

ることから、構造 2 は ZEP520A を構成するポリマーの主鎖 (C-C 結合) に起因するものであると推測できます。すると、電子線照射による構造 2 の強度減少は、主鎖切断による C-C 結合の減少によるものと解釈することができます。

図 1(a) の PEEM 像では、潜像コントラストの他に、一見ノイズにも見える規則性のないコントラストも観測されました。しかし、このコントラストは、laser-PEEM の電子光学系の焦点を変えると「ボケる」ことから、試料由来の本質的なコントラストであることが確認されています。このコントラストの起源を調査するために、非露光領域において顕微光電子分光を行なった結果を図 2(a),(b) に示します。光電子エネルギー分布から、この規則性のないコントラストは $E-E_{vac} \sim 0.15$ eV 付近の電子状態で形成されていることがわかります。実際に $E-E_{vac} \sim 0.15$ eV でエネルギーフィルターした PEEM 像 (図 2(c)) では、100 nm 程度のサイズのコントラストがより強調されました。

一方、Pos.1 と Pos.2 において抽出した光電子エネルギー分布において、ほとんど強度差がない $E-E_{vac} \sim 1.25$ eV でエネルギーフィルターした PEEM 像から興味深い結果が得られました。図 2(d) から、図 2(c) で見られたコントラストよりもさらにサイズの小さなコントラストが存在することがわかります。上述の化学結合の考察を踏まえると、これらの結果は、C-C 結合と、C-Cl 結合は異なる不均一性をもつことを示唆しています。我々の高分解能 laser-PEEM によって、レジストには 2 種類の化学的不均一性が潜んでいることを初めて解明することに成功しました。

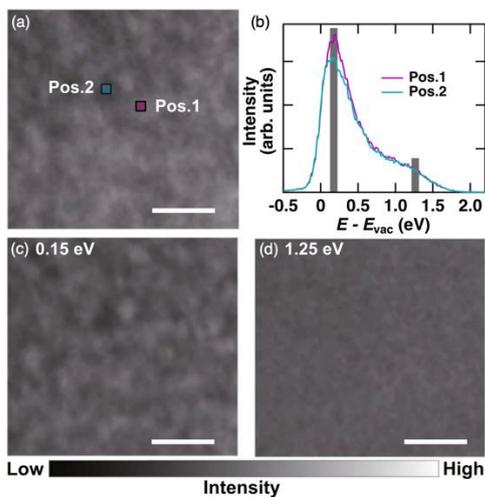


図 2: (a) 非露光領域の全電子収量 PEEM 像。(b) (a) 中の Pos.1 (マゼンタ) および Pos.2 (シアン) で解析した光電子エネルギー分布。(c), (d) それぞれ $E-E_{vac} = 0.15$ eV および 1.25 eV でエネルギーフィルターした PEEM 像。スケールバーは全て 500 nm。

次に、他の顕微手法との測定のスループットを比較します。図 3 に laser-PEEM、AFM、SEM の観察結果と観察時間を示します。それぞれの像は同等の画素数、解像度になるように測定条件を設定して取得しました。

	潜像	現像後パターン
試料断面		
Laser-PEEM		
時間	5秒	1秒
AFM		
時間	410秒	2050秒
SEM	像なし	
時間	-	1.64秒

図 3: laser-PEEM、AFM、SEM で観察した潜像および現像後パターンとそれぞれの測定時間。

まずは潜像観察で比較します。レジストに電子線を照射すると膜がシュリンクすることが知られており、AFM は膜厚の減少部分を潜像パターンとして可視化することができます。SEM での潜像観察は、SEM が化学敏感性に乏しいことに加え、SEM 観察そのものが EB 露光になり潜像を消失させるので、ここでは SEM 像を示していません。潜像観察では、laser-PEEM は AFM よりも、すでに 80 倍以上速く観察可能であることがわかります。さらに、技術的に励起光のスポットサイズを径 10 μm (観察視野のサイズ)、出力を 1 W に設定することが可能なため、laser-PEEM はさらに 30,000 倍のスループットが実現可能です。

次に現像後パターン観察で比較します。laser-PEEM の測定時間は SEM の測定時間と同程度であることがわかります。上述のレーザーの最適化により、laser-PEEM のスループットは SEM のそれよりも 30,000 倍程度高くなるポテンシャルを持つと言えます。SEM は半導体製造における検査装置としてすでに大きな市場を形成している高速検査手法です。SEM のスループットを大きく上回る

