

Advanced Sputtering Technology

Business Plan



Products

先進型対向式スパッタリング

プラズマ衝撃フリーによる低温スパッタ装置 プラズマフリー領域反応性ガス導入方式

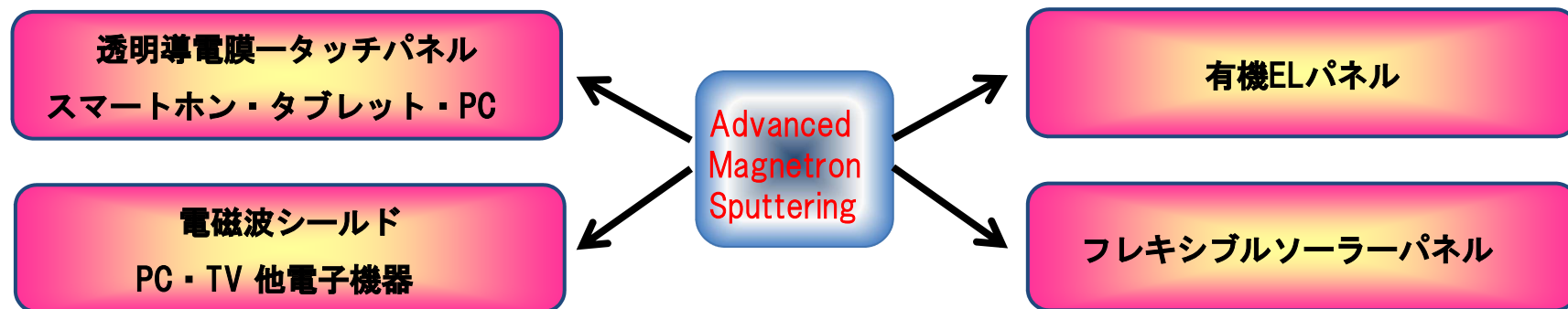


私たちが提供する先進型対向ターゲット式スパッタ技術は高密度プラズマを真空チャンバーに拘束することにより、材料への2次電子の衝撃によるダメージを抑制できる原理・構造を特徴とする成膜技術です。

この技術により、これまでのスパッタ技術では困難とされていた低温・低ダメージで高品質な薄膜を形成することができ、かつ高い生産性を有する成膜技術となっています。また、形成される薄膜は従来のスパッタ技術により形成される薄膜と比較し、粒子界面に空隙の少ない緻密な膜を形成することができます。

対向式スパッタ方式の反応性ガス導入方法は従来のマグネトロンや対向式ターゲットスパッタ装置とは異なり、次世代FPDやメモリの開発・生産に必要な低温・基板損傷フリー・高速を同時に実現することが可能です。またプラズマがターゲット上に全体的に分布されますのでエロージョンが均一的で長時間ターゲット使用が可能です。更に磁場と電場が直行する為強磁性体のスパッタが可能でGMR、TMRなどの開発にも最適と言えます。

更にマシンの特性上有毒ガスを使用しない環境にやさしいグリーンテクノロジーでもあり、あらゆる分野のニーズにお答えする体制を整えています。



技術の特徴

① 様々な分野へ供給可能-応用範囲が広い

- ・透明導電膜 タッチパネル、電磁波シールド薄膜、有機ELディスプレイ・照明、薄膜ソーラーシート
- ・TFT用薄膜
- ・回路基板用金属層
- ・光学フィルター
- ・HDD用磁気ヘッド膜

