

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
本格研究開発ステージ ハイリスク挑戦タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: ハイバリア透明導電フィルム用平坦成膜装置の開発
プロジェクトリーダー	: 住友理工株式会社
所属機関	: 住友理工株式会社
研究責任者	: 豊田 浩孝 (名古屋大学大学院)

1. 研究開発の目的

次世代エレクトロニクスとして、薄膜太陽電池やフレキシブル有機 EL 等のフレキシブル・プリンタブルエレクトロニクスが着目されている。しかし、これら製品に用いられているデバイスの寿命が短いと云う課題がある。原因は、構成されているバリア性透明導電膜(通常パルス DC スパッタリング等の減圧プラズマにより成膜)の凹凸が大きいため、使用時に凸部に電流が局部集中してしまい劣化する事に起因する。本研究では、粒径バラツキの小さい平坦なバリア性透明導電膜を樹脂フィルム上に連続して形成する実用化技術開発に向け、プラズマ源の開発とそれを組み込んだロール ツー ロール成膜装置の開発を行った。

2. 研究開発の概要

成膜源であるプラズマの制御により、薄膜の粒径を整え平坦化に繋がると考え、従来のパルス DC スパッタリング機構に、マイクロ波プラズマと高周波を併用するプラズマ成膜機構の開発を開始。「スパッタ成膜圧と同じ低下下では消失してしまうマイクロ波プラズマの低下安定生成」、「ロール ツー ロール成膜に対応した幅方向への均一なプラズマの生成」、「量産時の高速成膜化を想定した複数搭載可能なプラズマ生成機構のコンパクト化」、「高周波重畳」等、生成機構の考案・シミュレーションによる設計の最適化・検証を進め、目的のプラズマ生成機構を開発。ロール ツー ロール成膜装置と組み合わせ、目標の平坦な連続成膜を実現。

①成果

研究開発目標	達成度
①コンパクトマイクロ波アシストプラズマ源の基礎技術開発 ・プラズマ密度 \geq プラズマ密度 10^{10}cm^{-3} ・プラズマ密度空間均一性 $\leq \pm 15\%$ (500mm 幅)	①メタルで被覆したスロットアンテナ式コンパクト生成機構を考案。基礎実験装置を設計製作し、 $10^{11}\text{cm}^{-3} \pm 15\%$ 以内の均一プラズマ生成を実証した。さらに磁場を援用し以下での均一プラズマ生成を実現しており、目標に対しほぼ 100%の成果を得た。
②VHF-パルス DC 重畳スパッタの基礎技術開発 ・DC スパッタエネルギー時間変化 $\leq \pm 15\%$ ・粒径バラツキ $\leq \pm 50\text{nm}$	②小型装置を利用して、パルス DC への VHF 重畳に成功し、VHF 電力によってエネルギー変化 1% 以内を実現した。また、VHF 重畳により数 10nm サイズの凹凸を抑制し、平坦性 0.24nm を実現した。目標に対しほぼ 100%の成果を得た。
③連続成膜パイロット(W500mm)設備の立上げ ・連続成膜 : 幅(W)500mm	③ロール ツー ロール方式の連続スパッタ成膜装置(500mm 幅)を設計製作。これにより、研究課題

<p>×長さ(L)10m 以上</p> <p>④連続成膜パイロット用コンパクトマイクロ波プラズマ源の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラズマ生成圧力$\leq 1\text{Pa}$ ・表面粗さ(Ra)$\leq 1.3\text{nm}$ <p>⑤連続成膜用 VHF-パルス DC 重畳化技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラズマ生成圧力$\leq 1\text{Pa}$ ・粒径バラツキ$\leq \pm 50\text{nm}$ <p>⑥連続成膜用 VHF-パルス DC 重畳・プラズマアシスト機構併用化技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラズマ生成圧力$\leq 1\text{Pa}$ ・表面粗さ(Ra)$\leq 1.0\text{nm}$ 	<p>となるコンパクトマイクロ波プラズマ源及び VHF 源が搭載・検証できるプロト設備本体の準備完了[達成度:100%]。</p> <p>④基礎研究成果をもとに、パイロット設備用に、コンパクト生成機構を製作。スパッタ成膜と同じ 1Pa 以下の低圧でのプラズマ生成を達成するとともに、パルス DC との併用により、表面粗さ(Ra)$\leq 1.3\text{nm}$ を実現[達成度:100%]。</p> <p>⑤基礎研究成果をもとに、パイロット設備用の VHF 重畳機構を開発。低圧下での安定なプラズマ生成を実現するとともに、条件の適正化により、目標($\leq 50\text{nm}$)の粒径バラツキを実現[達成度:100%]。</p> <p>⑥パイロット設備用に開発した VHF・コンパクトマイクロ波プラズマ源を併用。併用による弊害なく、安定なプラズマ生成を実現。この併用化機構にて形成した薄膜は、粒径が整っており、目標の表面粗さ(Ra$\leq 1.0\text{nm}$)を達成[達成度:100%]。</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

②今後の展開

ハイリスク挑戦研究成果をもとに、連続成膜装置にマッチしたコンパクトマイクロ波プラズマアシスト源のブラッシュアップと VHF 整合回路の性能向上を進め、実用化技術の構築を図る。その後、プロト設備による本格的サンプル供給を開始し、客先別に仕様に沿った商品の開発を進める。また、併行して、量産設備の研究開発を進め、少量販売の後、2020 年度までに、本格販売を目指す。

3. 総合所見

概ね目標を達成し、次の研究開発フェーズに進むための成果が得られている。今後の取り組み次第ではイノベーション創出の可能性がある。

産学の連携も良く目標は達成できている。実用化に向けての課題は動作の長期安定化ができていないことである。

まだ市場での優位性が確保されていないので、今後はターゲット市場の整理を行ない、ユーザと早期連携して実用化に向けた開発を進めていただきたい。