



圖 13-54 量測到的 S 參數可由電路理論轉成 h_{fe} 及 G_{max} 。

2. 雜訊的量測

由於半導體技術的進步，積體電路逐漸走向低操作電壓的趨勢，因此微弱的電子訊號很容易受到電路內的不正常擾動所影響，造成訊號的失真，此電路內自發性的擾動，一般即稱為雜訊（Noise），因此降低電路或元件的雜訊實為一非常重要的課題。

一般常見的雜訊可概分為下列幾種：

1. 熱雜訊（thermal noise）：起因於熱載子與晶格碰撞所造成，其與導體的電阻及溫度成正比。
2. 散彈雜訊（shot noise）：導因於載子跨越能位障所引起，如跨越 P-N 接面，其通常與電流成正比。
3. 產生-復合雜訊（generation-recombination noise）：由電子電洞對的產生、復合，及晶格缺陷對載子的捕捉或釋放所引起。
4. 閃爍雜訊（flicker noise, $1/f$ noise）：一般與載子的產生及復合有關，在低頻時的大小通常與頻率成反比。

$$NF = NF_{\min} + \frac{4\gamma_n |\Gamma_s - \Gamma_{\text{opt}}|^2}{(|1 - \Gamma_s|^2 |1 + \Gamma_{\text{opt}}|^2)}$$