② 低温(100℃以下)で成膜可能

- ・製品へのダメージが非常に少ない—歩留まりの飛躍的な向上
- ・装置構造が簡易—メンテナンスが容易

③ 有毒ガスを使用しない

- ・付帯設備(環境対策)が非常に少ない
- ・装置構造が簡易—メンテナンスが容易

④ Roll-to-Rollによる連続生産

- ・高い生産性—生産能力の飛躍的な向上
- ・安定した品質—容易な作業管理

⑤ 材料の高い利用効率—高価なターゲットの長期間の利用を可能にした

- ・他の製法に比べ材料代を大きく削減—シリコン薄膜の場合で約1/100

Technology—1

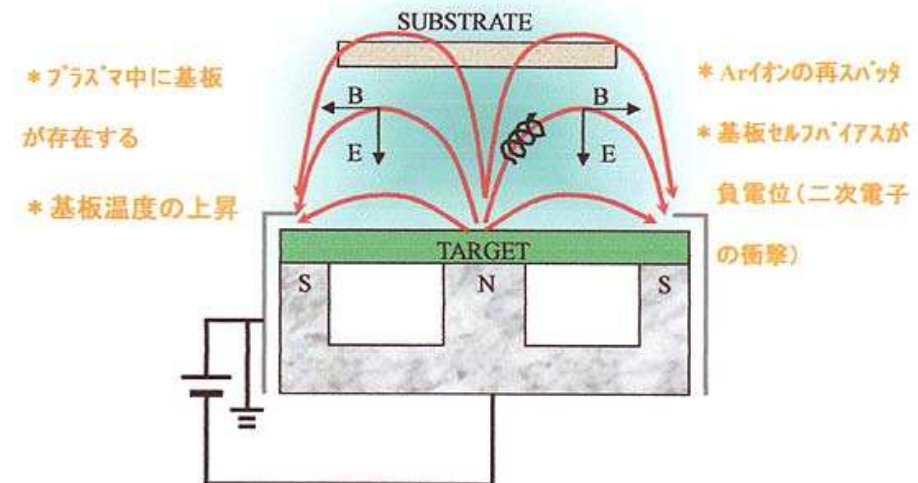
既存の薄膜製造法 — CVD

- ・製造過程に非常に高価な人工ガス(シラン・ジボラン・ホスフィン)が必要
- ・人工ガスは爆発性・毒性が強いため危険。管理が非常に難しい。(死亡事故発生事例有り)
- ・薄膜を化学的気相蒸着時、ピンスポットなどが発生する為発電効率が下がる。
- ・バルク系(単結晶・多結晶)太陽電池の変換効率11~15%に比べ薄膜系の市販されている量産品では9%以下

の商品がほとんど

- ・基板がプラズマ中に存在 → 高エネルギー粒子から衝撃を受ける
- ・ターゲット印加電圧程度の運動エネルギーを持ち、磁力線に沿ってぶつかってくる二次電子のガンマ電子により強い衝撃を受け、その運動エネルギーが熱化し基板温度が**200℃以上**となる。

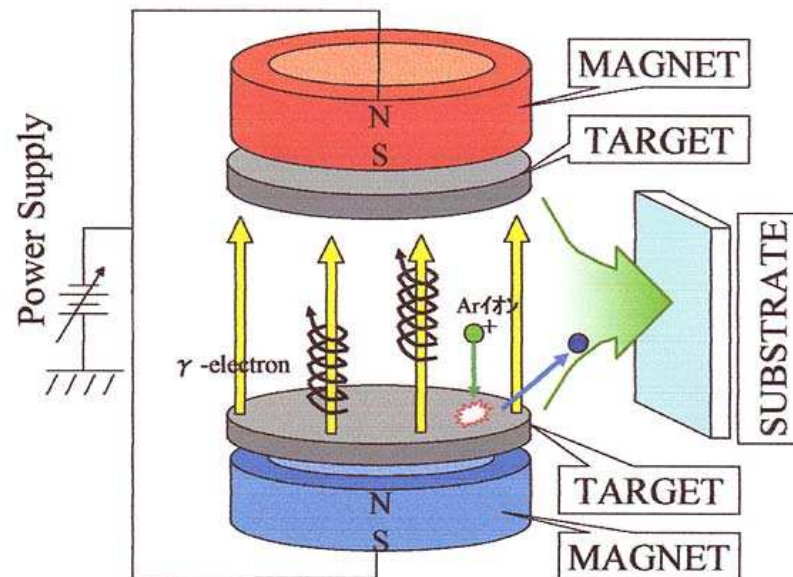
- ・ガンマ電子の衝撃により負の電荷がチャージアップし、基板のセルフバイアスが負となる。すると今度は、正のアルゴンイオンが基板へぶつかってくる。このときは、質量が膜原子と同等なので、膜に欠陥を生じさせたり、再スパッタにより格子欠陥を生じさせてしまう。
- ・反応性スパッタリングの時には、特に酸素が負イオンとなり易く、電子と同じように基板へぶつかってきて、大きな膜損傷を与えてしまう。



Technology—2

ナチュラトロンスパッタリング

- ・プラズマをターゲット間で生成・保持し、基板表面への高エネルギー粒子の衝撃を抑制する。当にAs-Depositionの成膜が可能となっている。
 - * プラズマ衝撃フリーの膜作製が可能
 - * 100℃以下の低基板温度なので、樹脂・プラスチックフィルム基板が使用可能
 - * 再現性・歩留まりが良好
- ・放電インピーダンスが低く、 $10E(-3)Pa$ 台での放電が可能
 - * 緻密な膜構造が得られる
 - * 結晶配向性が良好となる
- ・製造過程に必要なガスは一般的な安価なガスを使用
＝管理費用が掛からない



