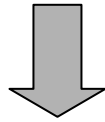


# 磁気センサ

構造形: 電磁誘導の利用

磁気の変化のみしか測定できない, 大きさに制約

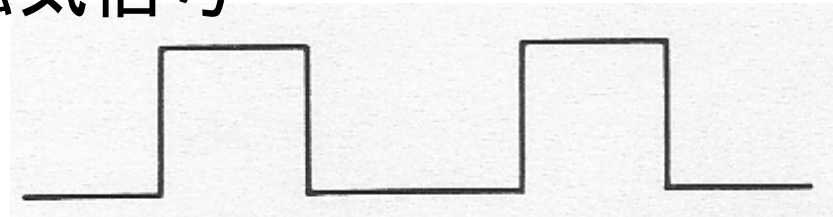


物性形: 固体素子

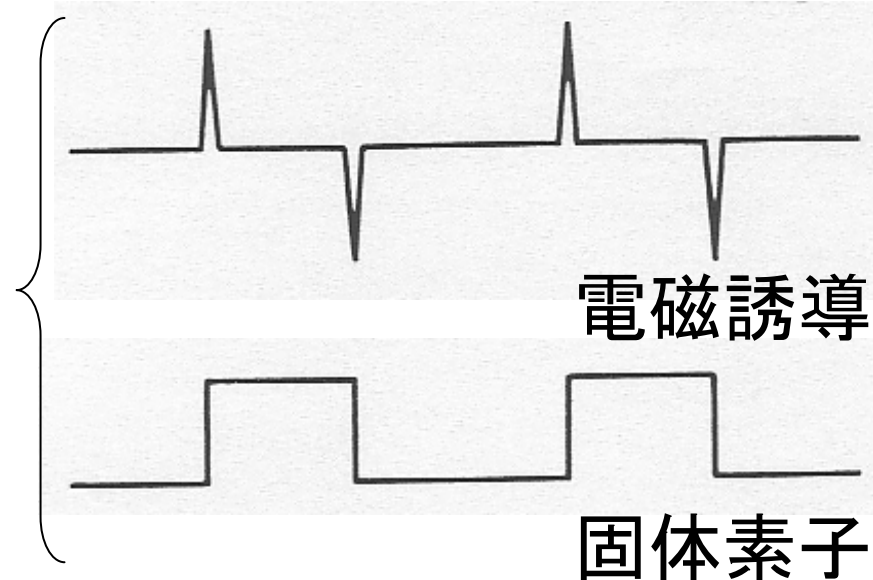
磁界そのもの  
集積化技術

→ インテリジェントセンサ

磁気信号

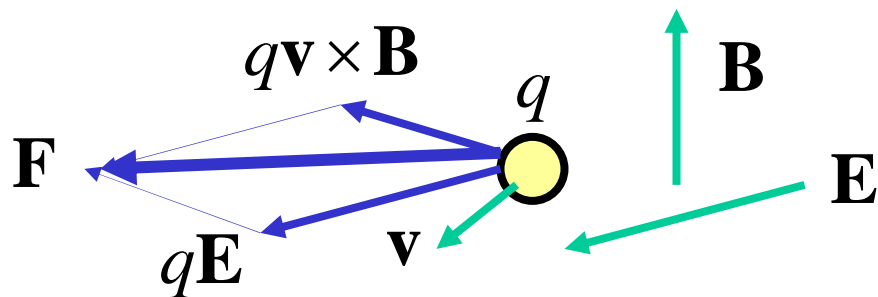


出力



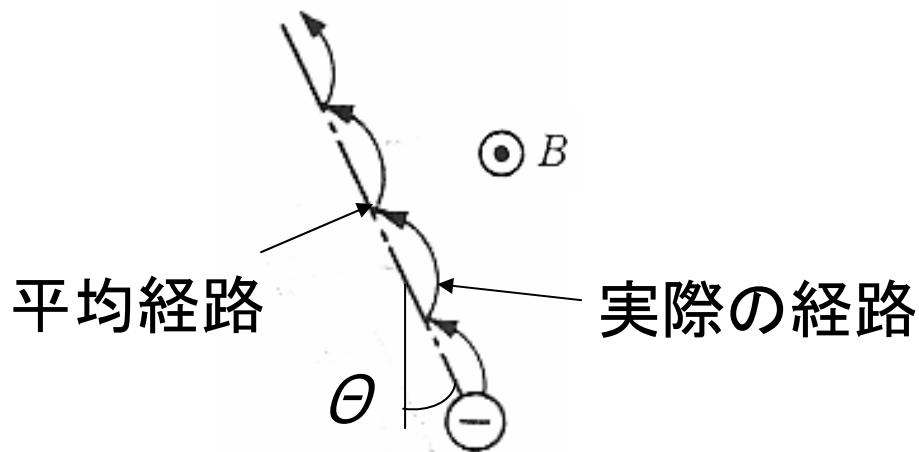
# ホール効果

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$



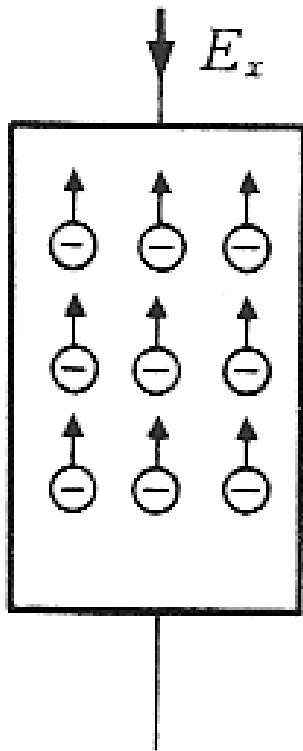
