

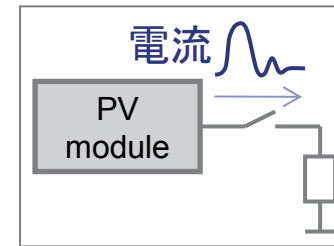
PVモジュールのリアクタンス特性評価

評価・システムチーム 景山

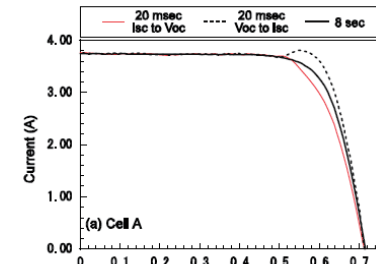
Evaluation of Reactance Characteristics for PV modules

PVモジュールのリアクタンスは、突入電流やI-V特性計測エラーの原因となります。

本研究では、高速過渡応答からリアクタンス特性を算出する手法を確立し、さらに、その特性を用いた等価回路モデルによって過渡現象を再現しました。

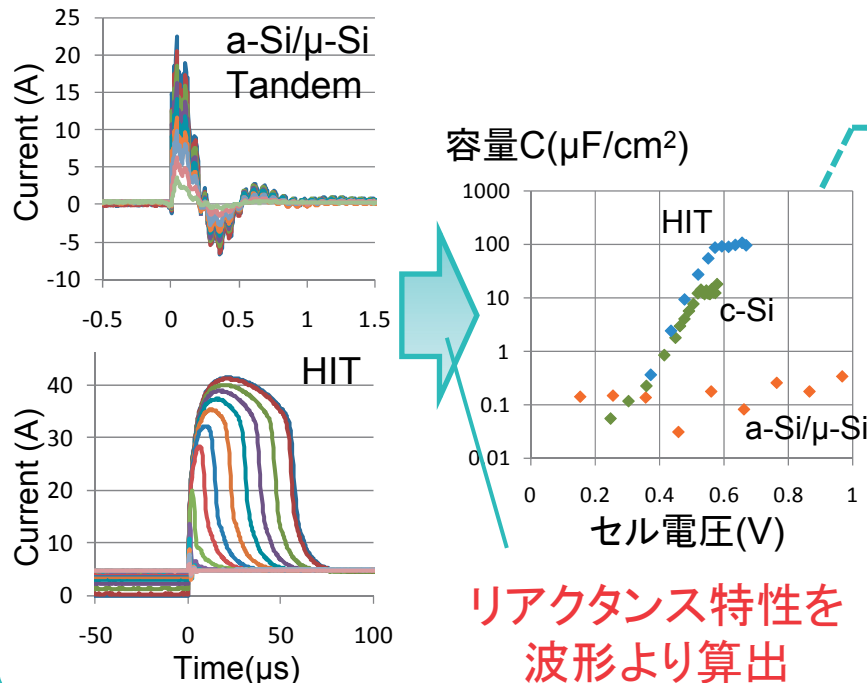


突入電流



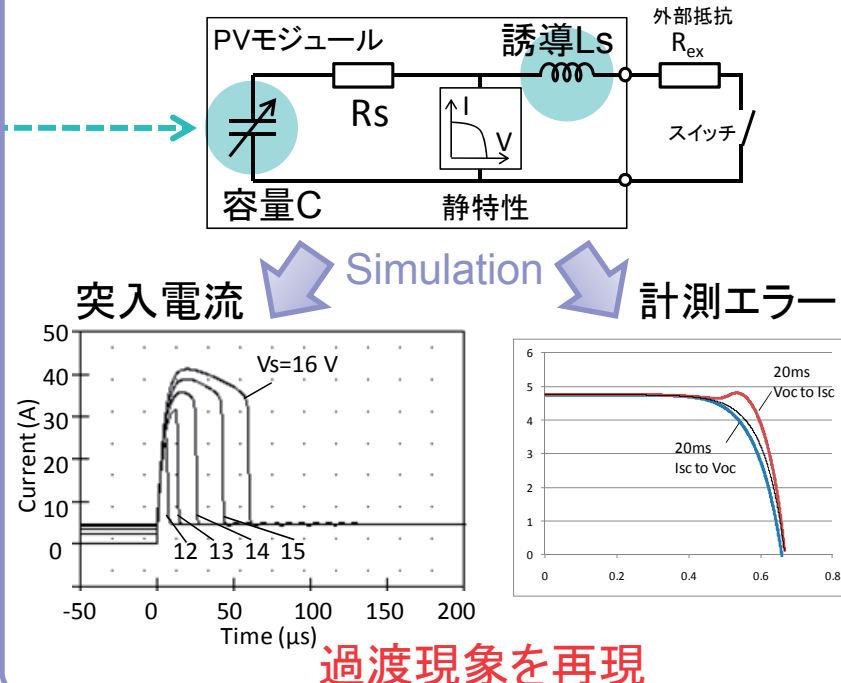
I-V特性計測エラー

1. 高速 (<1 μ s) 過渡応答測定



リアクタンス特性を
波形より算出

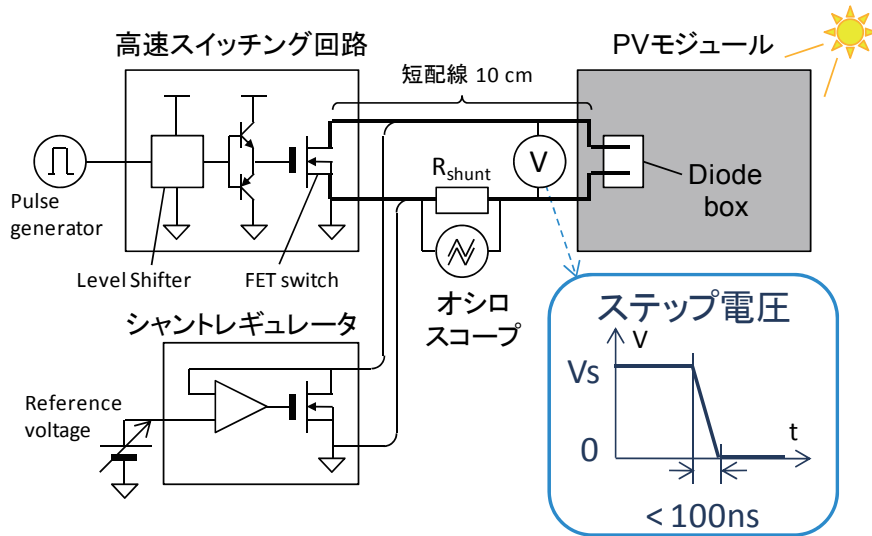
2. 等価回路モデル



過渡現象を再現

1. 高速 (<1μs) 過渡応答測定

過渡応答測定装置



- ・スイッチング回路とシャントレギュレータにより **ステップ電圧** を供給
- ・モジュールが発生する高速電流波形を測定

容量性リアクタンスCの計算

- Step1: 観測した電流波形より電荷Qを計算
- Step2: Qをステップ電圧Vsで微分→容量Cを算出

$$C(V_s) = \frac{dQ(V_s)}{dV_s}$$

PVモジュール (薄膜、結晶Si、高効率Si)

No.	PVの種類	セルサイズ / 直列数	測定条件	
			Irradiance (kW/m ²)	V _{oc} (V) / I _{sc} (A)
#1	薄膜	a-Si/μ-Si Tandem 8.6 x 890 mm 50 直列	0.79	58.4
#2		CIGS 5.4 x 1200 mm 110 直列		0.63
#3	結晶 Si	Single crystal 12.8 cm□ 18 直列	0.82	48.9
#4		Poly crystalline 15.5 cm□ 18 直列		1.66
#5	高効率 Si	HIT 12.4 cm□ 24 直列	0.85	10.6
#6		Backside contact 12.4 cm□ 16 直列		4.3