○磁場強度分布による効果

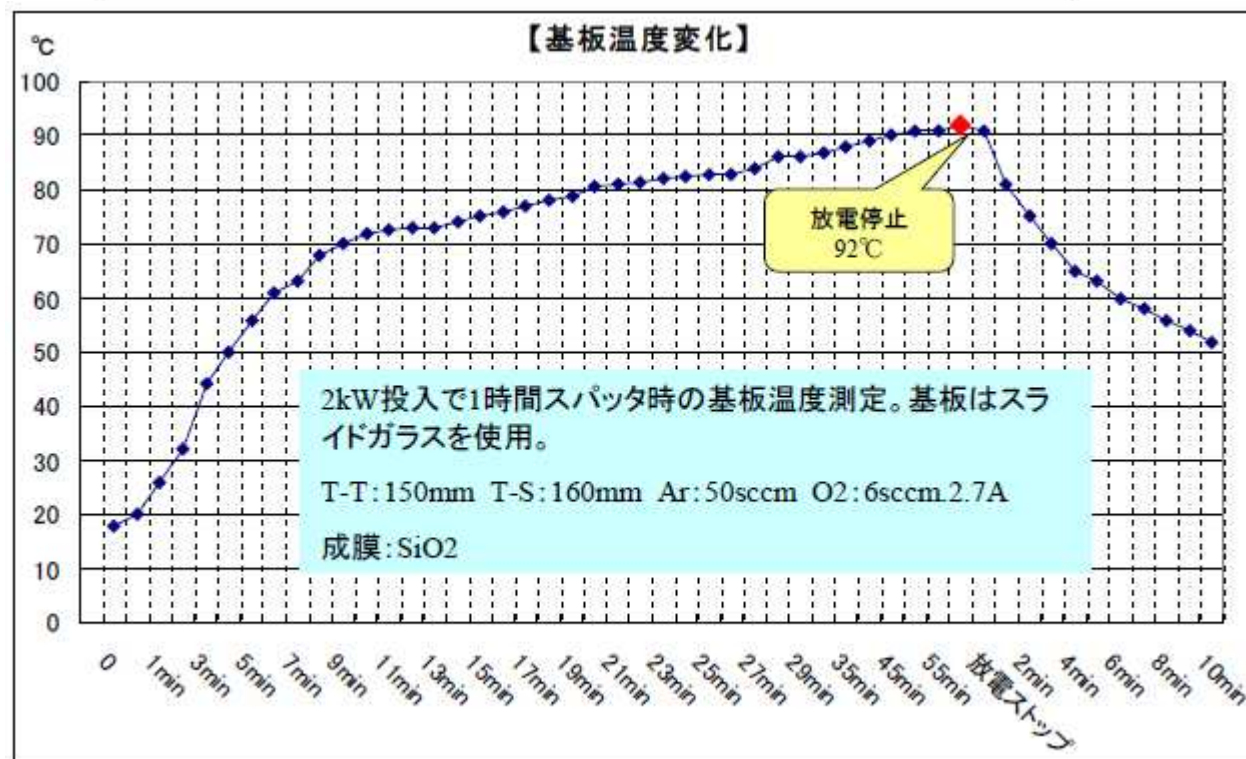
- ・プラズマ周辺磁場が強いので、プラズマ境界付近の密度が高い。
 - * プラズマ中へ、反応性ガスが入り込み難い状態が形成されている。
- ・基板表面でターゲット構成原子と反応性ガスが結合する。
 - * 高成膜速度により量産性が向上する。
 - * スパッタ部と成膜部を独立に制御できるので、成膜プロセスの簡便化・単純化が可能となる。
 - * 膜組織の制御が容易なので、必要な特性を持った膜が得られる。