$\theta$ : ホール角

$$\tan \theta = \frac{\mu B E_x}{E_x} = \mu B$$

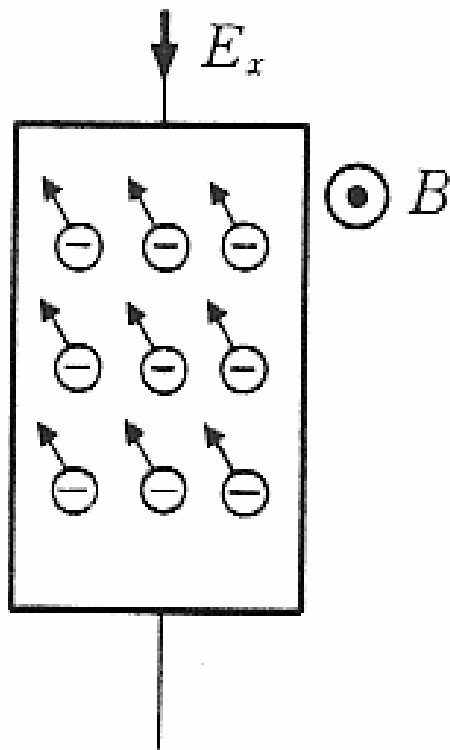


結晶格子  
不純物





無磁界

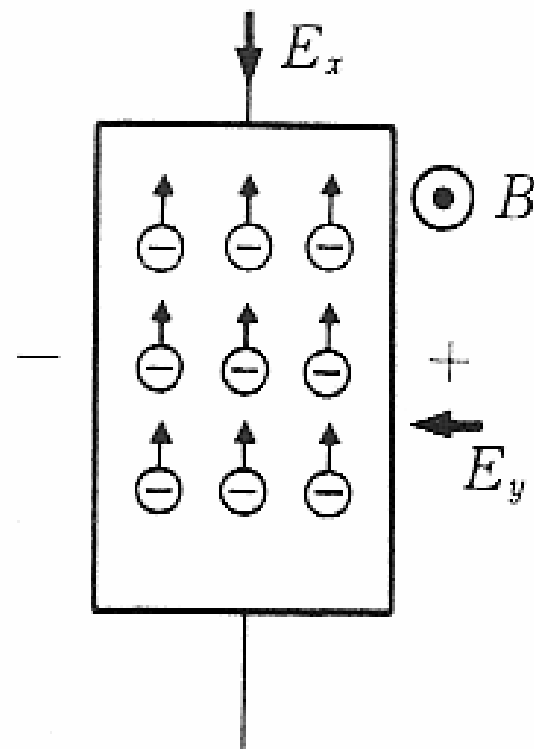


磁界作用の瞬間

$$v = \mu E = \mu E_x$$

$\mu$ : キャリア移動度

$$\tan \theta = \frac{\mu B E_x}{E_x} = \mu B$$



磁界作用後の定常状態

ホール電界

$$E_H = E_y = -\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

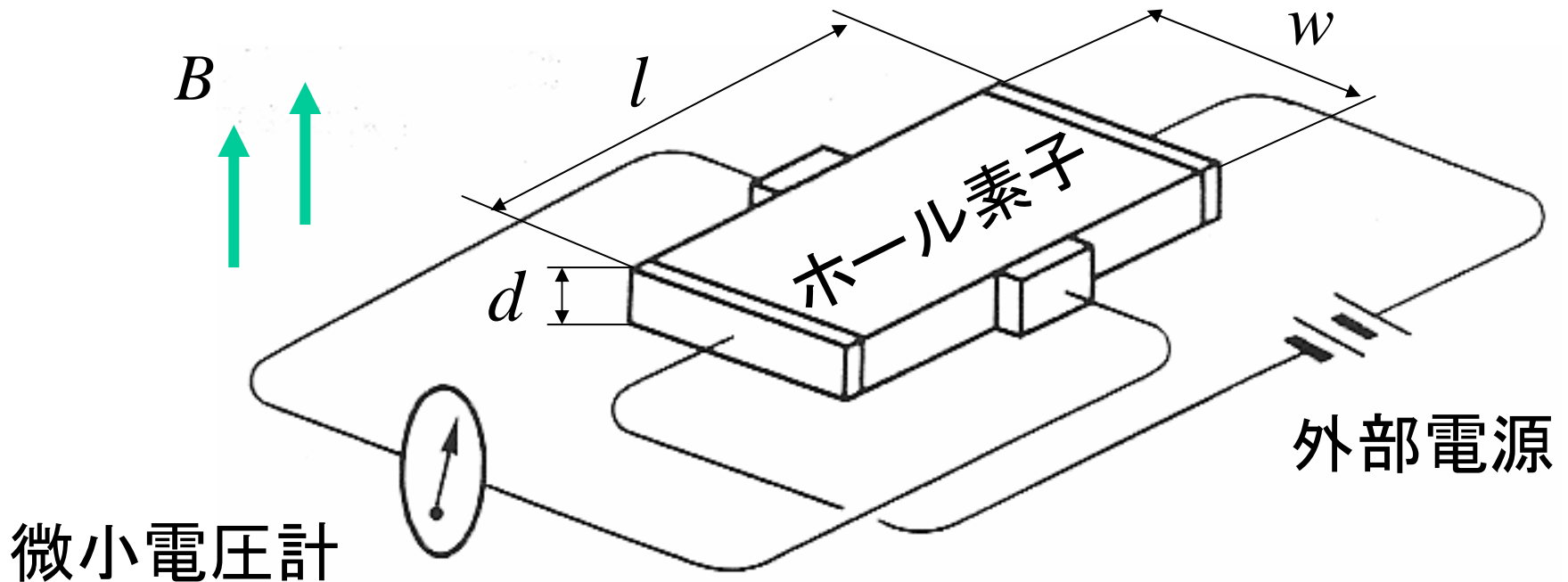
$$\mathbf{F} = qE_x$$

電流密度:  $i = \sigma E_x$ ,  $\sigma$ : 電導率

ホール電界:  $E_H = E_y = \mu E_x B = (\mu/\sigma)iB = R_H iB$

$R_H$ : ホール係数

ホール電圧:  $V_H = \int_0^w E_y dw = R_H iBw = R_H BI/d$



移動度大  $\implies$  ホール電界大

|                             | InSb   | InAs   | GaAs  | Ge    | Si    |
|-----------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 電子移動度(cm <sup>2</sup> /V/s) | 78,000 | 33,000 | 8,500 | 3,900 | 1,900 |