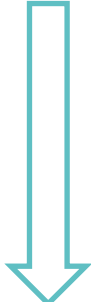
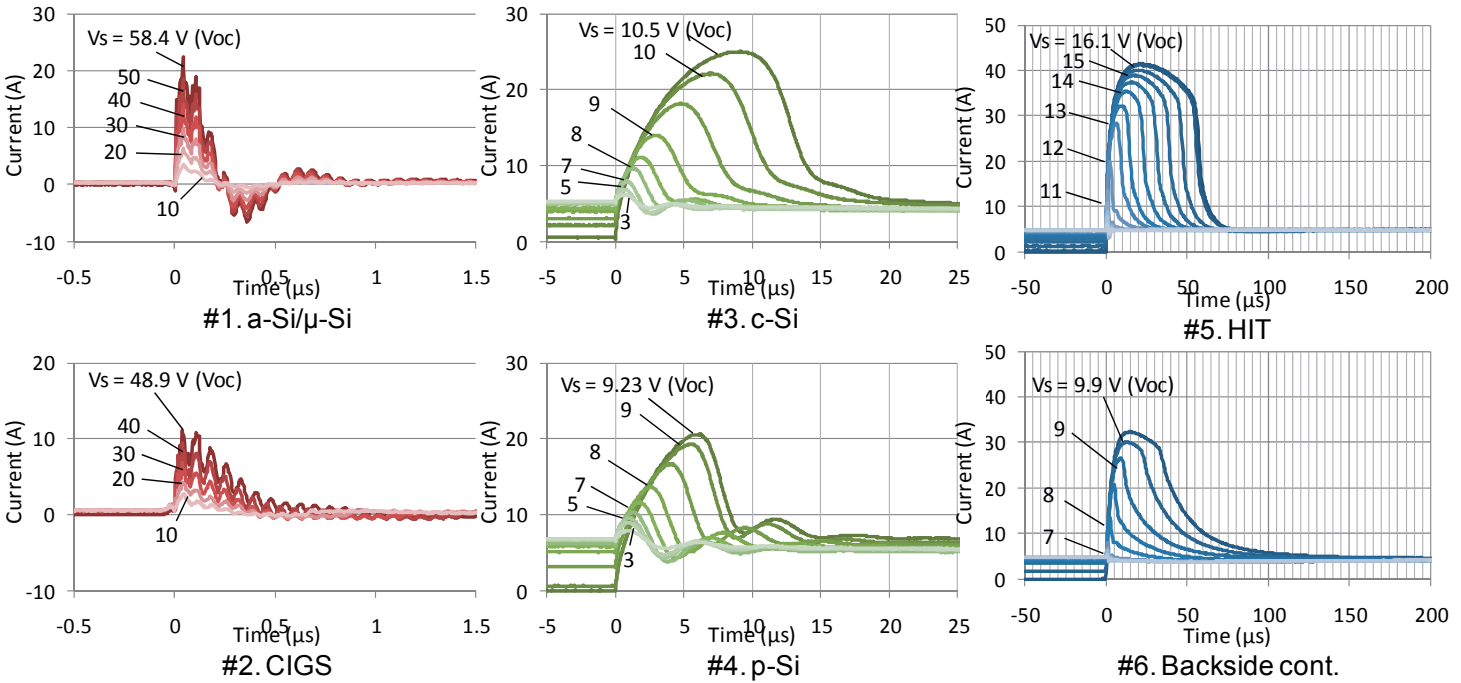
PVモジュール写真