Technology—3

基盤温度変化データ

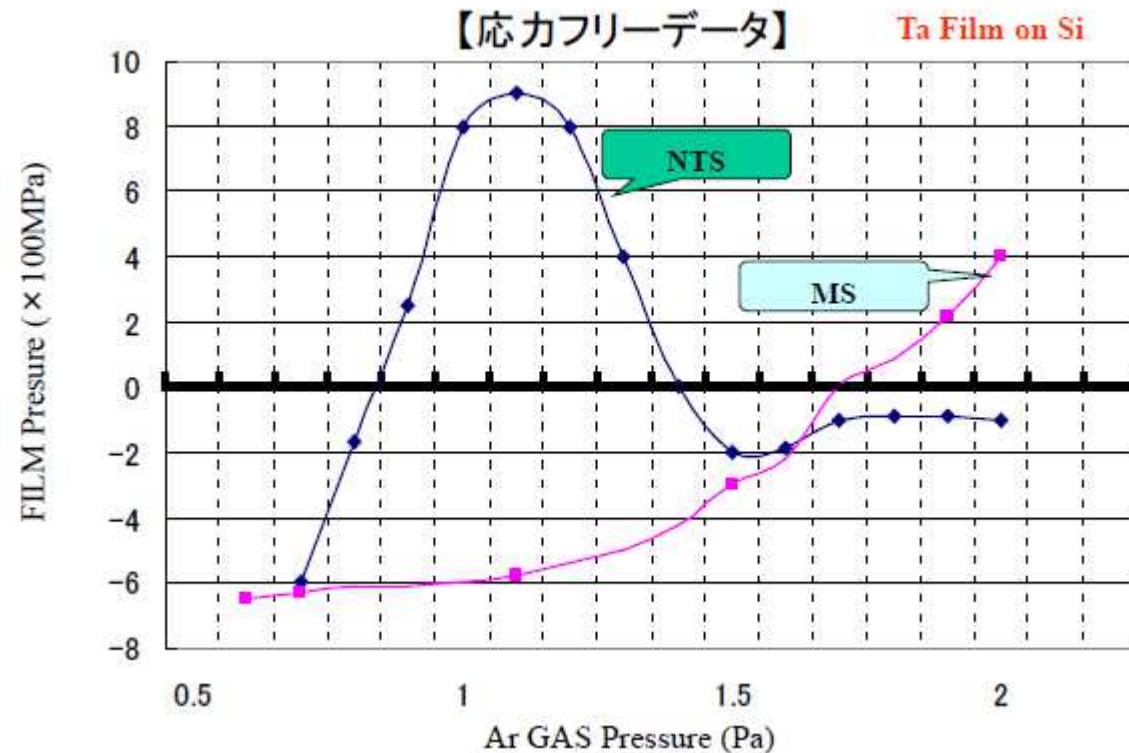
【他方式スパッタとの比較】

	RF 2極反応性 スパッタ	DCマグネトロン 反応性スパッタ	ナチュラロン 反応性スパッタ
成膜レート (SiO ₂) Pw=2kW	8nm/min	12nm/min	<u>150nm/min</u>
成膜温度	>200°C	>200°C	<u><100°C</u>