InSb

$$B=10\text{kG}, \mu B=\tan \theta =8$$

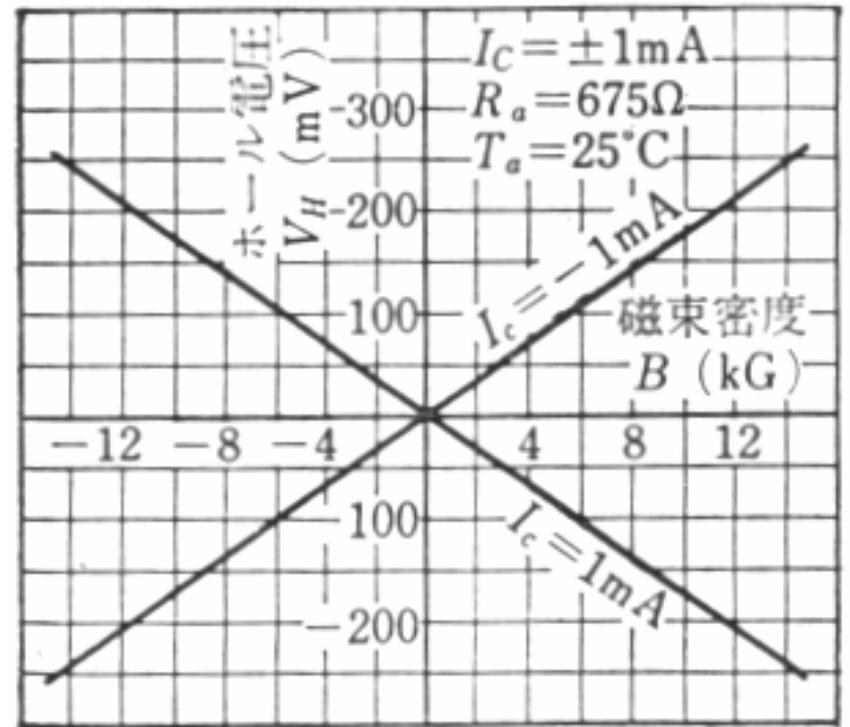
$$\theta =83^\circ$$

ホール係数

$$n \text{ 形半導体: } R_H = -\gamma/(ne)$$

$$p \text{ 形半導体: } R_H = \gamma/(pe)$$

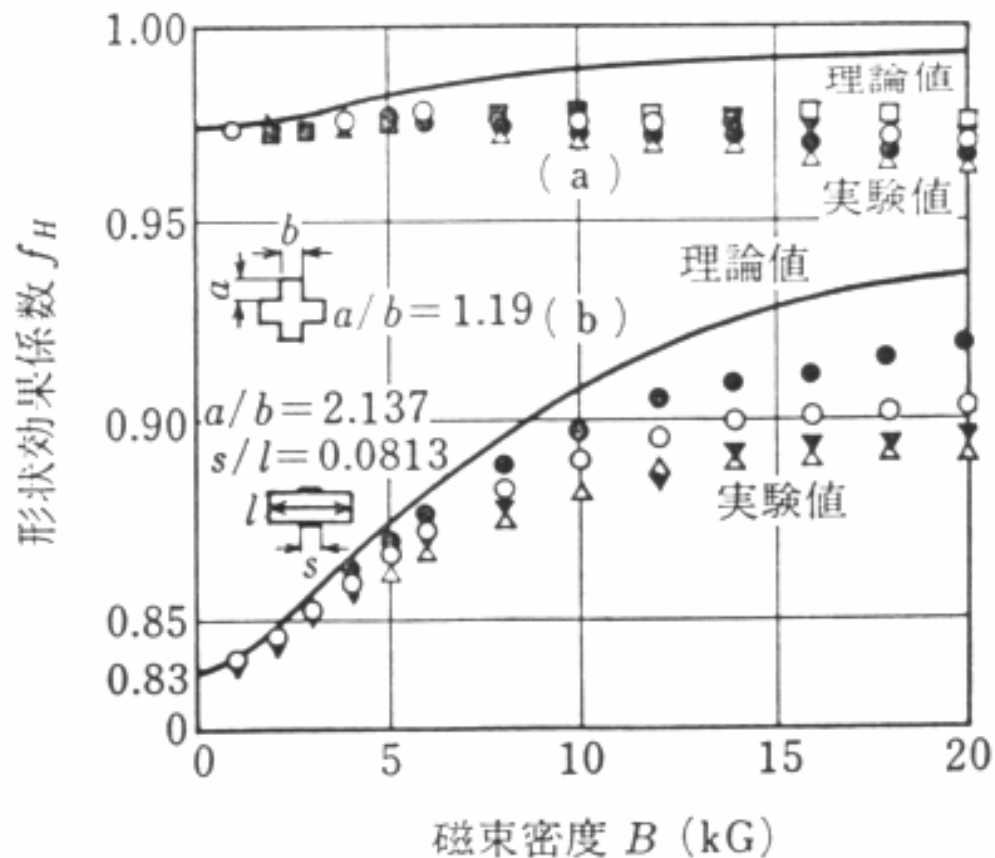
$n, p$  : 電子, 正孔の密度



GaAsホール素子の磁界特性

ホール電圧:  $V_H = R_H IBf_H / d$

$R_H, f_H$  : 大,  $d$  : 小  
 $\Rightarrow V_H$  : 大



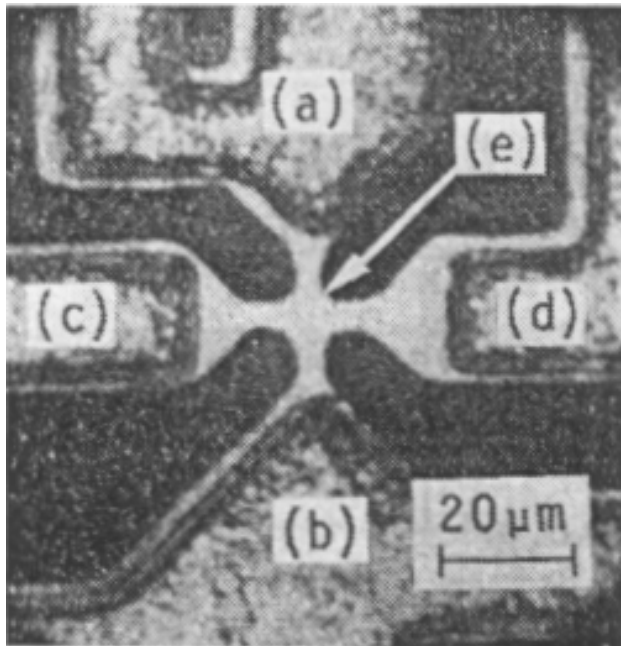
ホール素子の形状効果係数(InAs)