- ・1クラスタで測定 (#3~#6)
- ・バイパスダイオードは取り外す

1. 高速 (<1μs) 過渡応答測定

波形観測結果

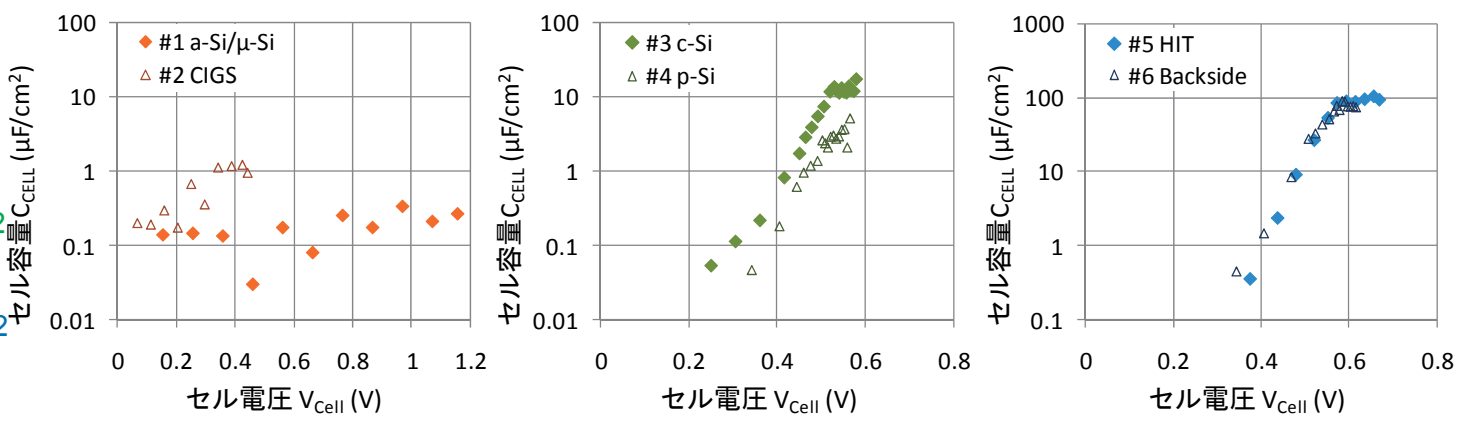
・電流規模(継続時間)がモジュールの種類で大きく異なっている



$$C(V_s) = \frac{dQ(V_s)}{dV_s}$$

容量Cの算出

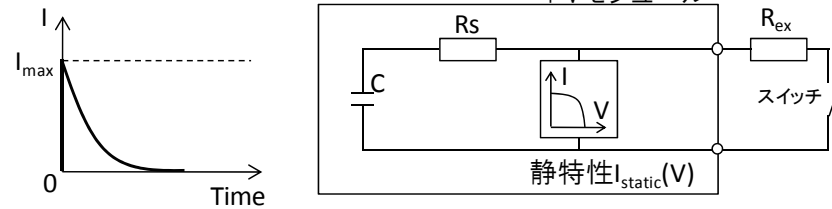
- ・薄膜: 0.1 μF/cm²程度
- ・結晶Si、高効率Siは指数的大増大
 ~ 拡散容量の特徴
 結晶Si: 3~15 μF/cm² (@V_s = 0.52V)
 高効率Si: 100 μF/cm² (@V_s = 0.6V)



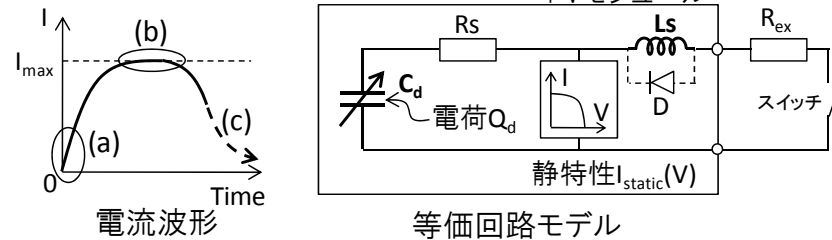
2. 等価回路モデル

回路モデル作成

(A) 薄膜PVモジュール



(B) 結晶・高効率PVモジュール

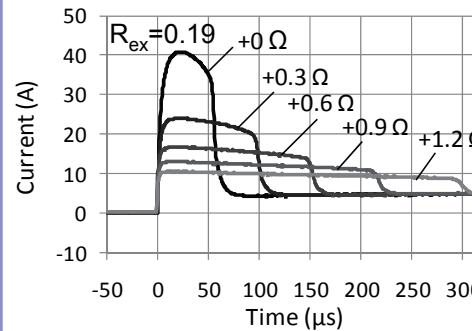


- ・薄膜 → RC直列回路モデル
- ・結晶Si、高効率Si → RLC直列回路モデル
- ・波形よりR,Lのパラメータ抽出

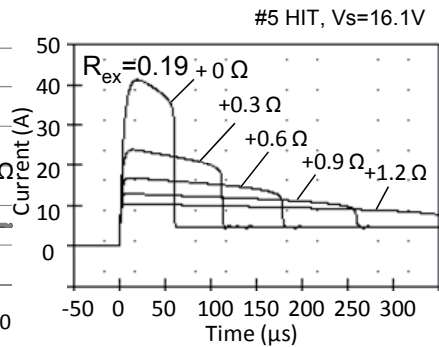
No.	PVの種類		Vs (V)	I _{max} (A)	R _s (Ω)	di/dt(t=0) (A/μs)	L _s (μH)
#3	結晶Si	Single crystal	10.5	25	0.23	8.0	1.3
#4		Poly crystalline	9.23	21	0.25	8.8	1.1
#5	高効率Si	HIT	1.61	41	0.20	9.2	1.8
#6		Backside contact	9.9	32	0.12	9.4	1.1

シミュレーション結果と実測結果の比較

突入電流波形

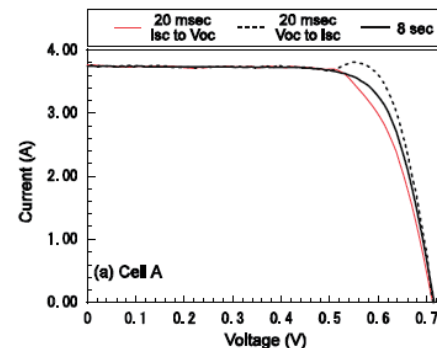


実測

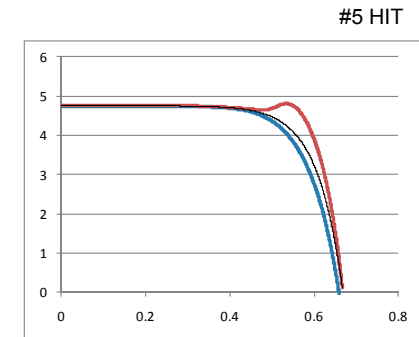


シミュレーション

I-V特性計測エラー



実測*1



シミュレーション

過渡現象の再現に成功

*1) Y. Hishikawa, Conference Record of the 2006 IEEE 4th World Conference (WCPEC), pp.1279-1282 より引用