Technology—4

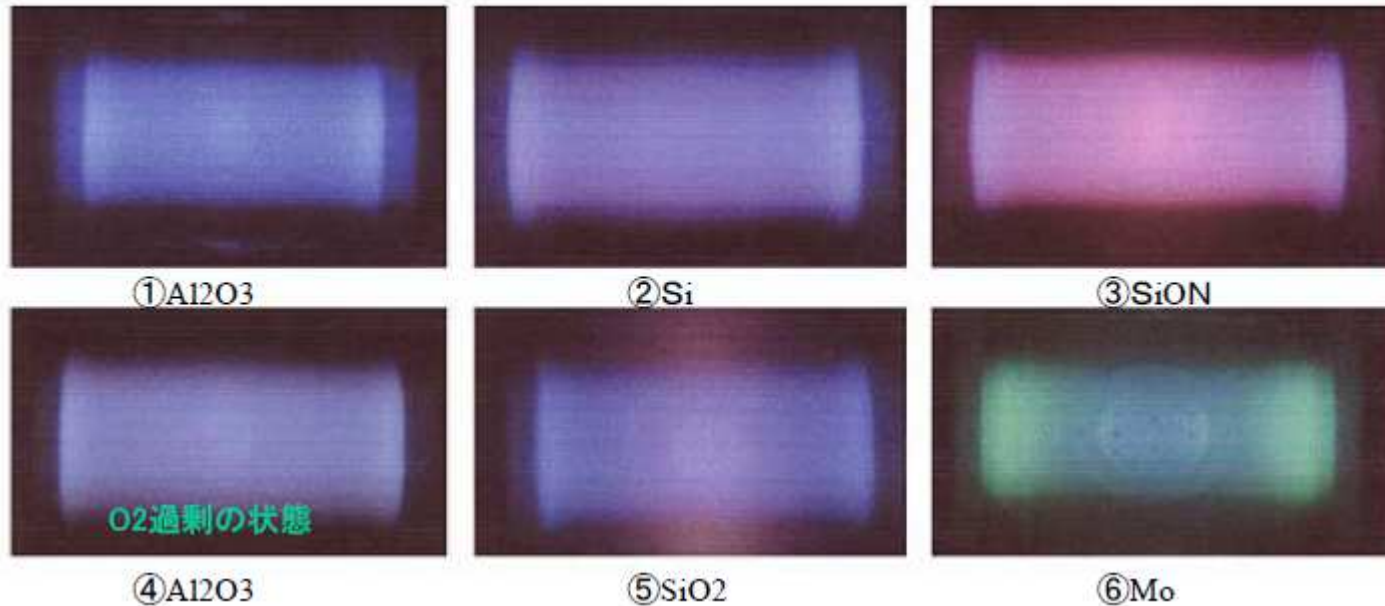
応力フリーデータ



横軸にアルゴンガス圧、縦軸に応力値を示す。負の値は圧縮応力、正の値は引っ張り 応力を示す。MSのマグネトロンもNTSのナチュラルトロンも低ガス圧では圧縮応力を示すが、MSでは、約1.8Paでようやく圧縮と引っ張り応力が釣り合っている。この圧力では、柱状 構造のスカスカの膜である。しかし、NTSでは、約0.8Paで、まだ緻密な膜構造でゼロ応力 となっている。

Technology—5

プラズマ分布



左右の明るい部分のターゲット間に、アルゴンプラズマを生成する。④の Al_2O_3 のプラズマは、過剰な酸素圧力で酸素とアルゴンの混合ガスによるプラズマである。酸化物モードと呼ばれ、低電圧放電で成膜速度も非常に遅い。①は主にアルゴンプラズマによるメタルモードと呼ばれる。このモードによるスパッタリングでは、高い成膜速度が得られる。⑤の SiO_2 の成膜においては室温での成膜が可能な理由が映し出されている。中央部のピンクの部分は、酸素ガスの活性化された部分だと考えられる。