## [高感度ホール素子]

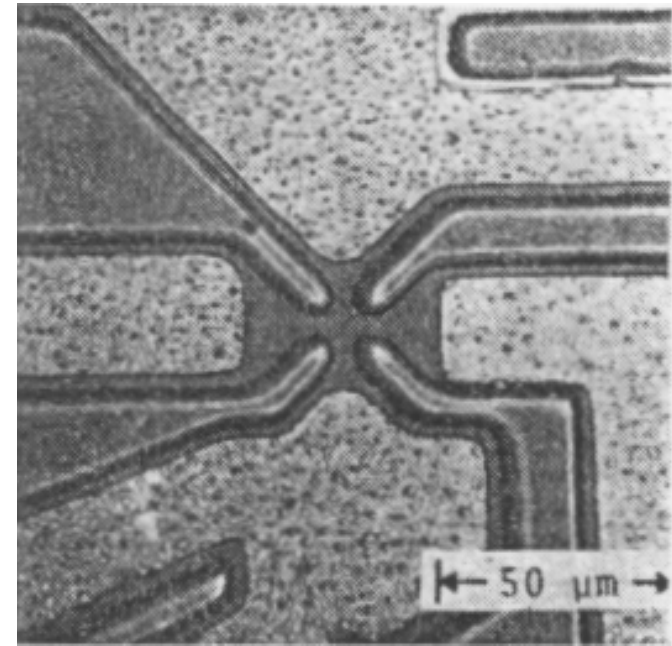
高移動度半導体, 低キャリア濃度, 十字形状

薄い素子 ⇒ 精密除去技術(ラッピング, エッチング)

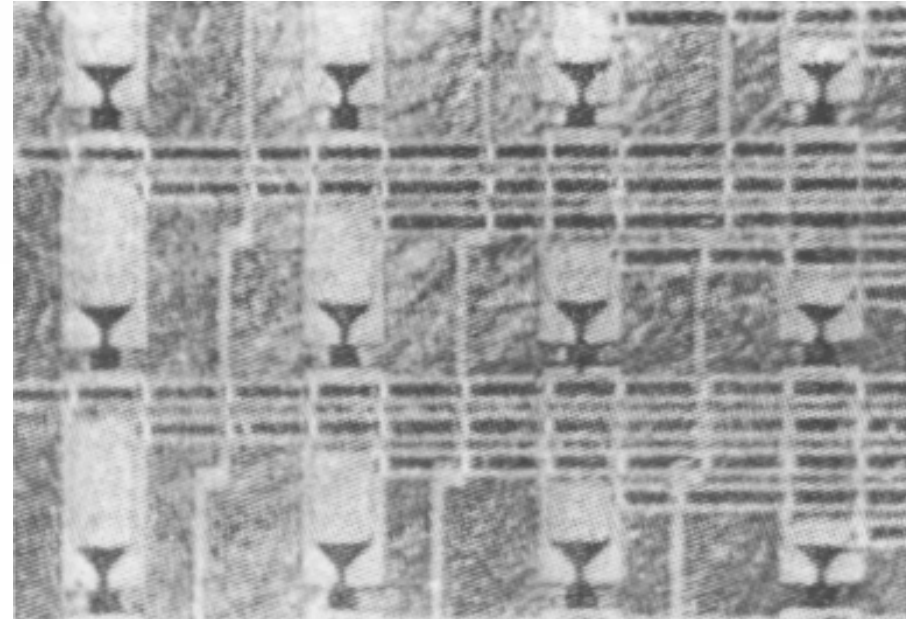
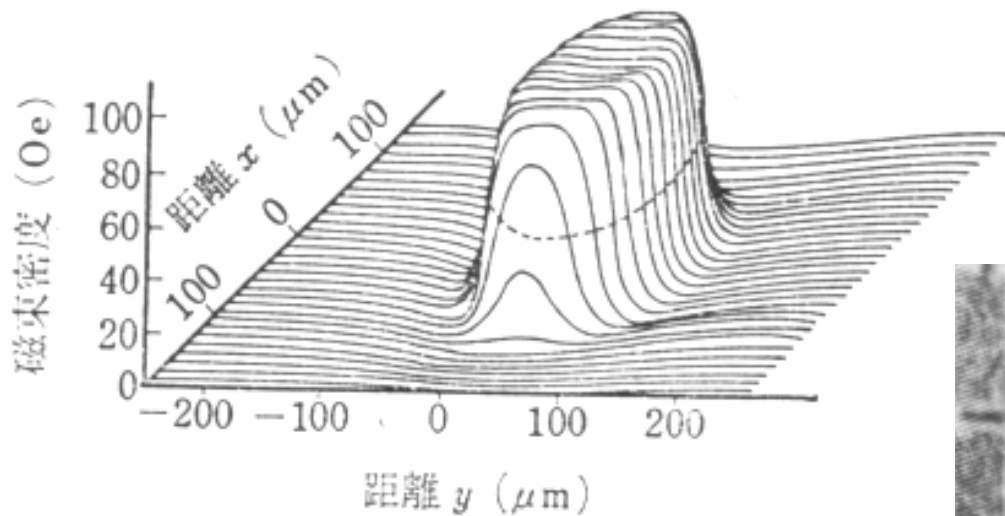
成膜(蒸着, エピタキシャル成長, イオン注入)