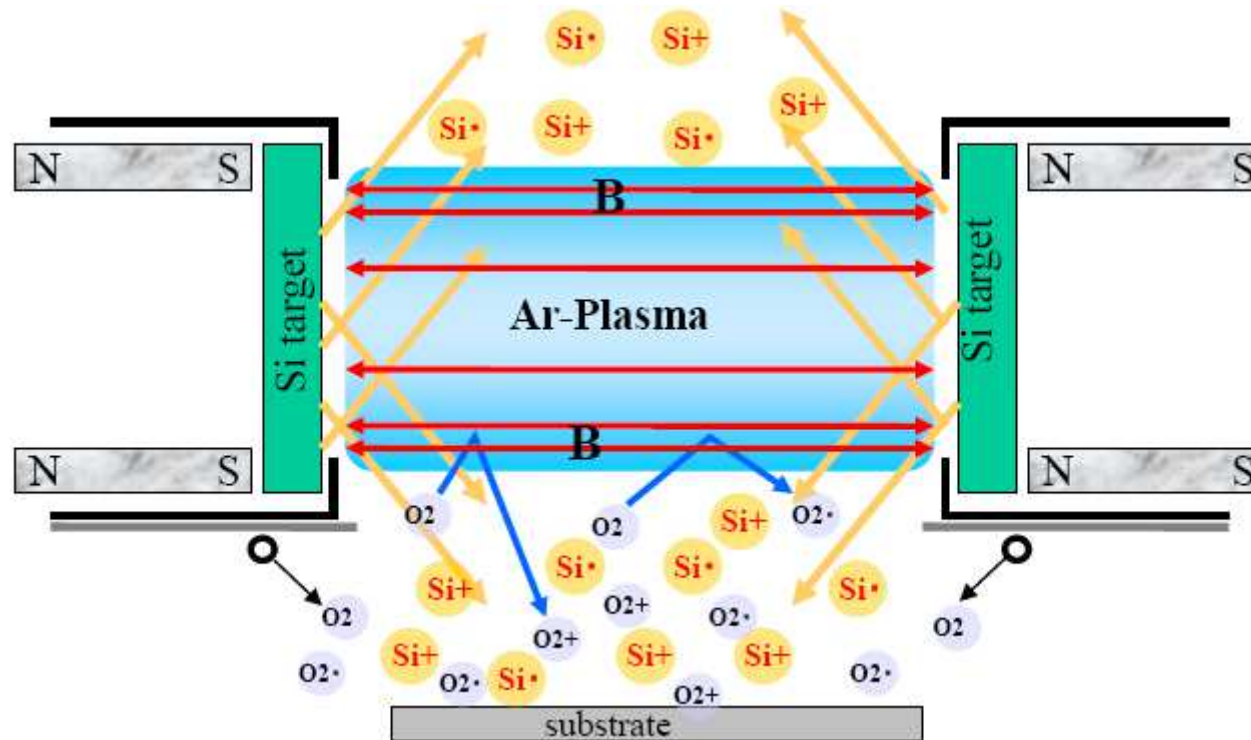
電子は15cmのターゲット間を約

1GHzの超高速の往復運動を繰り返しており、プラズマの中へ入ろうとする酸素分子が、それらの高速電子によってラジカルやイオン化、又は励起状態になって、中央のプラズマを取り囲んでいると考えられる。それで、それらの活性種とSiが容易に反応して SiO_2 が室温で作製されているのである。

Technology—6

ナチュラトロン[®]の反応性スパッタリング

— *Electrons go back and forth between targets* —



高速電子による活性化

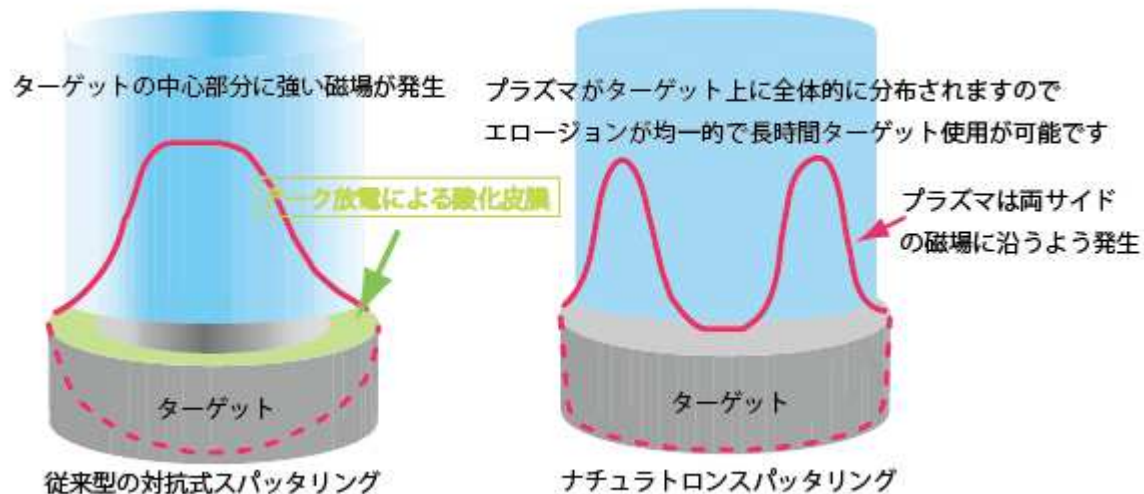
ターゲット間での電子の高速往復運動による反応性ガスおよびスパッタ粒子のラジカル化およびイオン化

Technology—7

ターゲットエロージョン

○ナチュラトロンスパッタリングのエロージョン形状（従来法との比較）

ナチュラトロンスパッタリングの独自磁場構造は大型矩形ターゲットにおける安定なプラズマの形成だけでなく、広いエロージョン領域を実現することでターゲットの利用効率を高めることができます。ターゲットのエロージョン形状はターゲット表面に形成される高密度プラズマの形状に大きく影響します。従来型のマグネトロン式スパッタ法では、その磁場構造によりターゲット表面にはドーナツ状のマグネトロンプラズマを形成するため、図5(a)に示すエロージョン形状となります。また、従来型の対向ターゲット式スパッタ法の場合、対向するターゲット間に高密度プラズマ(対向プラズマ)を形成するため、エロージョン形状は図5(b)に示すようにターゲット中心付近が最も深く削られます。一方、ナチュラトロンスパッタリングでは、対向プラズマとマグネトロンプラズマの両方を利用するため、ターゲットの中心付近は対向プラズマ、ターゲット表面外縁部付近はマグネトロンプラズマにより削ることで、図5(c)に示すようにターゲット全体を利用することができ、高いターゲット利用効率を得られます。



Technology—8

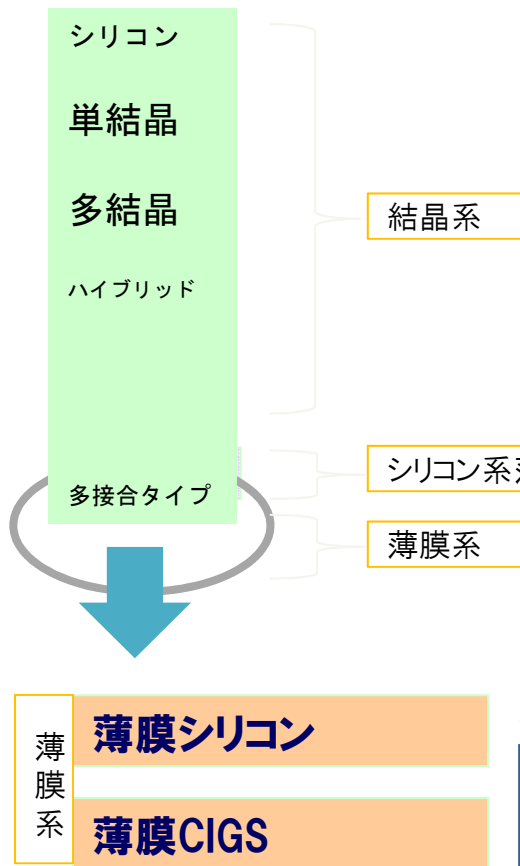
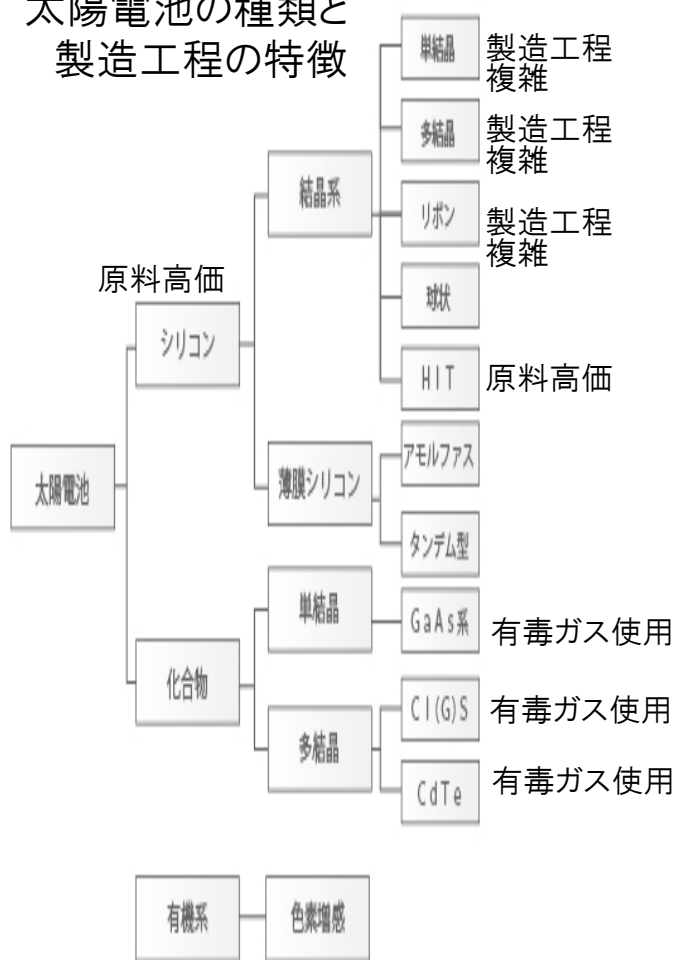
200Wのソーラーパネルを年間40万枚(80,000Kw)製造の場合 (製造ライン=1本)