InSb微小ホール素子  
a,b,c,d: 電極, e: 素子



GaAsホール素子



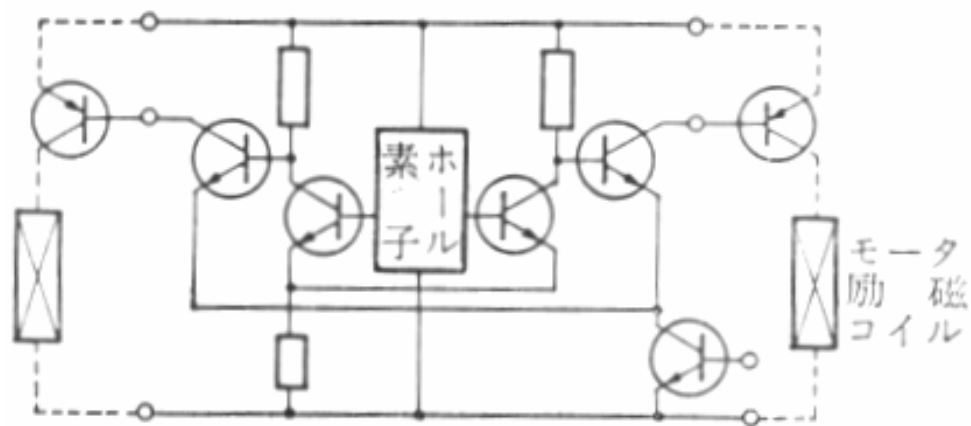
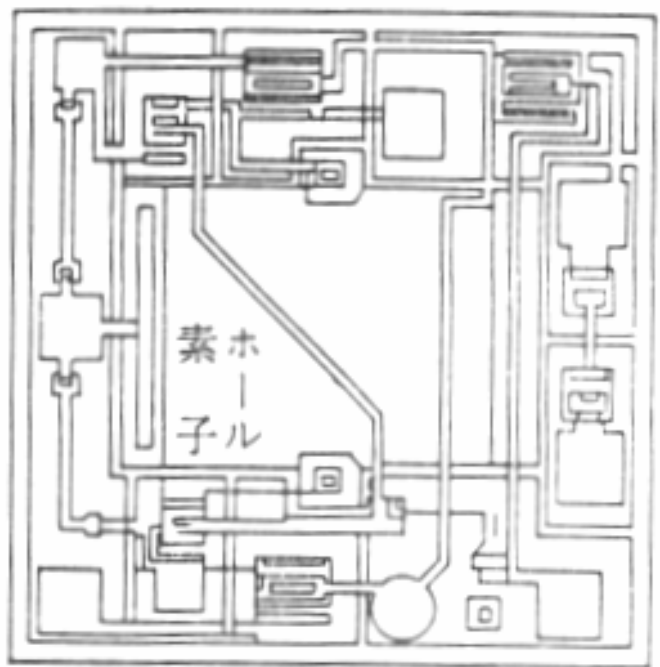
磁気バブルからの  
磁界分布測定例  
(バイアス磁界: 250Oe  
直径約 $130\mu\text{m}$ )

磁気バブル検出用3端子InSb  
ホール素子アレー  
(磁界の2次元アレー,  
磁気バブルの存否)



## [ホール素子磁気センサ]

磁束計, 電流計, 磁気記録用ヘッド, 電流計, 回転計,  
速度計, 電力計, 周波数変換器, アイソレータ,  
各種ブラシレスモータ(VTR, レコードプレーヤ, フロッピー  
ディスク),



Si ホールIC  
(ブラシレスモーター用)