* 工程数は単結晶(バルク系)太陽電池製造で【100】工程と仮定して他の種類の工程数を概算算出

	太陽電池種類	シェア	特徴	メリット	デメリット	材料費	工程数	歩留り	販売卸値 200w/枚
結晶系	単結晶シリコン	現状 90% 以上	最も一般的な太陽電池の構造	耐久性・信頼性が抜群 / 実用レベルで最も高効率	製造工程が複雑	100億円	100	80%	@ ¥80,000
	多結晶シリコン		最も生産量が多い太陽電池の構造	コストパフォーマンスに優れた太陽電池 現状の主力製品	シリコンなど材料費が年々高騰している	80億円	80	80%	@ ¥75,000
	HIT		ハイブリットシリコン太陽電池	両面で発電できる 高い変換効率	材料費が高い	150億円	150	65%	@ ¥90,000
	多接合太陽電池		トコトン変換効率を追求した太陽電池	軍事用 超高効率	材料費が超高価	—	—	—	—
薄膜系	薄膜シリコン	現状 10% 以下	少ない材料で大量生産	シリコン材料を節約できる	製造工程で高価な有毒ガスを使用	80億円	70	60%	@ ¥50,000
	薄膜CIGS		スパッタリング製造法【平田製造法】	材料費が約1/1000 歩留りがほぼ100%	新手法による販売実績がない	1000万円	50	ほぼ 100%	@ ¥30,000
	薄膜CIGS		小回りの利く新素材を使った太陽電池	薄くて省資源 量産しやすい	希少材料のインジウムの確保が難点	50億円	70	60%	@ ¥60,000

Technology—9

太陽電池の種類と製造工程の特徴



当社の技術はまだ他社が成功していないものです。なぜなら、多くの研究者があきらめていた方法でした。化学的気相蒸着法と磁気スパッタ技術を補い長年の研究開発し可能になりました。これによりタンデム型薄膜太陽電池を高効率低コストで製造を可能にします。

当社の技術
先進型対抗方式マグネトロンスパッタリング

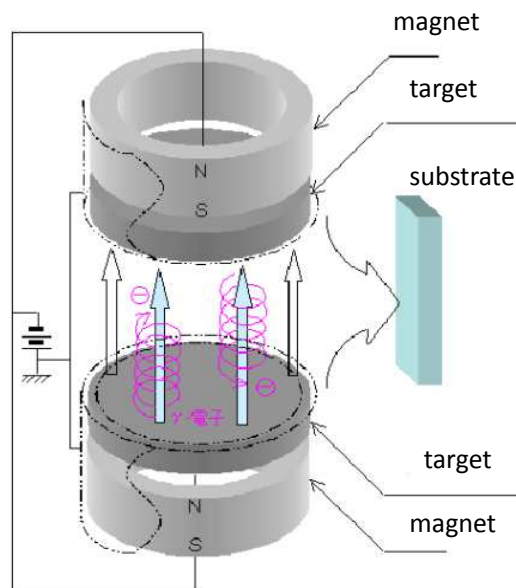
当社独自技術

- 当生産技術の特性
- ① 原材料費が極端に低い
 - ② 不良品が発生しない(歩留り99%)
 - ③ 有害ガスのない安全な工程
 - ④ 製造工程が単結晶シリコンの半分

薄膜生成の説明

ナチュラトロンスパッタリングとは？

Figure 1 schematically



Target の素材
Pt Au Ag Cu C ITO
SiO₂ Al₂O₃

新型の高密度プラズマ閉じ込めスパッタリング装置です。対向したターゲット間でミラー磁場を与え高密度のプラズマを発生します。基板はプラズマや二次電子に曝されず低温が保持され、損傷なくスパッタ成膜が可能です。さらにプラズマ分布を最適にすることによりDC電源による酸素あるいは窒素などの反応性膜を高速で行うことができます。

この反応性スパッタは従来のように反応ガスをターゲット部に導入するのではなく、プラズマから離れた基板付近に導入する為ターゲット上の非エロージョン部分に高抵抗膜・絶縁膜が堆積されることを防ぎ、そのためアーク放電対策が不要となります。この装置による反応性スパッタのレートはSiO₂で1500 Å/min、ZnOで600 Å/minが可能で、基板温度上昇は例えば2kw、1時間スパッタで100℃以下に抑えられます。

対向式スパッタ方式の反応性ガス導入方法は従来のマグネトロンや対向式ターゲットスパッタ装置とは異なるものです。次世代FPDやメモリの開発・生産には低温・基板損傷フリー・高速を同時に実現することが不可欠です。またプラズマがターゲット上に全体的に分布されますのでエロージョンが均一的で長時間ターゲット使用が可能です。更に磁場電場が直行する為強磁性体のスパッタが可能でGMR、TMRなどの開発にも最適といえるでしょう。

○用途

- ・樹脂フィルムへの成膜
- ・プラスチックレンズへの反射防止膜(高密着)高密度酸化・窒化膜
- ・**CVD方式の代替として**、MEMS、鉄スパッタ(垂直カーボンナノチューブのベース)、その他の強磁性体スパッタ等