# 磁気抵抗効果

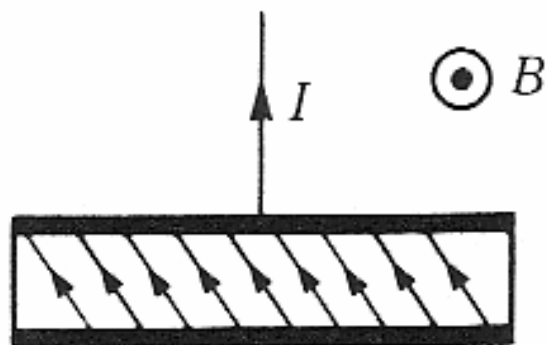
ホール効果で磁界が加わった当初の過渡状態の持続

横方向短絡:  $E_y = 0$  , 磁界が存在

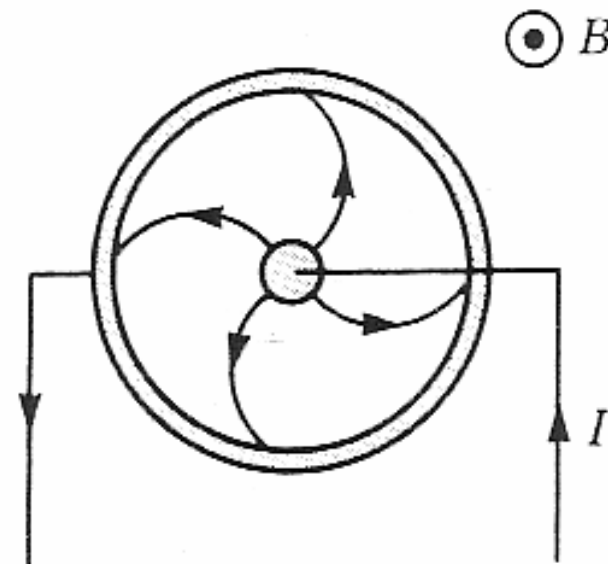
→ キャリアはホール角だけ傾いて流れる

→ 磁界増につれて電流経路長増す

→ 電極間抵抗増



長方形素子



コルビノ素子

低磁界:

$$R = R_0(1 + mB^2) = R_0 + SB^2$$

高磁界:

$$R = R_0(G + mB^2) = R'_0 + SB$$

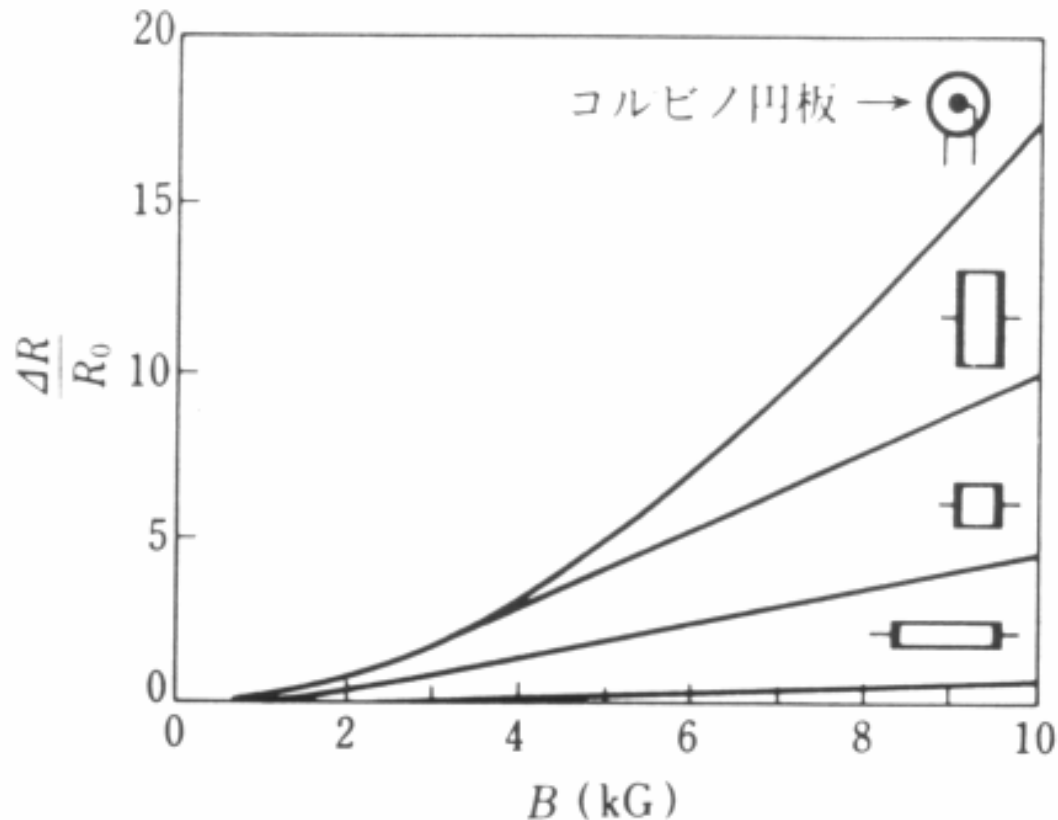
方形素子で高磁界

$$R = R_H B / d$$

$$V = R_H BI / d$$



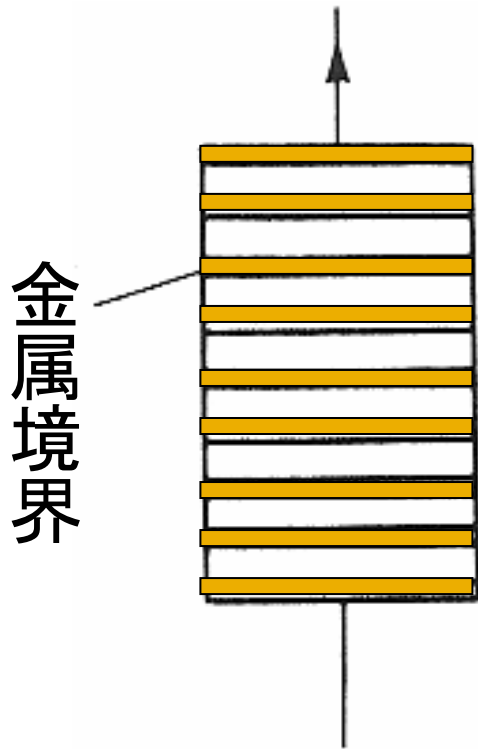
磁気抵抗効果素子の端子電圧  
= ホール素子の電圧の数100倍



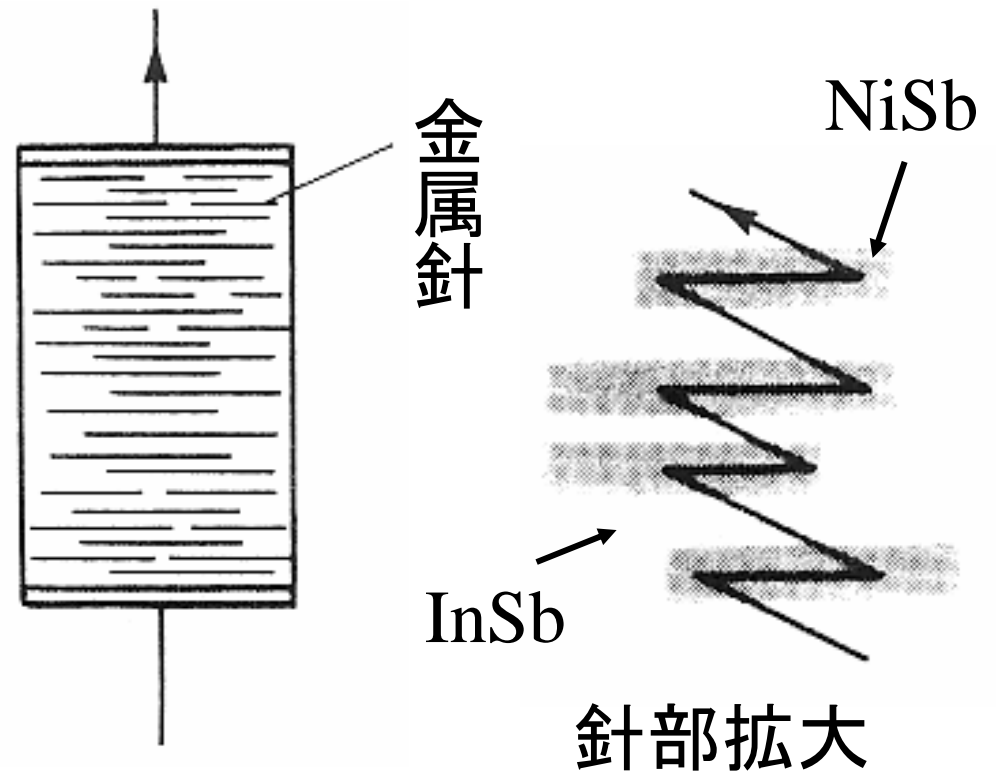
# 磁気抵抗効果素子

材料: InSb (移動度高い)

2端子構造 (⇔ホール素子は4端子), 多数の横方向短絡



(a) 半導体製造  
技術の応用



(b) 析出技法  
溶融したInSbにNi添加 → NiSb析出